



MINISTERO DELL'AMBIENTE  
E DELLA SICUREZZA ENERGETICA

**PIANO NAZIONALE INTEGRATO PER L'ENERGIA E IL CLIMA**

**VALUTAZIONE AMBIENTALE STRATEGICA**

**RAPPORTO AMBIENTALE**

(Art. 13 del D.lgs 152/06 e s.m.i.)

LUGLIO 2024

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

## Sommarario

1	La VAS del PNIEC .....	6
1.1	Inquadramento procedurale.....	6
1.2	Il Processo di VAS del PNIEC 2019 e la VAS dell'aggiornamento.....	8
2	Il Piano Nazionale Integrato Energia e Clima: informazioni generali, obiettivi e misure.....	10
2.1	Il percorso di definizione .....	10
2.2	Le dimensioni dell'unione dell'energia .....	13
3	Obiettivi ambientali e pianificazione/programmazione pertinente.....	21
3.1	Analisi di coerenza .....	40
3.2	Interazione con strumenti di pianificazione/programmazione nazionale .....	53
3.3	PNIEC e DNSH .....	65
4	Analisi del contesto ambientale di riferimento .....	80
4.1	Inquadramento impianti e infrastrutture .....	81
4.1.1	Impianti a fonti rinnovabili .....	81
4.1.2	La Rete di Trasmissione Nazionale (RTN).....	89
4.1.3	La rete di trasporto del gas.....	90
4.1.4	L'energia geotermica .....	91
4.1.5	Primo progetto sperimentale di cattura e stoccaggio della CO <sub>2</sub> in Italia .....	100
4.2	Mitigazione e adattamento ai CC.....	102
4.3	Condizioni climatiche.....	108
4.4	Emissioni in atmosfera e qualità dell'aria .....	125
4.4.1	Emissioni di gas climalteranti .....	125
4.4.2	Emissioni di inquinanti in atmosfera .....	128
4.4.3	Qualità dell'aria .....	135
4.5	Biodiversità e ecosistemi .....	162
4.5.1	Biodiversità in ambito terrestre.....	162
4.5.2	Avifauna .....	175
4.5.3	Specie alloctone invasive.....	176
4.6	Patrimonio agricolo e forestale.....	181
4.6.1	Patrimonio forestale.....	181
4.6.2	Agricoltura.....	197
4.7	Suolo.....	203
4.7.1	Copertura, consumo e uso del suolo.....	203

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

4.7.2	Evoluzione fisica e biologica e qualità dei suoli .....	215
4.7.3	Siti di bonifica di interesse nazionale .....	218
4.8	Risorse idriche .....	235
4.8.1	Elementi di caratterizzazione quali - quantitativa a scala distretto idrografico .....	235
4.8.2	La disponibilità della "risorsa idrica naturale" .....	243
4.8.3	Analisi delle pressioni sui corpi idrici.....	246
4.9	Patrimonio culturale .....	253
4.9.1	Beni culturali .....	256
4.9.2	Beni paesaggistici .....	258
4.10	Pericolosità geologica e idraulica.....	261
4.10.1	Pericolosità sismica e da fagliazione superficiale.....	262
4.10.2	Tsunami .....	266
4.10.3	Pericolosità vulcanica .....	271
4.10.4	Subsidenza .....	276
4.10.5	Pericolosità da sinkhole.....	278
4.10.6	Pericolosità da frana.....	279
4.10.7	Pericolosità idraulica .....	282
4.11	Rifiuti .....	283
4.12	Ambiente marino costiero .....	297
4.12.1	Fisiografia dei fondali e batimetria.....	298
4.12.2	Stato fisico del mare.....	301
4.12.3	Stato fisico delle aree costiere .....	317
4.12.4	Aree marine di interesse conservazionistico .....	339
4.12.5	Specie ed habitat marini .....	350
4.12.6	Specie non indigene .....	360
4.12.7	Popolazioni ittiche di interesse commerciale.....	361
4.12.8	Qualità delle acque .....	369
4.12.9	Condizioni idrografiche .....	386
4.12.10	Contaminanti chimici e loro effetti .....	387
4.12.11	Rifiuti marini .....	406
4.12.12	Rumore sottomarino .....	413
4.12.13	Usi del mare.....	413
5	Scenario di riferimento .....	422
5.1	Emissioni gas climalteranti.....	424
5.2	Fonti energetiche rinnovabili.....	427

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

5.3	Risorse energetiche .....	435
5.4	Proiezioni climatiche future.....	436
5.5	Consumo di suolo .....	443
5.6	Richieste di connessioni alla RTN.....	443
5.7	Condotte.....	454
5.7.1	Rete di trasporto del gas naturale .....	454
5.7.2	Rete di trasporto dell'idrogeno .....	457
5.8	Rifiuti da pannelli solari .....	461
6	Analisi degli effetti ambientali.....	462
6.1	Emissioni in atmosfera e qualità dell'aria .....	492
6.2	Biodiversità e ecosistemi .....	493
6.2.1	Avifauna .....	500
6.2.2	Specie alloctone invasive.....	508
6.3	Patrimonio forestale .....	511
6.4	Suolo.....	519
6.5	Risorse idriche .....	522
6.5.1	Acque interne .....	522
6.6	Agricoltura .....	527
6.7	Rifiuti .....	529
6.8	Patrimonio culturale .....	532
6.9	Pericolosità geologica e idraulica.....	538
6.9.1	Pericolosità sismica e da fagliazione superficiale .....	538
6.9.2	Tsunami .....	539
6.9.3	Subsidenza.....	540
6.9.4	Pericolosità da sinkhole.....	541
6.9.5	Pericolosità idraulica .....	541
6.10	Elementi di esposizione della popolazione a fattori di rischio.....	542
6.10.1	Salute umana, inquinamento atmosferico e cambiamenti climatici .....	542
6.10.2	Salute umana e esposizione ad eventi naturali.....	551
6.10.3	Migrazioni climatiche .....	552
6.11	Ambiente marino costiero .....	561
7	Valutazione di incidenza ambientale.....	568
8	Misure di monitoraggio ambientale.....	569
8.1	Monitoraggio del contesto e degli effetti ambientale .....	570
8.2	Monitoraggio dell'attuazione del PNIEC .....	586

Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

9 Bibliografia ..... 599

ALLEGATO 1: Quadro delle politiche, strategie, normative ambientali di riferimento e strumenti di pianificazione pertinenti

ALLEGATO 2: Riscontro alle osservazioni pervenute in fase preliminare

ALLEGATO 3: Studio di Incidenza

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

## 1 LA VAS DEL PNIEC

### 1.1 Inquadramento procedurale

La VAS è un processo di supporto decisionale introdotto con la Direttiva 2001/42/CE del 27 giugno 2001 e consiste in un processo di valutazione degli effetti ambientali di piani e programmi destinati a fornire il quadro di riferimento delle attività che si svolgono sul territorio.

La Direttiva sulla VAS definisce l'ambito di applicazione della procedura nella consapevolezza che i cambiamenti ambientali sono causati non solo dalla realizzazione di nuovi progetti, ma anche dalla messa in atto delle decisioni strategiche contenute nei piani e programmi.

Essa inoltre sottolinea chiaramente la necessità di integrare la VAS nel percorso di pianificazione, affermando che l'integrazione deve "essere effettuata durante la fase preparatoria del piano" (art. 4 c.1) e deve essere estesa all'intero ciclo di pianificazione, compreso il controllo degli effetti ambientali significativi conseguenti all'attuazione del piano (art. 10).

In ambito nazionale le indicazioni della Direttiva 2001/42/CE sono recepite alla Parte II, Titolo II, del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i., che stabilisce le modalità di svolgimento della VAS, la verifica di assoggettabilità, le regole per la redazione del Rapporto Ambientale e per la relativa valutazione previa consultazione e le norme per la decisione e la relativa informativa.

L'art. 6 del D.lgs 152/2006 e s.m.i. stabilisce che sono soggetti a Valutazione Ambientale Strategica i piani e programmi che possono avere effetti significativi sull'ambiente e sul patrimonio culturale. Tra questi sono inclusi i piani e programmi che riguardano "i settori agricolo, forestale, della pesca, energetico, industriale, dei trasporti, della gestione dei rifiuti e delle acque, delle telecomunicazioni, turistico, della pianificazione territoriale o della destinazione dei suoli" e che contengano la definizione del quadro di riferimento per l'approvazione, l'autorizzazione, l'area di localizzazione o comunque la realizzazione di opere ed interventi i cui progetti sono sottoposti a valutazione di impatto ambientale in base alla normativa vigente.

L'art. 5 del D.lgs.152/2006 e s.m.i. definisce piani e programmi gli atti e provvedimenti di pianificazione e di programmazione comunque denominati, compresi quelli cofinanziati dalla Comunità europea, nonché le loro modifiche:

- che sono elaborati e/o adottati da un'autorità a livello nazionale, regionale o locale oppure predisposti da un'autorità per essere approvati, mediante una procedura legislativa, amministrativa o negoziale e
- che sono previsti da disposizioni legislative, regolamentari o amministrative.

L'art. 7 del D.lgs. 152/2006 e s.m.i. stabilisce che sono sottoposti a valutazione ambientale strategica in sede statale i piani e programmi di cui all'articolo 6 la cui approvazione compete ad organi dello Stato.

Il Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima, redatto dal Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica – Dipartimento Energia - Direzione generale infrastrutture e sicurezza in ottemperanza al Regolamento sulla *governance per l'Unione dell'energia e dell'azione per il clima* è conforme alla definizione del D. Lgs. 152/2006 e s.m.i..

La VAS si applica a tali piani con l'obiettivo di garantire che gli effetti sull'ambiente, derivanti dalla relativa attuazione, siano adeguatamente presi in considerazione ed integrati fin dalla fase di elaborazione, garantendo un elevato livello di protezione dell'ambiente. Nel rispetto della disciplina comunitaria e nazionale, il procedimento di VAS è parte integrante del procedimento di adozione e approvazione di un piano/programma, ne accompagna l'intera vita e comprende lo svolgimento di una verifica di assoggettabilità quando prevista, l'elaborazione del rapporto ambientale, lo svolgimento di consultazioni, la valutazione del

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

piano o del programma, del rapporto e degli esiti delle consultazioni, l'espressione di un parere motivato, l'informazione sulla decisione ed il monitoraggio.

Il processo di Valutazione Ambientale Strategica del PNIEC ha avuto avvio con la pubblicazione del rapporto preliminare ambientale secondo quanto previsto dall'art. 13 del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i., finalizzato ad individuare i possibili effetti ambientali significativi che possono derivare dall'attuazione del PNIEC. Nella fase preliminare l'Autorità Procedente entra in consultazione con l'Autorità Competente e gli altri Soggetti Competenti in materia Ambientale, al fine di definire la portata ed il livello di dettaglio delle informazioni che dovranno essere incluse nel Rapporto Ambientale.

Il Rapporto Preliminare ha supportato l'impostazione delle attività di analisi e valutazione specifiche che sono state oggetto del Rapporto Ambientale, delimitandone l'ambito, stabilendone la portata e le principali linee metodologiche.

Alla fase preliminare segue l'elaborazione del presente Rapporto Ambientale, che tiene conto delle osservazioni e dei contributi pervenuti nell'ambito della consultazione preliminare con i SCA.

Il Rapporto Ambientale è il documento chiave del processo di VAS, ha il ruolo di esplicitare l'integrazione degli obiettivi di sostenibilità e delle considerazioni ambientali nella elaborazione del PNIEC, è comprensivo dello Studio di incidenza ed è accompagnato da una Sintesi non tecnica.

L'allegato VI al decreto legislativo 152/06 riporta le informazioni da fornire nel Rapporto Ambientale a tale scopo, nei limiti in cui possono essere ragionevolmente richieste, tenuto conto del livello delle conoscenze e dei metodi di valutazione correnti, dei contenuti e del livello di dettaglio del piano. Il Rapporto Ambientale dà atto della consultazione svolta nella fase preliminare di scoping ed evidenzia come sono stati presi in considerazione i contributi pervenuti. Si rimanda all'Allegato 2 – *Riscontro alle osservazioni formulate nell'ambito della consultazione preliminare* per le modalità con cui sono state considerate le osservazioni ripartite tra quelle relative al Piano e quelle pertinenti al RA.

L'Autorità Procedente, in collaborazione con l'Autorità Competente, mette a disposizione dei Soggetti Competenti in materia Ambientale e del pubblico il PNIEC, il Rapporto ambientale e la Sintesi non tecnica. Entro quarantacinque giorni chiunque può presentare proprie osservazioni, anche fornendo nuovi o ulteriori elementi conoscitivi e valutativi.

Entro i successivi quarantacinque giorni, l'Autorità Competente per la VAS, in collaborazione con l'Autorità Procedente, svolge le attività tecnico-istruttorie, acquisisce e valuta tutta la documentazione presentata, nonché le osservazioni, obiezioni e suggerimenti pervenuti nella fase di consultazione ed esprime il parere motivato, che costituisce presupposto per la prosecuzione del procedimento di approvazione.

Il parere motivato può prevedere l'adozione di specifiche modifiche ed integrazioni della proposta di Piano e Rapporto Ambientale.

Prima della presentazione del PNIEC e del Rapporto Ambientale per l'approvazione, l'Autorità Procedente, in collaborazione con l'Autorità Competente, provvede, ove necessario, alla revisione dei documenti.

La decisione finale e tutta la documentazione oggetto dell'istruttoria sono rese pubbliche sui siti delle Autorità interessate. Sono inoltre pubblicati:

- il parere motivato,
- le misure adottate in merito al monitoraggio,

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

- la dichiarazione di sintesi, volta ad illustrare in che modo le considerazioni ambientali sono state integrate nel PNIEC, come si è tenuto conto del Rapporto Ambientale e delle risultanze di tutte le consultazioni e le ragioni della scelta dell'alternativa di Piano.

Il percorso valutativo proseguirà durante la fase di attuazione del PNIEC tramite il monitoraggio ambientale dello stesso, con il quale verranno controllati gli effetti significativi sull'ambiente derivanti dall'attuazione del Piano e verificato il raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità prefissati, così da individuare tempestivamente gli effetti negativi imprevisi e adottare le opportune misure correttive.

## 1.2 Il Processo di VAS del PNIEC 2019 e la VAS dell'aggiornamento

Una prima edizione del PNIEC, predisposta dai ministeri dello Sviluppo Economico, dell'Ambiente e delle Infrastrutture e Trasporti in attuazione del Regolamento (UE) 2018/1999, è stata sottoposta alla procedura di Valutazione Ambientale Strategica, ai sensi di quanto previsto dagli artt. 5, 6 e 7 del D. Lgs. 152/2006 e s.m.i., precedentemente illustrati.

La procedura di valutazione si è conclusa con il parere motivato di VAS emesso dal Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare di concerto con il Ministro dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo - in qualità di Autorità Competenti nell'ambito del procedimento di VAS, ex art. 13, comma 4 del D.Lgs. 152/2006 - con decreto ministeriale n. 367 del 31/12/2019, di cui il parere della Commissione Tecnica di Verifica dell'Impatto Ambientale VIA e VAS del MATTM n. 3192 del 15/11/2019 ed il parere tecnico istruttorio espresso dal Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo – Direzione Generale archeologia belle arti e paesaggio con nota prot. 36204 del 05/12/2019 costituiscono parte integrante.

Tale versione del Piano, integrata sulla base degli esiti della consultazione pubblica relativa al Rapporto Ambientale e dei pareri espressi da parte del Ministero per i Beni e le Attività Culturali e dell'Autorità Competente ed accompagnata dal piano di monitoraggio ambientale e dalla dichiarazione di sintesi, è stata pubblicata nel gennaio 2020.

Successivamente all'entrata in vigore del primo piano, il contesto di riferimento nel quale esso era stato predisposto è profondamente cambiato. Gli eventi che hanno colpito i sistemi sociali (la pandemia, la guerra della Russia all'Ucraina, l'aumento vertiginoso dei prezzi dell'energia) hanno infatti evidenziato la fragilità dei modelli di interdipendenza dei sistemi energetici ed economici, mostrando che le scelte verso la decarbonizzazione, divenute sempre più urgenti in funzione del mutamento climatico ormai già in atto, con effetti che si manifestano in particolar modo nelle aree mediterranee, dovranno anche scontare dei fattori di resilienza, in modo da poter attenuare possibili nuovi eventi avversi.

Tali profondi mutamenti geopolitici, nonché i nuovi e più ambiziosi obiettivi previsti dal programma REPowerEU e dal Pacchetto Fitfor55 rappresentano il quadro di riferimento di aggiornamento del PNIEC. Come previsto, poi, dal Regolamento (UE) 2018/1999 sulla governance dell'Unione dell'Energia all'articolo 14 la proposta di aggiornamento del PNIEC doveva essere trasmessa alla CE entro il 30 giugno 2023 e l'aggiornamento entro il 30 giugno 2024.

L'aggiornamento del PNIEC è anche un momento per ripensare il sistema alla luce di quanto vissuto negli ultimi anni, rafforzandone la sicurezza degli approvvigionamenti e il ruolo centrale a livello mediterraneo ed europeo. Si dovrà accelerare e rafforzare il percorso avviato per fare dell'Italia un "hub" di generazione e transito di energia, con un contributo crescente di energie rinnovabili, cogliendone a pieno i benefici in termini di diversificazione, sicurezza, e liquidità delle forniture, oltre a quelli di rafforzate partnerships con i Paesi fornitori.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

In fase di finalizzazione del PNIEC (fine 2023 e primo semestre 2024) il MASE ha organizzato alcuni tavoli tecnici tematici al fine di coinvolgere i principali stakeholders istituzionali (Ministeri, Agenzie e Enti di Ricerca, organizzazioni sindacali e associazioni di categoria) nella predisposizione di strategie, e nell'individuazione di nuove politiche e misure in alcuni ambiti specifici del Piano: decarbonizzazione del settore civile e del settore dei trasporti e just transition.

I Ministeri dell'Ambiente e della Sicurezza energetica e delle Infrastrutture e dei Trasporti hanno inviato in data 1 luglio 2024 alla Commissione europea il testo aggiornato del Piano Nazionale integrato Energia e Clima.

La fase preliminare VAS di consultazione con i Soggetti Competenti in materia Ambientale (SCA) si è conclusa con l'espressione del parere della Commissione tecnica di Verifica dell'Impatto ambientale (parere CTVA n. 62 del 14/03/2024).

L'Allegato 2 al presente RA riporta un quadro di sintesi delle osservazioni pervenute nell'ambito della consultazione preliminare e fornisce gli elementi di riscontro esplicitando le modalità con cui sono state considerate nel RA e nel Piano.

Il presente Rapporto Ambientale è strutturato in 8 capitoli e 3 allegati come schematizzato di seguito, in riferimento a quanto richiesto dalla normativa in tema di VAS, in particolare all'allegato VI del testo unico, e tiene conto degli aggiornamenti introdotti nel testo finale del PNIEC, trasmesso alla Commissione a luglio del 2024:

Capitoli Rapporto Ambientale	Allegato VI D.lgs 152/06
1. Inquadramento metodologico e procedurale ALLEGATO 2	Art. 13 comma 4 Il Rapporto ambientale dà atto della consultazione svolta nella fase preliminare di scoping ed evidenzia come sono stati presi in considerazione i contributi pervenuti.
2. Il PNIEC: informazioni generali, obiettivi e misure	a) illustrazione dei contenuti, degli obiettivi principali del piano o programma
4. Analisi del contesto ambientale di riferimento 5. scenario di riferimento	b) aspetti pertinenti dello stato attuale dell'ambiente e sua evoluzione probabile senza l'attuazione del piano o del programma; c) caratteristiche ambientali, culturali e paesaggistiche delle aree che potrebbero essere significativamente interessate; d) qualsiasi problema ambientale esistente, pertinente al piano o programma,
3. Obiettivi ambientali e pianificazione/programmazione pertinente ALLEGATO 1	a) illustrazione [...] del rapporto con altri pertinenti piani o programmi e) obiettivi di protezione ambientale stabiliti a livello internazionale, comunitario o degli Stati membri, pertinenti al piano o al programma, e il modo in cui, durante la sua preparazione, si è tenuto conto di detti obiettivi e di ogni considerazione ambientale;

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Capitoli Rapporto Ambientale	Allegato VI D.lgs 152/06
6. Analisi degli effetti ambientali	<p>f) possibili impatti significativi sull'ambiente, compresi aspetti quali la biodiversità, la popolazione, la salute umana, la flora e la fauna, il suolo, l'acqua, l'aria, i fattori climatici, i beni materiali, il patrimonio culturale, anche architettonico e archeologico, il paesaggio e l'interrelazione tra i suddetti fattori. Devono essere considerati tutti gli impatti significativi, compresi quelli secondari, cumulativi, sinergici, a breve, medio e lungo termine, permanenti e temporanei, positivi e negativi;</p> <p>g) misure previste per impedire, ridurre e compensare nel modo più completo possibile gli eventuali impatti negativi significativi sull'ambiente dell'attuazione del piano o del programma;</p>
7. Valutazione d'Incidenza ambientale ALLEGATO 3	<p>Art. 10 comma 3</p> <p>il rapporto ambientale, lo studio preliminare ambientale o lo studio di impatto ambientale contengono gli elementi di cui all'allegato G dello stesso decreto n. 357 del 1997</p>
8. Misure di monitoraggio ambientale	<p>i) descrizione delle misure previste in merito al monitoraggio e controllo degli impatti ambientali significativi derivanti dall'attuazione dei piani o del programma proposto definendo, in particolare, le modalità di raccolta dei dati e di elaborazione degli indicatori necessari alla valutazione degli impatti, la periodicità della produzione di un rapporto illustrante i risultati della valutazione degli impatti e le misure correttive da adottare;</p>

## 2 IL PIANO NAZIONALE INTEGRATO ENERGIA E CLIMA: INFORMAZIONI GENERALI, OBIETTIVI E MISURE

### 2.1 Il percorso di definizione

Il Piano definitivo massimizza e ottimizza tutte le leve e le risorse che possiamo mettere a disposizione nelle diverse dimensioni.

Tuttavia, l'evoluzione attesa al 2030 conferma che un gap dovrebbe ancora essere colmato per raggiungere tutti gli obiettivi europei in materia di energia e clima al 2030.

Tra questi si fa riferimento in particolare a quelli relativi alle emissioni dei settori non ETS (comunque molto migliorati rispetto alla proposta di Piano 2023) e alla riduzione dei consumi energetici che richiedono, in ragione dell'effetto combinato dei due obiettivi, un ancor maggiore sforzo nei settori trasporti, civile e agricoltura.

Per l'elaborazione della proposta di Piano, il MASE ha lavorato a stretto contatto con le altre Amministrazioni centrali competenti, coinvolgendo nel processo di individuazione delle politiche e misure necessarie per raggiungere gli obiettivi il MEF, il MIT, il MIMIT, il MASAF e il MUR. Ciò anche, e in particolare, tramite l'attivazione di tavoli tecnici tematici volti all'individuazione di nuove politiche e misure in alcuni ambiti

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

specifici del Piano: decarbonizzazione del settore civile e del settore dei trasporti e just transition. I tavoli suddetti hanno consentito l'individuazione di numerose misure aggiuntive, inserite poi nel Piano definitivo.

Ci si è avvalsi del supporto tecnico di GSE per il coordinamento generale ed operativo dell'intero processo di elaborazione della proposta, l'RSE per le simulazioni degli scenari energetici ed ISPRA per gli scenari emissivi.

Dopo la consultazione del 2023 (che ha coinvolto in totale 925 soggetti: 72% cittadini, 22% imprese e associazioni di categoria, 3% associazioni ambientaliste, 3% istituzioni ed enti di ricerca) e i numerosi incontri con gli stakeholder, è stata tenuta una ulteriore consultazione nella primavera 2024, alla quale hanno partecipato in totale 133 soggetti (71% imprese e associazioni di categoria, 14% cittadini, 8% istituzioni ed enti di ricerca, 7% associazioni ambientaliste). Le domande proposte in questa seconda fase vertevano sui temi emersi come i più sfidanti per il conseguimento degli obiettivi di decarbonizzazione anche tenendo conto di quanto segnalato dalla Commissione nelle Raccomandazioni sulla Proposta di Piano pubblicate nel dicembre 2023. In consultazione è stato, altresì, posto il testo integrale della Proposta di Piano, sulla quale è stata richiesta una valutazione generale con particolare riferimento all'ambizione degli obiettivi, alle misure proposte e alle tecnologie e soluzioni previste.

Per fornire una base analitica al Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima sono stati realizzati:

- uno scenario di riferimento, che descrive l'evoluzione del sistema energetico con politiche e misure correnti;
- uno scenario di policy, che considera gli effetti sia delle misure ad oggi già programmate che di quelle ancora in via di definizione nel percorso verso gli obiettivi strategici al 2030.

Nelle tabelle seguenti sono illustrati i principali obiettivi del piano al 2030 su emissioni e assorbimenti di gas serra, fonti energetiche rinnovabili (FER), efficienza energetica, evidenziando la variazione rispetto alla proposta di Piano 2023.

Al fine di interpretare correttamente le informazioni è opportuno tenere in considerazione che tra il 2023 e il 2024 è stato necessario aggiornare, sulla base dei dati forniti dalla Commissione a marzo 2024, le "variabili chiave" che rappresentano in modo sintetico i *drivers* fondamentali dell'evoluzione futura, (l'evoluzione del PIL e dei Valori Aggiunti settoriali, l'andamento demografico, le proiezioni dei prezzi internazionali delle fonti fossili e delle quote di emissione di CO<sub>2</sub> sul mercato ETS). Tali aggiornamenti, con particolare riguardo agli indicatori economici, hanno comportato un sostanziale peggioramento degli indicatori energetico-ambientali dello scenario di riferimento 2024 rispetto al 2023, che si è ripercosso anche sullo scenario di policy 2024.

I target conseguiti nella proposta di Piano 2023 si confermano raggiunti anche nel Piano definitivo 2024, ma si può apprezzare un sostanziale miglioramento relativamente agli indicatori emissivi nel settore non ETS che, seppur non ancora sufficienti a raggiungere i target, dimezzano nel 2030 la distanza dall'obiettivo assegnato all'Italia.

Per quanto riguarda l'efficienza energetica, la flessione dei consumi è dovuta esclusivamente alle dinamiche di efficienza e decarbonizzazione del sistema energetico, considerando che l'andamento del PIL è infatti previsto essere crescente dal 2022 in poi, con tassi superiori a quelli previsti lo scorso anno per il medio e lungo periodo. La maggiore crescita del PIL rende infatti ancora più sfidante il processo di decarbonizzazione del sistema energetico al 2030.

L'effetto dei processi di efficientamento tecnologico, derivante dall'implementazione delle politiche, è evidenziato dall'andamento del parametro di intensità energetica delle attività economiche, che risulta in continua contrazione nel breve, medio e lungo termine. Sia nello scenario di riferimento che in quello di policy si osservano incrementi in termini di efficienza energetica che compensano quelli relativi ai consumi settoriali. Nello scenario di policy, le politiche e misure aggiuntive contribuiscono a raggiungere tassi di efficientamento

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

superiori: l'intensità energetica si riduce infatti dell'1,7% medio annuo nel periodo 2020-2040 (1,4% nello scenario riferimento).

Tabella 2-1: Sintesi degli obiettivi e dei risultati preliminari degli scenari al 2030

	unità di misura	Dato rilevato	PNIEC 2024: Scenario di riferimento	PNIEC 2024: Scenario di policy	Obiettivi FF55 REPowerEU	Conseguimento target EU	Variazione scenario policy 2024 vs 2023
		2022	2030	2030	2030		
<b>Emissioni e assorbimenti di gas serra</b>							
Riduzione dei GHG vs 2005 per tutti gli impianti vincolati dalla normativa ETS	%	-45%	-58%	-66%	-62%	✓	↑
Riduzione dei GHG vs 2005 per tutti i settori ESR	%	-20%	-29,3%	-40,6%	-43,7%	✗	↑
Emissioni e assorbimenti di GHG da LULUCF	MtCO <sub>2</sub> eq	-21,2	-28,4	-28,4	-35,8	✗	↓
<b>Energie rinnovabili</b>							
Quota di energia da FER nei consumi finali lordi di energia (criteri di calcolo RED 3)	%	19%	26%	39,4%	38,7%	✓	→
Quota di energia da FER nei consumi finali lordi di energia nei trasporti (criteri di calcolo RED 3)	%	8%	15%	34%	29%	✓	↑
Quota di energia da FER nei consumi finali lordi per riscaldamento e raffreddamento (calcolo RED 3)	%	21%	24%	36%	29,6% - 39,1%	✓	→
Quota di energia da FER nei consumi finali del settore elettrico	%	37%	53%	63%	non previsto		→
Quota di idrogeno da FER rispetto al totale dell'idrogeno usato nell'industria	%	0%	4%	54%	42%	✓	↑
<b>Efficienza energetica</b>							
Consumi di energia primaria	Mtep	140	133	123	111	✗	→
Consumi di energia finale	Mtep	112	111	102	93	✗	→
Risparmi annui cumulati nei consumi finali tramite regimi obbligatori di efficienza energetica	Mtep	3,8		73,4	73,4	✓	→

Tabella 2-2: Confronto obiettivi al 2030 negli scenari di riferimento e policy del Piano 2023/2024 (In verde i target migliorati, in giallo gli stabili e in rosso i peggiorati)

	unità di misura	PNIEC 2023: Scenario di riferimento	PNIEC 2023: Scenario di policy	PNIEC 2024: Scenario di riferimento	PNIEC 2024: Scenario di policy
		2030	2030	2030	2030

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

<b>Emissioni e assorbimenti di gas serra</b>					
Riduzione dei GHG vs 2005 per tutti gli impianti vincolati dalla normativa ETS	%	-55%	-62%	-58%	-66%
Riduzione dei GHG vs 2005 per tutti i settori ESR	%	-28,6%	-35,3% / -37,1%	-29,3%	-40,6%
Emissioni e assorbimenti di GHG da LULUCF	MtCO <sub>2</sub> eq	-34,9	-34,9	-28,4	-28,4
<b>Energie rinnovabili</b>					
Quota di energia da FER nei consumi finali lordi di energia (criteri di calcolo RED 3)	%	27%	40,5%	26%	39,4%
Quota di energia da FER nei consumi finali lordi di energia nei trasporti (criteri di calcolo RED 3)	%	13%	31%	15%	34%
Quota di energia da FER nei consumi finali lordi per riscaldamento e raffreddamento (criteri di calcolo RED 3)	%	27%	37%	24%	36%
Quota di energia da FER nei consumi finali del settore elettrico	%	49%	65%	53%	63%
Quota di idrogeno da FER rispetto al totale dell'idrogeno usato nell'industria	%	3%	42%	4%	54%
<b>Efficienza energetica</b>					
Consumi di energia primaria	Mtep	130	122	133	123
Consumi di energia finale	Mtep	109	100	111	102
Risparmi annui cumulati nei consumi finali tramite regimi obbligatori di efficienza energetica	Mtep		73,4		73,4

## 2.2 Le dimensioni dell'unione dell'energia

La strategia dell'Unione dell'energia si articola in cinque dimensioni strettamente interconnesse, di cui si riportano di seguito alcuni elementi principali.

### ✓ Emissioni e assorbimenti di gas serra

Il grafico sottostante sintetizza le proiezioni delle emissioni di gas serra fino al 2030 distinte tra ETS e ESR, secondo lo scenario emissivo di policy 2024.

A fronte di una riduzione attesa delle emissioni totali dal 2005 al 2030 pari a circa 305 MtCO<sub>2</sub>eq, ci si aspetta che le emissioni soggette ad ETS si riducano di circa 164 MtCO<sub>2</sub>eq (circa il - 66%) mentre quelle ESR di 139 MtCO<sub>2</sub>eq (circa il - 40,5%).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

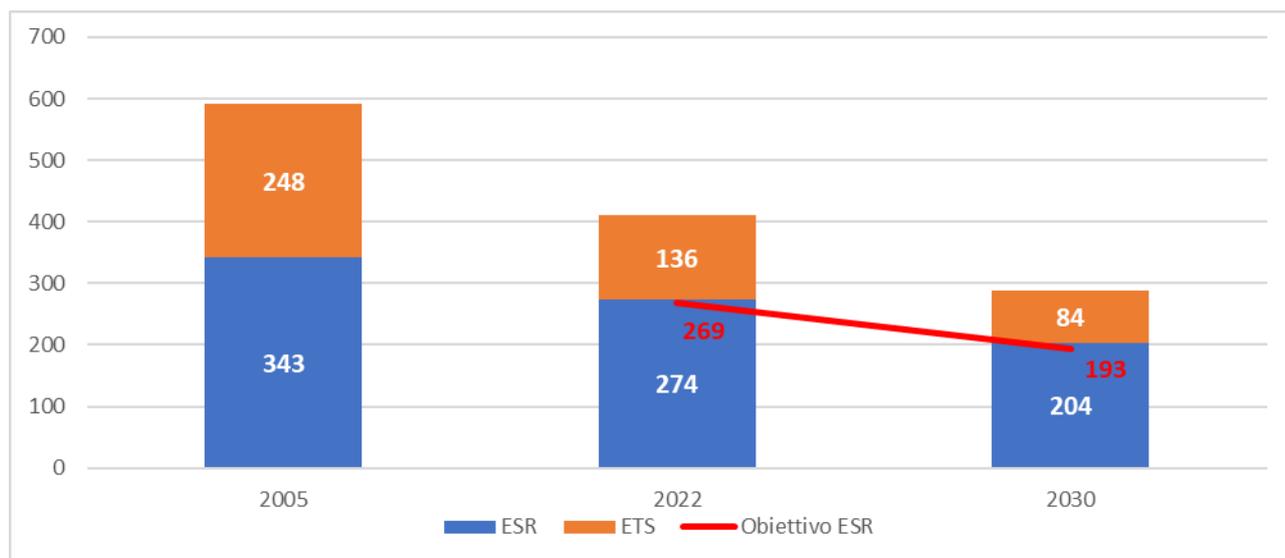


Figura 2-1: Emissioni di gas serra ETS ed ESR (Mt CO<sub>2</sub>eq), anni storici e scenario di policy [Fonte: ISPRA]

Le misure attualmente vigenti appaiono, quindi, più efficaci in termini di riduzione delle emissioni ETS grazie soprattutto all'incremento di rinnovabili nel mix di generazione elettrica e al phase out del carbone (in maniera minore anche biometano, CCS e idrogeno).

Nel settore dei trasporti è prevista una diminuzione delle emissioni del 26% dovuta alla imponente elettrificazione del trasporto auto e, in misura minore, alla penetrazione di biocarburanti, nonché ad un contenimento, seppur limitato, della crescita della domanda di trasporto privato e dallo shift modale del trasporto merci da gomma a ferrovia.

Nel settore residenziale una diminuzione delle emissioni del 32% per l'elevato tasso di ristrutturazione degli edifici, il costante efficientamento e la progressiva elettrificazione del settore soprattutto grazie alla massiccia penetrazione di pompe di calore.

Tuttavia, al fine di promuovere una ulteriore riduzione delle emissioni climalteranti nei settori ricadenti in ambito ESR (*trasporti e civile in primis*) una modifica della generazione se non accompagnata da una variazione dei consumi in termini di entità o vettori impiegati, determina vantaggi contenuti.

Gli assorbimenti legati al cambio di utilizzo del suolo e forestale (LULUCF) nello scenario policy ammontano al 2030 a -28,4 MtCO<sub>2</sub> non sufficienti a tragguardare il target europeo (-35,8 MtCO<sub>2</sub>). Tra le cause del peggioramento dello scenario proposto nel 2024 si evidenzia un'elevata variabilità influenzata soprattutto dalle superfici percorse annualmente da incendi e dalle relative emissioni di gas serra.

✓ Energie rinnovabili

#### Settore elettrico

Secondo gli obiettivi del presente Piano, il parco di generazione elettrica subisce una importante trasformazione grazie al phase out della generazione da carbone (ad eccezione degli impianti situati in Sardegna) e alla promozione dell'ampio ricorso a fonti energetiche rinnovabili.

Il maggiore contributo alla crescita delle rinnovabili deriverà proprio dal settore elettrico: la generazione da FER, infatti, si attesterà a circa 237 TWh al 2030 (228 TWh al netto degli impieghi negli elettrolizzatori per la produzione di idrogeno).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

La forte penetrazione di tecnologie di produzione elettrica rinnovabile, principalmente fotovoltaico ed eolico onshore, permetterà al settore di coprire il 63,4% circa dei consumi finali elettrici lordi, la cui produzione dovrebbe rispettivamente quadruplicare e più che triplicare entro il 2030.

Per il raggiungimento degli obiettivi rinnovabili al 2030 sarà necessario non solo stimolare nuova produzione, ma anche preservare quella esistente, e anzi, laddove possibile, incrementarla promuovendo il revamping e repowering di impianti potenzialmente ancora competitivi.

*Tabella 2-3: Obiettivi di crescita della potenza da fonte rinnovabile settore elettrico al 2030 (MW) [Fonte: RSE, GSE]*

	2021	2022	2025	2030
Idrica	19.172	19.265	19.410	19.410
Geotermica*	817	817	954	1.000
Eolica	11.290	11.858	15.823	28.140
di cui off shore	0	0	0	2.100
Bioenergie	4.106	4.051	4.038	3.240
Solare	22.594	25.064	44.173	79.253
di cui a concentrazione	0	0	0	80
<b>Totale</b>	<b>57.979</b>	<b>61.055</b>	<b>84.398</b>	<b>131.043</b>

\* La potenza geotermoelettrica attesa potrà essere incrementata laddove alcune iniziative progettuali in via di sviluppo, in particolare a ciclo binario, dovessero raggiungere un livello di maturità compatibile con l'effettiva realizzazione, anche mediante strumenti di supporto

#### Settore termico

Lo sviluppo del settore delle FER termiche è condizionato dagli impatti emissivi relativi al particolato degli impianti di riscaldamento esistenti a biomasse solide. Pertanto, l'installazione di nuovi impianti di riscaldamento a biomasse dovrà essere guidata in modo da favorire gli impianti ad alta qualità ambientale e ad alta efficienza, considerando anche la possibilità che siano introdotte limitazioni a installazioni ex-novo nelle aree caratterizzate da situazioni critiche sotto il profilo della qualità dell'aria.

Le pompe di calore, considerate le loro elevate prestazioni, avranno un crescente peso nel mix termico rinnovabile (raddoppiando il loro contributo al 2030), ulteriormente supportato dal progresso tecnologico del settore.

#### Settore trasporti

L'elettrificazione diretta dei trasporti e l'utilizzo dei biocarburanti avranno un ruolo complementare nella decarbonizzazione del settore. Se da una parte l'elettrificazione dei trasporti è una soluzione rivolta alle nuove immatricolazioni in particolare di veicoli leggeri, i biocarburanti avranno un ruolo chiave già nel breve termine per la decarbonizzazione del parco esistente.

Inoltre, nel lungo termine, i biocarburanti ricopriranno un ruolo rilevante nella decarbonizzazione dei settori difficilmente elettrificabili, in particolare nel settore aeronautico e navale.

Il Piano prevede quindi al 2030 un importante contributo dai veicoli elettrici (6,5 mln) di cui puri (BEV – 4,3 mln) e ibridi elettrici plug-in (PHEV – 2,2 mln), che appaiono essere una soluzione per la mobilità urbana

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

privata in grado di contribuire alla diminuzione dei consumi finali nei trasporti privati a parità di percorrenza e di favorire l'integrazione della produzione da rinnovabili elettriche.

✓ Efficienza energetica

Secondo gli obiettivi UE il livello di consumi dell'Italia dovrebbe ammontare a 94,4 Mtep di energia finale e 115 Mtep di energia primaria nel 2030.

La Commissione Europea ha verificato che gli scenari di consumo finale, indicati dai Paesi nelle rispettive bozze di Piani, eccedono l'obiettivo di consumo vincolante a livello Europeo. Pertanto, gli sforzi ulteriori sono stati ripartiti tra i Paesi che avevano indicato scenari di consumo eccedenti gli obiettivi nazionali. L'obiettivo dell'Italia di consumi finali passa quindi a **93,05 Mtep**.

Lo scenario nazionale con politiche, che interiorizza l'effetto sulla riduzione dei consumi delle misure attuate e pianificate, stima un consumo finale di circa **101,7 Mtep al 2030**, evidenziando un gap di 8,65 Mtep rispetto all'obiettivo UE. Si prevede invece di rispettare l'obiettivo obbligatorio di risparmio di 73,4 Mtep di energia finale nel periodo 2021-2030 da politiche attive, previsto dalla direttiva EED (articolo 8).

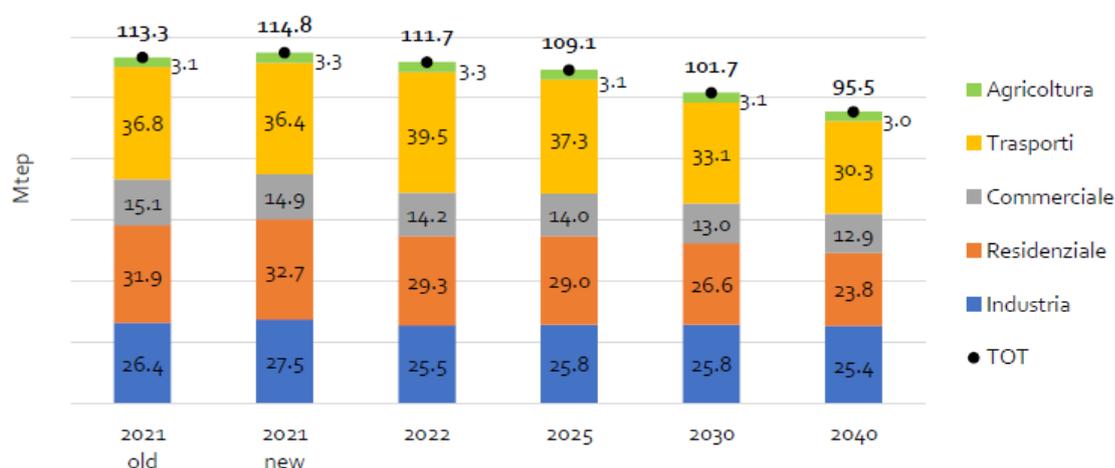


Figura 2-2: Evoluzione dei consumi finali per settore al 2040 [Fonte: RSE]

Stante l'obiettivo estremamente sfidante di riduzione delle emissioni del settore non-ETS, si è data particolare rilevanza alle misure di efficienza energetica nei settori civile e trasporti. In linea con la direttiva EPBD (Case Green) si è previsto di incrementare notevolmente il tasso di ristrutturazione degli edifici, prevedendo una forte penetrazione di tecnologie per l'elettrificazione dei consumi, per l'automazione e controllo e, in seconda battuta per ottimizzare la spesa dello Stato, degli interventi di isolamento.

È fondamentale sfruttare a pieno il potenziale di riduzione dei consumi e delle emissioni offerto dalle pompe di calore come sistema principale di riscaldamento da installare sia in corrispondenza di riqualificazioni profonde che ad integrazione degli impianti esistenti, unitamente alla revisione della normativa riguardante la definizione dei periodi di accensione degli impianti termici.

Quale misura imprescindibile per il conseguimento dei target nel settore civile (direttiva EPBD "Case green" in primis) è stata prevista una riforma dei bonus fiscali che fissi priorità di intervento (edifici meno performanti e povertà energetica) e differenzi il sussidio in base al miglioramento della prestazione energetica dell'edificio. Si è poi previsto di potenziare le misure esistenti per l'efficienza negli edifici del settore non residenziale privato, su cui vi è un potenziale di risparmio ancora non adeguatamente sfruttato.

Fondamentale poi il ruolo guida della Pubblica amministrazione (obbligo di riqualificazione degli edifici pubblici - 3% annuo - e di riduzione dei consumi della pubblica amministrazione - 1,9% annuo), per la quale

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

sarà necessario lanciare un grande piano di efficientamento del parco immobiliare e di riduzione dei consumi energetici, che prevedrà la condivisione dei target con gli enti regionali e locali.

Il Piano è poi molto ambizioso riguardo le misure nel settore trasporti, ove si è attribuito un rilievo prioritario alle politiche per il contenimento del fabbisogno di mobilità e all'incremento della mobilità collettiva, in particolare su rotaia, compreso lo spostamento del trasporto merci da gomma a ferro e della mobilità dolce.

Per quanto riguarda l'industria sono state previste semplificazioni e ampliamenti degli interventi ammessi ai meccanismi di supporto esistenti, nonché una revisione in chiave green dei benefici fiscali vigenti.

## ✓ Sicurezza energetica

La transizione energetica e gli obiettivi di decarbonizzazione, rappresentano un'occasione unica non soltanto per limitare gli impatti dei cambiamenti climatici, ma anche per ridurre la dipendenza energetica. L'incremento di rinnovabili delineato nel piano nei diversi settori di utilizzo comporta un progressivo incremento in termini di produzione di energia nazionale. Questo elemento, sommato alla flessione dei consumi, si traduce in una netta riduzione della dipendenza energetica che passa dal 79% nel 2022 al 60,7% nel 2030.

Sul settore elettrico il Piano per favorire l'integrazione della notevole nuova capacità elettrica di impianti rinnovabili non programmabile richiede una serie di interventi per potenziare la Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) interna in particolare per potenziare la capacità di transito sud-nord oltre che incrementare il livello di integrazione del sistema elettrico nazionale con gli altri paesi grazie ad una serie di progetti di potenziamento delle interconnessioni con gli SM della frontiera Nord, la Grecia e la Tunisia. Un ulteriore obiettivo da perseguire è l'aumento della capacità di accumulo da indirizzare sempre di più verso soluzioni "energy intensive", per limitare a quanto economicamente efficiente il fenomeno dell'overgeneration e favorire il raggiungimento degli obiettivi di consumo di energia rinnovabile.

Per quanto riguarda il settore gas, la sicurezza dell'approvvigionamento energetico italiano sarà rafforzata tramite l'intensificazione della diversificazione delle fonti di approvvigionamento al fine di ridurre la dipendenza dall'importazione di gas russo, continuando così l'azione intrapresa a partire dal 2022. Si sta procedendo pertanto ad ottimizzare l'utilizzo delle infrastrutture esistenti e a incrementare la capacità di importazione dai punti di interconnessione con i paesi del nord Africa e dall'Azerbaijan. Per favorire l'approvvigionamento dal corridoio sud mediterraneo in reverse flow è fondamentale, anche in chiave sicurezza Europea, la realizzazione della Linea Adriatica e gli sviluppi per il Trans-Adriatic Pipeline (TAP). Inoltre, al fine di diversificare ulteriormente gli approvvigionamenti, è entrato in esercizio un quarto impianto di rigassificazione tipo FRSU nel porto di Piombino con una capacità di rigassificazioni di 5 miliardi di metri cubi anno. A questo si aggiungerà nel 2025 un ulteriore impianto di tipo FRSU al largo della costa di Ravenna. La differenziazione dell'approvvigionamento del sistema gas italiano è inoltre sostenuta da uno dei sistemi di stoccaggio maggiormente sviluppati e flessibili di Europa.

L'attuale contesto rende la diffusione dei gas rinnovabili sempre più urgente e strategica alla luce della necessità di accelerare il percorso di decarbonizzazione e ridurre la dipendenza energetica Europea. A tal fine, lo sviluppo del biometano, per il quale si prevedono circa 5 Mld di mc al 2030, può ricoprire un ruolo rilevante sia dal punto di vista della decarbonizzazione che della sicurezza. Infine, per far fronte alle esigenze di ammodernamento della rete di trasporto e garantire una rete più efficiente, resiliente e sicura nel prossimo futuro, è pianificata la sostituzione di metanodotti ormai giunti alla fine della loro vita utile. Tali metanodotti saranno inoltre hydrogen ready, utili pertanto nel lungo termine al trasporto dell'idrogeno.

## ✓ Mercato interno dell'energia

L'integrazione dei mercati energetici dell'Unione Europea è elemento funzionale e necessario per promuovere da una parte l'efficienza e la competitività dei mercati e, dall'altra, la sicurezza e l'adeguatezza

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

dei sistemi energetici dei Paesi dell'Unione stessa. Per conseguire tale obiettivo, si prevede di potenziare le interconnessioni elettriche e il market coupling con gli altri Stati membri, rafforzando il ruolo dell'Italia come hub energetico europeo e corridoio di approvvigionamento delle rinnovabili dell'area mediterranea.

Esempi di questo sono l'infrastruttura "South2 Corridor", che sarà implementata da SNAM e dai TSO austriaci e tedeschi, che rientra nella European Hydrogen Backbone e che prevede lo sviluppo di idrogenodotti in Italia, Austria e Germania dai possibili luoghi di produzione di idrogeno rinnovabile (Nord Africa, sud Italia) verso le principali aree di potenziale consumo italiano ed europeo.

Riguardo alle infrastrutture di trasmissione, il gestore della Rete di Trasmissione Nazionale ha presentato un nuovo Piano di Sviluppo (PdS) che affronta le sfide legate alla decarbonizzazione e si propone di raggiungere gli obiettivi di transizione ecologica in modo efficiente. Il PdS prevede interventi e nuovi strumenti per sviluppare infrastrutture che integrino le fonti di energia rinnovabile e aumentino la capacità di trasporto tra le diverse zone di mercato, risolvendo le congestioni del sistema elettrico. Il Piano tiene in considerazione le attuali richieste di connessione alla RTN, le quali indicano che gli operatori di mercato stanno concentrando lo sviluppo di nuove FER principalmente nel sud e nelle isole, ovvero le zone con alta disponibilità di risorsa energetica primaria. Tra gli obiettivi principali del PdS è l'ampliamento delle interconnessioni con altri Paesi, il miglioramento della sicurezza, qualità e resilienza del sistema elettrico, e l'aumento della capacità di scambio tra le diverse zone di mercato. Tra gli interventi sulle reti elettriche di interconnessione pianificati, è stato autorizzato a settembre 2023 il completo rifacimento del collegamento Sardegna-Corsica-Italia continentale SACOI 3 (in sostituzione dell'attuale SACOI 2) e a maggio 2024 il collegamento sottomarino Italia-Tunisia; la nuova interconnessione tra Italia e Grecia (Grita 2) risulta invece in fase di concertazione.

Con la crescita delle fonti rinnovabili intermittenti, risulta necessario che i consumatori abbiano accesso a tale energia a costi ragionevoli. Da tale obiettivo discendono in particolare le seguenti esigenze:

- il rafforzamento del processo di integrazione dei mercati;
- la promozione del ruolo attivo della domanda per garantire flessibilità nel sistema energetico;
- lo sviluppo degli strumenti a termine di negoziazione dell'energia elettrica da fonti rinnovabili. Le fonti rinnovabili necessitano, infatti, di segnali di prezzo di lungo termine (CFD o PPA), necessari per finanziare la costruzione di nuovi impianti FER.

Per poter raggiungere gli obiettivi comunitari, è necessario prevedere un'accelerazione e una semplificazione degli iter autorizzativi sia per le opere di sviluppo di rete che per la connessione di impianti rinnovabili, permettendo quindi la realizzazione tempestiva di tutte le opere necessarie al raggiungimento dei target di decarbonizzazione.

Le esigenze di flessibilità potranno beneficiare, oltre che dall'ampia diffusione degli accumuli, sia centralizzati sia distribuiti, anche della integrazione tra sistemi (elettrico, idrico e gas in particolare), da avviare in via sperimentale, anche con lo scopo di studiare le più efficienti modalità per l'accumulo di lungo termine di energia rinnovabile.

La riduzione attesa dei costi della tecnologia dell'elettrolisi e il contestuale varo di misure di supporto consentirà infatti di disporre di idrogeno rinnovabile per la decarbonizzazione dei settori industriali ad alta intensità energetica e dei trasporti commerciali a lungo raggio.

Riguardo alla povertà energetica, sarà innanzitutto fondamentale definire e quantificare il fenomeno, come anche previsto dalla direttiva efficienza energetica. Sarà poi necessario porre attenzione allo sviluppo di politiche dedicate, in particolare sfruttando al meglio le risorse stanziato all'uopo dal Repower EU e dal Fondo sociale per il clima.

- ✓ Ricerca, innovazione e competitività

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

In accordo alle linee guida della Commissione sull'aggiornamento dei piani nazionali su energia e clima, viene assegnato un ruolo centrale alla Ricerca, Sviluppo e Innovazione in ambito energetico. L'identificazione di obiettivi nazionali di R&S&I sulle tecnologie energetiche risulta prioritario per accelerare l'introduzione sul mercato di quelle tecnologie necessarie a centrare i target definiti dal Green Deal e per rafforzare al tempo stesso la competitività dell'industria nazionale. In quest'ottica, gli obiettivi di R&S&I identificano, dunque, quei cluster di tecnologie energetiche che si ritiene possano consentire di:

- raggiungere gli obiettivi di decarbonizzazione, sia all'orizzonte 2030, sia all'orizzonte 2050, tanto per il loro potenziale di penetrazione, quanto per il loro ruolo nel rendere la transizione tecnicamente fattibile;
- mantenere e rafforzare la competitività dell'industria italiana.

Il Piano intende delineare una strategia a lungo termine che definisca le priorità e la determinazione delle misure indispensabili per conseguire gli obiettivi, tenendo in considerazione gli indirizzi e le valutazioni di competitività del Paese. Si intendono creare le condizioni affinché la partecipazione dell'industria e dei centri di ricerca, pubblici e privati, ai futuri programmi di ricerca, previsti sia dal SET Plan/Horizon Europe che da Mission Innovation, sia meno frammentata e più concentrata su obiettivi comuni e condivisi.

Al 2030 l'Italia si pone come obiettivo il mantenimento dell'impegno finanziario assunto nell'ambito della COP 21 per Mission Innovation, insieme ad altri 24 Paesi tra i quali l'Unione Europea, di garantire un raddoppio degli investimenti in R&S, elevandoli dai 222 milioni di euro all'anno (con riferimento al 2013) a 444 milioni.

La recente revisione della direttiva EU ETS ha poi previsto l'ampliamento dell'ambito di applicazione dei finanziamenti del Fondo per l'Innovazione, sia in termini di settori (che ora includono anche il trasporto marittimo, il trasporto aereo, l'edilizia e il trasporto su strada), sia in termini di livello di innovazione, che è stato esteso per includere tecnologie caratterizzate da una più elevata maturità.

In linea con il Net Zero Industry Act, gli obiettivi relativi alle "strategic net-zero technologies" sono stati definiti sulla base di tre criteri: (1) livello di maturità tecnologica (technology readiness level, TRL); (2) contributo alla decarbonizzazione, cioè le tecnologie che si prevede apporteranno un contributo significativo all'obiettivo di riduzione delle emissioni; (3) contributo alla competitività del sistema industriale e alla riduzione dei rischi legati alla sicurezza dell'approvvigionamento, rafforzando i settori nei quali l'Italia presenta un basso indice di specializzazione e incrementando la capacità produttiva di componenti o pezzi nella catena del valore delle tecnologie a zero emissioni nette, in relazione ai quali il Paese dipende fortemente o in misura crescente dalle importazioni.

Lo scenario energetico dei prossimi anni impone un approccio olistico alla Ricerca e Sviluppo nel settore energetico, in grado di operare in maniera selettiva sulle tecnologie disponibili per la successiva industrializzazione.

All'orizzonte 2050, la metà della riduzione delle emissioni necessarie per raggiungere la neutralità climatica richiede lo sviluppo di tecnologie che attualmente sono ancora nella fase dimostrativa o prototipale, soprattutto nelle applicazioni dell'industria hard to abate e del trasporto pesante e nel settore avio. Gli obiettivi dell'attività di R&I si indirizzano pertanto in questo caso ai diversi cluster tecnologici con un più ampio spettro di livelli di maturità, comprese tecnologie allo stato ancora di prototipo.

Altro obiettivo dell'attività di ricerca è di contribuire a superare due criticità dell'attuale situazione italiana in diversi cluster tecnologici strategici, criticità al centro delle preoccupazioni della strategia energetica UE: da un lato, la relativa despecializzazione italiana in termini di attività innovativa - misurata dall'attività brevettuale - in diverse tecnologie strategiche, sebbene con diverse eccezioni positive; dall'altro l'attuale situazione di deficit commerciale, per di più in forte crescita, sebbene con segnali positivi nel campo dell'automotive.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

## ✓ Ipotesi nucleare post-2030

L'utilizzo dell'energia nucleare sta vedendo, in Europa e nel mondo, un importante sforzo da parte di Paesi, imprese, enti di ricerca e università per accelerare lo sviluppo e il dispiegamento di nuovi impianti, essendo la fonte nucleare tra quelle con minori emissioni di carbonio nell'intero ciclo di vita.

In questo senso, con l'avvio della *Piattaforma Nazionale per un Nucleare Sostenibile (PNNS)* da parte del MASE, è stato avviato un percorso per la valutazione nel medio termine (post-2030) sulla **possibile ripresa dell'utilizzo dell'energia nucleare in Italia** attraverso le nuove tecnologie nucleari sostenibili in corso di sviluppo, in particolare i piccoli reattori modulari a fissione (SMR – *Small Modular Reactor* di generazione III+, AMR – *Advanced Modular Reactor* di generazione IV e microreattori, secondo le convenzioni utilizzate a livello internazionale) nonché, nel lungo termine, con l'energia da fusione, in un'ottica di affiancamento alla sempre maggiore penetrazione della generazione di energia da fonti rinnovabili e alle altre forme di energia a basse emissioni di carbonio.

L'energia nucleare può essere inclusa in diverse dimensioni del PNIEC:

1. **Decarbonizzazione:** L'energia nucleare può contribuire alla riduzione delle emissioni di gas serra, poiché la produzione di energia nucleare non emette CO<sub>2</sub> durante il processo di generazione di energia. Può pertanto essere considerata una fonte di energia a basse emissioni di carbonio, come riconosciuto anche in ambito Tassonomia, e può aiutare a raggiungere gli obiettivi di riduzione delle emissioni.
2. **Sicurezza energetica:** L'energia nucleare può migliorare la sicurezza energetica riducendo la dipendenza dalle importazioni di combustibili fossili. Le centrali nucleari possono fornire una fonte di energia stabile e continua, riducendo la vulnerabilità alle interruzioni di approvvigionamento esterno.
3. **Mercato interno dell'energia:** Le centrali nucleari possono aiutare a garantire l'adeguatezza e la sicurezza del sistema elettrico nazionale ed europeo. L'energia nucleare può inoltre contribuire alla stabilità dei prezzi dell'energia elettrica, poiché i costi operativi delle centrali nucleari sono relativamente prevedibili e meno soggetti alle fluttuazioni dei prezzi delle materie prime rispetto ai combustibili fossili. Infine, come parte del *mix* energetico europeo, può contribuire alla diversificazione delle fonti energetiche, riducendo la dipendenza da importazioni di combustibili fossili e aumentando la competitività del mercato. Questo può portare a prezzi dell'energia più stabili e competitivi per i consumatori.
4. **Ricerca, Innovazione e Competitività:** L'energia nucleare può beneficiare di programmi di ricerca e sviluppo per migliorare la sicurezza e l'efficienza, per chiudere il ciclo del combustibile, rendere più efficiente l'uso del combustibile e ottimizzare la gestione dei rifiuti radioattivi. L'innovazione nel settore nucleare, l'utilizzo cogenerativo, la produzione di idrogeno ed *e-fuel* per decarbonizzare i settori *hard-to-abate*, lo sviluppo di reattori che chiudono il ciclo del combustibile o la sempre più vicina energia da fusione, possono aumentare la competitività dell'economia energetica.

Nella figura sottostante si riporta un'ipotesi di scenario al 2050 in cui sono state considerate tutte le tecnologie di generazione di energia (comprese rinnovabili e gas/bioenergie con CCS), inclusa una quota di generazione da fonte nucleare (ricavata dal modello in base alla convenienza energetica ed economica, quindi non imposta a priori). L'ipotesi di scenario si basa sui primi dati quantitativi e di costo ricavati dalla Piattaforma Nazionale per un Nucleare Sostenibile avviata a settembre, che saranno consolidati alla fine dei lavori della stessa.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Tale quota nucleare, pur limitando lo sviluppo alla metà dell'intero potenziale installabile in via prudenziale, raggiungerebbe gli 8 GW<sup>1</sup> al 2050, coprendo circa l'11% della richiesta di energia elettrica nazionale. Confrontando i valori di costo complessivo per i due scenari considerati ("Con nucleare" e "Senza nucleare"), lo scenario "Con Nucleare" sarebbe in grado di raggiungere l'obiettivo "Net Zero" ad un costo stimato di circa 17 miliardi di € inferiore al costo dello scenario "Senza nucleare", su tutto l'orizzonte temporale preso a riferimento.

Senza la limitazione sul potenziale installabile, considerando quindi lo sviluppo dell'intero potenziale di reattori ricavato dalla Piattaforma, lo scenario "Con nucleare" arriverebbe a coprire circa il 22% della richiesta nazionale di energia elettrica (circa 16 GW di capacità nucleare al 2050).

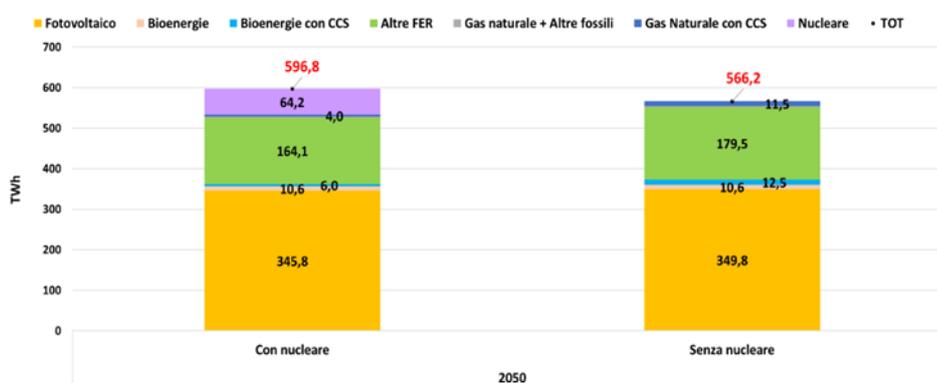


Figura 2-3: Produzione nazionale di energia elettrica al 2050 negli scenari con e senza nucleare [Fonte: PNNS]

### 3 OBIETTI AMBIENTALI E PIANIFICAZIONE/PROGRAMMAZIONE PERTINENTE

Il PNIEC nell'ambito del processo di decarbonizzazione per sua natura contribuisce al perseguimento degli obiettivi europei in materia di energia e ambiente relativi alla riduzione dei consumi e all'incremento dell'efficienza energetica, alla riduzione delle emissioni di gas serra, all'incremento della quota rinnovabile nel mix energetico del Paese e risponde all'esigenza di mantenere la sicurezza e la adeguatezza del sistema energetico nazionale.

Gli obiettivi generali del PNIEC possono essere così sintetizzati:

- Decarbonizzazione, attraverso la riduzione di emissione di gas serra e sviluppo delle rinnovabili;
- Efficienza energetica, attraverso una progressiva riduzione finale dei consumi;
- Sicurezza dell'approvvigionamento energetico, incrementando le fonti rinnovabili e l'efficienza energetica e diversificando le fonti di approvvigionamento;
- Sviluppo del mercato interno dell'energia, ovvero intervenire su interconnettività elettrica, infrastruttura di trasmissione, integrazione del mercato, povertà energetica;
- Ricerca, innovazione e competitività, migliorando la capacità del sistema della ricerca di presidiare e sviluppare le tecnologie di prodotto e di processo essenziali per la transizione energetica

La contestualità della crisi energetica, con la necessità di garantire la ripresa economica post-COVID, con la crescita della spesa per il sostegno alle energie rinnovabili e all'efficienza energetica ha acuito la sensibilità affinché la sostenibilità, anche ambientale, del sistema energetico, sia perseguita con ocularità e attenzione

<sup>1</sup> 8 GW è il valore medio. L'intervallo di riferimento è 7,5 ÷ 8,5 GW. I dati forniti dalla PNNS derivano da analisi effettuate all'interno della PNNS e da dati internazionali di letteratura.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

agli impatti economici sui consumatori, una quota dei quali versa peraltro in condizioni di povertà non solo energetica ed è meritevole di tutela.

Il PNIEC, nell'attuazione delle misure, tiene in debito conto la coerenza tra gli obiettivi energetici e climatici e gli obiettivi di tutela del paesaggio, di qualità dell'aria e dei corpi idrici, di salvaguardia della biodiversità e di tutela dei suoli e del patrimonio verde di grandi assorbimenti di anidride carbonica quali le foreste, i boschi e le aree agricole, tema di particolare rilevanza come hanno mostrato i recenti eventi meteo-climatici.

Ai sensi dell'art. 34 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, la Strategia Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile (SNSvS) rappresenta il quadro di riferimento per la Valutazione Ambientale Strategica di piani e programmi e definisce la necessità di attivazione di un monitoraggio integrato tra i diversi livelli territoriali della capacità di raggiungere gli obiettivi di sostenibilità posti dalla Strategia, nonché di valutazione del contributo che i diversi piani e programmi forniscono al loro raggiungimento.

Il programma per la coerenza delle politiche per lo sviluppo sostenibile, allegato alla nuova SNSvS, è finalizzato ad accompagnare le Amministrazioni in questo esercizio, attraverso il disegno di strumenti e meccanismi di governance per la sostenibilità, definiti insieme a OCSE e alla DG REFORM (Directorate-General for Structural Reform Support) della Commissione europea.

La coerenza delle politiche per lo sviluppo sostenibile è dunque una delle condizioni abilitanti della nuova SNSvS, definite come i "vettori di sostenibilità", tra cui figurano anche l'educazione e la formazione per lo sviluppo sostenibile, oltre che la partecipazione dei cittadini e la collaborazione istituzionale. Il ruolo dei territori è centrale nel processo di attuazione della SNSvS: 18 strategie di Regioni e Province autonome risultano a oggi approvate, in continuità e coerenza con SNSvS, oltre che 9 agende metropolitane per lo sviluppo sostenibile. In molti casi, le strategie regionali per lo sviluppo sostenibile integrano le linee di azione su energia, clima e in particolare adattamento al cambiamento climatico come ambiti prioritari di intervento, ponendosi come strategie integrate.

La SNSvS22 identifica per ogni area (5P dell'Agenda 2030) le Scelte Strategiche Nazionali (SSN) che si compongono a loro volta di Obiettivi Strategici Nazionali (OSN).

L'analisi della pertinenza di detti OSN rispetto al PNIEC conduce all'individuazione degli obiettivi di sostenibilità con cui il PNIEC dovrà confrontarsi e a cui potrà fornire il contributo attraverso l'attuazione delle misure afferenti alle 5 dimensioni in cui si articola.

L'analisi è stata integrata con la normativa ambientale di settore (incluse politiche, strategie, ecc.) ai diversi livelli (internazionale, comunitario, nazionale) al fine di individuare un set di obiettivi e target (ove presenti) pertinenti al PNIEC come previsto dall'Allegato VI lett. e) del D.lgs 152/06.

Si riporta di seguito l'elenco delle politiche, strategie, normative in tema di sostenibilità a vari livelli e strumenti di pianificazione di livello nazionale pertinenti al PNIEC di cui si riporta una disamina sintetica nell'Allegato 1 al presente Rapporto Ambientale.

Per gli atti adottati a vari livelli di governo inerenti strettamente alla mitigazione dei CC e al settore energetico si rimanda al documento di PNIEC.

## **POLITICHE, STRATEGIE E NORMATIVE AMBIENTALI STABILITE A LIVELLO INTERNAZIONALE, COMUNITARIO E DEGLI STATI MEMBRI**

### SVILUPPO SOSTENIBILE

Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile (UN, 2015b)

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

EU Green Deal (EC, 2019) e 2030 Climate Target Plan (EC, 2020b)

Regolamento sulla Tassonomia UE/2020/852

Agenda urbana per l'UE

Programma generale di Azione dell'Unione per l'Ambiente fino al 2030 (8° PAA) (Decisione n. 591/2022/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 6 aprile 2022)

CLIMA, EMISSIONI E QUALITÀ DELL'ARIA

Accordo di Parigi

Comunicazione della Commissione EU, COM (2018) 773 "Un pianeta pulito per tutti Visione strategica europea a lungo termine per un'economia prospera, moderna, competitiva e climaticamente neutra".

Strategia dell'UE di Adattamento ai Cambiamenti Climatici

COM (2021) 800 *Sustainable Carbon Cycles*.

Direttiva 2016/2284/UE (cosiddetta direttiva NEC – National Emission Ceilings)

Comunicazione 918/2013/CE

Comunicazione 446/2018/CE

Strategia per una mobilità sostenibile e intelligente: mettere i trasporti europei sulla buona strada per il futuro - COM(2020) 789 final

Comunicazione 400/2021/CE (Verso l'Inquinamento zero per l'aria, l'acqua e il suolo).

La nuova Direttiva europea sulla qualità dell'aria

BIODIVERSITÀ TERRESTRE

Nature Restoration Law

Strategia Europea per la Biodiversità verso il 2030 (EC, 2020c)

Direttiva 2009/147/CE (già 79/409/CEE) - "Uccelli"

Direttiva 92/43/CEE "Habitat"

Convenzione relativa alle zone umide di importanza internazionale (Convenzione di RAMSAR, 1971)

Nuova strategia dell'UE per le foreste per il 2030 (COM (2021) 572 final)

Convenzione sulla conservazione delle specie migratrici appartenenti alla fauna selvatica (CMS)

Accordo sulla conservazione degli uccelli acquatici migratori afro-eurasiatici (AEWA, 1995)

AMBIENTE MARINO-COSTIERO

Convenzione per la protezione dell'ambiente marino e del litorale del Mar Mediterraneo dall'inquinamento 1976/1995 (Convenzione di Barcellona)

Direttiva quadro 2008/56/CE sulla strategia per l'ambiente marino (D.lgs. 13 ottobre 2010, n. 190)

Direttiva 2014/89/UE che istituisce un quadro per la pianificazione dello spazio marittimo (D.lgs. di recepimento n. 201 del 17 ottobre 2016)

RISORSE IDRICHE

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Direttiva 2000/60/CE Direttiva Quadro Acque (Water Framework Directive) (D.lgs. di recepimento n. 152/2006 – Testo Unico Ambientale

Direttiva 91/271/CE - Trattamento delle acque reflue urbane (D.lgs. di recepimento n. 152/1999)

Direttiva 91/676/CE - Protezione delle acque dell'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole

Regolamento (UE) 2020/741 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 25 maggio 2020 recante prescrizioni minime per il riutilizzo dell'acqua

#### RISCHI NATURALI E ANTROPICI

Quadro di riferimento di Sendai (2015-2030) per la riduzione del rischio di disastri

Direttiva Alluvioni 2007/60/CE e il D.lgs. attuativo 49/2010

#### SUOLO

Strategia Europea per il suolo per il 2030 COM (2021)699 final

#### SPECIE ESOTICHE INVASIVE

Regolamento UE 1143/14 sulla gestione delle specie esotiche invasive (D.lgs. di recepimento n. 230 del 15 dicembre 2017)23

Strategia europea sulle specie aliene invasive (Recommendation No. 99/2003 Bern Convention)

#### AGRICOLTURA

Strategia Farm to Fork (EC, 2020d)

Politica Agricola Comune (PAC) e Programmi di Sviluppo Rurale (PSR) (Regolamenti (UE) 671/2012, 1028/2012, 1305/2013, 1306/2013, 1307/2013, 1308/2013, 1370/2013)

#### PATRIMONIO CULTURALE

Convenzione UNESCO per la protezione del patrimonio mondiale culturale e naturale (Parigi, 1972)

Convenzione UNESCO sulla protezione del patrimonio culturale subacqueo (Parigi, 2001)

Convenzione UNESCO per la salvaguardia del patrimonio culturale immateriale (Parigi, 2003)

Convenzione di Faro sul valore del patrimonio culturale per la società (Faro, 2005)

Convenzione per la salvaguardia del patrimonio architettonico d'Europa, Granada, 1985

Schema di sviluppo dello spazio europeo, Potsdam, 1999

Attuazione della nuova agenda europea per la cultura e della strategia dell'Unione europea per le relazioni culturali internazionali, 2022/2047 (INI)

Convenzione europea per la protezione del patrimonio archeologico (La Valletta, 1992)

Convenzione Europea sul Paesaggio (Firenze, 2000)

Risoluzione del Parlamento europeo sulla tutela del patrimonio naturale, architettonico e culturale europeo nelle zone rurali e nelle regioni insulari (2006/2050(INI))

Carta di Roma sul Capitale Naturale e Culturale (Roma, 2014)

#### ECONOMIA CIRCOLARE

Piano di azione per l'economia circolare europeo

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

**POLITICHE, STRATEGIE E NORMATIVE AMBIENTALI STABILITI A LIVELLO NAZIONALE**SVILUPPO SOSTENIBILE

Strategia Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile – SNSvS (2022)

Strategia Nazionale Aree Interne 2021-2027 - SNAI (2021)

CLIMA, EMISSIONI E QUALITÀ DELL'ARIA

Strategia Nazionale di Adattamento ai CC

Decreto legge 14 ottobre 2019, n. 111, cosiddetto “decreto clima”

Decreto Legislativo n. 155 2010 del 13 agosto 2010 e s.m.i.

Accordo di programma per l'adozione coordinata e congiunta di misure di risanamento della qualità dell'aria nel Bacino Padano (7/6/2017)

Protocollo di intesa (4/6/2019)

Decreto Legge 121/2023 “Misure urgenti in materia di pianificazione della qualità dell'aria e limitazioni della circolazione stradale” (convertito nella Legge n. 155 del 6 novembre 2023)

BIODIVERSITÀ

Strategia Nazionale per la Biodiversità al 2030

Legge quadro sulle aree protette (L. n. 394 del 1991)

Testo Unico in materia di Foreste e Filieri forestali (TUFF - D.lgs. 3 Aprile 2018 n. 34)

Strategia Forestale Nazionale (Gazzetta Serie Generale n. 33 del 09-02-2022)

Strategia nazionale per il verde urbano “Foreste urbane resilienti ed eterogenee per la salute e il benessere dei cittadini”.

PATRIMONIO CULTURALE

D.lgs. n. 42/2004 Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137

Decreti interministeriali di Istituzione del Parco sommerso ubicato nelle acque di Baia nel Golfo di Pozzuoli e del Parco sommerso ubicato nelle acque di Gaiola nel Golfo di Napoli (7 agosto 2002)

L. 14/2016 - Ratifica ed esecuzione della Convenzione europea sul paesaggio, fatta a Firenze il 20 ottobre 2000;

Carta di Roma per il Patrimonio Marittimo (Roma, 2007)

ECONOMIA CIRCOLARE

Strategia Nazionale per l'economia circolare (SEC)

**PIANIFICAZIONE E PROGRAMMAZIONE NAZIONALE PERTINENTE**

Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza - PNRR (2021)

Piano Nazionale di Transizione Ecologica - PTE (2022)

Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici – PNACC

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Piano di Sviluppo della Rete elettrica di Trasmissione Nazionale - PdS

Piano Nazionale Strategico per la Mobilità Sostenibile - PNSMS (2018)

Piano Nazionale degli interventi sul settore idrico

Piano Nazionale per la mitigazione del rischio idrogeologico, il ripristino e la tutela della risorsa ambientale (2019)

Programma di Sviluppo Rurale Nazionale - PSRN (2021)

Piano Strategico Nazionale della Politica Agricola Comune 2023-2027 – PSP (2022)

Programma Nazionale Controllo Inquinamento Atmosferico – PNCIA (2021)

Programma Nazionale per la Gestione dei Rifiuti - PNGR (2022)

Programma Nazionale Metro Plus Città Medie Sud 2021-2027 (2022)

Piani di Gestione dello Spazio Marittimo Italiano - Area marittima Adriatico, Area marittima Ionio e Mediterraneo centrale, Area marittima Tirreno e Mediterraneo occidentale (in istruttoria VAS)

Piano per la Transizione Energetica Sostenibile delle Aree Idonee – PiTESAI (2021)

Piano del mare (Delibera CIPOM del 31 luglio 2023)

Piano Nazionale della Prevenzione 2020-2025

Piano generale della mobilità ciclistica urbana ed extraurbana 2022-2024

**PIANIFICAZIONE E PROGRAMMAZIONE INTERREGIONALE E REGIONALE PERTINENTE**

Piani Energetici Ambientali Regionali – PEAR

Piani forestali regionali - PFR

Piani e Regolamenti dei Parchi

Piani Regionali di Gestione delle Coste

Piani di gestione dei Siti Natura 2000

Piani stralcio di distretto per l'Assetto Idrogeologico - PAI

Piani di gestione del rischio di alluvioni - PGRA

Piani di Gestione Acque

Piani di bilancio idrico

Piani Regionali di Tutela delle Acque

Programma di gestione dei sedimenti

Piani paesaggistici regionali/provinciali e Piani territoriali regionali a valenza paesaggistica

Piani di gestione dei Siti UNESCO

Piani Territoriali Regionali di Coordinamento

Piani Regionali Qualità dell'Aria

Piani regionali di gestione dei rifiuti

Piani regionali dei trasporti

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Un quadro sullo stato di approvazione di alcuni strumenti di pianificazione regionale è disponibile al seguente link: <https://indicatoriambientali.isprambiente.it/it/valutazioni-ambientali/piani-con-applicazione-della-vas-sede-regionale>

Si riporta di seguito una sintetica descrizione, tratta dal paragrafo 1.2 della proposta di PNIEC, dei documenti strategici e di pianificazione più rappresentativi tra quelli di rilievo che sono stati adottati in questi ultimi anni, che disegnano a livello nazionale un contesto favorevole all'attuazione dei nuovi e più ambiziosi obiettivi energetici ed emissivi del PNIEC.

Un nuovo impulso al tema dell'adattamento è stato promosso dalla presentazione, da parte della Commissione europea nel 2021, della nuova Strategia di adattamento che mira a realizzare la trasformazione dell'Europa in un'Unione resiliente ai cambiamenti climatici entro il 2050. A livello nazionale, in attuazione della Strategia nazionale di adattamento, adottata nel 2015, è stato adottato il **Piano nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici (PNACC)**, il cui principale obiettivo è fornire un quadro di indirizzo nazionale per l'implementazione di azioni finalizzate a ridurre al minimo i rischi derivanti dai cambiamenti climatici, a migliorare la capacità di adattamento dei sistemi socio-economici e naturali, nonché a trarre vantaggio dalle eventuali opportunità che si potranno presentare con le nuove condizioni climatiche. Il PNACC è stato anche sottoposto a procedimento di Valutazione Ambientale Strategica (VAS).

Oltre al PNACC, è importante menzionare la "**Strategia Forestale Nazionale per il settore forestale e le sue filiere**" (SFN), la cui missione è quella di portare il Paese ad avere foreste estese e resilienti, ricche di biodiversità, capaci di contribuire alle azioni di mitigazione e adattamento alla crisi climatica, offrendo benefici ecologici, sociali ed economici per le comunità rurali e montane. La SFN discende da un impegno europeo, la Strategia forestale dell'Unione europea, del luglio 2021 ed è stata pubblicata in Gazzetta Ufficiale il 9 febbraio 2022, con validità ventennale.

Altro tema prioritario per disaccoppiare la crescita economica dagli impatti ambientali derivanti dall'estrazione e dall'utilizzo delle risorse, riducendo le emissioni di gas climalteranti, l'inquinamento e i rifiuti e favorendo al contempo la creazione di nuovi mercati e nuove opportunità di green jobs è rappresentato dall'economia circolare. A tal proposito l'Italia ha adottato nel giugno 2022 la **Strategia Nazionale per l'Economia Circolare** finalizzata a definire nuovi strumenti amministrativi e fiscali per rafforzare il mercato delle materie prime secondarie, affinché diventino competitive in termini di disponibilità, prestazioni e costi rispetto alle materie prime vergini, a contribuire al raggiungimento degli obiettivi di neutralità climatica e ad attuare una tabella di marcia di azioni e obiettivi misurabili da qui al 2035.

Altro documento rilevante per il PNIEC è il **Programma nazionale di gestione dei rifiuti**, adottato anch'esso nel giugno 2022, che ha un orizzonte di sei anni (2022-2028) e si declina come segue: stabilisce i macro-obiettivi, le macro-azioni e i target; definisce i criteri e le linee strategiche che le Regioni e le Province autonome devono seguire nell'elaborazione dei Piani di gestione dei rifiuti; offre una ricognizione nazionale dell'impiantistica e affronta i divari tra le Regioni; si concentra sull'aumento del tasso di raccolta differenziata, sulla riduzione del numero di discariche irregolari e sulla diminuzione del tasso di conferimento in discarica dei rifiuti urbani al di sotto del 10% nel 2035; indica la necessità di adottare una pianificazione a livello regionale basata sulla quantificazione dei flussi di rifiuti e individua la metodologia di valutazione del ciclo di vita (LCA) per confrontare gli scenari di gestione, tenendo conto di tutti gli impatti ambientali.

Sempre sul tema della necessità di promuovere un modello di produzione e consumo sostenibile è stato presentato il nuovo **Piano d'azione per la sostenibilità ambientale dei consumi nel settore della Pubblica Amministrazione**, che è stato aggiornato con Decreto del Ministro dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

3 agosto 2023, di concerto con il Ministro delle Imprese e del Made in Italy e con il Ministro dell'Economia e delle Finanze (GU Serie Generale n.193 del 19-08-2023). Tale piano ha anche lo scopo di ricondurre gli obiettivi al rispetto del principio del Do No Significant Harm (DNSH).

Nell'ambito di quanto stabilito dal Piano, sono adottati con Decreto i cosiddetti Criteri Ambientali Minimi (CAM), ossia i requisiti ambientali definiti per le varie fasi del processo di acquisto, volti a individuare la soluzione progettuale, il prodotto o il servizio migliore sotto il profilo ambientale lungo il ciclo di vita, tenuto conto della disponibilità di mercato.

Si evidenzia che la politica nazionale in materia di appalti pubblici verdi è estremamente rilevante, a tale scopo, per gli effetti delle disposizioni legislative del codice dei contratti pubblici che rendono obbligatoria, per le stazioni appaltanti, almeno l'introduzione delle specifiche tecniche e clausole contrattuali dei criteri ambientali minimi nella documentazione progettuale e di gara relativamente a tutte le categorie di forniture, servizi e lavori per cui tali criteri siano stati adottati. Inoltre, va segnalato il **Piano d'azione in materia di produzione e consumo sostenibile (PAN SCP)** in corso di definizione e la sua adozione è prevista entro il primo semestre 2025. Il Piano si colloca nell'ambito delle politiche e delle strategie internazionali e nazionali su economia circolare, uso efficiente delle risorse e protezione del clima, che dà attuazione agli indirizzi comunitari relativi al Piano d'azione europeo su produzione e consumo sostenibili e su Politica industriale sostenibile COM (2008)397 e all'Agenda 2030 delle Nazioni Unite.

Sul tema dei trasporti vanno a incidere sia il **Piano Nazionale Infrastrutturale per la Ricarica dei veicoli alimentati a energia Elettrica (PNIRE)**, approvato nel 2012 e aggiornato nel 2016, attraverso un percorso condiviso con i principali dicasteri competenti nonché con gli stakeholders del settore, che il **Programma Nazionale di Controllo dell'Inquinamento Atmosferico (PNCIA)**, approvato nel dicembre 2021. Il PNIRE dovrà essere aggiornato sulla base delle risultanze delle misure previste dal PNRR.

Il PNCIA definisce l'insieme delle misure ed iniziative da attuare a livello nazionale per il raggiungimento dei target di riduzione di biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), composti organici volatili non metanici (COVNM), ammoniaca (NH<sub>3</sub>) e materiale particolato PM<sub>2,5</sub> imposti dalla direttiva 2016/2284 (cosiddetta direttiva NEC). Le principali linee di azione riguardano tutti i settori che producono emissioni inquinanti (produzione elettrica, residenziale, trasporti e agricoltura), e potranno essere realizzate sia attraverso strumenti normativi (phase out del carbone, efficienza energetica, utilizzo effluenti in agricoltura, utilizzo fonti rinnovabili), che attraverso programmi di incentivazione (incentivi per la diffusione veicoli elettrici, per la sostituzione dei vecchi impianti di riscaldamento a legna, per il rinnovo del parco veicoli TPL, per l'uso di fertilizzanti agricoli a minor impatto emissivo, per il rinnovo tecnologico nel settore agricoltura). Per quanto attiene alla copertura finanziaria, con la Legge n.234 del 2021 (articolo 1, comma 498) è stato istituito nello stato di previsione del Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, un Fondo per l'attuazione delle misure del Programma Nazionale di controllo dell'inquinamento atmosferico, con una dotazione complessiva pari a 2.3 mld€, che delega la disciplina delle modalità di utilizzo delle risorse del Fondo ad appositi decreti del *Ministro della transizione ecologica, di concerto, per gli aspetti di competenza, con i Ministri dell'economia e delle finanze, dello sviluppo economico, delle politiche agricole alimentari e forestali, delle infrastrutture e della mobilità sostenibili e della salute.*

Per il settore civile va menzionata la **Strategia per la riqualificazione energetica del parco immobiliare nazionale (STREPIN)**, redatta ai sensi dell'articolo 2-bis della direttiva 2010/31/UE sulla prestazione energetica degli edifici, come modificata dalla direttiva 2018/844/UE, che descrive una rassegna del parco immobiliare e, successivamente, identifica il tasso di riqualificazione energetica del patrimonio edilizio attuale e quello obiettivo, evidenziando anche l'opportunità di condurre una riqualificazione energetica con un approccio integrato che migliori l'efficacia del rapporto tra costi e benefici. La strategia dovrà essere

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

aggiornata per tenere conto dell'incremento di ambizione previsto dalle direttive europee facenti parte del pacchetto Fit for 55.

Sul tema dell'idrogeno è stato elaborato il documento "**Strategia nazionale Idrogeno - Linee Guida preliminari**", in cui si delinea la visione di alto livello sul ruolo che l'idrogeno può occupare nel percorso nazionale di decarbonizzazione, in conformità al PNIEC, alla più ampia agenda ambientale dell'Unione europea, e alla Strategia per l'Idrogeno dell'UE pubblicata di recente, nell'ambito della Strategia di Lungo Termine per una completa decarbonizzazione nel 2050. La strategia, inoltre, individua i settori in cui si ritiene che questo vettore energetico possa diventare competitivo in tempi brevi ma anche a verificare le aree d'intervento che meglio si adattano a sviluppare e implementare l'utilizzo dell'idrogeno.

Per quanto riguarda l'energia nucleare, come anticipato, il MASE ha istituito la **Piattaforma Nazionale per un Nucleare Sostenibile (PNNS)**. La Piattaforma ha l'obiettivo prioritario di **sviluppare linee guida e una roadmap**, con orizzonte fino al 2050, per seguire e coordinare gli sviluppi delle nuove tecnologie nucleari nel medio e lungo termine, valutando, nel medio termine (post-2030), **le possibilità d'impiego dei nuovi piccoli reattori modulari a fissione e le loro possibili ricadute in ambito nazionale**, ove provate ad un livello di sicurezza adeguato, nonché, nel lungo termine, dell'energia da fusione, in un'ottica di affiancamento alla sempre maggiore penetrazione della generazione di energia da fonti rinnovabili, secondo gli obiettivi indicati nel presente documento per giungere alla neutralità climatica ("*Net Zero*") entro il 2050. Nel Capitolo 2.1.1 - sezione "*Energia nucleare*" - sono riportate alcune ipotesi di scenario di decarbonizzazione al 2050 che includono una quota di energia nucleare, nelle quali si dimostra, a partire dai dati, il vantaggio che l'inserimento della fonte nucleare porterebbe al sistema energetico nazionale, in affiancamento sia alle fonti rinnovabili che alle altre tecnologie di generazione elettrica programmabili a basse emissioni carboniche (riducendo in parte, tra gli altri, la necessità di ricorrere alla generazione sia a gas che a bioenergie dotata di CCS).

Il **Piano Nazionale di Transizione Ecologica (PTE)** risponde alla sfida dell'Unione europea con il Green Deal al fine di: assicurare una crescita che preservi salute, sostenibilità e prosperità del pianeta, attraverso l'implementazione di una serie di misure sociali, ambientali, economiche e politiche. Tra gli obiettivi del Piano, in linea con la politica comunitaria, è presente la neutralità climatica, l'azzeramento dell'inquinamento, l'adattamento ai cambiamenti climatici, il ripristino della biodiversità e degli ecosistemi, la transizione verso l'economia circolare e la bioeconomia.

Il Piano è soggetto a periodici aggiornamenti e, in coerenza con le linee programmatiche delineate dal PNRR, prevede un completo raggiungimento degli obiettivi nel 2050, così come in buona parte prefissato nella Strategia di lungo termine nazionale. Più precisamente, le tematiche delineate e trattate nel Piano sono suddivise in: decarbonizzazione, mobilità sostenibile, miglioramento della qualità dell'aria, contrasto al consumo di suolo e al dissesto idrogeologico, miglioramento delle risorse idriche e delle relative infrastrutture, ripristino e rafforzamento della biodiversità, tutela del mare, promozione dell'economia circolare, della bioeconomia e dell'agricoltura sostenibile.

In ottica di neutralità climatica al 2050, l'Italia ha presentato alla Commissione europea a febbraio del 2021 la propria **Strategia di lungo termine**, in attuazione dell'articolo 15 del Regolamento (UE) Governance. La Strategia, che sarà aggiornata una volta finalizzato il PNIEC e conterrà anche la previsione del possibile ricorso all'energia nucleare da fissione e da fusione, individua possibili percorsi di decarbonizzazione, prendendo in considerazione diverse opzioni tecnologiche, comprese quelle più innovative, non ancora completamente sviluppate, al fine di raggiungere l'obiettivo di neutralità climatica al 2050.

Oltre a tali strumenti strategici e di pianificazione, come è noto, la crisi pandemica coronavirus-19, come noto, ha condotto l'Unione Europea nella seduta del Consiglio di luglio 2020 all'attivazione di un pacchetto di misure che unisce le risorse destinate al bilancio dell'UE per il periodo 2021-2027 con un importante

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

ammontare finanziario aggiuntivo denominato "Next Generation EU", quale specifico meccanismo finanziario temporaneo per la ripresa con lo scopo di contribuire a riparare i danni economici e sociali immediati causati dalla crisi.

Il fulcro della Next Generation EU è rappresentato senza alcun dubbio dal Dispositivo europeo per la ripresa e la resilienza (Recovery and Resilience Facility -RRF), che rende disponibili 672,5 miliardi di euro di prestiti e sovvenzioni, a prezzi 2021, per sostenere le riforme e gli investimenti effettuati dagli Stati Membri ed attraverso il quale vengono finanziati i Piani Nazionali presentati dagli Stati Membri.

**Il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR)** italiano, presentato il 30 aprile 2021 entro i termini regolamentari, è stato approvato con Decisione del Consiglio il 13 luglio 2021 ed è stato oggetto di due riprogrammazioni l'ultima con l'inclusione della Missione 7 - REPowerUE (Cfr. infra) adottato con Decisione di esecuzione del Consiglio dell'8 dicembre e poi nella seduta del 7 maggio 2024. Il PNRR è stato disegnato con il programma di investimenti disegnato per rendere l'Italia un Paese più equo, verde e inclusivo, con un'economia più competitiva, dinamica e innovativa. La Decisione contiene un allegato con cui vengono definiti, in relazione a ciascun investimento e riforma, precisi obiettivi e traguardi, cadenzati temporalmente, al cui conseguimento si collega il trasferimento di quote di risorse predefinite, su base semestrale, a seguito della valutazione della Commissione Europea e del Consiglio.

Lo sforzo di rilancio dell'Italia, delineato nel PNRR, si sviluppa intorno a tre assi strategici condivisi a livello europeo, ovvero:

- digitalizzazione e innovazione;
- transizione ecologica;
- inclusione sociale.

In particolare, alla transizione ecologica sono collegate spese per oltre il 39% delle risorse finanziarie totali (c.d. tagging climatico). Per quanto attiene gli Investimenti e le Riforme, il più ampio stanziamento di risorse è stato previsto proprio per la Missione 2 "Rivoluzione verde e transizione ecologica", alla quale è stato destinato il 28,56% dell'ammontare complessivo del Piano, ovvero circa 55,53 mld€ per intensificare l'impegno dell'Italia in linea con gli obiettivi ambiziosi del "Green Deal" sui seguenti temi:

- incentivi per l'efficientamento energetico degli edifici;
- incremento della quota di energia prodotta da rinnovabili e innovazione della filiera industriale, inclusa quella dell'idrogeno;
- rafforzamento delle infrastrutture di trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica (smart grids e resilienza reti);
- promozione delle comunità energetiche e dell'autoconsumo;
- sviluppo del biometano e dell'agrivoltaico;
- mobilità sostenibile con il rafforzamento della mobilità ciclistica, lo sviluppo del trasporto rapido di massa, il rinnovo del parco ferroviario e bus e l'installazione di infrastrutture di ricarica elettrica;
- agricoltura sostenibile ed economia circolare.

La Missione 2 consiste di 4 Componenti quali direttrici di sviluppo:

- C1. Agricoltura sostenibile ed Economia circolare per un finanziamento pari a 8,12 mld€;
- C2. Energia rinnovabile, idrogeno, rete e mobilità sostenibile per un finanziamento pari a 21,97 mld€;
- C3. Efficienza energetica e riqualificazione degli edifici per un finanziamento pari a 15,57 mld€;
- C4. Tutela del territorio e della risorsa idrica per un finanziamento pari a 9,87 mld€.

Ulteriori misure di impatto ambientale ed energetico si rinvengono all'interno della Missione 3 Infrastrutture per una mobilità sostenibile, nella Missione 1 per quanto attiene, in particolare, le riforme in materia

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

ambientale connesse alla semplificazione di procedure in ambito energetico ed alla Legge concorrenza ed ovviamente nella Missione 7 - REPowerEU.

Nello specifico, il **Piano REPowerEU** ha l'obiettivo di assicurare sicurezza e indipendenza energetica all'Europa, affrancando i consumi europei dai combustibili fossili, in particolare quelli provenienti dalla Russia.

Il Regolamento REPowerEU (Reg. UE 435/2023) adottato dal Consiglio in data 27 febbraio 2023 che modifica il Regolamento (UE) 2021/241 per quanto riguarda l'inserimento di capitoli dedicati al piano REPowerEU nei piani per la ripresa e la resilienza e che modifica i regolamenti (UE) n. 1303/2013, (UE) 2021/1060 e (UE) 2021/1755, e la direttiva 2003/87/CE.

Come evidenziato, il processo di definizione del capitolo RePowerEU si è concluso con la Decisione dell'8 dicembre 2023 del Consiglio europeo e da ultimo con Decisione di esecuzione del Consiglio nella seduta del 7 maggio 2024. È previsto un contributo aggiuntivo complessivo di 11.18 MLD euro per i nuovi investimenti e riforme inseriti nella Missione 7 del PNRR.

Il Piano REpowerEU nasce come risposta europea alle difficoltà e alle perturbazioni del mercato energetico causate dall'invasione della Russia in Ucraina, con l'obiettivo prioritario della sicurezza e della diversificazione degli approvvigionamenti energetici unitamente all'incremento del ricorso alle fonti rinnovabili.

Si è puntato in primo luogo al rafforzamento delle infrastrutture energetiche strategiche attorno alle due direttrici prioritarie: un futuro energetico più sostenibile ed il rafforzamento della sicurezza energetica.

In particolare, sul fronte della sicurezza e della diversificazione degli approvvigionamenti si è provveduto al potenziamento di linee del trasporto del gas necessarie per sostituire la riduzione delle importazioni dalla Russia.

Inoltre, si è provveduto a finanziare progetti di rilevanza nazionale ed europea con lo scopo di migliorare la capacità di trasporto dell'energia elettrica e assorbire l'energia prodotta da fonti rinnovabili.

Quanto all'approvvigionamento di materie critiche strategiche, attualmente prodotte fuori dall'Europa, sono state finanziate le attività di ricerca e sperimentazione al fine di reperire tali materie prime sul nostro territorio e recuperarle dai prodotti in disuso, in un'ottica di circolarità.

In merito alle misure di Piano che riguardano o possono riguardare l'ambito marino costiero, è essenziale il richiamo alla **pianificazione spaziale marittima**, in attuazione della Direttiva dell'Unione Europea 2014/89/UE, che prevede l'elaborazione di uno o più piani di gestione per l'organizzazione delle attività antropiche nelle zone marittime, stabilendo la distribuzione spaziale e temporale delle attività e degli usi attuali e futuri.

Tale Direttiva è stata recepita in Italia con il D.lgs. 17 ottobre 2016 n. 201 che, oltre a ribadire gli obiettivi della pianificazione, detta norme di principio per una strategia integrata di pianificazione dell'impiego delle risorse marine. Tale strategia investe ambiti diversi, ivi compresi la produzione di energia e l'estrazione di materie prime, e prende in considerazione le attività esistenti oltre che quelle future, affinché esse siano gestite in modo efficace attraverso un impiego sostenibile dei beni e dei servizi marini, nella prospettiva di un'economia più attenta all'utilizzo efficiente delle risorse e perciò più competitiva. Il decreto prevede, in particolare, lo sviluppo sostenibile dei settori energetici del mare, dei trasporti marittimi, della pesca e dell'acquacoltura, sulla base di un approccio eco-sistemico, allo scopo di garantire che la pressione collettiva di tutte le attività umane in mare sia mantenuta entro livelli compatibili con il conseguimento di un buono stato ecologico del mare e delle zone costiere.

L'attuazione della direttiva e del relativo decreto attuativo si è quindi tradotta nell'elaborazione dei piani di gestione dello spazio marittimo (PGSM) nazionale, suddiviso, ai sensi di quanto previsto dalla Direttiva quadro

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

2008/56/CE sulla strategia per l'ambiente marino, nelle tre aree marittime Adriatico, Ionio e Mediterraneo centrale, Tirreno e Mediterraneo occidentale.

Tali piani tengono conto delle caratteristiche specifiche delle regioni marine interessate, degli aspetti economici, sociali e ambientali nonché delle interazioni terra-mare, e mirano alla definizione della distribuzione spaziale e temporale delle attività che si svolgono nelle aree marine, ivi compresa la gestione di impianti e infrastrutture per la coltivazione di petrolio, gas naturale e altre risorse energetiche, di minerali e la produzione di energia da fonti rinnovabili.

Nelle more dell'approvazione dei PGSM, che hanno concluso il percorso di VAS con il parere motivato, risulta pertanto fondamentale assicurare la coerenza del PNIEC, per quanto attiene all'ambito marino costiero, con quanto previsto dalla pianificazione spaziale marittima.

Altro elemento rilevante in ambito marino costiero era costituito dal **Piano per la Transizione Energetica Sostenibile delle Aree Idonee (PiTESAI)**, previsto dall'art. 11-ter del D.L. 135/2018, convertito in legge dalla Legge 11 febbraio 2019 n. 12, ed approvato con Decreto del MiTE n. 548 del 28 dicembre 2021. Il PiTESAI è uno strumento di pianificazione generale delle attività minerarie sul territorio nazionale, volto ad individuare le aree dove sarà potenzialmente possibile svolgere o continuare a svolgere le attività di ricerca, prospezione e coltivazione degli idrocarburi in modo sostenibile.

Il PiTESAI è stato annullato con le sentenze del 12 febbraio 2024 n. 2858 e n. 2872 del TAR del Lazio.

La coerenza del PNIEC con le politiche per lo SvS si esplicita mediante l'individuazione degli obiettivi ambientali definiti dalle politiche pertinenti per il PNIEC ovvero che il Piano potrà contribuire a perseguire e il monitoraggio del contributo che l'attuazione del PNIEC potrà fornire al loro raggiungimento.

Gli Obiettivi derivanti dall'analisi sopra descritta, desunti dai principali dispositivi normativi, rappresentano pertanto il riferimento per la valutazione della sostenibilità del PNIEC il cui monitoraggio avviene mediante l'utilizzo di indicatori di verifica (performance) del loro perseguimento.

La Tabella 3-1 raccoglie e sintetizza l'analisi normativa effettuata esplicitando per ciascuna tematica ambientale gli obiettivi ambientali generali desunti dalle diverse politiche e normative prendendo la SNSvS22 come principale riferimento e eventuali target ove presenti.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Tabella 3-1: Obiettivi ambientali pertinenti al PNIEC desunti dalle politiche, strategie e normative in tema di sostenibilità

Questione ambientale	Obiettivo generale da SNSvS e altre politiche-normative	Target da politiche-normative	Riferimenti normativi e di pianificazione / programmazione
<b>ATMOSFERA E CLIMA</b>			
Fattori climatici	Contenere l'aumento della temperatura media globale entro 2°C, sostenendo ogni sforzo per contenerla entro 1,5°C, rispetto ai livelli preindustriali.	Contenere l'aumento della temperatura media globale entro 2°C, sostenendo ogni sforzo per contenerla entro 1,5°C, rispetto ai livelli preindustriali.	Accordo di Parigi Glasgow Climate Pact
Emissioni di inquinanti e gas climalteranti in atmosfera	<p>II.6 Minimizzare le emissioni tenendo conto degli obiettivi di qualità dell'aria</p> <p>IV.3 Abbattere le emissioni climalteranti nei settori non-ETS</p> <p>VI.3 Abbattere le emissioni climalteranti</p>	<p>Conseguire neutralità climatica entro il 2050 in Europa (azzeramento delle emissioni nette di gas serra)</p> <p>Riduzione vs 1990 delle emissioni nette del -55% entro il 2030</p> <p>Riduzione al 2030 dei GHG vs 2005 per tutti gli impianti vincolati dalla normativa ETS: -62%</p> <p>Riduzione al 2030 dei GHG vs 2005 per tutti i settori non ETS: -43,7%</p> <p>Assorbimenti al 2030 di CO<sub>2</sub> - LULUCF (kt/CO<sub>2</sub>eq): -35,8</p> <p>Riduzione al 2030 vs 2005 delle emissioni di:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- SO<sub>2</sub>: -71%</li> <li>- NO<sub>x</sub>: -65%: -16%</li> <li>- PM<sub>2.5</sub>: -40%</li> <li>- NMVOC: -46%</li> <li>- NH<sub>3</sub>: - 16%</li> </ul> <p>Mirare a raggiungere la neutralità climatica basata sul suolo nell'UE entro il 2035 entro il 2030 Raggiungere l'obiettivo di un assorbimento netto dei gas a effetto serra pari a 310 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalente all'anno a livello di UE per il settore dell'uso del suolo, del cambiamento di uso del suolo e della silvicoltura (LULUCF) -</p>	<p>SNSvS - OSN IV.3 SNSvS - OSN II.6</p> <p>FF55</p> <p>- Reg. RePowerEU (UE) 2023/435 recante modifiche dei Regolamenti (UE) n. 2021/241, (UE) 2013/1303, (UE) 2021/1060, (UE) 2021/1755, e della Direttiva 2003/87/CE</p> <p>direttiva 2016/2284/UE (direttiva NEC – National Emission Ceilings)</p> <p>Programma nazionale di controllo dell'inquinamento atmosferico (PNCIA)</p> <p>Global Methane Pledge</p> <p>Reg. Governance (UE) 2018/1999 Reg. Tassonomia (UE) 2020/852 Legge europea sul clima Reg. (UE) 2021/1119 Reg. Effort Sharing- ESR (UE) 2023/857 Reg. LULUCF (UE) 2018/841 Comunicazione (EU) 2021/C-373</p>

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Questione ambientale	Obiettivo generale da SNSvS e altre politiche-normative	Target da politiche-normative	Riferimenti normativi e di pianificazione / programmazione
		<p><i>Strategia Europea per il suolo per il 2030 COM (2021) 699 final</i></p> <p>Ridurre le emissioni globali di metano del 30% rispetto ai livelli del 2020 entro il 2030 - <i>Global Methane Pledge</i></p>	
Qualità dell'aria	<p>Mantenere la qualità dell'aria ambiente, laddove buona, e migliorarla negli altri casi - <i>D.lgs 155/2010</i></p> <p>II.6 Minimizzare le emissioni e abbattere le concentrazioni inquinanti in atmosfera</p>	<p>valori di concentrazione limite, obiettivo e soglie di allarme - <i>D.lgs 155/2010</i></p>	<p>SNSvS - OSN II.6</p> <p>D.lgs 155/2010</p> <p>D.lgs 152/06</p> <p>Direttiva 2008/50/CE, Decisione 2011/850/CE</p>
<b>BIODIVERSITÀ ED ECOSISTEMI TERRESTRI</b>			
Ecosistemi terrestri	<p>I.1 Salvaguardare e migliorare lo stato di conservazione di specie e habitat di interesse comunitario</p> <p>III.4 Garantire il ripristino e la deframmentazione degli ecosistemi e favorire le connessioni ecologiche urbano/rurali</p>	<p>Assicurare entro il 2030:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- il ripristino di vaste superfici di ecosistemi degradati e ricchi di carbonio;</li> <li>- che le tendenze e lo stato di conservazione degli habitat e delle specie non presentino alcun deterioramento;</li> <li>- che almeno il 30 % degli habitat e delle specie presentino uno stato di conservazione soddisfacente o una tendenza positiva</li> </ul>	<p>Direttiva 92/43/CEE (Habitat)</p> <p>Direttiva 2009/147/CE (Uccelli)</p> <p>Convenzioni internazionali (Bonn, Berna, Barcellona)</p> <p>Strategia Europea per la Biodiversità (COM (2020) 380)</p> <p>SNSvS – OSN I.1, III.4</p>
Specie aliene	I.2 Arrestare la diffusione delle specie esotiche invasive	Ridurre del 50% il numero di specie della lista rossa minacciate dalle specie esotiche invasive	<p>D.lgs. n. 230 del 15/12/2017</p> <p>SNSvS – OSN I.2</p> <p>Strategia Europea per la Biodiversità (COM (2020) 380)</p>

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Questione ambientale	Obiettivo generale da SNSvS e altre politiche-normative	Target da politiche-normative	Riferimenti normativi e di pianificazione / programmazione
Foreste e agroecosistemi	<p>I.4 Proteggere e ripristinare le risorse genetiche di interesse agrario, gli agroecosistemi e le foreste</p> <p>II.7 Garantire la gestione sostenibile delle foreste e combatterne l'abbandono e il degrado</p> <p>IV.5 Garantire la sostenibilità di agricoltura e dell'intera filiera forestale</p> <p>Efficienza nell'impiego delle risorse forestali per uno sviluppo sostenibile delle economie nelle aree rurali, interne e urbane del Paese</p>	<p>Ottenere foreste caratterizzate da una maggiore funzionalità ecosistemica, più resilienti e meno frammentate contribuendo attivamente all'obiettivo UE di piantare almeno 3 miliardi di alberi - <i>SNB 2030 - b.9</i></p>	<p>Regolamento (UE) 1305/2013</p> <p>Nuova strategia dell'UE per le foreste per il 2030 COM (2021) 572</p> <p>SNSvS – OSN I.4, II.7, III.7</p> <p>Strategia Forestale Nazionale (Gazzetta Serie Generale n.33 del 09-02-2022)</p>
Aree naturali protette	<p>I.3 Aumentare la superficie protetta terrestre e marina e assicurare l'efficacia della gestione</p>	<p>Proteggere legalmente almeno il 30% della superficie terrestre dell'UE e il 30% dei suoi mari e integrare i corridoi ecologici in una vera e propria rete naturalistica transeuropea</p> <p>Proteggere rigorosamente almeno un terzo delle zone protette dell'UE, comprese tutte le foreste primarie e antiche ancora esistenti sul suo territorio</p>	<p>Strategia Europea per la Biodiversità verso il 2030 (COM (2020) 380)</p> <p>Direttiva 92/43/CEE (Habitat)</p> <p>SNSvS – OSN I.3</p>
<b>AMBIENTE MARINO-COSTIERO</b>			
Ecosistemi marino-costieri Qualità delle acque marino-costiere	<p>II.1 Mantenere la vitalità dei mari e prevenire gli impatti sull'ambiente marino e costiero</p> <p>Garantire l'utilizzo sostenibile delle risorse naturali, e in particolare delle risorse idriche</p> <p>Prevenire e/o ridurre gli effetti dei rischi naturali e in</p>	<p>Entro il 2025, prevenire e ridurre in modo significativo ogni forma di inquinamento marino, in particolar modo quello derivante da attività esercitate sulla terraferma, compreso l'inquinamento dei detriti marini e delle sostanze nutritive</p> <p>Ripristinare e mantenere il buono stato ambientale degli</p>	<p>Direttiva 2008/56/CE (Strategia Marina)</p> <p>Agenda 2030 - Obiettivo 14</p> <p>SNSvS22 - OSN II.1</p> <p>Convenzione per la protezione del Mar Mediterraneo dall'inquinamento</p>

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Questione ambientale	Obiettivo generale da SNSvS e altre politiche normative	Target da politiche normative	Riferimenti normativi e di pianificazione / programmazione
	<p>particolare dei cambiamenti climatici, che possono essere provocati da attività naturali o umane</p> <p>Prevenire e ridurre in modo significativo l'inquinamento marino di tutti i tipi, in particolare quello proveniente dalle attività terrestri, compresi i rifiuti marini e l'inquinamento delle acque da parte dei nutrienti</p>	ecosistemi marini (SNB 2030 - b12)	<p>1976/1995 (Convenzione di Barcellona)</p> <p>Direttiva 2000/60/CE</p> <p>Direttiva Habitat 92/43/CE</p>
<b>SUOLO E TERRITORIO</b>			
Uso e copertura del suolo	<p>II.2 Raggiungere la neutralità del consumo netto di suolo e combatterne il degrado e la desertificazione</p>	<p>Entro il 2050 raggiungere un consumo netto di suolo pari a zero - <i>Strategia Europea per il suolo per il 2030 COM (2021) 699 final</i></p> <p>Azzeramento del consumo di suolo netto entro il 2030</p> <p>Assicurare che il consumo di suolo non superi la crescita demografica entro il 2030</p>	<p>Agenda 2030 (Obiettivo 15)</p> <p>Strategia Europea per il suolo per il 2030</p> <p>COM (2006)231</p> <p>SNSvS22 - OSN II.2</p>
Degradato del suolo	<p>II.2 Raggiungere la neutralità del consumo netto di suolo e combatterne il degrado e la desertificazione</p> <p>Inquinamento dei suoli riportato a livelli che non siano dannosi per la salute delle persone o per gli ecosistemi</p> <p>Suoli europei sani e più resilienti e che possano continuare a fornire i loro servizi fondamentali (servizi ecosistemici)</p>	<p>15.3 Entro il 2030, combattere la desertificazione, ripristinare le terre degradate, comprese quelle colpite da desertificazione, siccità e inondazioni, e battersi per ottenere un mondo privo di degrado del suolo - <i>Agenda 2030</i></p> <p>Entro il 2030 sono ripristinate vaste superfici di ecosistemi degradati e ricchi di carbonio, compresi i suoli - <i>Strategia Europea per il suolo per il 2030 COM (2021) 699 final</i></p>	<p>Strategia Europea per il suolo per il 2030</p> <p>SNSvS22 - OSN II.2</p>
<b>DISSESTO GEOLOGICO E IDRAULICO</b>			
pericolosità geologica e idraulica	Riduzione potenziali conseguenze negative dovuti agli eventi alluvionali per la salute umana, il	11.5 Entro il 2030, ridurre in modo significativo il numero di decessi e il numero di persone colpite e diminuire in modo sostanziale le	<p>Direttiva 2007/60/CE</p> <p>SNSvS – OSN III.1</p> <p>Agenda 2030</p>

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Questione ambientale	Obiettivo generale da SNSvS e altre politiche-normative	Target da politiche-normative	Riferimenti normativi e di pianificazione / programmazione
	<p>territorio, i beni, l'ambiente e il patrimonio culturale</p> <p>III.1 Prevenire i rischi naturali e antropici e rafforzare le capacità di resilienza di comunità e territori</p> <p>assicurare la tutela ed il risanamento del suolo e del sottosuolo, il risanamento idrogeologico del territorio tramite la prevenzione dei fenomeni di dissesto, la messa in sicurezza delle situazioni a rischio (D.lgs 152/06 art. 53, 55)</p>	<p>perdite economiche dirette rispetto al prodotto interno lordo globale causate da calamità, comprese quelle legate all'acqua, con particolare riguardo alla protezione dei poveri e delle persone più vulnerabili - <i>Agenda 2030</i></p> <p>15.3 Entro il 2030, combattere la desertificazione, ripristinare le terre degradate, comprese quelle colpite da desertificazione, siccità e inondazioni, e battersi per ottenere un mondo privo di degrado del suolo - <i>Agenda 2030</i></p>	D.lgs 152/06
<b>RISORSE IDRICHE</b>			
Qualità delle acque interne	<p>II.3 Minimizzare i carichi inquinanti nei suoli, nei corpi idrici e nelle falde acquifere, tenendo in considerazione i livelli di buono stato ecologico dei sistemi naturali</p> <p>Prevenire e ridurre l'inquinamento e attuare il risanamento dei corpi idrici inquinati</p> <p>Conseguire il miglioramento dello stato delle acque e adeguate protezioni di quelle destinate a particolari usi</p>	<p>Ottenere buone condizioni ecologiche e chimiche nelle acque di superficie e buone condizioni chimiche e quantitative nelle acque sotterranee entro il 2027 - <i>Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE (Strategia Europea per il suolo per il 2030 COM (2021) 699 final)</i></p> <p>Ripristinare gli ecosistemi di acqua dolce e le funzioni naturali dei corpi idrici e raggiungere entro il 2027 il "buono stato" di tutte le acque - SNB 2030 b11</p>	<p>Direttiva 2000/60/CE</p> <p>D.lgs. n. 152/2006 (Parte terza)</p> <p>Regolamento (UE) 2020/741 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 25 maggio 2020 recante prescrizioni minime per il riutilizzo dell'acqua</p> <p>SNSvS – OSN II.3</p> <p>SNB 2030</p>
Gestione e sfruttamento risorsa idrica	<p>II.4 Attuare la gestione integrata delle risorse idriche a tutti i livelli di pianificazione</p> <p>II.5 Massimizzare l'efficienza idrica e adeguare i prelievi alla scarsità d'acqua</p> <p>Garantire un impiego efficiente e sostenibile dell'acqua per non</p>	<p>Aumentare considerevolmente entro il 2030 l'efficienza nell'utilizzo dell'acqua in ogni settore e garantire approvvigionamenti e forniture sostenibili di acqua potabile, per affrontare la carenza idrica e ridurre in modo sostanzioso il numero di persone che ne subisce le conseguenze</p>	<p>SNSvS – OSN II.5</p> <p>Direttiva 2000/60/CE</p> <p>D.lgs. n. 152/2006 (Parte terza)</p> <p>Regolamento (UE) 2020/741 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 25 maggio 2020 recante prescrizioni</p>

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Questione ambientale	Obiettivo generale da SNSvS e altre politiche-normative	Target da politiche-normative	Riferimenti normativi e di pianificazione / programmazione
	compromettere la realizzazione degli obiettivi di qualità		minime per il riutilizzo dell'acqua
<b>POPOLAZIONE E SALUTE UMANA</b>			
Esposizione della popolazione a fattori di rischio ambientale (inquinamento atmosferico, rischio idraulico e geomorfologico)	<p>Persone - III.1 Diminuire l'esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale ed antropico</p> <p>Pianeta - III.1 Promuovere il presidio e la manutenzione del territorio e rafforzare le capacità di resilienza di comunità e territori anche in riferimento agli impatti dei cambiamenti climatici</p>	<p>11.5 Entro il 2030, ridurre in modo significativo il numero di decessi e il numero di persone colpite e diminuire in modo sostanziale le perdite economiche dirette rispetto al prodotto interno lordo globale causate da calamità, comprese quelle legate all'acqua, con particolare riguardo alla protezione dei poveri e delle persone più vulnerabili - <i>Agenda 2030</i></p> <p>Entro il 2030 l'UE dovrebbe ridurre: di oltre il 55 % gli effetti nocivi sulla salute (decessi prematuri) dell'inquinamento atmosferico - <i>Piano d'azione dell'UE: "Verso l'inquinamento zero per l'aria, l'acqua e il suolo"</i> COM(2021) 400 final;</p>	<p>SNSvS – OSN III.1</p> <p>COM (2013) 216</p> <p>Direttiva 2006/7/CE</p> <p>D.M. 30 marzo 2010</p>
<b>PAESAGGIO E BENI CULTURALI</b>			
Qualità, sensibilità e vulnerabilità del paesaggio e dei beni culturali	<p>III.3 Garantire il ripristino e la deframmentazione degli ecosistemi e favorire le connessioni ecologiche urbano-rurali</p> <p>III.4 Assicurare lo sviluppo del potenziale, la gestione sostenibile e la custodia dei paesaggi</p> <p>III.5 Conservare e valorizzare il patrimonio culturale e promuoverne la fruizione sostenibile</p> <p>IV.1 Incrementare l'efficienza energetica e la produzione di energia da fonte rinnovabile evitando</p>	Destinare almeno il 10% delle superfici agricole ad elementi caratteristici del paesaggio con elevata diversità	<p>Strategia Europea per la Biodiversità (COM (2020) 380</p> <p>Convenzione europea sul paesaggio</p> <p>SNSvS22 – OSN III.3, III.4, III.5, IV1</p>

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Questione ambientale	Obiettivo generale da SNSvS e altre politiche normative	Target da politiche normative	Riferimenti normativi e di pianificazione / programmazione
	o riducendo gli impatti sui beni culturali e il paesaggio		
<b>AGRICOLTURA</b>			
Patrimonio agricolo e zootecnico	<p>I.4 Proteggere e ripristinare le risorse genetiche e gli ecosistemi naturali connessi ad agricoltura, silvicoltura e acquacoltura</p> <p>IV.5 Garantire la sostenibilità di agricoltura e dell'intera filiera forestale</p>	<p>Entro il 2030, garantire sistemi di produzione alimentare sostenibili e implementare pratiche agricole resilienti che aumentino la produttività e la produzione, che aiutino a proteggere gli ecosistemi, che rafforzino la capacità di adattamento ai cambiamenti climatici, a condizioni meteorologiche estreme, siccità, inondazioni e altri disastri e che migliorino progressivamente la qualità del suolo</p> <p>Destinare almeno il 25% della superficie agricola all'agricoltura biologica entro il 2030</p>	<p>SNSvS – OSN I.4 SNSvS – OSN III.7</p> <p>Strategia Farm to Fork</p>
<b>RIFIUTI</b>			
Rifiuti	IV.1 Dematerializzare l'economia, abbattere la produzione di rifiuti e promuovere l'economia circolare	<p><i>Target previsti dalla normativa di settore:</i></p> <p><b>Direttiva Parlamento europeo e Consiglio UE 2018/851/UE</b> Direttiva che modifica la Direttiva 2008/98/CE relativa ai rifiuti</p> <p><b>Parte IV Decreto Legislativo 152/06</b> Gestione dei rifiuti, imballaggi e bonifica dei siti inquinati</p> <p><b>Direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti</b> <b>D.lgs 13 gennaio 2003, n. 36 Attuazione della direttiva 1999/31/Ce</b> - Discariche di rifiuti</p> <p><b>Direttiva Parlamento europeo e Consiglio UE 2018/850/UE</b> Direttiva che modifica la Direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti</p> <p><b>Direttiva Parlamento europeo e Consiglio Ue 2018/849/Ue</b> Modifica alle direttive 2000/53/Ce relativa ai veicoli fuori uso, 2006/66/Ce relativa a pile e accumulatori e ai rifiuti di pile e accumulatori e 2012/19/Ue sui rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche</p> <p><b>Dlgs 14-03-2014, n. 49</b> Rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE) - Attuazione direttiva 2012/19/Ue</p> <p><b>D.lgs. 209 del 24-06-2003</b> - Attuazione della direttiva 2000/53/CE relativa ai veicoli fuori uso</p>	

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Questione ambientale	Obiettivo generale da SNSvS e altre politiche-normative	Target da politiche-normative	Riferimenti normativi e di pianificazione / programmazione
		DM 24 giugno 2022, n. 259 - La <b>Strategia Nazionale per l'Economia Circolare (SEC)</b> Missione 2, Componente 1, Riforma 1.1 del PNRR. Dm 24 giugno 2022, n. 257 " <b>Programma nazionale per la gestione dei rifiuti (PNGR)</b> " <b>DPR 13 giugno 2007 n. 120</b> <b>Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164.</b>	

### 3.1 Analisi di coerenza

Gli interventi necessari per la crescente decarbonizzazione del sistema richiederanno la diffusa costruzione di impianti e infrastrutture che possono avere impatti ambientali. Alcuni di questi impatti possono essere attenuati - ad esempio promuovendo la diffusione del fotovoltaico su superfici già costruite o comunque non idonee ad altri usi – ma per garantire la stabilità del sistema energetico occorrerà costruire nel medio termine una serie di infrastrutture fisiche (potenziamento delle interconnessioni, resilienza delle reti, stoccaggi di energia su vasta scala, sistemi di cattura e stoccaggio dell'anidride carbonica).

Al fine di assicurare per quanto più possibile la coerenza con gli obiettivi ambientali dell'attuazione delle misure, soprattutto quelle che comportano l'interventi sul territorio (impianti e infrastrutture), al capitolo 6 del presente rapporto sono riportati e descritti per ciascuna tematica ambientali interessata criteri da tener presente in fase attuativa e misure di prevenzione e/o mitigazione dei potenziali impatti ambientali, tenuto conto del livello strategico del piano che non prevede informazioni inerenti alla localizzazione di tali interventi.

La tabella seguente riporta in modo schematico i risultati dell'analisi di coerenza che, considerata la natura strategica del PNIEC, si basa su una matrice qualitativa di confronto tra obiettivi del PNIEC e gli obiettivi di sostenibilità; le valutazioni assegnate sono descritte e motivate al capitolo 6 per ogni singolo aspetto/tematica.

Legenda:

<b>Coerenza</b>	
positiva	+
Indifferenza	0
Conflitto potenziale	-
Obiettivi concorrenti	+ / 0 / -

Il PNIEC, nell'ambito del processo di decarbonizzazione, contribuisce al perseguimento degli obiettivi europei in materia di energia e ambiente relativi alla riduzione dei consumi e all'incremento dell'efficienza energetica, alla riduzione delle emissioni di gas serra, all'incremento della quota rinnovabile nel mix energetico del Paese e risponde all'esigenza di mantenere la sicurezza e la adeguatezza del sistema energetico nazionale.

Le misure di riduzione delle emissioni di gas serra comportano indirettamente effetti positivi anche rispetto alle emissioni di altri inquinanti in atmosfera contribuendo quindi al miglioramento della qualità dell'aria nei territori interessati da tali effetti e riducendo al contempo l'esposizione della popolazione agli inquinanti.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Nel percorso di transizione, il PNIEC tiene in attenta considerazione i vari aspetti di sostenibilità economica e sociale, nonché di compatibilità con altri obiettivi di tutela ambientale, prestando la dovuta attenzione per assicurare la compatibilità tra gli obiettivi energetici e climatici e gli obiettivi di tutela del paesaggio, di qualità dell'aria e dei corpi idrici, di salvaguardia della biodiversità e di tutela dei suoli e del patrimonio verde di grandi assorbimenti di anidride carbonica quali le foreste, i boschi e le aree agricole, tema di particolare rilevanza come hanno mostrato i recenti eventi meteorologici.

Pertanto, in termini generali la strategia del PNIEC risulta coerente con gli obiettivi di sostenibilità ambientali individuati.

L'assegnazione dei giudizi di coerenza tiene conto anche delle situazioni in cui obiettivi del PNIEC articolati nelle 5 dimensioni dell'energia comportano coerenze positive con gli obiettivi ambientali ma possono generare potenziali conflitti legati alle modalità di attuazione (obiettivi concorrenti). Ad esempio, l'obiettivo di abbattimento delle emissioni climalteranti attraverso la promozione delle energie rinnovabili è coerente con l'obiettivo di conservazione della biodiversità ma nel suo perseguimento può comportare potenziale alterazione e disturbo di habitat e specie in funzione delle specificità territoriali, delle tipologie di intervento e delle modalità realizzative. Tali potenziali conflitti saranno gestiti considerando i criteri e misure di prevenzione/mitigazione descritte al capitolo 6 del presente rapporto.

L'analisi così condotta soddisfa anche i requisiti di un'analisi di coerenza interna poiché prende in considerazione non solo gli obiettivi del PNIEC ma anche le potenziali misure di perseguimento di tali obiettivi.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Tabella 3-2: Coerenza con obiettivi di sostenibilità ambientale

Tematiche	Obiettivi generali di sostenibilità da declinare nei target di cui alla Tabella 3-1	Decarbonizzazione, attraverso la riduzione di emissione di gas serra e sviluppo delle rinnovabili;	Efficienza energetica, attraverso una progressiva riduzione finale dei consumi	Sicurezza dell'approvvigionamento energetico, incrementando le fonti rinnovabili e l'efficienza energetica e diversificando le fonti di approvvigionamento	Sviluppo del mercato interno dell'energia, ovvero intervenire su interconnettività elettrica, infrastruttura di trasmissione, integrazione del mercato, povertà energetica	Ricerca, innovazione e competitività, migliorando la capacità del sistema della ricerca di presidiare e sviluppare le tecnologie di prodotto e di processo essenziali per la transizione energetica
Fattori climatici	Contenere l'aumento della temperatura media globale entro 2°C, sostenendo ogni sforzo per contenerla entro 1,5°C, rispetto ai livelli preindustriali.	+	+	+	+	+
Emissioni in atmosfera e qualità dell'aria	VI.3 Abbattere le emissioni climalteranti	+	+	+	+	+
	II.6 Minimizzare le emissioni tenendo conto degli obiettivi di qualità dell'aria	+	+	+	+	+
Biodiversità ed ecosistemi terrestri	I.1 Salvaguardare e migliorare lo stato di conservazione di specie e habitat di interesse comunitario	+/-	+	+/-	+/-	+
	III.4 Garantire il ripristino e la deframmentazione degli ecosistemi e favorire	-	0	-	-	0

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Tematiche	Obiettivi generali di sostenibilità da declinare nei target di cui alla Tabella 3-1	Decarbonizzazione, attraverso la riduzione di emissione di gas serra e sviluppo delle rinnovabili;	Efficienza energetica, attraverso una progressiva riduzione finale dei consumi	Sicurezza dell'approvvigionamento energetico, incrementando le fonti rinnovabili e l'efficienza energetica e diversificando le fonti di approvvigionamento	Sviluppo del mercato interno dell'energia, ovvero intervenire su interconnettività elettrica, infrastruttura di trasmissione, integrazione del mercato, povertà energetica	Ricerca, innovazione e competitività, migliorando la capacità del sistema della ricerca di presidiare e sviluppare le tecnologie di prodotto e di processo essenziali per la transizione energetica
	le connessioni ecologiche urbano/rurali					
Specie aliene	I.2 Arrestare la diffusione delle specie esotiche invasive	+	0	-	+ / -	0
Foreste e agroecosistemi	I.4 Proteggere e ripristinare le risorse genetiche di interesse agrario, gli agroecosistemi e le foreste	+	0	0	0	+
	II.7 Garantire la gestione sostenibile delle foreste e combatterne l'abbandono e il degrado IV.5 Garantire la sostenibilità di agricoltura e dell'intera filiera forestale	+ / -	+	0	0	0
Aree naturali protette	I.3 Aumentare la superficie protetta terrestre e marina e	+ / -	+	0 / -	0 / -	+

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Tematiche	Obiettivi generali di sostenibilità da declinare nei target di cui alla Tabella 3-1	Decarbonizzazione, attraverso la riduzione di emissione di gas serra e sviluppo delle rinnovabili;	Efficienza energetica, attraverso una progressiva riduzione finale dei consumi	Sicurezza dell'approvvigionamento energetico, incrementando le fonti rinnovabili e l'efficienza energetica e diversificando le fonti di approvvigionamento	Sviluppo del mercato interno dell'energia, ovvero intervenire su interconnettività elettrica, infrastruttura di trasmissione, integrazione del mercato, povertà energetica	Ricerca, innovazione e competitività, migliorando la capacità del sistema della ricerca di presidiare e sviluppare le tecnologie di prodotto e di processo essenziali per la transizione energetica
	assicurare l'efficacia della gestione					
Ecosistemi e qualità acque marino-costiere	II.1 Mantenere la vitalità dei mari e prevenire gli impatti sull'ambiente marino e costiero  Prevenire e ridurre in modo significativo l'inquinamento marino di tutti i tipi, in particolare quello proveniente dalle attività terrestri, compresi i rifiuti marini e l'inquinamento delle acque da parte dei nutrienti	+	+	+ / -	0	+ / -
	Garantire l'utilizzo sostenibile delle risorse marine e in particolare delle risorse idriche	+ / -	0	0	0	0
	II.2 Raggiungere la neutralità del consumo netto di suolo e	+ / -	+	0 / +	0 / +	0

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Tematiche	Obiettivi generali di sostenibilità da declinare nei target di cui alla Tabella 3-1	Decarbonizzazione, attraverso la riduzione di emissione di gas serra e sviluppo delle rinnovabili;	Efficienza energetica, attraverso una progressiva riduzione finale dei consumi	Sicurezza dell'approvvigionamento energetico, incrementando le fonti rinnovabili e l'efficienza energetica e diversificando le fonti di approvvigionamento	Sviluppo del mercato interno dell'energia, ovvero intervenire su interconnettività elettrica, infrastruttura di trasmissione, integrazione del mercato, povertà energetica	Ricerca, innovazione e competitività, migliorando la capacità del sistema della ricerca di presidiare e sviluppare le tecnologie di prodotto e di processo essenziali per la transizione energetica
Uso, copertura e degrado del suolo	combatte il degrado e la desertificazione					
	Inquinamento dei suoli riportato a livelli che non siano dannosi per la salute delle persone o per gli ecosistemi (servizi ecosistemici)	+	+	0	0	+
Pericolosità geologica e idraulica	III.1 Prevenire i rischi naturali e antropici e rafforzare le capacità di resilienza di comunità e territori					
	Riduzione potenziali conseguenze negative dovuti agli eventi alluvionali per la salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente e il patrimonio culturale	+	+	0 / -	0 / -	0
Qualità delle acque interne	II.3 Minimizzare i carichi inquinanti nei suoli, nei corpi idrici e nelle falde	+	0	0	0	+

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

Tematiche	Obiettivi generali di sostenibilità da declinare nei target di cui alla Tabella 3-1	Decarbonizzazione, attraverso la riduzione di emissione di gas serra e sviluppo delle rinnovabili;	Efficienza energetica, attraverso una progressiva riduzione finale dei consumi	Sicurezza dell’approvvigionamento energetico, incrementando le fonti rinnovabili e l’efficienza energetica e diversificando le fonti di approvvigionamento	Sviluppo del mercato interno dell’energia, ovvero intervenire su interconnettività elettrica, infrastruttura di trasmissione, integrazione del mercato, povertà energetica	Ricerca, innovazione e competitività, migliorando la capacità del sistema della ricerca di presidiare e sviluppare le tecnologie di prodotto e di processo essenziali per la transizione energetica
	acquifere, tenendo in considerazione i livelli di buono stato ecologico dei sistemi naturali  Prevenire e ridurre l’inquinamento e attuare il risanamento dei corpi idrici inquinati  Conseguire il miglioramento dello stato delle acque e adeguate protezioni di quelle destinate a particolari usi					
Gestione e sfruttamento risorsa idrica	II.5 Massimizzare l’efficienza idrica e adeguare i prelievi alla scarsità d’acqua	+	0	+	0	0
Esposizione popolazione a fattori di rischio ambientale	Persone - III.1 Diminuire l’esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale ed antropico	+	+	+	+	+

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Tematiche	Obiettivi generali di sostenibilità da declinare nei target di cui alla Tabella 3-1	Decarbonizzazione, attraverso la riduzione di emissione di gas serra e sviluppo delle rinnovabili;	Efficienza energetica, attraverso una progressiva riduzione finale dei consumi	Sicurezza dell'approvvigionamento energetico, incrementando le fonti rinnovabili e l'efficienza energetica e diversificando le fonti di approvvigionamento	Sviluppo del mercato interno dell'energia, ovvero intervenire su interconnettività elettrica, infrastruttura di trasmissione, integrazione del mercato, povertà energetica	Ricerca, innovazione e competitività, migliorando la capacità del sistema della ricerca di presidiare e sviluppare le tecnologie di prodotto e di processo essenziali per la transizione energetica
	Pianeta - III.1 Promuovere il presidio e la manutenzione del territorio e rafforzare le capacità di resilienza di comunità e territori anche in riferimento agli impatti dei cambiamenti climatici	+	+	+	+	
Qualità, sensibilità e vulnerabilità del paesaggio e dei beni culturali	III.4 Assicurare lo sviluppo del potenziale, la gestione sostenibile e la custodia dei paesaggi	+ / -	+	+ / -	+ / -	0
	III.5 Conservare e valorizzare il patrimonio culturale e promuoverne la fruizione sostenibile	+ / -	0	+ / -	+ / -	0

In riferimento alla sinergia e integrazione del PNIEC con l'adattamento ai CC, la tabella seguente mostra la correlazione tra gli obiettivi ambientali pertinenti al PNIEC con gli obiettivi di adattamento di cui all'allegato IV del PNACC – DB azioni settoriali al fine di mostrare la pertinenza degli obiettivi ambientali di riferimento individuati per il PNIEC con quelli di adattamento.

Tabella 3-3: Analisi comparativa tra obiettivi ambientali di riferimento e obiettivi di adattamento di cui all'allegato IV del PNACC DB azioni settoriali

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Tematiche	Obiettivi generali di sostenibilità da declinare nei target di cui alla Tabella 3-1	Obiettivi di adattamento: PNACC Allegato IV DB azioni settoriali
Fattori climatici	Contenere l'aumento della temperatura media globale entro 2°C, sostenendo ogni sforzo per contenerla entro 1,5°C, rispetto ai livelli preindustriali.	
Emissioni in atmosfera e qualità dell'aria	VI.3 Abbattere le emissioni climalteranti	Miglioramento della capacità di adattamento tramite aumento delle conoscenze e potenziamento del monitoraggio della qualità dell'aria Sviluppare sistemi informativi e aggiornare protocollo su contaminanti e inquinanti Promuovere interventi sperimentali di adattamento in aree periurbane, periferie, centri storici e spazi pubblici (miglioramento del confort termico e qualità dell'abitare)
	II.6 Minimizzare le emissioni tenendo conto degli obiettivi di qualità dell'aria	
Biodiversità ed ecosistemi terrestri	I.1 Salvaguardare e migliorare lo stato di conservazione di specie e habitat di interesse comunitario	Contrasto alla perdita di biodiversità Garantire la conservazione e la tutela degli ecosistemi e degli habitat e aumentare la biodiversità Adeguate i corridoi ecologici e le aree protette al cambiamento degli areali delle specie
	III.4 Garantire il ripristino e la deframmentazione degli ecosistemi e favorire le connessioni ecologiche urbano/rurali	
Specie aliene	I.2 Arrestare la diffusione delle specie esotiche invasive	Contrasto all'invasione di specie aliene Adeguate i corridoi ecologici e le aree protette al cambiamento degli areali delle specie
Foreste e agroecosistemi	I.4 Proteggere e ripristinare le risorse genetiche di interesse agrario, gli agroecosistemi e le foreste	Aumentare la resilienza a fattori di disturbo quali incendi, insetti e malattie per proteggere la biodiversità e mantenere la produttività forestale
	II.7 Garantire la gestione sostenibile delle foreste e combatterne l'abbandono e il degrado	

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Tematiche	Obiettivi generali di sostenibilità da declinare nei target di cui alla Tabella 3-1	Obiettivi di adattamento: PNACC Allegato IV DB azioni settoriali
	IV.5 Garantire la sostenibilità di agricoltura e dell'intera filiera forestale	<p>Aumentare la resilienza nel settore forestale e il mantenimento dei servizi ecosistemici promuovendo la pianificazione e la gestione forestale sostenibile</p> <p>Favorire e sostenere le soluzioni basate sui servizi ecosistemici</p> <p>Promuovere l'uso sostenibile ed efficiente delle risorse forestali attraverso l'adeguamento e miglioramento di impianti e infrastrutture</p> <p>Tutelare e conservare la biodiversità e aumentare la resilienza nel settore forestale</p> <p>Promuovere la pianificazione forestale, anche in ottica di prevenzione e gestione dei rischi, e la semplificazione e armonizzazione della normativa e programmazione in ambito forestale</p> <p>Promuovere la selezione di genotipi resilienti e resistenti ai cambiamenti climatici e salvaguardia delle razze locali con caratteristiche di resilienza ai cambiamenti climatici</p> <p>Promuovere il benessere animale</p> <p>Implementazione di pratiche agricole benefiche per il clima e l'ambiente</p> <p>Migliorare l'efficienza aziendale e aumentare l'integrazione territoriale delle imprese agricole</p> <p>Promuovere l'uso di strumenti e investimenti per la prevenzione e gestione del rischio in agricoltura</p>
Aree naturali protette	I.3 Aumentare la superficie protetta terrestre e marina e assicurare l'efficacia della gestione	Adeguare i corridoi ecologici e le aree protette al cambiamento degli areali delle specie

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

Tematiche	Obiettivi generali di sostenibilità da declinare nei target di cui alla Tabella 3-1	Obiettivi di adattamento: PNACC Allegato IV DB azioni settoriali
Ecosistemi e qualità acque marino-costiere	<p>II.1 Mantenere la vitalità dei mari e prevenire gli impatti sull’ambiente marino e costiero</p> <p>Prevenire e ridurre in modo significativo l'inquinamento marino di tutti i tipi, in particolare quello proveniente dalle attività terrestri, compresi i rifiuti marini e l'inquinamento delle acque da parte dei nutrienti</p>	<p>Conservazione e protezione degli ambienti marini naturali per il mantenimento di alti livelli di funzionalità e produzione di beni e servizi ecosistemici</p> <p>Contrasto alla perdita di biodiversità e all’invasione di specie aliene</p> <p>Promozione delle pratiche di gestione sostenibile degli ecosistemi marini</p> <p>Riduzione degli impatti antropici diretti</p> <p>Ridurre il degrado delle strutture coralline, habitat marini e ridurre l'energia delle onde che raggiungono il litorale</p> <p>Ridurre gli impatti attraverso infrastrutture verdi, che non compromettano l’immagine di destinazione</p> <p>Garantire la conservazione e la tutela degli ecosistemi and habitat, aumentare la biodiversità</p>
	<p>Garantire l’utilizzo sostenibile delle risorse marine</p>	<p>Ripristinare le condizioni ottimali degli ambienti di transizione e ricreare le condizioni di rifugio e trofia per la macrofauna bentonica ed ittica con incremento delle specie di interesse conservazionistico ma anche con rilancio della pesca tradizionale delle specie residenti o in transito</p> <p>Monitorare l'apporto di nutrienti e di solidi sospesi negli ambienti di transizione per programmare interventi a monte o a valle dei corsi d'acqua che confluiscono nei sistemi di transizione</p> <p>Sviluppare sistemi informativi e aggiornare protocollo su contaminanti e inquinanti</p> <p>Ridurre le possibilità di contaminazione da liquami e reflui urbani</p>

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Tematiche	Obiettivi generali di sostenibilità da declinare nei target di cui alla Tabella 3-1	Obiettivi di adattamento: PNACC Allegato IV DB azioni settoriali
Uso, copertura e degrado del suolo	II.2 Raggiungere la neutralità del consumo netto di suolo e combatterne il degrado e la desertificazione	<p>Promuovere interventi sperimentali di adattamento in aree periurbane, periferie, centri storici e spazi pubblici (incremento della permeabilità dei suoli e dell'efficienza del sistema idraulico)</p> <p>Garantire la conservazione e la tutela degli ecosistemi e habitat, aumentare la biodiversità</p> <p>Raggiungere la Land Degradation Neutrality</p>
	Inquinamento dei suoli riportato a livelli che non siano dannosi per la salute delle persone o per gli ecosistemi (servizi ecosistemici)	
Pericolosità geologica e idraulica	<p>III.1 Prevenire i rischi naturali e antropici e rafforzare le capacità di resilienza di comunità e territori</p> <p>Riduzione potenziali conseguenze negative dovuti agli eventi alluvionali per la salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente e il patrimonio culturale</p>	<p>Migliorare il monitoraggio del territorio per la produzione di basi dati aggiornate</p> <p>Migliorare la conoscenza delle criticità geologiche e idrauliche del territorio e dei rischi ad essi associati</p> <p>Migliorare la conoscenza dello stato dei manufatti e delle infrastrutture per aumentarne la resilienza</p> <p>Migliorare la gestione e la manutenzione del territorio</p> <p>Messa in sicurezza del territorio</p>
Qualità delle acque interne	<p>II.3 Minimizzare i carichi inquinanti nei suoli, nei corpi idrici e nelle falde acquifere, tenendo in considerazione i livelli di buono stato ecologico dei sistemi naturali</p> <p>Prevenire e ridurre l'inquinamento e attuare il risanamento dei corpi idrici inquinati</p>	<p>Garantire la funzionalità degli ecosistemi fluviali anche in periodi di magra, la sostenibilità ambientale degli usi delle risorse idriche, la sostenibilità socioeconomica dell'attività ad essi legate</p> <p>Aumentare o modificare la velocità e il volume di deflusso delle acque</p>
	Conseguire il miglioramento dello stato delle acque e adeguate protezioni di quelle destinate a particolari usi	

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

Tematiche	Obiettivi generali di sostenibilità da declinare nei target di cui alla Tabella 3-1	Obiettivi di adattamento: PNACC Allegato IV DB azioni settoriali
Gestione e sfruttamento risorsa idrica	II.5 Massimizzare l’efficienza idrica e adeguare i prelievi alla scarsità d’acqua	Regolamentare le concessioni e gli usi dell’acqua in un’ottica di gestione ecosistemica Migliorare l’efficienza nell’uso della risorsa Migliorare l’efficienza delle infrastrutture idriche Migliorare l’efficacia della regolamentazione e nella programmazione dell’uso della risorsa Promuovere interventi sperimentali di adattamento in aree periurbane, periferie, centri storici e spazi pubblici (miglioramento dell’efficienza del sistema di approvvigionamento idrico)
Esposizione popolazione e a fattori di rischio ambientale	Persone - III.1 Diminuire l’esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale ed antropico	Sviluppare sistemi informatici di monitoraggio su eventi estremi e impatti sulla salute Sviluppare sistemi informativi e di monitoraggio relative alle isole di calore urbano Procedure di valutazione del rischio e potenziamento della resilienza dei servizi idrici integrati Sviluppare sistemi informativi e aggiornare protocollo su contaminanti e inquinanti Miglioramento della capacità di adattamento tramite aumento delle conoscenze e potenziamento del monitoraggio della qualità dell’aria Prevenire rischi per la salute dei turisti dovuti ad eventi estremi o ad altre situazioni negative che possono compromettere la destinazione turistica
	Pianeta - III.1 Promuovere il presidio e la manutenzione del territorio e rafforzare le capacità di resilienza di comunità e territori anche in riferimento agli impatti dei cambiamenti climatici	

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Tematiche	Obiettivi generali di sostenibilità da declinare nei target di cui alla Tabella 3-1	Obiettivi di adattamento: PNACC Allegato IV DB azioni settoriali
Qualità, sensibilità e vulnerabilità del paesaggio e dei beni culturali	III.4 Assicurare lo sviluppo del potenziale, la gestione sostenibile e la custodia dei paesaggi	Valutare la perdita irreversibile di manufatti culturali e del paesaggio naturale
	III.5 Conservare e valorizzare il patrimonio culturale e promuoverne la fruizione sostenibile	Contrastare il degrado dei materiali e delle strutture

### 3.2 Interazione con strumenti di pianificazione/programmazione nazionale

Al fine di valutare come il PNIEC interagisce con gli strumenti di pianificazione pertinenti di livello nazionale è riportata di seguito un'analisi comparativa tra gli obiettivi principali dei Piani/programmi individuati e le 5 dimensioni a cui sono associati gli obiettivi generali del PNIEC le cui misure attuative presentano correlazioni in termini di sinergie (l'attuazione delle misure del PNIEC è legata al perseguimento degli obiettivi dei PP), coerenze (le misure del PNIEC contribuiscono al raggiungimento degli obiettivi di altri PP) e possibili incoerenze (l'attuazione delle misure del PNIEC necessita di elementi di attenzione in considerazione della pianificazione interessata).

Piani/Programmi pertinenti	Obiettivi P/P	Dimensione / obiettivi PNIEC	Coerenza/sinergia/potenziali elementi di incoerenza
PNACC	Fornire un quadro di indirizzo nazionale per l'implementazione di azioni finalizzate a ridurre al minimo i rischi derivanti dai cambiamenti climatici, a migliorare la capacità di adattamento dei sistemi socio-economici e naturali, nonché a trarre vantaggio dalle eventuali opportunità che si potranno presentare con le nuove condizioni climatiche	Decarbonizzazione, Efficienza energetica, Sicurezza approvvigionamento energetico, Mercato interno dell'energia	Coerenza <i>L'adattamento e la mitigazione sono strategie complementari: quanto maggiore sarà la mitigazione, tanto minori saranno le esigenze di adattamento e viceversa.</i> Potenziali elementi di incoerenza <i>L'analisi degli ambiti di relazione tra CC e settore Energetico mostra possibili incoerenze che potranno essere superate integrando le misure di adattamento relative al comparto</i>

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Piani/Programmi pertinenti	Obiettivi P/P	Dimensione / obiettivi PNIEC	Coerenza/sinergia/potenziali elementi di incoerenza
			<p><i>energetico riportate nell'allegato IV del PNACC (DB azioni settoriali) nell'attuazione delle azioni del PNIEC. (vedi capitolo 4 del presente rapporto)</i></p> <p>Elementi di approfondimento relativi all'interazione tra PNIEC e PNACC sono riportati al capitolo 4 del RA e nel documento di PNIEC (pagg. 64-65)</p>
PNGR	<p>individua i macro-obiettivi, le macro-azioni e i target; definisce i criteri e le linee strategiche che le Regioni e le Province autonome devono seguire nell'elaborazione dei Piani di gestione dei rifiuti; offre una ricognizione nazionale dell'impiantistica e affronta i divari tra le Regioni. Individua misure per l'implementazione del tasso di raccolta differenziata, la riduzione del numero di discariche irregolari e la diminuzione del tasso di conferimento in discarica dei rifiuti urbani al di sotto del 10% al 2035, fornendo indirizzi alle strutture regionali per l'adozione di una pianificazione a livello regionale basata sulla quantificazione dei flussi di rifiuti e individua la metodologia di valutazione del ciclo di vita (LCA)</p>	Decarbonizzazione, Efficienza energetica, Sicurezza energetica	<p>Sinergia</p> <p><i>Contributo alla riduzione delle emissioni di gas serra mediante sistema di raccolta e gestione dei rifiuti. L'uso efficiente delle risorse dei materiali riducendo l'estrazione di materiale vergine contribuisce alla riduzione delle emissioni di gas serra. (vedi documento di PNIEC capitolo 3.1)</i></p> <p>Potenziali elementi di incoerenza</p> <p><i>Inerenti alla produzione di rifiuti derivanti dalla dismissione di veicoli pubblici e privati alimentati a combustibili tradizionali in favore dei veicoli a ridotte emissioni; la produzione di rifiuti conseguente alla realizzazione di impianti di produzione energetica da fonti rinnovabili quali impianti fotovoltaici; la produzione di materiali/rifiuti da costruzione e demolizione e di terre e rocce da scavo allo stato naturale per la realizzazione e/o revamping di opere infrastrutturali. la produzione di materiali da costruzione e demolizione finalizzati all'efficientamento energetico dell'edilizia pubblica e privata; Produzione di rifiuti di pile e accumulatori. Gli elementi di incoerenza potranno essere gestiti in fase attuativa considerando quanto riportato al capitolo 6 del RA</i></p> <p>Elementi di approfondimento relativi all'interazione tra PNIEC e PNGR sono riportati nel documento di PNIEC (pag. 108)</p>
PNCIA	<p>definisce l'insieme delle misure ed iniziative da attuare a livello nazionale per il raggiungimento dei target di riduzione di biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), composti organici volatili non metanici (COVNM), ammoniaca (NH<sub>3</sub>) e</p>	Decarbonizzazione, Efficienza energetica	<p>Coerenza/sinergia</p> <p><i>Le misure del PNIEC contribuiscono alla riduzione delle emissioni degli inquinanti</i></p> <p><i>Contestualmente le azioni del PNCIA, riguardando i settori che producono emissioni inquinanti (produzione elettrica, residenziale,</i></p>

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Piani/Programmi pertinenti	Obiettivi P/P	Dimensione / obiettivi PNIEC	Coerenza/sinergia/potenziali elementi di incoerenza
	<p>materiale particolato PM2,5 imposti dalla direttiva 2016/2284 (cosiddetta direttiva NEC). Le principali linee di azione riguardano tutti i settori che producono emissioni inquinanti (produzione elettrica, residenziale, trasporti e agricoltura), e potranno essere realizzate sia attraverso strumenti normativi (phase out del carbone, efficienza energetica, utilizzo effluenti in agricoltura, utilizzo fonti rinnovabili), che attraverso programmi di incentivazione (incentivi per la diffusione veicoli elettrici, per la sostituzione dei vecchi impianti di riscaldamento a legna, per il rinnovo del parco veicoli TPL, per l'uso di fertilizzanti agricoli a minor impatto emissivo, per il rinnovo tecnologico nel settore agricoltura).</p>		<p><i>trasporti e agricoltura), contribuiscono agli obiettivi PNIEC di decarbonizzazione e di efficienza energetica.</i></p>
PTE	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Neutralità climatica: portare avanti a tappe forzate il processo di azzeramento delle emissioni di origine antropica di gas a effetto serra fino allo zero netto nel 2050;</li> <li>2. Azzeramento dell'inquinamento: portare l'inquinamento sotto le soglie di attenzione indicate dall'Organizzazione mondiale della sanità, verso un sostanziale azzeramento, per beneficiare la salute umana e gli ecosistemi ed incentivare la mobilità sostenibile;</li> <li>3. Adattamento ai cambiamenti climatici: rendere operative le diverse misure di adattamento ai cambiamenti climatici che stanno già producendo delle conseguenze sul territorio, sulla biodiversità e sulle diverse attività economiche;</li> </ol>	<p>Decarbonizzazione</p> <p>Decarbonizzazione, Sicurezza energetica, Mercato interno dell'energia</p>	<p>Coerenza</p> <p><i>In tema di riduzione e azzeramento di emissioni climalteranti, in tema di supporto all'adattamento ai CC, in tema di economia circolare</i></p> <p>Potenziali elementi di incoerenza</p> <p><i>inerenti agli obiettivi e le misure che comportano la realizzazione di infrastrutture per le possibili interferenze locali con la biodiversità e gli ecosistemi che potranno essere gestite in fase attuativa considerando quanto riportato al capitolo 6 del RA.</i></p>

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Piani/Programmi pertinenti	Obiettivi P/P	Dimensione / obiettivi PNIEC	Coerenza/sinergia/potenziamenti elementi di incoerenza
	<p>4. Ripristino della biodiversità e degli ecosistemi: potenziare il patrimonio di biodiversità nazionale con misure di conservazione e di implementazione di soluzioni basate sulla natura al fine di riportare a una maggiore naturalità aree urbane, degradate e ambiti fondamentali come i fiumi e le coste;</p> <p>5. Transizione verso l'economia circolare e la bioeconomia: passare da un modello economico lineare a un modello circolare, ripensato in funzione di un modello di produzione additiva.</p>		
<p>PGSM Piani di Gestione dello Spazio marittimo</p>	<p>Pianificazione per l'organizzazione delle attività antropiche nelle zone marittime, stabilendo la distribuzione spaziale e temporale delle attività e degli usi attuali e futuri Tali piani tengono conto delle caratteristiche specifiche delle regioni marine interessate, degli aspetti economici, sociali e ambientali nonché delle interazioni terra-mare, e mirano alla definizione della distribuzione spaziale e temporale delle attività che si svolgono nelle aree marine, ivi compresa la gestione di impianti e infrastrutture per la coltivazione di petrolio, gas naturale e altre risorse energetiche, di minerali e la produzione di energia da fonti rinnovabili.</p>	<p>Decarbonizzazione, sicurezza approvvigionamento energetico, mercato interno dell'energia</p>	<p>Coerenza <i>Ai fini della coerenza con i PGSM le misure del PNIEC che interessano l'ambito marino costiero devono coordinarsi con la distribuzione spaziale e temporale delle attività e degli usi attuali e futuri previsti dai PGSM stessi</i></p>
<p>PdS TERNA strumento per la pianificazione a medio e lungo termine dello sviluppo della rete elettrica di</p>	<p>Garanzia della copertura del fabbisogno nazionale Riduzione delle congestioni e/o superamento dei limiti di trasporto delle sezioni critiche Garanzia di un'efficiente utilizzazione della capacità di generazione disponibile Integrazione delle FRNP</p>	<p>Decarbonizzazione, Sicurezza energetica, Mercato interno</p>	<p>Sinergia <i>Lo sviluppo della RTN pianificato nel PdS contribuisce agli obiettivi del PNIEC e all'attuazione delle misure</i></p>

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Piani/Programmi pertinenti	Obiettivi P/P	Dimensione / obiettivi PNIEC	Coerenza/sinergia/potenziamenti elementi di incoerenza
trasmissione nazionale che definisce le priorità di intervento e i risultati attesi dopo le analisi effettuate negli scenari energetici di riferimento e con l'attuazione del Piano stesso	Sviluppo della capacità di interconnessione con i paesi confinanti Incremento dell'affidabilità ed economicità della rete di trasmissione Miglioramento della qualità e rispettare le condizioni di sicurezza di esercizio		
PNRR il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), nell'ambito del Next Generation EU, il cui Programma di investimenti dedica alla transizione ecologica risorse per oltre il 37,5% delle risorse finanziarie totali, dove, per la Missione 2 "Rivoluzione verde e transizione ecologica", è stato destinato il	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. "Digitalizzazione, Innovazione, Competitività, Cultura", con l'obiettivo di promuovere la trasformazione digitale del Paese, sostenere l'innovazione del sistema produttivo, e investire in due settori chiave per l'Italia, turismo e cultura;</li> <li>2. "Rivoluzione Verde e Transizione Ecologica", con gli obiettivi principali di migliorare la sostenibilità e la resilienza del sistema economico e assicurare una transizione ambientale equa e inclusiva;</li> <li>3. "Infrastrutture per una Mobilità Sostenibile", il cui obiettivo primario è lo sviluppo di un'infrastruttura di trasporto moderna, sostenibile ed estesa a tutte le aree del Paese;</li> <li>4. "Istruzione e Ricerca", con l'obiettivo di rafforzare il sistema educativo, le competenze digitali e tecnico-scientifiche, la ricerca e il trasferimento tecnologico;</li> <li>5. "Inclusione e Coesione", con l'obiettivo di facilitare la partecipazione al mercato del</li> </ol>	decarbonizzazione	<p>Coerenza</p> <p><i>alcune misure del PNIEC sono correlate a riforme/interventi PNRR (vedi documento di PNIEC Tabella 3 - Principali politiche e misure attuali per l'energia e il clima relative alle cinque dimensioni dell'Unione dell'energia del documento di Piano)</i></p>

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Piani/Programmi pertinenti	Obiettivi P/P	Dimensione / obiettivi PNIEC	Coerenza/sinergia/potenziamenti elementi di incoerenza
31,05% dell'ammontare complessivo del Piano, ovvero circa 59,46 mld€ per intensificare l'impegno dell'Italia in linea con gli obiettivi ambiziosi del "Green Deal"	<p>lavoro, anche attraverso la formazione, rafforzare le politiche attive del lavoro e favorire l'inclusione sociale;</p> <p>6. "Salute", con l'obiettivo di rafforzare la prevenzione e i servizi sanitari sul territorio, modernizzare e digitalizzare il sistema sanitario e garantire equità di accesso alle cure.</p>		
Piano Nazionale Strategico per la Mobilità Sostenibile - PNSMS (2018)	<p>a) migliorare qualitativamente e rapidamente il parco veicoli, attraverso la sostituzione dei veicoli maggiormente inquinanti ed energivori, facendo in modo di soddisfare al meglio le esigenze di spostamento della collettività;</p> <p>b) migliorare la qualità dell'aria e ridurre le emissioni climalteranti ed il particolato, tenendo conto anche di quanto definito nella normativa europea, assumendo benchmark di riferimento che considerino anche la situazione (esperienze, prospettive e modalità di implementazione) di altri paesi;</p> <p>c) sostenere una coerente politica di infrastrutturazione, dei centri di stoccaggio gas e di ricarica elettrica, soprattutto nei primi anni di applicazione del piano, al fine di permettere una maggiore diffusione degli autobus a energia alternativa.</p>	decarbonizzazione	coerenza
Piano Nazionale degli interventi sul settore idrico -	Migliorare la qualità dell'acqua riducendo l'inquinamento, eliminando le pratiche di scarico non controllato;	Decarbonizzazione, efficienza energetica	Sinergia <i>Il Piano fornisce il contributo al PNIEC per fronteggiare la futura riduzione della disponibilità della risorsa idrica legata ai CC</i>

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Piani/Programmi pertinenti	Obiettivi P/P	Dimensione / obiettivi PNIEC	Coerenza/sinergia/potenziali elementi di incoerenza
Sezione acquedotti e sezione invasi (primo stralcio) (2019)	Aumentare l'efficienza idrica da utilizzare in tutti i settori; Proteggere e ripristinare gli ecosistemi legati all'acqua, tra cui montagne, foreste, zone umide, fiumi, falde acquifere e laghi.		<i>migliorando l'efficienza della produzione (riduzione perdite, sostituzione di turbine, ecc.) e prevedendo il recupero della capacità utile di invaso.</i>
Piano Nazionale per la mitigazione del rischio idrogeologico, il ripristino e la tutela della risorsa ambientale (2019)	<p>gli obiettivi generali del Piano sono:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La regolamentazione della manutenzione idraulica dei bacini e sottobacini idrografici;</li> <li>• Lo snellimento di procedure per la realizzazione di interventi di contrasto al dissesto idrogeologico e la competenza di interventi in tale ambito;</li> <li>• La definizione di norme per la interoperabilità e la razionalizzazione dei sistemi informativi in materia di mitigazione del dissesto idrogeologico.</li> </ul>	Sicurezza energetica	<p>Potenziali elementi di incoerenza inerenti alle interferenze infrastrutturali con il rischio idraulico sono limitate garantendo la compatibilità degli interventi con la pianificazione in tema di pericolosità e rischio idraulico (Norme tecniche di attuazione dei Piani di assetto idrogeologico e dei Piani di gestione del rischio di alluvioni) e l'integrazione di misure di adattamento (vedi capitolo 6 del RA)</p>
Piano di sviluppo rurale		Decarbonizzazione, sicurezza energetica	<p>Coerenza/sinergia</p> <p><i>Tra le misure individuate dal PNIEC per il controllo delle emissioni vi è il codice nazionale indicativo di buone pratiche agricole (inserito nel PNCA). Tali pratiche trovano una risposta finanziaria e applicativa negli strumenti della Politica Agricola Comune (PAC) 2021-2027 maggiormente orientata al miglioramento dell'ambiente che prevedono tra l'altro pagamenti per impegni ambientali, climatici e altri impegni in materia di gestione, nel secondo pilastro (sviluppo rurale).</i></p> <p>Potenziali elementi di incoerenza correlate all'interferenza delle misure infrastrutturali con l'uso agricolo e alla competizione tra le varie colture rispetto a quelle a destinazione energetica sono limitate attraverso l'adozione di azioni riportate al paragrafo 6.4 e 6.6 tra cui agrivoltaico, indirizzare prioritariamente verso aree già artificializzate o non idonee ad altri usi, una pianificazione per lo sviluppo delle filiere</p>

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Piani/Programmi pertinenti	Obiettivi P/P	Dimensione / obiettivi PNIEC	Coerenza/sinergia/potenziali elementi di incoerenza
			<i>bioenergetiche che assicurino la convivenza di queste con l'agricoltura tradizionale italiana. (Vedi paragrafo 6.6)</i>
Piano Strategico Nazionale della Politica Agricola Comune 2023-2027 – PSP (2022)	<p>Le scelte fondamentali che caratterizzano il Piano Strategico della PAC 2023-27 (PSP) sono tradotte nei seguenti obiettivi specifici del PSP:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sostenere un reddito agricolo sufficiente e la resilienza del settore agricolo in tutta l'UE al fine di rafforzare la sicurezza alimentare a lungo termine, e la diversità agricola, nonché garantire la sostenibilità economica della produzione agricola (OS1);</li> <li>2. Migliorare l'orientamento al mercato e aumentare la competitività dell'azienda agricola nel breve e nel lungo periodo, anche attraverso una maggiore attenzione alla ricerca, alla tecnologia e alla digitalizzazione (OS2);</li> <li>3. Migliorare la posizione degli agricoltori nella catena di valore (OS3);</li> <li>4. Contribuire alla mitigazione dei cambiamenti climatici e all'adattamento a essi, anche attraverso la riduzione delle emissioni di gas a effetto serra e il miglioramento del sequestro del carbonio, nonché promuovere l'energia sostenibile (OS4);</li> <li>5. Favorire lo sviluppo sostenibile e un'efficiente gestione delle risorse naturali come l'acqua, il suolo e l'aria, anche attraverso la riduzione della dipendenza chimica (OS5);</li> <li>6. Contribuire ad arrestare e invertire la perdita di biodiversità, migliorare i servizi ecosistemici e preservare gli habitat e i paesaggi (OS6);</li> </ol>	Decarbonizzazione, sicurezza energetica	<p>Coerenza/sinergia  <i>Tra le misure individuate dal PNIEC per il controllo delle emissioni vi è il codice nazionale indicativo di buone pratiche agricole (inserito nel PNCA). Tali pratiche trovano una risposta finanziaria e applicativa negli strumenti della Politica Agricola Comune (PAC) 2021-2027 maggiormente orientata al miglioramento dell'ambiente contribuendo alla mitigazione dei cambiamenti climatici e all'adattamento a essi, anche attraverso la riduzione delle emissioni di gas a effetto serra e il miglioramento del sequestro del carbonio, nonché promuovere l'energia sostenibile (OS4)</i></p> <p>potenziali elementi di incoerenza  <i>correlate all'interferenza delle misure infrastrutturali con l'uso agricolo e alla competizione tra le varie colture rispetto a quelle a destinazione energetica sono limitate attraverso l'adozione di azioni riportate al paragrafo 6.4 e 6.6 tra cui agrivoltaico, indirizzare prioritariamente verso aree già artificializzate o non idonee ad altri usi, una pianificazione per lo sviluppo delle filiere bioenergetiche che assicurino la convivenza di queste con l'agricoltura tradizionale italiana. (Vedi paragrafo 6.6)</i></p>

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Piani/Programmi pertinenti	Obiettivi P/P	Dimensione / obiettivi PNIEC	Coerenza/sinergia/potenziamenti elementi di incoerenza
	<p>7. Attrarre e sostenere i giovani agricoltori e i nuovi agricoltori e facilitare lo sviluppo imprenditoriale sostenibile nelle zone rurali (OS7);</p> <p>8. Promuovere l'occupazione, la crescita, la parità di genere, inclusa la partecipazione delle donne all'agricoltura, l'inclusione sociale e lo sviluppo locale nelle zone rurali, comprese la bioeconomia circolare e la silvicoltura sostenibile (OS8);</p> <p>9. Migliorare la risposta dell'agricoltura dell'UE alle esigenze della società in materia di alimentazione e salute, compresi alimenti di alta qualità, sani e nutrienti prodotti in modo sostenibile, ridurre gli sprechi alimentari nonché migliorare il benessere degli animali e contrastare le resistenze antimicrobiche (OS9);</p> <p>10. Modernizzare l'agricoltura e le zone rurali promuovendo e condividendo le conoscenze, l'innovazione e la digitalizzazione e incoraggiandone l'applicazione da parte degli agricoltori attraverso un migliore accesso alla ricerca, all'innovazione, allo scambio di conoscenze e alla formazione (OS10).</p>		
<p>Programma Nazionale Metro Plus Città Medie Sud 2021-2027 (2022)</p>	<p>Tra i compiti che l'Accordo di Partenariato 2021-2027 assegna al Programma, in una prospettiva di continuità e rafforzamento della strategia attuata nel 2014-2020, c'è quello di affrontare le tematiche ambientali, in special modo il contrasto ai cambiamenti climatici e la transizione verso un'economia circolare.</p>	<p>Decarbonizzazione (efficienza energetica, rinnovabili, trasporti)</p>	<p>Coerenza/sinergia  <i>Rispetto a promozione efficienza energetica e riduzione delle emissioni di gas a effetto serra (FESR); promozione energie rinnovabili, promozione mobilità urbana multimodale sostenibile quale parte della transizione verso un'economia a zero emissioni nette di carbonio</i></p>

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Piani/Programmi pertinenti	Obiettivi P/P	Dimensione / obiettivi PNIEC	Coerenza/sinergia/potenziamenti elementi di incoerenza
	<p>Il PN definisce sette priorità cui corrispondono una serie di obiettivi specifici tra cui:</p> <p>in tema di sostenibilità ambientale Obiettivo specifico: RSO2.1. Promuovere l'efficienza energetica e ridurre le emissioni di gas a effetto serra (FESR); Obiettivo specifico: RSO2.2. Promuovere le energie rinnovabili in conformità della direttiva (UE) 2018/2001 sull'energia da fonti rinnovabili, compresi i criteri di sostenibilità ivi stabiliti (FESR); Obiettivo specifico: RSO2.4. Promuovere l'adattamento ai cambiamenti climatici, la prevenzione dei rischi di catastrofe e la resilienza, prendendo in considerazione approcci ecosistemici (FESR);</p> <p>in tema di mobilità urbana Obiettivo specifico: RSO2.8. Promuovere la mobilità urbana multimodale sostenibile quale parte della transizione verso un'economia a zero emissioni nette di carbonio (FESR)</p>		
Piano Nazionale della Prevenzione 2020-2025	<p>Il Piano si articola in sei Macro Obiettivi, il quinto dei quali è quello centrato su “ambiente, clima e salute”, laddove l'ambiente, nella sua accezione più completa e complessa, comprensiva di stili di vita, condizioni sociali ed economiche, è un determinante fondamentale per il benessere psicofisico e quindi per la salute delle persone e delle popolazioni.</p> <p>Obiettivi delle Linee strategiche di particolare rilevanza per il PNIEC sono:</p> <p>implementare il modello della “Salute in tutte le politiche” secondo gli obiettivi integrati dell'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile e promuovere l'applicazione di un approccio One Health per garantire l'attuazione di programmi</p>	Decarbonizzazione, efficienza energetica	<p>Sinergia <i>rispetto agli obiettivi del PNP di sostenibilità ed ecocompatibilità nella costruzione, ristrutturazione e di “efficientamento” energetico degli edifici, di miglioramento della qualità dell'aria outdoor e indoor, di promozione delle misure di mitigazione con co-benefici per la salute</i></p> <p>Coerenza <i>effetti positivi per il benessere psicofisico e per la salute delle persone e delle popolazioni derivanti dalle misure di contrasto al CC, di riduzione delle emissioni di gas serra e indirettamente anche rispetto alle emissioni di altri inquinanti in atmosfera con conseguente miglioramento della qualità dell'aria e riduzione dell'esposizione della popolazione agli inquinanti.</i></p>

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

Piani/Programmi pertinenti	Obiettivi P/P	Dimensione / obiettivi PNIEC	Coerenza/sinergia/potenziamenti elementi di incoerenza
	<p>sostenibili di protezione ambientale e di promozione della salute;                      promuovere lo sviluppo di conoscenze e l’integrazione delle competenze tra gli operatori della salute e dell’ambiente sulla sorveglianza epidemiologica, la valutazione di impatto sanitario da esposizione a fattori ambientali antropici e naturali, anche cumulativo rispetto a più fattori e sorgenti inquinanti, la comunicazione e la gestione integrata dei rischi;  <b>promuovere e implementare le buone pratiche sanitarie in materia di sostenibilità ed ecocompatibilità nella costruzione, ristrutturazione e di “efficientamento” energetico degli edifici anche in relazione alla presenza di sostanze chimiche, biologiche e fisiche;</b>                      promuovere e supportare interventi intersettoriali per rendere le città e gli insediamenti umani più sani, inclusivi e favorevoli alla salute, con particolare attenzione ai gruppi più vulnerabili;  <b>migliorare la qualità dell’aria outdoor e indoor; rafforzare le capacità adattive e la risposta della popolazione e del sistema sanitario nei confronti dei rischi per la salute associati ai cambiamenti climatici e agli eventi estremi e alle catastrofi naturali e promuovere misure di mitigazione con co-benefici per la salute.</b></p>		
<p>Piano generale della mobilità ciclistica urbana ed extraurbana 2022-2024</p>	<p>Il Piano è parte integrante del Piano Generale dei Trasporti e della Logistica (PGTL), è finalizzato a realizzare il “Sistema Nazionale della Mobilità Ciclistica” (SNMC) componente fondamentale del sistema modale sostenibile per l’Italia</p>	<p>decarbonizzazione</p>	<p>Sinergia  <i>Contributo che il perseguimento degli obiettivi del PGMC fornisce alla riduzione delle emissioni e all’efficienza energetica attraverso misure per l’incremento della mobilità dolce</i></p>

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

<b>Piani/Programmi pertinenti</b>	<b>Obiettivi P/P</b>	<b>Dimensione / obiettivi PNIEC</b>	<b>Coerenza/sinergia/potenziamenti di incoerenza</b>
	Tra gli obiettivi pertinenti sono: <ul style="list-style-type: none"><li>• sistemi di trasporto resilienti ai cambiamenti climatici, alle pandemie e ad altri disastri;</li><li>• trasporti efficienti, puliti, sicuri, silenziosi a zero emissioni nette, in attuazione di politiche ed azioni per una mobilità sana, attiva e più sicura;</li><li>• infrastrutture a supporto della mobilità sostenibile</li><li>• un trasporto pubblico locale integrato</li></ul>		

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

**3.3 PNIEC e DNSH**

Il principio del “non arrecare un danno significativo” all'ambiente ("*Do No Significant Harm*") nasce per coniugare crescita economica e tutela degli ecosistemi, garantendo che gli investimenti siano realizzati senza pregiudicare le risorse ambientali. Questo principio è stato introdotto dal Regolamento (UE) 2020/852, il cd. “Regolamento Tassonomia”. Per tassonomia delle attività economiche sostenibili si intende una classificazione delle attività che possono fornire un contributo alla mitigazione/adattamento ai cambiamenti climatici, e determinare un danno non significativo per altri 4 obiettivi ambientali, in funzione del rispetto di criteri di vaglio tecnico ben definiti. In particolare, in base all'art. 17 di questo regolamento, si considera che un'attività economica arrechi un danno significativo:

- alla mitigazione dei cambiamenti climatici, se conduce a significative emissioni di gas a effetto serra;
- all'adattamento ai cambiamenti climatici, se conduce a un peggioramento degli effetti negativi del clima attuale e del clima futuro previsto sull'attività stessa o sulle persone, sulla natura o sui beni;
- all'uso sostenibile e alla protezione delle acque e delle risorse marine, se l'attività nuoce: al buono stato o al buon potenziale ecologico di corpi idrici, comprese le acque di superficie e sotterranee; al buono stato ecologico delle acque marine;
- all'economia circolare, compresi la prevenzione e il riciclo dei rifiuti, se:
  - conduce a inefficienze significative nell'uso dei materiali o nell'uso diretto o indiretto di risorse naturali quali le fonti energetiche non rinnovabili, le materie prime, le risorse idriche e il suolo, in una o più fasi del ciclo di vita dei prodotti, anche in termini di durabilità, riparabilità, possibilità di miglioramento, riutilizzabilità o riciclabilità dei prodotti;
  - l'attività comporta un aumento significativo della produzione, dell'incenerimento o dello smaltimento dei rifiuti, ad eccezione dell'incenerimento di rifiuti pericolosi non riciclabili;
  - lo smaltimento a lungo termine dei rifiuti potrebbe causare un danno significativo e a lungo termine all'ambiente;
- alla prevenzione e alla riduzione dell'inquinamento se comporta un aumento significativo delle emissioni di sostanze inquinanti nell'aria, nell'acqua o nel suolo rispetto alla situazione esistente prima del suo avvio;
- alla protezione e al ripristino della biodiversità e degli ecosistemi se nuoce in misura significativa alla buona condizione e alla resilienza degli ecosistemi o nuoce allo stato di conservazione degli habitat e delle specie, compresi quelli di interesse per l'Unione.

La tassonomia per la finanza sostenibile, e quindi il principio DNSH, sono stati adottati per promuovere gli investimenti del settore privato in progetti verdi e sostenibili nonché per contribuire a realizzare gli obiettivi del Green Deal. D'altra parte, il rispetto del principio DNSH risulta obbligatorio nell'ambito dei programmi di finanziamento europeo. Un esempio tra tutti è quello del dispositivo RRF - a cui fanno capo i Piani Nazionali di Ripresa e Resilienza - che, tra i vari obiettivi, si propone di sostenere interventi che contribuiscano ad attuare l'Accordo di Parigi e gli obiettivi di sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite, in coerenza con il Green Deal europeo (vedi Decisione di Esecuzione del Consiglio<sup>2</sup>).

Il PNIEC non costituisce un intervento/riforma (milestone) previsto dal PNRR Italia e in questo senso non è da considerarsi obbligatoria una valutazione a livello di piano del rispetto del principio DNSH. D'altra parte, il DNSH trova applicazione utile nell'ambito del PNIEC considerando i seguenti tre aspetti:

1. alcune delle azioni di Piano sono esplicitamente collegate a riforme/interventi previsti dal PNRR;

---

<sup>2</sup> <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX:52021PC0344>

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

2. alcune delle azioni previste sono riconducibili alle tipologie di intervento previste dal Regolamento (UE) 2020/852 e dal Regolamento 2021/2139 ("criteri di vaglio tecnico", comprese le modifiche introdotte dal Reg. 2022/1214 per alcune attività energetiche);
3. una analisi qualitativa del rispetto del principio DNSH può costituire un contributo valido per valutare gli effetti ambientali anche delle azioni non riconducibili ad interventi previsti nella tassonomia europea.

Con riferimento al primo punto, va osservato come il PNIEC faccia proprie alcune azioni che sono riconducibili, almeno in parte, ad interventi previsti da programmi di finanziamento europeo. Il Piano esplicita, infatti, l'associazione di alcune azioni al PNRR; nella tabella che segue si riportano le azioni che hanno un rimando esplicito al PNRR (vedi tabella 3 del documento di PNIEC)

<b>Misure previste per il raggiungimento degli obiettivi del PNIEC e collegate al PNRR</b>
Fondo di garanzia per le PMI, sezione speciale turismo (PNRR)
Partenariati per la ricerca e l'innovazione – Horizon Europe (PNRR)
R.I.C. Interventi per la sostenibilità ambientale dei porti - Green Ports (PNRR)
Isole Verdi (PNRR)
Piano di messa in sicurezza e riqualificazione dell'edilizia scolastica (PNRR)
Programma innovativo nazionale per la qualità dell'abitare (PNRR)
Sistemi di teleriscaldamento (PNRR)
Utilizzo idrogeno in settori hard-to-abate (PNRR)
R.I.C. Agrivoltaico (PNRR)
Biometano. DM 15/9/2022 (PNRR)
Impianti innovativi, incluso off-shore (PNRR)
Parco Agrisolare (PNRR)
Produzione di idrogeno in siti dismessi - Hydrogen Valleys (PNRR)
Promozione rinnovabili per le comunità energetiche e l'autoconsumo (PNRR)
Sperimentazione dell'idrogeno per il trasporto ferroviario (PNRR)
Sperimentazione dell'idrogeno per il trasporto stradale (PNRR)
Piano nazionale per la riconversione di impianti serricoli in siti agroenergetici e forme e modalità di raccordo con il PNRR
R.I.C. Efficientamento degli edifici giudiziari (PNRR)
Efficientamento energetico di cinema, teatri e musei (PNRR)
Interventi per la resilienza, la valorizzazione del territorio e l'efficienza energetica dei Comuni (PNRR)
Nuove stazioni di ricarica in città e autostrada per favorire l'utilizzo di veicoli elettrici (PNRR)
Ospedali sicuri e sostenibili (PNRR)

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Piano di sostituzione di edifici scolastici e di riqualificazione energetica (PNRR)
Potenziamento infrastrutturale del trasporto ferroviario regionale e dei sistemi di trasporto rapido di massa (PNRR)
Semplificazione e accelerazione delle procedure per la realizzazione di interventi per l'efficiamento energetico (riforma PNRR)
Elettificazione banchine, cold ironing (PNRR)
Idrogeno - Produzione di elettrolizzatori (PNRR)
Rinnovabili e batterie (PNRR)
R.I.C. Interventi su resilienza climatica reti (PNRR)
Rafforzamento smart grid (PNRR)
Bus elettrici: filiera di produzione (PNRR)
R.I.C. Ricerca e sviluppo sull'idrogeno (PNRR)
R.I.C. Supporto a start-up e venture capital attivi nella transizione ecologica (PNRR)

Poiché il PNIEC non rientra tra gli obiettivi amministrativo/procedurali del PNRR, non è prevista un'analisi formale del rispetto del principio DNSH. Ciononostante, il rispetto del Principio è previsto, in sede di programmazione, attuazione e monitoraggio degli interventi PNRR, a cura dei soggetti coinvolti (autorità centrale titolare dell'intervento, soggetto proponente, soggetto attuatore, soggetto beneficiario, ecc...).

Con riferimento al secondo punto di cui sopra è necessario sottolineare come alla scala di dettaglio su cui è sviluppato il Piano non è possibile verificare puntualmente il rispetto del principio DNSH. Ciò premesso, nella seguente Tabella 3-4 sono state selezionate le azioni del Piano - così come sintetizzate ed aggregate nella tabella 6-1 del presente Rapporto Ambientale – a cui è stato possibile associare le attività economiche individuate dalla tassonomia europea. Inoltre, per ciascun obiettivo ambientale, è stato indicato il possibile rispetto del DNSH per ogni azione del Piano o, per quanto riguarda gli obiettivi di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici, il possibile contributo sostanziale della stessa. In coerenza con i Regolamenti 2021/2139 e 2022/1214, nonché con la “Guida operativa per il rispetto del principio di non arrecare danno significativo all'ambiente”, redatta dal MEF (Ver. aggiornata al 13/10/2022<sup>3</sup>), per alcune azioni è stato possibile accertare il contributo significativo agli obiettivi ambientali senza la necessità di verifica di criteri di vaglio tecnico - come ad esempio per gli impianti FER eolici o fotovoltaici - mentre in altri casi è stata esclusa la correlazione con singoli obiettivi del DNSH (celle bianche).

<sup>3</sup> <https://www.italiadomani.gov.it/content/dam/sogei-ng/documenti/Circolare-del-13-ottobre-2022-n.-33.pdf>

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

Tabella 3-4: Azioni del Piano, attività previste dalla tassonomia europea e valutazione del DNSH

Ambito/settore	Interventi	Riferimenti alle attività economiche ecosostenibili (tassonomia europea dei Reg. 2021/2139 e 2022/1214)	OBIETTIVI AMBIENTALI ASSOCIATI AL DNSH				
			Mitigazione dei cambiamenti climatici	Adattamento ai cambiamenti climatici	Uso sostenibile o protezione delle risorse idriche e marine	Economia circolare, inclusa la prevenzione, il riutilizzo ed il riciclo dei rifiuti	Prevenzione e riduzione dell'inquinamento
<b>EMISSIONI</b>							
Settori ETS	realizzazione di unità termoelettriche addizionali alimentate a gas	Sezioni 4.29 (Produzione di energia elettrica da combustibili gassosi fossili) e 4.30 (Cogenerazione ad alto rendimento di calore/freddo ed energia elettrica a partire da combustibili gassosi fossili)					
	incremento delle rinnovabili nel mix di generazione elettrica e dell'efficienza energetica nei processi di lavorazione anche attraverso lo sviluppo di combustibili green alternativi quali il biometano e l'idrogeno negli usi finali ed energetici, inclusi i settori industriali "Hard-to-Abate"	3.10. Produzione di idrogeno 4.7. Produzione di energia elettrica da combustibili liquidi e gassosi non fossili rinnovabili 4.8. Produzione di energia elettrica a partire dalla bioenergia					
	implementazione della cattura, trasporto e stoccaggio/utilizzo della CO2 (CCUS)	5.12. Stoccaggio geologico permanente sotterraneo di CO <sub>2</sub> 9.2. Ricerca, sviluppo e innovazione per la cattura diretta di CO <sub>2</sub> nell'atmosfera					
Civile	Efficientamento edifici esistenti attraverso riqualificazione e applicazioni di tecnologie come, ad esempio, pompe di calore e sistemi BACS)	3.5. Fabbricazione di dispositivi per l'efficienza energetica degli edifici 4.16. Installazione e funzionamento di pompe di calore elettriche 7.2. Ristrutturazione di edifici esistenti 7.5. Installazione, manutenzione e riparazione di strumenti e dispositivi per la misurazione, la regolazione e il controllo delle prestazioni energetiche degli edifici					
	Impiego rinnovabili	4.1. Produzione di energia elettrica mediante tecnologia solare fotovoltaica 4.3. Produzione di energia elettrica a partire dall'energia eolica					
Trasporti	sviluppo mobilità condivisa/pubblica e favorire lo shift modale privato-pubblico	6.1. Trasporto ferroviario interurbano di passeggeri 6.3. Trasporto urbano e suburbano, trasporto di passeggeri su strada 6.7. Trasporto di passeggeri per vie d'acqua interne 6.11. Trasporto marittimo e costiero di passeggeri					
	incremento mobilità dolce	6.4. Gestione di dispositivi di mobilità personale, ciclogistica					

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

Ambito/settore	Interventi	Riferimenti alle attività economiche ecosostenibili (tassonomia europea dei Reg. 2021/2139 e 2022/1214)	OBIETTIVI AMBIENTALI ASSOCIATI AL DNSH					
			Mitigazione dei cambiamenti climatici	Adattamento ai cambiamenti climatici	Uso sostenibile o protezione delle risorse idriche e marine	Economia circolare, inclusa la prevenzione, il riutilizzo ed il riciclo dei rifiuti	Prevenzione e riduzione dell’inquinamento	Protezione e ripristino di biodiversità e degli ecosistemi
<b>RINNOVABILI</b>								
Settore elettrico	misure per la diffusione di impianti a fonti rinnovabili tramite piccoli impianti (comunità energetiche rinnovabili, autoconsumo singolo o collettivo, misure fiscali) e impianti di dimensioni maggiori	4.1. Produzione di energia elettrica mediante tecnologia solare fotovoltaica 4.3. Produzione di energia elettrica a partire dall’energia eolica 4.5. Produzione di energia elettrica a partire dall’energia idroelettrica 4.6. Produzione di energia elettrica a partire dall’energia geotermica						
	misure per sostenere impianti basati su tecnologie innovative (eolico offshore, solare termodinamico, geotermia a ridotto impatto ambientale e oceanica, tecnologie sfruttamento energia marina, fotovoltaico floating e agrivoltaico)	4.2. Produzione di energia elettrica mediante tecnologia solare a concentrazione 4.4. Produzione di energia elettrica mediante tecnologie dell’energia oceanica 4.6. Produzione di energia elettrica a partire dall’energia geotermica 4.7. Produzione di energia elettrica da combustibili liquidi e gassosi non fossili rinnovabili 4.8. Produzione di energia elettrica a partire dalla bioenergia						
	sviluppo dell’idrogeno in particolare nell’industria e nei trasporti (stima al 2030 di un consumo di 250 kton/anno di idrogeno corrispondente ad una installazione di una capacità elettrica di circa 3 GW di elettrolizzatori)	3.10. Produzione di idrogeno 4.12. Stoccaggio di idrogeno 4.14. Reti di trasmissione e distribuzione di gas rinnovabili e a basse emissioni di carbonio						
Rinnovabili termiche	obbligo di integrazione delle FER termiche negli edifici,	4.21. Produzione di calore/freddo a partire dal riscaldamento solare-termico 4.22. Produzione di calore/freddo a partire dall’energia geotermica 4.23. Produzione di calore/freddo a partire da combustibili liquidi e gassosi non fossili rinnovabili 4.24. Produzione di calore/freddo a partire dalla bioenergia 4.25. Produzione di calore/freddo utilizzando il calore di scarto						
	promozione del teleriscaldamento e l’obbligo di fornitura di calore rinnovabile.	4.15. Distribuzione del teleriscaldamento/teleraffrescamento						
	diffusione delle pompe di calore nel settore civile	4.16. Installazione e funzionamento di pompe di calore elettriche						

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

Ambito/settore	Interventi	Riferimenti alle attività economiche ecosostenibili (tassonomia europea dei Reg. 2021/2139 e 2022/1214)	OBIETTIVI AMBIENTALI ASSOCIATI AL DNSH					
			Mitigazione dei cambiamenti climatici	Adattamento ai cambiamenti climatici	Uso sostenibile o protezione delle risorse idriche e marine	Economia circolare, inclusa la prevenzione, il riutilizzo ed il riciclo dei rifiuti	Prevenzione e riduzione dell’inquinamento	Protezione e ripristino di biodiversità e degli ecosistemi
<b>EFFICIENZA ENERGETICA</b>								
civile	incrementare notevolmente il tasso di ristrutturazione degli edifici, prevedendo una significativa penetrazione di tecnologie per l’elettrificazione dei consumi, per l’automazione e controllo e una massiva diffusione degli interventi di isolamento delle superfici disperdenti.	7.2. Ristrutturazione di edifici esistenti 7.3. Installazione, manutenzione e riparazione di dispositivi per l’efficienza energetica 7.5. Installazione, manutenzione e riparazione di strumenti e dispositivi per la misurazione, la regolazione e il controllo delle prestazioni energetiche degli edifici						
	pompe di calore come sistema principale di riscaldamento da installare sia in corrispondenza di riqualificazioni profonde degli edifici che ad integrazione dei sistemi di distribuzione del calore vigenti.	4.16. Installazione e funzionamento di pompe di calore elettriche						
	diffusione di impianti fotovoltaici domestici.	4.1. Produzione di energia elettrica mediante tecnologia solare fotovoltaica						
	piano di efficientamento del parco immobiliare e di riduzione dei consumi energetici per la PA	7.2. Ristrutturazione di edifici esistenti 7.3. Installazione, manutenzione e riparazione di dispositivi per l’efficienza energetica 7.5. Installazione, manutenzione e riparazione di strumenti e dispositivi per la misurazione, la regolazione e il controllo delle prestazioni energetiche degli edifici						
trasporti	contenimento del fabbisogno di mobilità, incremento della mobilità collettiva, in particolare su rotaia, spostamento del trasporto merci da gomma a ferro, incremento della mobilità dolce.	6.1. Trasporto ferroviario interurbano di passeggeri 6.3. Trasporto urbano e suburbano, trasporto di passeggeri su strada 6.4. Gestione di dispositivi di mobilità personale, ciclogistica 6.7. Trasporto di passeggeri per vie d’acqua interne 6.11. Trasporto marittimo e costiero di passeggeri 6.2. Trasporto ferroviario di merci						

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

Ambito/settore	Interventi	Riferimenti alle attività economiche ecosostenibili (tassonomia europea dei Reg. 2021/2139 e 2022/1214)	OBIETTIVI AMBIENTALI ASSOCIATI AL DNSH					
			Mitigazione dei cambiamenti climatici	Adattamento ai cambiamenti climatici	Uso sostenibile o protezione delle risorse idriche e marine	Economia circolare, inclusa la prevenzione, il riutilizzo ed il riciclo dei rifiuti	Prevenzione e riduzione dell’inquinamento	Protezione e ripristino di biodiversità e degli ecosistemi
<b>SICUREZZA ENERGETICA</b>								
Settore elettrico	potenziamento delle interconnessioni elettriche tramite progetti di medio e lungo termine, individuati dal gestore del sistema elettrico nazionale, che consentiranno un aumento della capacità di interconnessione con l’estero,	4.9. Trasmissione e distribuzione di energia elettrica						
	aumento della capacità di accumulo da indirizzare sempre di più verso soluzioni “energy intensive”, per limitare a quanto economicamente efficiente il fenomeno dell’overgeneration e favorire il raggiungimento degli obiettivi di consumo di energia rinnovabile	4.10. Accumulo di energia elettrica						
Settore gas	rafforzamento di alcune infrastrutture transfrontaliere e interne ampliamento della capacità di trasporto sud-nord lungo la dorsale adriatica	Sezioni 4.29 (Produzione di energia elettrica da combustibili gassosi fossili) e 4.30 (Cogenerazione ad alto rendimento di calore/freddo ed energia elettrica a partire da combustibili gassosi fossili)						
	sostituzione di metanodotti ormai giunti alla fine della loro vita utile. Tali metanodotti saranno inoltre hydrogen ready, utili pertanto nel lungo termine al trasporto dell’idrogeno	Sezioni 4.29 (Produzione di energia elettrica da combustibili gassosi fossili) e 4.30 (Cogenerazione ad alto rendimento di calore/freddo ed energia elettrica a partire da combustibili gassosi fossili)						
<b>MERCATO INTERNO DELL’ENERGIA</b>								
	potenziare le interconnessioni elettriche e il market coupling con gli altri Stati membri dell’Unione	4.9. Trasmissione e distribuzione di energia elettrica						
	PdS TERNA: sviluppare infrastrutture che integrino le fonti di energia rinnovabile (FER) e aumentino la capacità di trasporto tra le diverse zone di mercato, risolvendo le congestioni del sistema elettrico.	4.9. Trasmissione e distribuzione di energia elettrica						
	accelerazione e semplificazione degli iter autorizzativi sia per le opere di sviluppo di rete che per la connessione di impianti rinnovabili	4.9. Trasmissione e distribuzione di energia elettrica						

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

<b>Legenda</b>	Il potenziale effetto non è direttamente correlabile con l'obiettivo ambientale	L'intervento non è sufficientemente dettagliato per procedere ad una stima degli effetti sull'obiettivo ambientale	L'intervento fornisce un contributo sostanziale all'obiettivo	Gli effetti dell'intervento vanno da un contributo sostanziale ad un danno significativo in funzione del rispetto dei criteri di vaglio tecnico	Gli effetti dell'intervento vanno da un danno non significativo ad un danno significativo in funzione del rispetto dei criteri di vaglio tecnico
----------------	---	--	---	---	--

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Nella Tabella di seguito (Tabella 3-5) è riportato l'elenco delle tipologie di attività previste dalla tassonomia verde che sono coerenti con le azioni del Piano. Consultando il Regolamento 2021/2139 (considerare il Reg. 2022/1214 per le attività 4.29 e 4.30) è possibile rintracciare i criteri di vaglio tecnico che, in sede di attuazione del Piano, andrebbero rispettati al fine del rispetto del DNSH e per il possibile contributo significativo alla mitigazione ed adattamento ai cambiamenti climatici (il cd *tagging* climatico).

Tabella 3-5: Settori ed attività previste dalla tassonomia europea ed inerenti al PNIEC

SETTORE	ATTIVITA'
Attività manifatturiere	3.5. Fabbricazione di dispositivi per l'efficienza energetica degli edifici
	3.10. Produzione di idrogeno
Energia	4.1. Produzione di energia elettrica mediante tecnologia solare fotovoltaica
	4.2. Produzione di energia elettrica mediante tecnologia solare a concentrazione
	4.3. Produzione di energia elettrica a partire dall'energia eolica
	4.4. Produzione di energia elettrica mediante tecnologie dell'energia oceanica
	4.5. Produzione di energia elettrica a partire dall'energia idroelettrica
	4.6. Produzione di energia elettrica a partire dall'energia geotermica
	4.7. Produzione di energia elettrica da combustibili liquidi e gassosi non fossili rinnovabili
	4.8. Produzione di energia elettrica a partire dalla bioenergia
	4.9. Trasmissione e distribuzione di energia elettrica
	4.10. Accumulo di energia elettrica
	4.12. Stoccaggio di idrogeno
	4.14. Reti di trasmissione e distribuzione di gas rinnovabili e a basse emissioni di carbonio
	4.15. Distribuzione del teleriscaldamento/teleraffrescamento
	4.16. Installazione e funzionamento di pompe di calore elettriche
	4.21. Produzione di calore/freddo a partire dal riscaldamento solare-termico
	4.22. Produzione di calore/freddo a partire dall'energia geotermica
	4.23. Produzione di calore/freddo a partire da combustibili liquidi e gassosi non fossili rinnovabili
	4.24. Produzione di calore/freddo a partire dalla bioenergia
	4.25. Produzione di calore/freddo utilizzando il calore di scarto
	4.29 Produzione di energia elettrica da combustibili gassosi fossili
4.30 Cogenerazione ad alto rendimento di calore/freddo ed energia elettrica a partire da combustibili gassosi fossili	
Fornitura di acqua, reti fognarie, trattamento dei rifiuti e decontaminazione	5.5. Raccolta e trasporto di rifiuti non pericolosi in frazioni separate alla fonte
	5.8. Compostaggio di rifiuti organici
	5.9. Recupero di materiali dai rifiuti non pericolosi
	5.12. Stoccaggio geologico permanente sotterraneo di CO2
Trasporti	6.1. Trasporto ferroviario interurbano di passeggeri
	6.2. Trasporto ferroviario di merci
	6.3. Trasporto urbano e suburbano, trasporto di passeggeri su strada
	6.4. Gestione di dispositivi di mobilità personale, ciclistica
	6.7. Trasporto di passeggeri per vie d'acqua interne
	6.11. Trasporto marittimo e costiero di passeggeri
Edilizia e attività immobiliari	7.2. Ristrutturazione di edifici esistenti
	7.3. Installazione, manutenzione e riparazione di dispositivi per l'efficienza energetica
	7.5. Installazione, manutenzione e riparazione di strumenti e dispositivi per la misurazione, la regolazione e il controllo delle prestazioni energetiche degli edifici
Attività professionali, scientifiche e tecniche	9.2. Ricerca, sviluppo e innovazione per la cattura diretta di CO 2 nell'atmosfera

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Rispetto al terzo punto di cui sopra, le azioni che non sono riconducibili ad attività previste nella tassonomia europea sono riportate nella seguente Tabella 3-6. Questa mancata riconducibilità è legata, a seconda delle azioni, a differenti fattispecie, quali:

- azioni enunciate con un livello di dettaglio non sufficiente;
- azioni di tipo soft (ad esempio azioni di tipo regolamentare)
- azioni riconducibili ad attività effettivamente non contemplate dalla tassonomia verde.

Mentre nella Tabella 3-5 le valutazioni riportate seguivano l'approccio scelto dai regolamenti europei, focalizzato innanzitutto sugli effetti ambientali della realizzazione delle opere, nella tabella seguente è stata svolta una valutazione qualitativa e potenziale degli effetti (positivi o negativi) che le azioni produrranno nel tempo una volta attuate, su ogni obiettivo ambientale individuato dal principio DNSH. Tale scelta è legata sia alla mancanza di un riferimento formale, quali i regolamenti europei in materia, sia al fatto che molte di queste azioni non prevedono necessariamente la realizzazione di infrastrutture, o l'avvio automatico di attività economiche, categorie queste a cui si rivolge il Regolamento "tassonomia" (UE) 2020/852. Per alcune delle azioni, o per alcuni degli obiettivi ambientali *sensu* DNSH non è stato possibile assegnare una stima di "contributo significativo" o di rispetto del DNSH.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Tabella 3-6: Azioni del Piano non associabili alla tassonomia europea e valutazione qualitativa del DNSH

Ambito/settore	Interventi	OBIETTIVI AMBIENTALI ASSOCIATI AL DNSH					
		Mitigazione dei cambiamenti climatici	Adattamento ai cambiamenti climatici	Uso sostenibile o protezione delle risorse idriche e marine	Economia circolare, inclusa la prevenzione, il riutilizzo ed il riciclaggio dei rifiuti	Prevenzione e riduzione dell'inquinamento	Protezione e ripristino di biodiversità e degli ecosistemi
<b>EMISSIONI</b>							
Settori ETS	Phase-out del carbone						
	misure di cambiamento comportamentale per la riduzione della domanda di energia						
Trasporti	sostituzione parco veicolare pubblico e privato obsoleto con veicoli più efficienti e a ridotte emissioni di CO2						
	elettrificazione del trasporto auto						
	shift modale gomma-ferro						
	riduzione del fabbisogno di mobilità (es. politiche per SW e riduzione giornate lavorative a parità di ore lavorate)						
	promozione strumenti per la pianificazione della mobilità						
Agricoltura	cambiamenti delle pratiche agricole così come delineate dalla Politica Agricola Comune e nei Piani di Sviluppo Rurale (*) * valutazione basata su quanto stabilito nel PSRN						

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

Ambito/settore	Interventi	OBIETTIVI AMBIENTALI ASSOCIATI AL DNSH					
		Mitigazione dei cambiamenti climatici	Adattamento ai cambiamenti climatici	Uso sostenibile o protezione delle risorse idriche e marine	Economia circolare, inclusa la prevenzione, il riutilizzo ed il riciclaggio dei rifiuti	Prevenzione e riduzione dell’inquinamento	Protezione e ripristino di biodiversità e degli ecosistemi
<b>RINNOVABILI</b>							
Settore elettrico	misure per la salvaguardia e potenziamento delle produzioni di impianti esistenti competitivi (fotovoltaico e eolico)						
	semplificazione e accelerazione delle procedure autorizzative a tutti i livelli						
	processo di individuazione delle aree idonee di concerto con le Regioni attraverso un percorso di condivisione e ripartizione degli obiettivi su scala territoriale						
Trasporti	obbligo di immissione in consumo di prodotti rinnovabili in capo ai fornitori						
	utilizzo dei biocarburanti in purezza						
Rinnovabili termiche	Penetrazione del vettore biometano e idrogeno (in particolare in ambito industriale).						

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

Ambito/settore	Interventi	OBIETTIVI AMBIENTALI ASSOCIATI AL DNSH					
		Mitigazione dei cambiamenti climatici	Adattamento ai cambiamenti climatici	Uso sostenibile o protezione delle risorse idriche e marine	Economia circolare, inclusa la prevenzione, il riutilizzo ed il riciclaggio dei rifiuti	Prevenzione e riduzione dell’inquinamento	Protezione e ripristino di biodiversità e degli ecosistemi
<b>EFFICIENZA ENERGETICA</b>							
Civile	aggiornamento delle misure esistenti per includere la promozione dell’efficienza energetica negli edifici del settore non residenziale privato,						
Trasporti	Per il residuo fabbisogno di mobilità privata e merci, promozione dell’uso dei carburanti alternativi e del vettore elettrico, accrescendo la quota di rinnovabili						
<b>SICUREZZA ENERGETICA</b>							
Settore gas	incremento della capacità di rigassificazione e della relativa fornitura di GNL (nuovi Floating Storage and Regasification Unit – FSRU di Piombino e Ravenna in esercizio nel 2023-25 ed incremento della capacità di rigassificazione dei terminali esistenti)						
<b>MERCATO INTERNO DELL’ENERGIA</b>							
	integrazione tra sistemi (elettrico, idrico e gas in particolare), da avviare in via sperimentale, anche con lo scopo di studiare le più efficienti modalità per l’accumulo di lungo termine di energia rinnovabile.						
	approfondimenti per introdurre interventi di efficienza e di installazione di impianti a fonti rinnovabili in autoconsumo						
<b>RICERCA, INNOVAZIONE E COMPETITIVITÀ</b>							
	ricerca e potenziale sviluppo delle nuove tecnologie sul nucleare						
	sviluppo di tecnologie che attualmente sono ancora nella fase dimostrativa o prototipale, soprattutto nelle applicazioni dell’industria hard to abate e del trasporto pesante						

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

<p><b>Legenda</b></p>	<p>Il potenziale effetto non è direttamente correlabile con l'obiettivo ambientale</p>	<p>L'intervento non è sufficientemente dettagliato per procedere ad una stima degli effetti sull'obiettivo ambientale</p>	<p>L'intervento fornisce un contributo sostanziale all'obiettivo</p>	<p>L'intervento può determinare teoricamente un danno non significativo</p>	<p>E' ipotizzabile un danno significativo, in assenza di future specifiche su criteri di vaglio tecnico</p>
-----------------------	--	---	--	---	---

Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

**4 ANALISI DEL CONTESTO AMBIENTALE DI RIFERIMENTO**

Il presente capitolo intende sviluppare l'inquadramento ambientale riportando la descrizione dello stato ambientale riferito all'intero territorio nazionale per gli aspetti pertinenti al PNIEC, anche al fine di individuare elementi di criticità con i quali l'attuazione del PNIEC potrebbe interagire.

Il riferimento normativo per guidare l'analisi del contesto ambientale è l'allegato VI alla Parte II del D. Lgs. 152/2006 che prevede tra i contenuti del rapporto ambientale i seguenti elementi:

- aspetti pertinenti dello stato attuale dell'ambiente e sua evoluzione probabile senza l'attuazione del piano o del programma;
- caratteristiche ambientali, culturali e paesaggistiche delle aree che potrebbero essere significativamente interessate;
- qualsiasi problema ambientale esistente, pertinente al piano o programma, ivi compresi in particolare quelli relativi ad aree di particolare rilevanza ambientale, culturale e paesaggistica, quali le zone designate come Zone di Protezione Speciale per la conservazione degli uccelli selvatici e quelli classificati come Siti di importanza Comunitaria (SIC) per la protezione degli habitat naturali e della flora e della fauna selvatica, nonché i territori con produzioni agricole di particolare qualità e tipicità, di cui all'articolo 21 del decreto legislativo 18 maggio 2001, n.228.

L'ambito territoriale considerato per la descrizione e l'analisi ambientale riguarda l'intero territorio nazionale assunto come ambito territoriale di riferimento. Tale assunzione tiene conto del ruolo strategico che riveste il PNIEC per la definizione degli obiettivi e delle politiche in tema di energia e clima per l'Italia ad un livello di analisi che non prevede elementi di localizzazione per l'attuazione delle misure e degli interventi.

Gli aspetti ambientali pertinenti al PNIEC oggetto dell'analisi di contesto e dei potenziali effetti ambientali nonché del monitoraggio afferiscono ai temi ambientali così come riportati alla lett. f) dell'Allegato VI: biodiversità, popolazione, salute umana, flora e fauna, suolo, acqua, aria, fattori climatici, beni materiali, patrimonio culturale, anche architettonico e archeologico.

In particolare, le tematiche ambientali prese in considerazione con le quali il Piano può interagire sono:

- condizioni e cambiamenti climatici
- emissioni di gas climalteranti e di inquinanti in atmosfera e qualità dell'aria
- biodiversità ed ecosistemi in ambito terrestre con approfondimenti relativi all'avifauna e alle specie alloctone invasive
- patrimonio agricolo e forestale
- suolo, analizzando in particolare la copertura, l'uso e il consumo di suolo, le caratteristiche legate alla qualità dei suoli e i siti di bonifica
- risorse idriche, considerando gli elementi di caratterizzazione quali-quantitativa a scala di distretto idrografico, la disponibilità della risorsa idrica naturale e le pressioni sui corpi idrici
- patrimonio culturale articolato in beni culturali e paesaggistici
- pericolosità geologica e idraulica, considerando la pericolosità sismica e da fagliazione superficiale, il pericolo tsunami, la pericolosità vulcanica, la subsidenza, la pericolosità da frana e da sinkhole e la pericolosità idraulica
- tematica dei rifiuti per gli aspetti pertinenti al PNIEC
- ambiente marino-costiero descritto dal punto di vista della fisiografia dei fondali e batimetria, dello stato fisico del mare e delle aree costiere, delle aree marine di interesse conservazionistico, delle specie e habitat marini e non indigene, delle popolazioni ittiche di interesse commerciale, della qualità delle acque

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

e condizioni idrografiche, dei contaminanti chimici, dei rifiuti marini, del rumore sottomarino e degli usi del mare.

- esposizione della popolazione ai fattori di rischio

L'analisi del contesto ambientale è condotta mediante l'impiego di indicatori ambientali opportunamente individuati sulla base della loro popolabilità e aggiornamento che saranno di riferimento anche per l'analisi degli effetti e il monitoraggio VAS del Piano.

Le misure messe in campo per lo sviluppo energetico sostenibile e per il contrasto ai cambiamenti climatici articolate nelle cinque dimensioni dell'Unione dell'energia sono di vario tipo (normative, regolatorie, fiscali, economiche, strutturali...). Il quadro completo delle principali misure per il raggiungimento degli obiettivi del PNIEC è riportato nelle tabelle 2 e 3 del documento di PNIEC.

Alcune di esse prevedono interventi necessari per la crescente decarbonizzazione del sistema attraverso la realizzazione e il potenziamento di impianti e infrastrutture con conseguenti potenziali impatti ambientali.

#### 4.1 Inquadramento impianti e infrastrutture

##### 4.1.1 Impianti a fonti rinnovabili

Le tabelle seguenti descrivono il quadro attuale degli impianti a fonte rinnovabile in termini di numero e potenza installata sul territorio nazionale incentivati al 2022 (fonte GSE) ripartiti per provincia.

Tabella 4-1: Numero impianti FER (non FV) incentivati al 31/12/2022. Fonte GSE

Provincia	numero							totale
	Idraulica	Eolica	Geotermica	Biomasse	Bioliquidi sostenibili	Biogas	Solare Termodinamico	
AGRIGENTO	1	179	0	3	2	1	0	186
ALESSANDRIA	42	2	0	7	7	39	0	97
ANCONA	29	6	0	6	2	11	0	54
AREZZO	17	21	0	7	11	5	0	61
ASCOLI PICENO	13	0	0	0	1	2	0	16
ASTI	5	1	0	3	0	7	0	16
AVELLINO	3	288	0	3	1	1	0	296
BARI	0	85	0	3	7	6	0	101
BARLETTA-ANDRIA-TRANI	1	19	0	0	3	3	0	26
BELLUNO	62	0	0	7	3	5	0	77
BENEVENTO	3	180	0	0	3	1	0	187
BERGAMO	108	0	0	3	16	36	0	163
BIELLA	19	0	0	2	6	4	0	31
BOLOGNA	20	9	0	6	5	32	0	72
BOLZANO/BOZEN	289	0	0	66	53	18	0	426
BRESCIA	123	3	0	9	7	119	0	261
BRINDISI	1	37	0	2	1	6	0	47
CAGLIARI	0	4	0	3	0	0	0	7
CALTANISSETTA	1	76	0	0	0	2	0	79
CAMPOBASSO	6	56	0	3	1	2	0	68

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Provincia	numero							totale
	Idraulica	Eolica	Geotermica	Biomasse	Bioliquidi sostenibili	Biogas	Solare Termodinamico	
CASERTA	2	1	0	3	4	28	0	38
CATANIA	1	61	0	1	1	2	0	66
CATANZARO	5	194	0	3	0	1	0	203
CHIETI	12	15	0	2	2	3	0	34
COMO	8	0	0	5	3	5	0	21
COSENZA	17	31	0	4	1	10	0	63
CREMONA	15	0	0	5	4	175	0	199
CROTONE	5	65	0	5	0	3	0	78
CUNEO	185	3	0	18	6	110	0	322
ENNA	1	18	0	2	0	2	0	23
FERMO	6	3	0	0	2	4	0	15
FERRARA	1	0	0	2	1	36	0	40
FIRENZE	7	15	0	9	6	6	0	43
FOGGIA	0	914	0	4	1	7	0	926
FORLI'-CESENA	23	4	0	4	6	12	0	49
FROSINONE	14	3	0	8	3	3	0	31
GENOVA	33	3	0	0	1	2	0	39
GORIZIA	7	0	0	6	2	4	0	19
GROSSETO	6	11	2	7	1	16	0	43
IMPERIA	14	1	0	1	1	0	0	17
ISERNIA	5	7	0	0	0	1	0	13
LA SPEZIA	2	0	0	0	0	0	0	2
L'AQUILA	9	7	0	0	2	7	0	25
LATINA	2	0	0	3	11	15	0	31
LECCE	0	35	0	1	0	5	0	41
LECCO	11	0	0	1	0	0	0	12
LIVORNO	0	7	0	0	4	1	0	12
LODI	9	0	0	3	2	91	0	105
LUCCA	48	0	0	2	2	1	0	53
MACERATA	38	12	0	1	5	8	0	64
MANTOVA	14	0	0	7	5	87	0	113
MASSA-CARRARA	16	1	0	3	0	0	0	20
MATERA	2	113	0	2	2	2	0	121
MESSINA	3	34	0	2	0	1	0	40
MILANO	18	0	0	5	7	18	0	48
MODENA	28	4	0	5	4	34	0	75
MONZA E DELLA BRIANZA	5	0	0	0	3	1	0	9
NAPOLI	0	0	0	3	2	2	0	7
NOVARA	47	0	0	3	1	24	0	75
NUORO	0	90	0	0	1	3	0	94
ORISTANO	0	41	0	0	0	3	0	44
PADOVA	12	1	0	12	15	75	0	115

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Provincia	numero							totale
	Idraulica	Eolica	Geotermica	Biomasse	Bioliquidi sostenibili	Biogas	Solare Termodinamico	
PALERMO	4	141	0	1	0	3	0	149
PARMA	26	7	0	7	6	25	0	71
PAVIA	45	0	0	11	3	68	0	127
PERUGIA	12	11	0	17	15	22	0	77
PESARO E URBINO	13	11	0	2	1	9	0	36
PESCARA	7	8	0	0	3	1	0	19
PIACENZA	5	2	0	2	1	37	0	47
PISA	1	13	6	7	6	5	0	38
PISTOIA	8	3	0	2	3	1	0	17
PORDENONE	39	0	0	3	8	35	0	85
POTENZA	7	1163	0	4	1	19	0	1194
PRATO	13	2	0	1	1	0	0	17
RAGUSA	0	10	0	1	0	5	0	16
RAVENNA	10	2	0	6	6	20	0	44
REGGIO DI CALABRIA	9	61	0	5	0	2	0	77
REGGIO NELL'EMILIA	14	0	0	3	9	28	0	54
RIETI	15	0	0	5	3	2	0	25
RIMINI	4	5	0	1	2	4	0	16
ROMA	7	4	0	4	15	15	0	45
ROVIGO	0	0	0	2	0	24	0	26
SALERNO	13	98	0	2	5	20	0	138
SASSARI	0	237	0	3	0	10	0	250
SAVONA	7	17	0	0	0	4	0	28
SIENA	4	4	8	5	4	9	0	34
SIRACUSA	1	20	0	7	0	1	0	29
SONDRIO	59	0	0	5	3	3	0	70
SUD SARDEGNA	0	146	0	5	1	6	0	158
TARANTO	1	84	0	1	2	9	0	97
TERAMO	3	0	0	3	4	3	0	13
TERNI	14	8	0	9	3	5	0	39
TORINO	186	5	0	13	11	68	0	283
TRAPANI	1	268	0	0	0	2	1	272
TRENTO	154	0	0	24	5	18	0	201
TREVISO	65	0	0	5	9	30	0	109
TRIESTE	0	0	0	0	1	2	0	3
UDINE	83	0	0	9	7	43	0	142
VALLE D'AOSTA/VALLEE D'AOSTE	154	2	0	3	1	2	0	162
VARESE	11	0	0	3	6	5	0	25
VENEZIA	4	0	0	3	7	45	0	59
VERBANO-CUSIO-OSSOLA	106	0	0	1	2	0	0	109
VERCELLI	34	0	0	3	2	14	0	53
VERONA	10	4	0	3	20	67	0	104

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Provincia	numero							totale
	Idraulica	Eolica	Geotermica	Biomasse	Bioliquidi sostenibili	Biogas	Solare Termodinamico	
VIBO VALENTIA	2	4	0	1	0	0	0	7
VICENZA	52	2	0	7	28	30	0	119
VITERBO	6	42	0	1	1	8	0	58
<b>TOTALE</b>	<b>2583</b>	<b>5044</b>	<b>16</b>	<b>475</b>	<b>445</b>	<b>1837</b>	<b>1</b>	<b>10401</b>

Tabella 4-2: Potenza Impianti FER (non FV) incentivati al 31/12/2022. Fonte GSE

Provincia	Potenza (MW)							totale
	Idraulica	Eolica	Geotermica	Biomasse	Bioliquidi sostenibili	Biogas	Solare Termodinamico	
AGRIGENTO	0	214	0	10	4	1	0	229
ALESSANDRIA	22	0	0	3	7	37	0	70
ANCONA	4	0	0	0	1	8	0	13
AREZZO	3	3	0	3	4	4	0	16
ASCOLI PICENO	4	0	0	0	1	1	0	6
ASTI	2	0	0	0	0	3	0	6
AVELLINO	1	647	0	1	9	1	0	658
BARI	0	92	0	12	164	2	0	269
BARLETTA-ANDRIA-TRANI	0	103	0	0	2	1	0	107
BELLUNO	27	0	0	28	1	1	0	58
BENEVENTO	1	654	0	0	2	0	0	657
BERGAMO	122	0	0	3	9	24	0	158
BIELLA	6	0	0	3	6	2	0	18
BOLOGNA	4	17	0	2	3	30	0	56
BOLZANO/BOZEN	316	0	0	34	50	6	0	406
BRESCIA	250	0	0	10	17	57	0	334
BRINDISI	0	55	0	0	41	2	0	99
CAGLIARI	0	24	0	23	0	0	0	47
CALTANISSETTA	1	59	0	0	0	1	0	61
CAMPOBASSO	1	271	0	16	1	2	0	291
CASERTA	0	20	0	0	4	6	0	30
CATANIA	9	103	0	1	1	5	0	120
CATANZARO	3	542	0	0	0	1	0	546
CHIETI	27	83	0	2	1	2	0	115
COMO	18	0	0	3	2	2	0	26
COSENZA	16	17	0	92	5	4	0	134
CREMONA	7	0	0	4	4	101	0	115
CROTONE	2	310	0	99	0	2	0	413
CUNEO	49	19	0	7	7	35	0	117
ENNA	22	80	0	20	0	0	0	123
FERMO	1	0	0	0	1	3	0	5
FERRARA	0	0	0	26	1	33	0	60

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Provincia	Potenza (MW)							totale
	Idraulica	Eolica	Geotermica	Biomasse	Bioliquidi sostenibili	Biogas	Solare Termodinamico	
FIRENZE	1	14	0	3	3	3	0	24
FOGGIA	0	1895	0	55	1	3	0	1954
FORLI'-CESENA	3	0	0	16	3	10	0	32
FROSINONE	16	8	0	64	23	6	0	117
GENOVA	30	3	0	0	1	0	0	34
GORIZIA	6	0	0	6	39	3	0	54
GROSSETO	0	0	61	2	0	12	0	76
IMPERIA	18	4	0	3	1	0	0	26
ISERNIA	2	76	0	0	0	0	0	78
LA SPEZIA	1	0	0	0	0	0	0	1
L'AQUILA	19	66	0	0	2	5	0	91
LATINA	0	0	0	1	8	8	0	18
LECCE	0	51	0	1	0	3	0	55
LECCO	11	0	0	1	0	0	0	12
LIVORNO	0	20	0	0	27	1	0	48
LODI	2	0	0	9	5	55	0	70
LUCCA	38	0	0	0	2	0	0	40
MACERATA	19	9	0	0	1	4	0	33
MANTOVA	3	0	0	3	12	54	0	72
MASSA-CARRARA	3	10	0	1	0	0	0	13
MATERA	0	308	0	1	66	1	0	376
MESSINA	1	214	0	0	0	0	0	216
MILANO	5	0	0	2	4	11	0	22
MODENA	7	0	0	42	2	16	0	68
MONZA E DELLA BRIANZA	1	0	0	0	2	0	0	3
NAPOLI	0	0	0	3	82	2	0	88
NOVARA	13	0	0	2	1	13	0	28
NUORO	0	18	0	0	37	0	0	54
ORISTANO	0	101	0	0	0	2	0	103
PADOVA	0	0	0	12	11	50	0	73
PALERMO	1	258	0	0	0	4	0	263
PARMA	3	21	0	19	5	9	0	56
PAVIA	9	0	0	32	10	62	0	113
PERUGIA	23	3	0	4	10	9	0	48
PESARO E URBINO	3	10	0	0	1	7	0	22
PESCARA	8	3	0	0	11	1	0	22
PIACENZA	1	1	0	0	1	17	0	21
PISA	0	68	153	2	5	5	0	233
PISTOIA	11	0	0	8	1	1	0	22
PORDENONE	11	0	0	0	6	22	0	40
POTENZA	2	954	0	2	9	4	0	972
PRATO	1	0	0	0	1	0	0	2

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Provincia	Potenza (MW)							totale
	Idraulica	Eolica	Geotermica	Biomasse	Bioliquidi sostenibili	Biogas	Solare Termodinamico	
RAGUSA	0	46	0	0	0	2	0	<b>48</b>
RAVENNA	1	0	0	82	109	19	0	<b>211</b>
REGGIO DI CALABRIA	11	31	0	1	0	2	0	<b>46</b>
REGGIO NELL'EMILIA	12	0	0	1	7	13	0	<b>33</b>
RIETI	84	0	0	1	2	1	0	<b>88</b>
RIMINI	1	0	0	13	1	4	0	<b>19</b>
ROMA	31	0	0	1	8	13	0	<b>53</b>
ROVIGO	0	0	0	4	0	17	0	<b>21</b>
SALERNO	23	169	0	0	10	8	0	<b>210</b>
SASSARI	0	411	0	654	0	7	0	<b>1071</b>
SAVONA	1	88	0	0	0	7	0	<b>96</b>
SIENA	1	0	200	13	4	7	0	<b>224</b>
SIRACUSA	0	12	0	1	0	2	0	<b>15</b>
SONDRIO	295	0	0	11	2	2	0	<b>310</b>
SUD SARDEGNA	0	224	0	15	0	5	0	<b>244</b>
TARANTO	1	180	0	0	2	4	0	<b>187</b>
TERAMO	1	0	0	0	3	3	0	<b>7</b>
TERNI	585	0	0	16	2	6	0	<b>609</b>
TORINO	416	0	0	90	31	40	0	<b>578</b>
TRAPANI	0	339	0	0	0	1	4	<b>344</b>
TRENTO	120	0	0	10	3	4	0	<b>138</b>
TREVISO	25	0	0	2	5	12	0	<b>44</b>
TRIESTE	0	0	0	0	1	0	0	<b>1</b>
UDINE	253	0	0	3	5	26	0	<b>287</b>
VALLE D'AOSTA/VALLEE D'AOSTE	282	3	0	1	0	0	0	<b>286</b>
VARESE	3	0	0	0	11	5	0	<b>18</b>
VENEZIA	1	0	0	19	10	32	0	<b>62</b>
VERBANO-CUSIO-OSSOLA	203	0	0	0	1	0	0	<b>205</b>
VERCELLI	16	0	0	24	3	12	0	<b>55</b>
VERONA	23	13	0	0	8	37	0	<b>81</b>
VIBO VALENTIA	1	1	0	1	0	0	0	<b>3</b>
VICENZA	10	0	0	3	20	14	0	<b>47</b>
VITERBO	22	63	0	0	0	5	0	<b>91</b>
<b>TOTALE</b>	<b>3612</b>	<b>9007</b>	<b>413</b>	<b>1669</b>	<b>989</b>	<b>1092</b>	<b>4</b>	<b>16787</b>

N.B: In questa rappresentazione la potenza indicata è quella propria dei diversi meccanismi di incentivazione, che non è sempre omogenea (in particolare per l'idroelettrico abbiamo diverse potenze, da quelle dei motori primi a quella di concessione di derivazione). I dati di potenza non sono pertanto immediatamente confrontabili con le statistiche Terna

Tabella 4-3: Numero e potenza degli impianti fotovoltaici in Italia al 31 Dicembre 2022, per provincia. Fonte GSE

Regione	Provincia	Numero	Potenza (MW)
Abruzzo	Chieti	8601	272

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Regione	Provincia	Numero	Potenza (MW)
	L'Aquila	6838	188
	Pescara	5552	107
	Teramo	8209	274
Basilicata	Matera	3809	198
	Potenza	7614	210
Calabria	Catanzaro	7838	156
	Cosenza	13705	284
	Crotone	2721	45
	Reggio Di Calabria	7446	87
	Vibo Valentia	3182	47
Campania	Avellino	7405	108
	Benevento	5135	77
	Caserta	11003	298
	Napoli	12830	226
	Salerno	12549	306
Emilia Romagna	Bologna	22828	422
	Ferrara	9898	227
	Forli - Cesena	13564	273
	Modena	21866	340
	Parma	10124	247
	Piacenza	7755	219
	Ravenna	15345	433
	Reggio Nell'Emilia	15679	234
	Rimini	9644	118
Friuli Venezia Giulia	Gorizia	5277	51
	Pordenone	14104	208
	Trieste	2653	34
	Udine	23904	363
Lazio	Frosinone	8173	209
	Latina	11378	306
	Rieti	3926	35
	Roma	47820	566
	Viterbo	9770	602
Liguria	Genova	3878	40
	Imperia	2460	34
	La Spezia	2999	31
	Savona	3378	42
Lombardia	Bergamo	28823	428
	Brescia	42288	659
	Como	12786	135
	Cremona	12432	291
	Lecco	6286	71
	Lodi	6119	151
	Mantova	13287	291
	Milano	27578	468
	Monza E Brianza	13191	152
	Pavia	10998	230
	Sondrio	5533	65
Marche	Varese	20316	208
	Ancona	12830	340
	Ascoli Piceno	4678	140
	Fermo	4025	120
	Macerata	9027	340
Molise	Pesaro E Urbino	9387	288
	Campobasso	4116	145
Piemonte	Isernia	1426	42
	Alessandria	8731	302
	Asti	6371	110
	Biella	4041	112

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Regione	Provincia	Numero	Potenza (MW)
	Cuneo	19770	650
	Novara	8975	146
	Torino	31984	555
	Verbano - Cusio - Ossola	2205	24
	Vercelli	3938	101
Puglia	Bari	20780	571
	Barletta - Andria - Trani	3569	185
	Brindisi	7605	514
	Foggia	7199	640
	Lecce	22454	750
	Taranto	9405	395
Sardegna	Cagliari	9498	345
	Nuoro	7965	160
	Oristano	5206	152
	Sassari	13480	267
	Sud Sardegna	11697	217
Sicilia	Agrigento	8556	249
	Caltanissetta	5150	108
	Catania	14901	315
	Enna	2971	81
	Messina	8345	82
	Palermo	11182	214
	Ragusa	8521	237
	Siracusa	9030	224
	Trapani	8581	248
Toscana	Arezzo	9389	199
	Firenze	10496	143
	Grosseto	4553	92
	Livorno	5778	91
	Lucca	8872	97
	Massa Carrara	3511	33
	Pisa	9582	126
	Pistoia	5008	56
	Prato	2987	89
	Siena	4774	90
Trentino Alto Adige	Bolzano	10950	299
	Trento	23156	237
Umbria	Perugia	20843	412
	Terni	5146	146
Valle D'Aosta	Aosta	3201	29
Veneto	Belluno	6069	60
	Padova	38136	461
	Rovigo	6753	348
	Treviso	38763	466
	Venezia	28990	277
	Verona	27619	469
	Vicenza	32759	412
<b>ITALIA</b>		<b>1225431</b>	<b>25064</b>

Tabella 4-4: Impianti FTV - Potenza installata al 31/12/2022 per collocazione (MW)

	a terra	non a terra	totale
Abruzzo	402	439	841
Basilicata	251	156	407
Calabria	142	476	618
Campania	204	810	1.015
Emilia Romagna	720	1.794	2.513
Friuli Venezia Giulia	122	534	656

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Lazio	880	838	1.718
Liguria	3	144	147
Lombardia	258	2.891	3.149
Marche	562	666	1.227
Molise	109	78	187
Piemonte	544	1.455	1.999
Puglia	2.138	916	3.055
Sardegna	458	683	1.141
Sicilia	773	985	1.758
Toscana	255	761	1.016
Trentino Alto Adige - Bolzano	5	294	299
Trentino Alto Adige - Trento	3	234	237
Umbria	171	387	558
Valle D'Aosta	2	27	29
Veneto	401	2.092	2.493
<b>ITALIA</b>	<b>8.403</b>	<b>16.661</b>	<b>25.064</b>

## 4.1.2 La Rete di Trasmissione Nazionale (RTN)

Per quanto riguarda la Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) di proprietà Terna, essa al 30 giugno 2022 registra una consistenza di oltre 68.000 km di linee e circa 890 stazioni.

In particolare, nella Figura 4-1, tali consistenze sono suddivise per livelli di tensione: 380-220 kV sulle reti di Altissima Tensione (AAT), e 150-132-60 kV sulle reti di Alta Tensione (AT).

LINEE			
Livello di Tensione	 Linee aeree (km)	 Linee in cavo interrato (km)	 Linee in cavo sottomarino (km)
380 kV	11.726	274	1.445
220 kV	9.488	394	234
≤150 kV	46.847	1.597	83
<b>Totale</b>	<b>68.061</b>	<b>2.265</b>	<b>1.762</b>

STAZIONI E TRASFORMATORI			
Livello di Tensione	 Stazioni (#)	 Trasformatori (#)	 Potenza transf. (MVA)
380 kV	167	422	121.658
220 kV	150	215	34.003
≤150 kV	580	132	4.579
<b>Totale</b>	<b>897</b>	<b>769</b>	<b>160.240</b>

Valori al 30 Giugno 2022

Figura 4-1: Consistenza elementi RTN. Fonte Stato del Sistema elettrico 2023 TERNA

Gli elettrodotti, intesi come l'insieme delle linee elettriche, delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione sono le principali sorgenti elettromagnetiche operanti alle frequenze estremamente basse (ELF).

A livello nazionale il principale indicatore utilizzato per caratterizzare da un punto di vista ambientale, tali sorgenti elettromagnetiche sul territorio è quello rappresentato dallo *Sviluppo in chilometri delle linee elettriche, suddivise per tensione, e numero di stazioni di trasformazione e cabine primarie in rapporto alla superficie territoriale* (Annuario dei dati ambientali ISPRA)

Le informazioni per l'aggiornamento di tale indicatore vengono raccolte attraverso il popolamento da parte delle ARPA/APPA del database "Osservatorio CEM" di ISPRA.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Secondo quanto riportato nell'edizione 2023 dell'Annuario dei dati ambientali di ISPRA, considerando le linee elettriche con tensione 40-150 kV, 220 kV e 380 kV, per le regioni che hanno fornito le informazioni complete e aggiornate (Piemonte, Valle d'Aosta, Lombardia, Veneto, Friuli Venezia Giulia, Toscana e Sicilia), al 2022 si osserva una presenza sul territorio rispettivamente pari al 68%, 19% e 13% rispetto al chilometraggio totale delle linee elettriche. Le linee elettriche con tensione 40-150 kV sono quelle che, pur emettendo campi elettrici e magnetici di minore intensità rispetto ai 220 kV e 380 kV, hanno maggiori criticità da un punto di vista di interazione con l'ambiente urbano o aree limitrofe. La loro maggiore presenza sul territorio dipende dalle caratteristiche elettriche della linea e dalla necessità di doversi ramificare in contesti urbani.

Per le suddette linee elettriche con tensione 40-150 kV, 220 kV e 380 kV, tra il 2021 e il 2022 si osserva, rispetto all'anno precedente, una situazione decisamente stazionaria, rispettivamente -0,7%, +0,5 %, -0,3%.

La sostanziale stazionarietà delle linee elettriche con tensione 40-150 kV, 220 kV e 380 kV rivela un andamento positivo per quanto riguarda questa tipologia di sorgente elettromagnetica; infatti quest'ultima deve esistere necessariamente per poter fornire in modo adeguato tutti i servizi necessari alla popolazione ma l'esistente viene da tempo sottoposto ad un'intensa attività di controllo con normative ad hoc studiate appositamente per la tutela della popolazione da effetti a breve e a lungo termine causati dalla presenza di campi elettrici e magnetici generati da elettrodotti.

Dai dati raccolti ogni anno emerge che numerose sono le criticità che caratterizzano il reperimento delle informazioni relative agli impianti in oggetto, la relativa copertura spaziale e temporale e la qualità dei dati prime fra tutte la mancata emanazione del decreto sulle modalità di inserimento dei dati nel Catasto Elettromagnetico Nazionale relativo alle sorgenti ELF. Altri fattori sono da ritrovarsi nella scarsa efficienza degli strumenti di raccolta dati a livello locale, mancanza di risorse umane e finanziarie dedicate a questa attività.

Tali criticità ostacolano la caratterizzazione ambientale di queste sorgenti elettromagnetiche legata all'esposizione della popolazione che può costituire un valido supporto alle valutazioni di impatto delle future installazioni. Infatti l'applicazione della metodologia di calcolo delle fasce di rispetto di cui al DD 29/05/2008 rappresenta uno strumento di pianificazione territoriale standardizzato in grado di caratterizzare la sorgente oggetto di valutazione ambientale (caratteristiche geometriche, meccaniche ed elettriche della linea) e altre sorgenti eventualmente presenti che modifichino il calcolo del campo elettromagnetico prodotto dall'opera in questione, analizzare e prevedere i livelli di campo elettromagnetico prodotto e valutare l'esposizione della popolazione attraverso l'individuazione di eventuali ricettori sensibili all'interno di tali fasce.

#### 4.1.3 La rete di trasporto del gas

La distribuzione del gas naturale sul territorio nazionale avviene principalmente attraverso la rete SNAM (che controlla il 94% della rete nazionale e regionale), con una lunghezza di oltre 32.800 km (Figura 4-2).

Una volta importato, prodotto o rigassificato, attraverso 10 punti di entrata, il gas è movimentato fino alle reti di distribuzione locale, ai punti di riconsegna della rete regionale o a grandi clienti finali (centrali termoelettriche o impianti di produzione industriale). Snam utilizza 13 impianti di compressione, posti lungo la rete nazionale, con la funzione di assicurare il corretto flusso di gas nelle condotte.

La rete nazionale di gasdotti è costituita da tubazioni, normalmente di grande diametro, con funzione di trasferire quantità di gas dai punti di ingresso del sistema (importazioni e principali produzioni nazionali) ai punti di interconnessione con la rete di trasporto regionale e con le strutture di stoccaggio.

La rete di trasporto regionale, formata dalla restante parte dei gasdotti, permette di movimentare il gas naturale in ambiti territoriali delimitati, generalmente su scala regionale, per la fornitura del gas ai consumatori industriali e termoelettrici e alle reti di distribuzione urbana.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

(Tratto da [La rete di trasporto \(snam.it\)](http://La rete di trasporto (snam.it)))



Figura 4-2: L'attuale rete di trasporto SNAM ([La rete di trasporto \(snam.it\)](http://La rete di trasporto (snam.it)))

#### 4.1.4 L'energia geotermica

L'energia geotermica è l'energia contenuta sotto forma di calore nell'interno della Terra. Prodotta dal decadimento naturale di elementi radioattivi è enorme e inesauribile, e si dissipa diffusamente verso la superficie. Ogni anno la Terra rilascia energia pari a circa 40TW, il triplo di tutta l'energia necessaria per i fabbisogni umani. Solo una porzione di tale energia è utilizzabile e di questa solo una piccola parte viene realmente sfruttata.

Al di sotto della superficie terrestre la temperatura aumenta, in media, di circa 3° ogni 100m (gradiente geotermico), ma situazioni geologiche particolari quali la presenza di corpi magmatici sepolti o assottigliamenti della crosta, generano anomalie termiche positive che possono creare le condizioni per l'instaurarsi, a profondità tecnologicamente accessibili, di sistemi geotermici nei quali il vettore energetico è rappresentato dall'acqua circolante in fase liquida e/o gassosa. A causa della dinamica della litosfera i valori più elevati del flusso di calore terrestre e, di conseguenza le aree geotermiche convenzionali, sono localizzati

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

dove masse calde sono più vicine alla superficie, come in corrispondenza dei margini di placca cui è associato anche un intenso vulcanismo.

Nella sua accezione industriale, l'energia geotermica è quella porzione di energia che può essere estratta e sfruttata dall'uomo. Nella maggior parte dei casi l'energia geotermica sfruttata è quella associata ai sistemi idrotermali (geotermia convenzionale). In questi casi un corpo magmatico caldo presente in profondità riscalda un acquifero e l'acqua circolante diventa il vettore energetico (in fase liquida o gassosa) per il trasporto del calore in superficie, spontaneamente (fumarole, soffioni, geysir ecc.) o tramite pozzi.

In base alla temperatura degli acquiferi l'energia rilasciata può essere utilizzata per vari usi. L'energia geotermica può essere utilizzata indirettamente per la generazione di elettricità in presenza di acquiferi a temperature medio-alte ( $85^{\circ} < T < 350^{\circ}$ ) e con diverse tecnologie a seconda delle caratteristiche del fluido. Le fonti geotermiche a medio-bassa entalpia ( $T < 150^{\circ}$ ) sono idonee a molteplici applicazioni termiche con utilizzo diretto del fluido caldo (riscaldamento, balneazione, agroalimentare, piscicoltura, ecc.). Aree di applicabilità molto più ampie hanno le pompe di calore geotermiche che sfruttano la stabilità termica del sottosuolo a basse profondità (generalmente 30-100m) assorbendone il calore per ricederlo nell'ambiente domestico. A differenza di altre fonti energetiche rinnovabili (FER), il geotermico è indipendente dalle condizioni esterne e quindi disponibile e programmabile tutto l'anno, in qualsiasi momento della giornata, e fornisce un carico di base stabile alla rete elettrica. Non utilizza combustibile e quindi non emette ulteriori gas climalteranti. Secondo l'IPCC lo sviluppo dell'energia geotermica, nei suoi usi diretti e indiretti, svolgerebbe un ruolo molto significativo nella mitigazione dei cambiamenti climatici.

Con 16.170 MW di potenza installata nel 2021, 22 paesi nel mondo hanno generato un totale di circa 88 miliardi di kWh di elettricità da energia geotermica. Da molti anni la classifica è capeggiata dagli Stati Uniti che sfruttano parzialmente l'enorme potenziale della costa occidentale dove è presente il più grande e famoso campo geotermico al mondo, The Geysers. Il Kenya è l'ottavo produttore di elettricità geotermica ma detiene la quota percentuale maggiore della sua produzione annua totale di elettricità da energia geotermica con circa il 46%.

## La situazione italiana

Per il suo peculiare assetto geologico, l'Italia è un Paese ad elevato potenziale geotermico ed è uno dei principali paesi al mondo per le risorse geotermiche. L'utilizzo diretto del calore risale ad epoca preistorica, il termalismo si diffonde ampiamente con i Romani e a Larderello (PI) è sorta nel 1913 la prima applicazione industriale al mondo per l'utilizzo geotermoelettrico. Dopo essere stata la culla della produzione di energia da fonti geotermiche e leader mondiale fino alla metà del secolo scorso, l'Italia è attualmente al settimo posto al mondo nella produzione geotermoelettrica.

I fluidi geotermici a temperatura abbastanza elevata per permettere la produzione di energia elettrica (media e alta entalpia) sono localizzati nelle zone ad elevato flusso di calore corrispondenti a corpi magmatici sepolti e ad apparati vulcanici estinti o attivi, come nella fascia costiera tosco-laziale-campana, nelle isole vulcaniche del Tirreno e nell'area etnea (Figura 4-3). Localmente, come a Larderello e al Monte Amiata, il flusso di calore raggiunge valori molto elevati. Al contrario le risorse a media-bassa entalpia, utilizzabili per usi diretti (riscaldamento di edifici, balneazione, termalismo, serricoltura, acquacoltura ecc.) si trovano anche in molte altre aree del territorio nazionale. Con le pompe di calore geotermiche possono essere sfruttate anche risorse a bassa temperatura presenti quasi ovunque e a piccola profondità.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

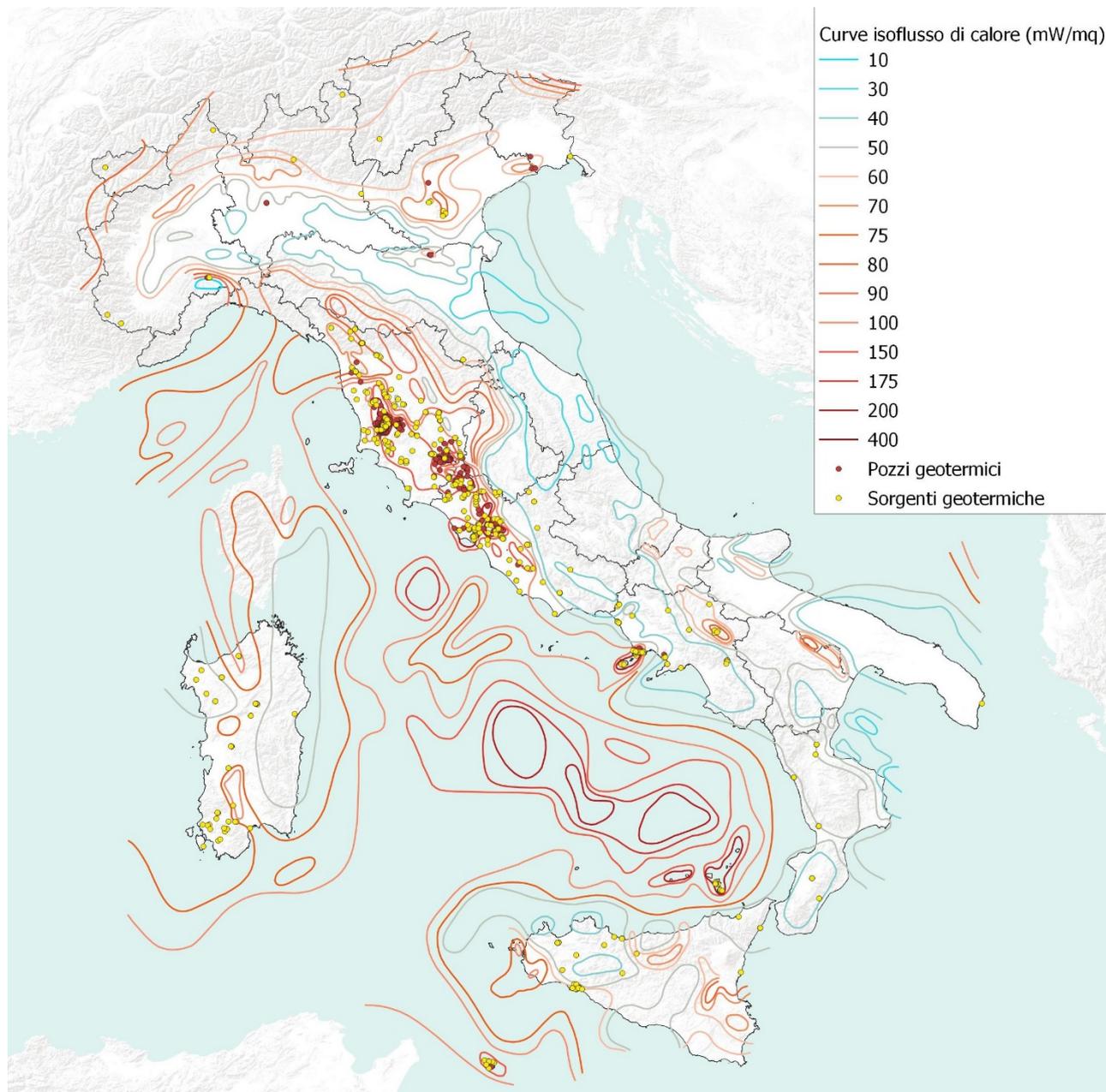


Figura 4-3: Flusso di calore in Italia e ubicazione dei pozzi geotermici perforati e delle sorgenti calde naturali (Fonte: Elaborazione ISPRA su dati MASE-UNMIG e CNR)

Le risorse geotermiche oggetto di titolo minerario sono concentrate nell'area toscano-laziale. Su un totale nazionale di 45 titoli di concessione e ricerca, 28 ricadono nel territorio toscano e 9 in quello laziale (Figura 2). La produzione geotermoelettrica è esclusiva di 9 concessioni localizzate nella Toscana centro-meridionale e concentrate nelle zone di Larderello e del Monte Amiata (Figura 4-4). Le concessioni di Ferrara e di Vicenza sono legate ad usi diretti della risorsa geotermica (riscaldamento), mentre la concessione di Valentano nel Lazio non è attualmente produttiva così come quella di Poggio Montone (GR). All'interno delle 9 concessioni toscane sono localizzati 34 impianti (37 sezioni produttive), 29 dei quali a "vapore dominante" nei campi geotermici di Larderello e Radicondoli e 5 ad "acqua dominante" nella zona del Monte Amiata dove, all'interno dell'impianto Bagnore3 è situato l'unico gruppo binario attualmente funzionante (Tabella 4-5).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Tabella 4-5: Impianti geotermoelettrici italiani suddivisi per tipo di tecnologia utilizzata (2022)

<b>Tipo</b>	<b>Impianti</b>	<b>Campo geotermico</b>	<b>Potenza installata</b>
	<b>n.</b>		<b>MW</b>
Vapore dominante - Dry stream <sup>a</sup>	21	Larderello	594,8
Vapore dominante - Dry stream <sup>a</sup>	8	Travale - Radicondoli	200
Acqua dominante - Flash <sup>b</sup>	5	Monte Amiata	120
Ciclo binario <sup>c, e</sup>	1	Monte Amiata	1
EGS <sup>d</sup>	0		0
			915,8

Nota: a) I sistemi Dry stream utilizzano vapore ad alta temperatura (>235°) e pressione per muovere una turbina accoppiata ad un generatore elettrico. b) Nei sistemi ad acqua dominante, e con temperature superiori a 150°, il fluido arriva in superficie tramite pozzi e a causa della caduta di pressione (flash) si separa in vapore, inviato alla turbina, e in acqua che viene reiniettata. c) Nei sistemi a ciclo binario il fluido geotermico caldo vaporizza un secondo fluido con temperatura di ebollizione più bassa, che va ad alimentare la turbina in un ciclo chiuso. Tutto il fluido geotermico viene reiniettato. d) Nei sistemi EGS (Enhanced Geothermal System) vengono iniettati a profondità di diversi chilometri (> 3 km) fluidi ad alta pressione, in grado di creare un network di fratture e quindi di generare un serbatoio geotermico artificiale. e) Gruppo binario all'interno dell'impianto Bagnore 3

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

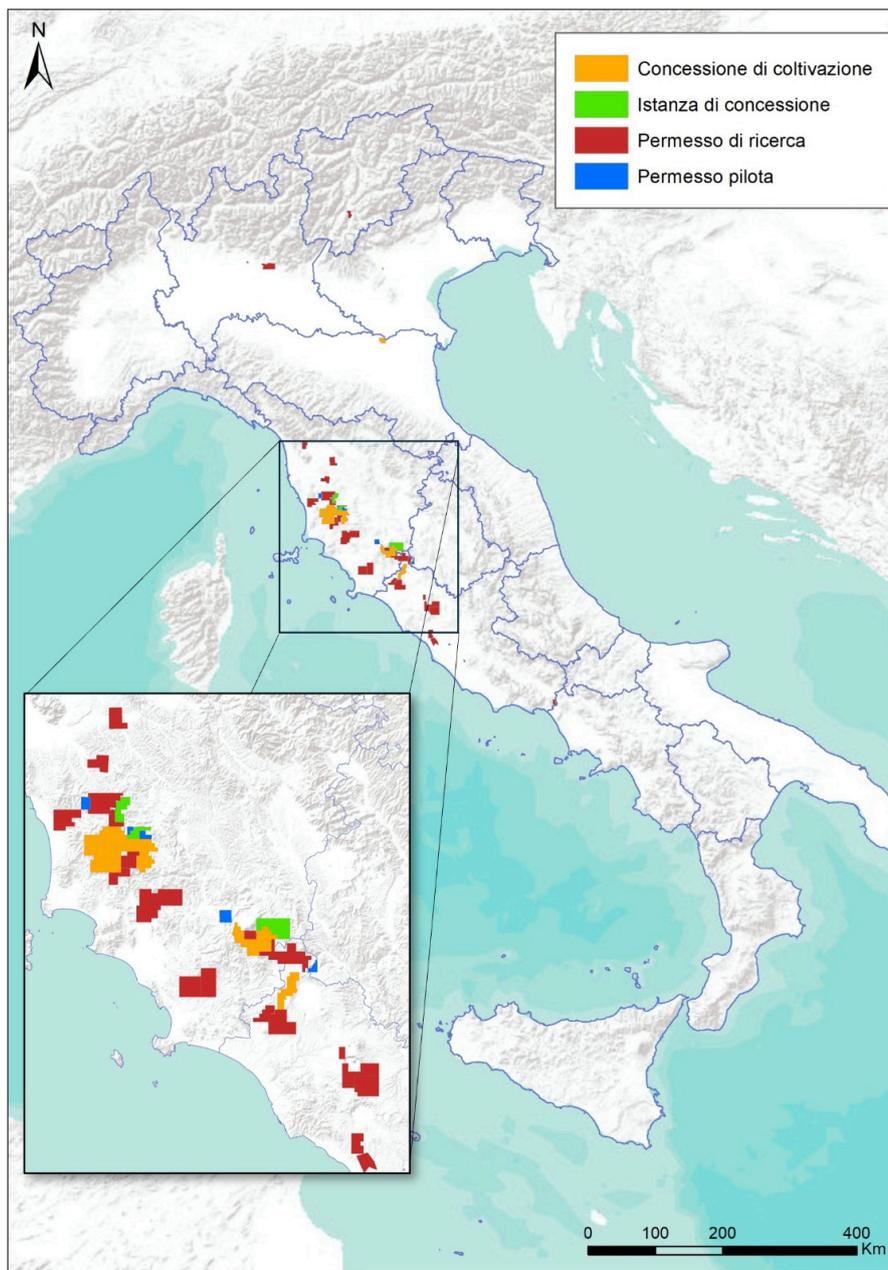


Figura 4-4: Distribuzione nazionale dei titoli minerari per risorse geotermiche (Elaborazione ISPRA su dati MASE-UNMIG e Regione Toscana)

La potenza nominale complessiva è di 915,8 MW con una potenza efficiente lorda di 817,1 MW cui corrisponde una produzione lorda, nel 2022, di 5.836,9 GWh (Figura 4-5; Tabella 4-6). La potenza installata è stabile dal 2014 (Figura 4-5). L'energia geotermica copre solo il 2,06% della produzione elettrica nazionale ma in Toscana rappresenta il 36,44% della produzione elettrica regionale e riesce a soddisfare più del 31% dei fabbisogni regionali (Tabella 4-6). Considerando la produzione elettrica da FER, la geotermia rappresenta il 5,7% a livello nazionale ma arriva a più del 74% della produzione rinnovabile toscana (Tabella 4-6). Più diffusi sul territorio nazionale gli usi diretti del calore geotermico il cui utilizzo principale è quello della climatizzazione degli edifici anche tramite l'utilizzo di pompe di calore geotermiche e reti di teleriscaldamento (Tabella 4-7). Secondo EEA la climatizzazione degli edifici rappresenta il 50% dei consumi energetici europei

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

ed è evidente l'importante contributo che la geotermia a bassa entalpia potrebbe portare alla riduzione delle fonti fossili e dell'inquinamento urbano.

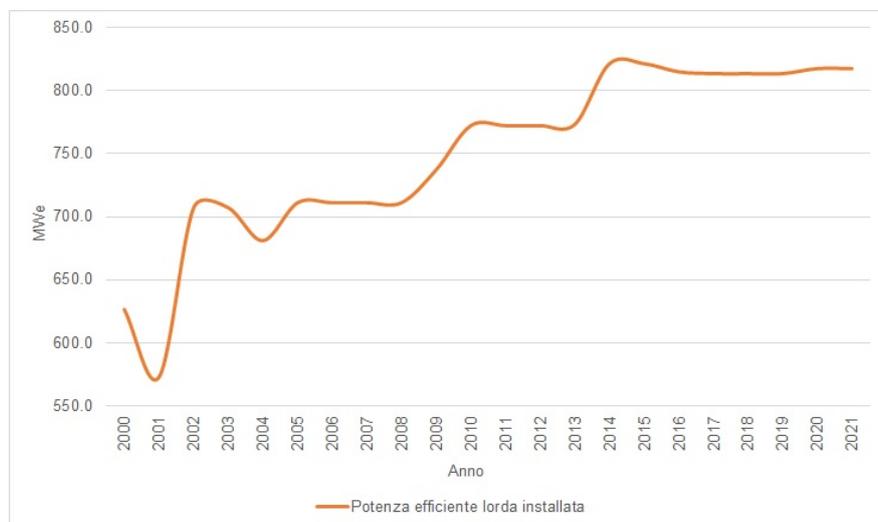


Figura 4-5: Potenza efficiente lorda degli impianti geotermoelettrici italiani (Elaborazione ISPRA su dati UGI e TERNA)

Tabella 4-6: Ripartizione percentuale della produzione lorda di energia elettrica da fonti rinnovabili e incidenza dell'energia geotermica sulla produzione e sui consumi elettrici totali, Italia e Toscana (2022) (Elaborazione ISPRA su dati Terna)

Fonti di Energia Rinnovabile	Italia		Toscana	
	GWh	%	GWh	%
Idrica	30.290,70	29,59	361,1	4,58
Eolica	20.494,20	20,02	245,3	3,11
Geotermica	5.836,90	5,70	5.836,90	74,11
Fotovoltaica	28.121,50	27,47	1066,7	13,54
Bioenergie	17.615,90	17,21	366	4,65
<b>Totale FER</b>	<b>102.359,20</b>	<b>100,00</b>	<b>7876</b>	<b>100,00</b>
		<b>Geotermica</b>		<b>Geotermica</b>
		<b>%</b>		<b>%</b>
Totale produzione elettrica	283.953,00	2,06	16.016,70	36,44
Totale consumi	295.853,40	1,97	18.616,90	31,35

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

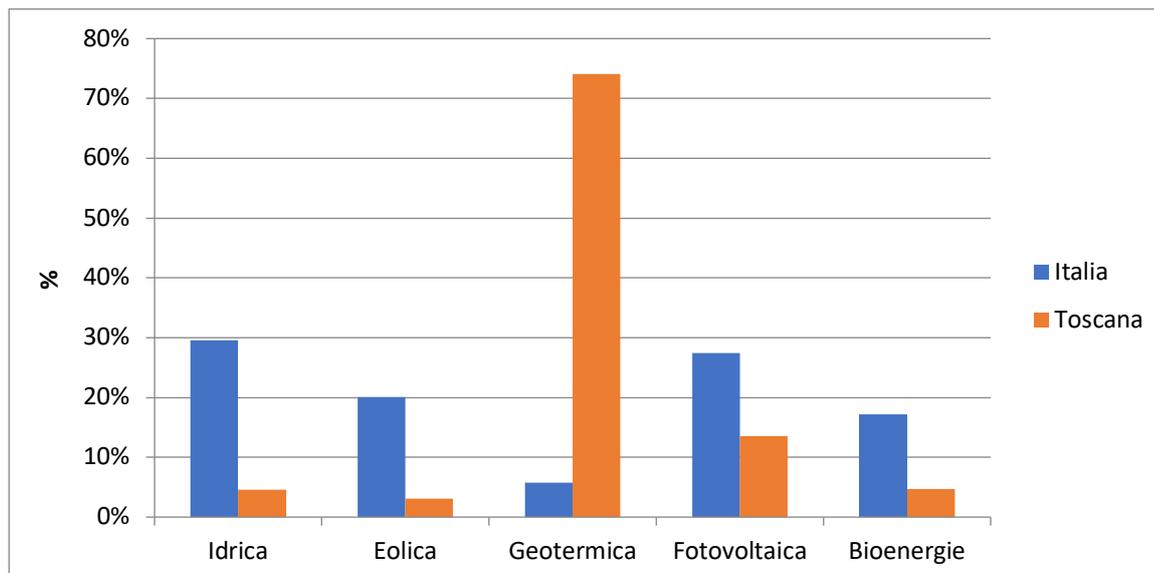


Figura 4-6: Produzione lorda da FER nel 2022, ripartizione per fonte Italia e Toscana (Elaborazione ISPRA su dati Terna)

Tabella 4-7: Utilizzo diretto del calore geotermico in Italia (2021) (Fonte. Elaborazione ISPRA su dati GSE e Della Vedova et alii, 2022)

Settore di applicazione	Potenza			Energia		
	Totale	Pompe di calore	Tele riscaldamento	Totale	Pompe di calore	Tele riscaldamento
	MW			TJ/anno		
Riscaldamento edifici	779	555	161	4.725	3.404	844
Salute, tempo libero e turismo	387			2.928		
Acquacultura	78			1.208		
Agroalimentare	55	13		700	75	
Calore di processo industriale	18	4	3	107	25	11
	1.317	572	164	9.668	3.504	855

L'uso delle fonti geotermiche per le reti di teleriscaldamento urbano è in fase di sviluppo ma, nonostante il grande potenziale, resta ancora una minima parte delle fonti energetiche utilizzate per le reti italiane. Il grande utilizzo delle pompe di calore geotermiche nei paesi nordeuropei è chiara testimonianza delle potenzialità di tale tecnologia che potrebbe contribuire in modo sostanziale anche al riscaldamento residenziale italiano, con conseguente diminuzione dell'utilizzo di fonti fossili e biomasse. Anche se in costante aumento il numero delle pompe geotermiche in Italia è ancora molto lontano dai numeri nordeuropei (Tabella 4-8).

Tabella 4-8: Pompe di calore geotermiche installate in Europa e incremento percentuale 2019-2021 (Fonte EurObserv'ER, 2023)

Stato	2019	2021	Incremento
-------	------	------	------------

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

	n.	n.	n.	%
Svezia	551.776	561.033	9.257	1,68
Germania	392.784	411.198	18.414	4,69
Francia	161.250	208.200	46.950	29,12
Finlandia	127.964	136.608	8.644	6,76
Austria	109.695	112.379	2.684	2,45
Olanda	71.065	87.912	16.847	23,71
Danimarca	68.997	72.453	3.456	5,01
Polonia	60.196	65.818	5.622	9,34
Repubblica Ceca	26.316	27.756	1.440	5,47
Estonia	17.625	19.375	1.750	9,93
Belgio	15.804	18.997	3.193	20,20
<b>Italia</b>	<b>14.100</b>	<b>16.145</b>	<b>2.045</b>	<b>14,50</b>
Slovenia	10.648	13.654	3.006	28,23

Grandi prospettive sono insite anche nella possibilità del recupero delle materie prime critiche contenute nei fluidi geotermici. In particolare, i fluidi geotermici delle zone vulcanico-geotermiche peritirreniche (Toscana-Lazio-Campania) presentano concentrazioni di litio fino a 480 mg/l. Tali valori sono circa il doppio di quelli riscontrati nelle salamoie del campo geotermico californiano di Salton Sea, considerato dagli statunitensi come la fonte che permetterà agli USA di raggiungere l'indipendenza dai mercati esteri del litio. Attualmente sono stati rilasciati 6 permessi di ricerca nell'area del Lago di Bracciano, con lo scopo di valutare la fattibilità dell'operazione.

Lo sviluppo della geotermia è limitato dagli alti costi necessari per la ricerca e per la realizzazione degli impianti, in assenza di incentivazioni pari a quelli di altre FER, alla lentezza e complessità delle procedure autorizzative e da un senso di opposizione sociale legato al timore di impatti ambientali e sanitari negativi. Nell'ottica della riduzione della dipendenza dai combustibili fossili lo sviluppo delle fonti geotermiche per la produzione di energia elettrica e termica è però, come riconosciuto dai maggiori organismi internazionali, da considerarsi di importanza strategica, ancor più nel momento in cui il sistema di approvvigionamento energetico viene a trovarsi in grave crisi per vari fattori geopolitici. L'energia geotermica è in crescita in tutto il mondo. In Italia la capacità installata è stabile da diversi anni e, nonostante le grandi potenzialità, non sono previsti significativi incrementi nel futuro. In aumento l'utilizzo delle risorse a bassa entalpia grazie alla crescita delle pompe di calore geotermiche che, tuttavia, sono ancora lontane dal raggiungimento dei numeri dei paesi nord-europei.

Gli impatti ambientali - La geotermia ad uso elettrico è una fonte energetica utilizzata da più di un secolo in Italia e nel mondo, che utilizza tecnologie ormai consolidate. Come tutte le fonti energetiche, rinnovabili e no, anche la geotermia produce impatti sull'ambiente in dipendenza del suo tipo di utilizzo.

Le applicazioni ad uso diretto e le pompe di calore geotermiche, se ben progettate ed eseguite, non hanno particolari effetti negativi sull'ambiente mentre hanno un sicuro effetto positivo nella riduzione dell'uso di fonti fossili, in particolare per il riscaldamento domestico, che è il maggior responsabile dell'inquinamento dell'aria urbana.

L'estrazione di fluidi dal sottosuolo a fini energetici può avere, invece, un impatto non trascurabile sulle matrici ambientali, a seconda delle condizioni geologiche, delle caratteristiche del fluido geotermico e delle tecnologie utilizzate. Gli impatti ambientali e sanitari possono però essere fortemente mitigati o annullati

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

tramite l'applicazione delle migliori tecniche disponibili, il costante monitoraggio e l'adozione delle corrette misure di gestione ambientale.

Le emissioni di gas climalteranti (anidride carbonica e metano) non sono generate dalle centrali che semplicemente convogliano in singoli punti emissivi i gas presenti nei fluidi geotermici e che naturalmente sarebbero stati rilasciati in atmosfera attraverso il suolo. Per loro natura le aree geotermiche sono infatti sede di fenomeni naturali di degassamento lento e diffuso oppure veloce e concentrato in punti emissivi (soffioni boraciferi, fumarole, geysir).

Mancando la combustione non vengono emesse polveri sottili o ossidi di azoto, mentre le emissioni convogliate delle 34 centrali geotermoelettriche, che sono tutte localizzate all'interno di 9 concessioni toscane, sono costantemente monitorate dall'ARPAT. L'Agenzia regionale ha certificato, negli ultimi anni, il continuo rispetto dei valori emissivi imposti dalle normative vigenti. In particolare, l'installazione degli AMIS (sistemi di Abbattimento Mercurio e Idrogeno Solforato) ha determinato una sensibile diminuzione delle emissioni di acido solfidrico e mercurio (ARPAT, 1999-2023). Gli ultimi superamenti dei valori limite risalgono al 2015.

La subsidenza, ovvero l'abbassamento del suolo, provocata dall'estrazione dei fluidi dal sottosuolo ha rappresentato sicuramente un fattore negativo. Nell'area di Travale-Radicondoli il suolo si è abbassato di oltre 40 cm tra il 1973 ed il 1991, mentre nell'area centrale del campo di Larderello si sono raggiunti valori di abbassamento di oltre 150cm tra il 1926 ed il 1986. Per contrastare il fenomeno sono state avviate pratiche di reiniezione dei fluidi che hanno ridotto la subsidenza in maniera significativa, con raggiungimento di una buona stabilità nelle vecchie zone di sfruttamento e la riduzione a qualche millimetro all'anno nelle aree di recente attivazione (sito ARPAT).

Come ogni opera umana, esiste un innegabile impatto sul paesaggio delle centrali e delle infrastrutture associate, ad esempio le tubature, che può essere fortemente limitato da specifiche misure di architettura del paesaggio e risulta comunque nettamente inferiore ad altre FER (es. eolico). Anche il consumo di suolo è decisamente minore rispetto ad altre FER, in particolare al fotovoltaico non urbano.

Il rischio di sismicità dipende fortemente dalla situazione locale e dalle tecnologie utilizzate. In particolare, la correlazione tra l'iniezione ad alta pressione di acqua per fratturare la roccia (Enhanced Geothermal System - EGS) e l'insorgere di eventi sismici è stata appurata in alcuni siti europei. In altri, grazie ad oculate procedure di gestione della iniezione, non si sono verificati sismi. I sistemi EGS sono utilizzati laddove il gradiente geotermico è elevato, ma non è presente naturalmente una circolazione idrotermale adeguata alla produzione di corrente elettrica. Caratteristica degli EGS è la presenza di pozzi capaci di iniettare ad alta pressione fluidi nel sottosuolo a profondità di diversi chilometri (> 3 km), in grado di creare un network di fratture e quindi di generare un serbatoio geotermico artificiale.

In Italia il problema non si pone poiché è vietata l'idrofratturazione e non sono quindi in funzione, né sono previsti, progetti EGS.

La reiniezione di fluidi per la mitigazione della subsidenza ed il mantenimento della risorsa, può comunque generare microterremoti, soprattutto a causa delle variazioni di temperatura, che restano comunque sotto il livello di danno. Le aree geotermiche italiane sono, per loro natura, aree sismicamente attive. A prescindere da ogni attività antropica sono infatti documentati diversi terremoti storici, accaduti ben prima dell'avvio dei processi industriali di sfruttamento del sottosuolo. Nell'area di Larderello-Travale Batini et al. (1985) evidenziano una marcata correlazione tra sismicità e attività di re-iniezione, concludendo però che la reiniezione influisce sul numero di eventi di bassa magnitudo ( $M < 2$ ), senza però indurre alcuna variazione significativa sui tassi di sismicità di maggiore.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Anche nell'area amiatina si sono verificati terremoti storici di magnitudo tra 4.5 e 5.3 con conseguenti seri danneggiamenti, ben prima dell'inizio dello sfruttamento geotermico dell'area, ed anche per i terremoti recenti la correlazione con l'attività geotermica non è ancora dimostrabile.

La reiniezione è di fondamentale importanza per assicurare la sostenibilità della produzione e per ridurre l'impatto ambientale. Tuttavia, la corretta pianificazione dell'iniezione richiede che i parametri fondamentali (numero, disposizione e profondità dei pozzi, pressione e portata del liquido) (Viti, 2019) siano attentamente valutati e monitorati così come la sismicità dell'area. Attualmente i campi geotermici italiani sono monitorati con reti microsismiche dedicate per permettere di discriminare la sismicità di fondo da quella indotta dalle attività geotermiche.

Le indagini epidemiologiche di ARS Toscana (ARS, 2022) non hanno evidenziato significativi impatti sulla salute delle popolazioni derivanti dalla produzione geotermoelettrica, nell'area amiatina deve però essere ulteriormente indagato l'incremento delle concentrazioni ematiche ed urinarie di mercurio, tallio e arsenico tenendo comunque ben in conto i valori naturali di fondo nelle acque e nei suoli

#### 4.1.5 Primo progetto sperimentale di cattura e stoccaggio della CO<sub>2</sub> in Italia

Il primo programma sperimentale di cattura, trasporto e stoccaggio geologico della CO<sub>2</sub> in Italia, denominato "CCS Ravenna Fase 1", è stato autorizzato il 26 gennaio 2023.

Il progetto prevede (Figura 4-7):

- la cattura della CO<sub>2</sub> prodotta dalla centrale di ENI di Casalborsetti (RA);
- il trasferimento mediante condotte sottomarine esistenti verso piattaforme offshore nel mare Adriatico settentrionale;
- l'iniezione e lo stoccaggio permanente in un livello esaurito di un giacimento di gas naturale individuato a una profondità superiore a 2.000 metri, per un volume totale di CO<sub>2</sub> iniettata di 50.000 tonnellate, con una durata massima di due anni (circa 25.000 tonnellate all'anno).

Lo spessore della colonna d'acqua nell'area interessata varia da 0 a 18 metri.

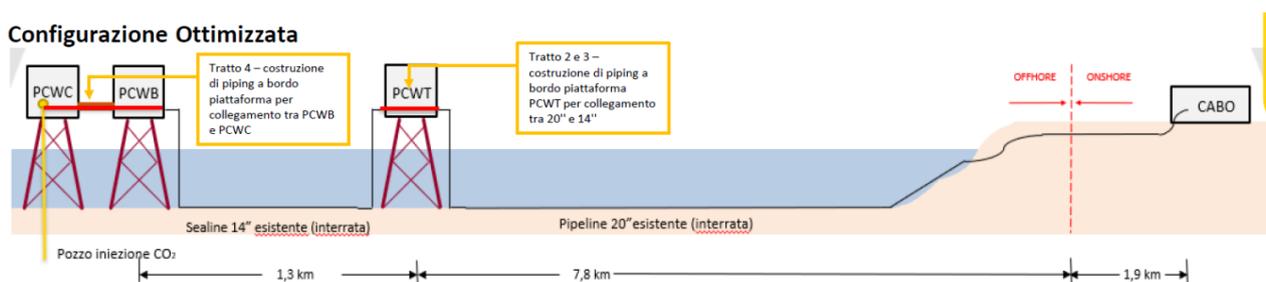


Figura 4-7: layout di progetto (fonte: IMO Science Day Symposium 2024)

Trattandosi del primo progetto italiano di stoccaggio della CO<sub>2</sub> è stato adottato un approccio precauzionale, in base al quale sono stati analizzati, oltre ad aspetti riguardanti la sicurezza del complesso di stoccaggio, anche ulteriori aspetti di tutela ambientale.

Sono stati quindi previsti la costruzione del modello geologico statico, la generazione del modello dinamico 3D (simulazione della condizione di iniezione di CO<sub>2</sub>), il monitoraggio geofisico della rete delle deformazioni del suolo, una rete di monitoraggio microsismico, la valutazione del rischio tsunami, le procedure di gestione delle emergenze e il calcolo delle emissioni di inquinanti negli ambienti offshore e onshore generate durante la costruzione degli impianti.

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

Sono inoltre state prese in considerazione anche potenziali perdite accidentali di CO<sub>2</sub>, attraverso la simulazione di un modello di dispersione e trasporto della CO<sub>2</sub> e l’analisi dei potenziali effetti sull’ambiente marino, esaminando i due scenari di rilascio di CO<sub>2</sub> ritenuti peggiori: la rottura del tubo (6 pollici) e la perdita del tubo (1 pollice).

È stata quindi condotta un’analisi delle possibili conseguenze dovute all’acidificazione dell’acqua e allo shock termico sugli organismi acquatici: fitoplancton, benthos, zooplancton, pesci, rettili marini e mammiferi marini (Figura 4-8).

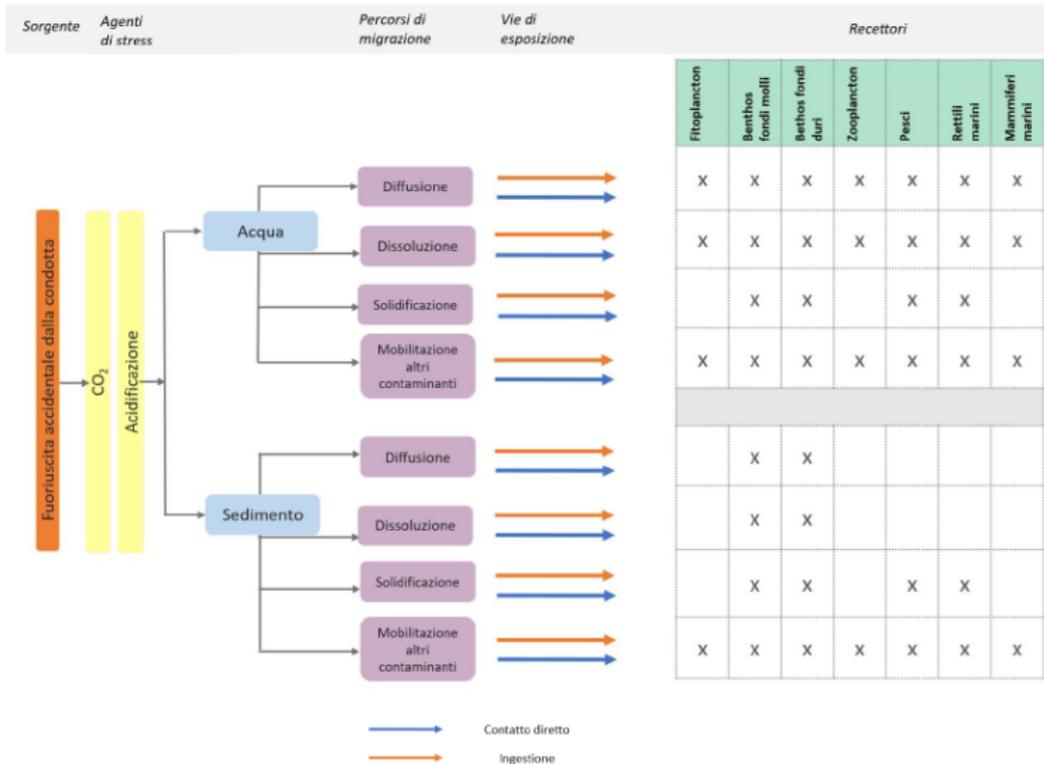


Figura 4-8: Diagramma di flusso dei possibili effetti sugli organismi marini (fonte: IMO Science Day Symposium 2024)

Sebbene al momento della richiesta e dell’autorizzazione la normativa non lo richiedesse, il progetto è stato accompagnato da uno specifico Piano di Monitoraggio, che ha previsto attività di monitoraggio dei pozzi e delle componenti ambientali finalizzate a rilevare eventuali perdite di CO<sub>2</sub> in superficie.

Nello specifico è stata prevista la verifica delle prestazioni del processo di iniezione, in termini di velocità di iniezione, condizioni fisiche e chimiche del fluido iniettato, pressioni previste e migrazione del pennacchio, al fine di garantire che il processo avvenga secondo le previsioni del modello e, allo stesso tempo, sia garantito il confinamento di CO<sub>2</sub>. Tale monitoraggio è pianificato sia prima che durante l’iniezione, per misurare gli effetti a livello del serbatoio, della copertura o in superficie.

Il monitoraggio ambientale ha lo scopo di rilevare eventuali perdite attraverso una serie di indagini multidisciplinari, quali indagini geofisiche del fondale marino e della colonna d’acqua, indagini acustiche (per la rilevazione delle perdite), indagini fisiche, chimiche e biochimiche dell’acqua e dei sedimenti. Le attività di monitoraggio prenderanno in considerazione anche l’impatto sulla fauna marina potenzialmente attribuibile ai cambiamenti nella chimica delle acque marine, originati principalmente dalla riduzione dei valori di pH.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Il progetto approvato prevede che l'impianto di iniezione sia dotato di sistemi di arresto automatico dell'iniezione in caso di deviazione della composizione del fluido dai limiti autorizzati, rilevata mediante misurazioni continue di CO<sub>2</sub> e CO.

Il progetto prevede inoltre, come limite massimo di pressione sul fondo del pozzo, che non siano superati i 24 MPa (240 bar circa); a tale scopo l'Operatore deve posizionare sul fondo del pozzo una strumentazione dedicata per il rilevamento continuo della pressione e della temperatura del fluido iniettato.

L'Operatore dovrà inoltre implementare una rete microsismica considerando stime realistiche del rumore sismico di fondo. Dovrà essere effettuato anche un monitoraggio preventivo all'inizio delle attività, per poter verificare le condizioni imperturbate (requisito *ante operam*).

Per quanto riguarda il monitoraggio della deformazione del suolo, il progetto approvato prevede l'installazione di nuove stazioni GNSS, in parte al largo, su una piattaforma esistente attualmente priva di tale strumentazione, al fine di monitorare meglio la deformazione nel serbatoio di stoccaggio della CO<sub>2</sub>.

Inoltre, se durante le operazioni vengono superati i livelli di rumore potenzialmente impattanti sulle specie *Tursiops truncatus* e *Caretta caretta*, è prevista l'applicazione di opportune misure di mitigazione, come l'uso di *bubble curtains* o altre misure di mitigazione acustica, e lo spostamento temporale delle operazioni, al fine di tutelare i periodi più sensibili delle specie coinvolte.

#### 4.2 Mitigazione e adattamento ai CC

Elemento cui l'attuazione delle misure dovrà confrontarsi è rappresentato dalle vulnerabilità connesse agli impatti dei Cambiamenti Climatici e alle misure di adattamento.

I potenziali impatti attesi dei cambiamenti climatici e le principali vulnerabilità per l'Italia possono essere sintetizzati come segue (Strategia Nazionale di Adattamento ai cambiamenti climatici):

- possibile peggioramento delle condizioni già esistenti di forte pressione sulle risorse idriche, con conseguente riduzione della qualità e della disponibilità di acqua, soprattutto in estate nelle regioni meridionali e nelle piccole isole dove il rapporto tra acquiferi alluvionali e aree montane è basso;
- possibili alterazioni del regime idro-geologico che potrebbero aumentare il rischio di frane, flussi di fango e detriti, crolli di roccia e alluvioni lampo. Le zone maggiormente esposte al rischio idro-geologico comprendono la valle del fiume Po (con un aumento del rischio di alluvione) e le aree alpine ed appenniniche (con il rischio di alluvioni lampo);
- possibile degrado del suolo e rischio più elevato di erosione e desertificazione del terreno, con una parte significativa dell'Italia meridionale classificata a rischio di desertificazione e diverse regioni del Nord e del Centro che mostrano condizioni preoccupanti;
- maggior rischio di incendi boschivi e siccità per le foreste italiane, con la zona alpina e le regioni insulari (Sicilia e Sardegna) che mostrano le maggiori criticità;
- maggior rischio di perdita di biodiversità e di ecosistemi naturali, soprattutto nelle zone alpine e negli ecosistemi montani;
- maggior rischio di inondazione ed erosione delle zone costiere, a causa di una maggiore incidenza di eventi meteorologici estremi e dell'innalzamento del livello del mare (anche in associazione al fenomeno della subsidenza, di origine sia naturale sia antropica);
- potenziale riduzione della produttività agricola soprattutto per le colture di frumento, ma anche di frutta e verdura; la coltivazione di ulivo, agrumi, vite e grano duro potrebbe diventare possibile nel nord dell'Italia, mentre nel Sud e nel Centro la coltivazione del mais potrebbe peggiorare e risentire ancor più della disponibilità di acqua irrigua;

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

- sono possibili ripercussioni sulla salute umana, specialmente per i gruppi più vulnerabili della popolazione, per via di un possibile aumento di malattie e mortalità legate al caldo, di malattie cardio-respiratorie da inquinamento atmosferico, di infortuni, decessi e malattie causati da inondazioni e incendi, di disturbi allergici e cambiamenti nella comparsa e diffusione di malattie di origine infettiva, idrica ed alimentare;
- potenziali danni per l'economia italiana nel suo complesso, dovuti principalmente alla possibilità di un ridotto potenziale di produzione di energia idroelettrica; ad un'offerta turistica invernale ridotta (o più costosa) e una minore attrattività turistica della stagione estiva; a un calo della produttività nel settore dell'agricoltura e della pesca; ad effetti sulle infrastrutture urbane e rurali con possibili interruzioni o inaccessibilità della rete di trasporto con danni agli insediamenti umani e alle attività socio-economiche.

In questo contesto si rappresenta l'importanza della sinergia del PNIEC con il PNACC alla luce di quanto riportato nella proposta di PNIEC qui di seguito ripreso:

A conclusione del procedimento di Valutazione Ambientale Strategica (VAS), il PNACC è stato approvato con decreto del Ministro dell'ambiente e della sicurezza energetica n. 434 del 21 dicembre 2023, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica italiana n. 42 del 20 febbraio 2024.

Da un punto di vista sistemico l'obiettivo generale del PNACC è declinato attraverso quattro obiettivi specifici:

- definire una governance nazionale per l'adattamento, esplicitando le esigenze di coordinamento tra i diversi livelli di governo del territorio e i diversi settori di intervento;
- migliorare e mettere a sistema il quadro delle conoscenze sugli impatti dei cambiamenti climatici, sulla vulnerabilità e sui rischi in Italia;
- definire le modalità di inclusione dei principi, delle azioni e delle misure di adattamento ai cambiamenti climatici nei Piani e Programmi nazionali, regionali e locali per i settori d'azione individuati nel PNACC, valorizzando le sinergie con gli altri Piani nazionali (mainstreaming);
- definire modalità e strumenti settoriali e intersettoriali di attuazione delle azioni del PNACC ai diversi livelli di governo.

Un secondo livello di intervento è mirato, inoltre, ad esercitare una "funzione di indirizzo", in particolare verso il livello regionale e locale, definendo un quadro organico di possibili opzioni di adattamento, articolato in misure settoriali, che troveranno applicazione nei Piani settoriali e intersettoriali nelle modalità che saranno individuate dalla struttura di governance. La "funzione di indirizzo" è integrata nel PNACC da due documenti per la definizione di strategie/piani regionali e locali di adattamento ai cambiamenti climatici.

A seguito dell'approvazione del PNACC, come indicato nel par 3.1.1 del presente Piano, sono state avviate le attività per la realizzazione della prima azione di sistema del PNACC, consistente nell'istituzione di una apposita struttura di governance, l'"Osservatorio nazionale per l'adattamento ai cambiamenti climatici", con funzione di indirizzo e coordinamento, oltre che di analisi e confronto, per la pianificazione e l'attuazione di azioni di adattamento nei diversi settori. I risultati di questa attività convergeranno in piani settoriali o intersettoriali, nei quali saranno delineati gli interventi da attuare.

L'Osservatorio si compone di:

un organo collegiale con funzioni di indirizzo e coordinamento (Comitato);

una struttura di supporto tecnico e amministrativo (Segreteria);

un organo consultivo-divulgativo (Forum).

Con l'obiettivo di rendere disponibili a tutti i cittadini le informazioni e i dati del PNACC e per supportare nel processo decisionale le Regioni e gli enti locali, a ottobre 2022, è stata resa disponibile on-line la "Piattaforma

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

nazionale sull'adattamento ai cambiamenti climatici" che costituirà lo strumento informatico di riferimento per i lavori del Forum.

Come indicato dalla Commissione, gli Stati membri sono invitati a rafforzare la resilienza del sistema energetico in linea con la legge sul clima. Nel PNACC il Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC) è citato tra gli atti nazionali che assumono rilievo in tema di adattamento ai cambiamenti climatici, altresì sono indicati una serie di ambiti di relazione tra cambiamenti climatici ed energia: innanzitutto l'incremento della domanda di raffrescamento che determina un aumento dei consumi di energia elettrica nel periodo estivo, direttamente collegato all'innalzamento delle temperature medie. Lo stesso fenomeno determina una minore richiesta di energia per soddisfare la domanda di riscaldamento nel periodo invernale.

A tale proposito, il PNACC descrive le variazioni climatiche annuali (*ensemble mean*) per alcuni degli indicatori climatici analizzati per il periodo 2036-2065 (2050s), rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, per gli scenari RCP 2.6, RCP 4.5 e RCP8.5. Dai risultati delle simulazioni si evince una generale riduzione, in particolare nelle aree montane, dei gradi giorno di riscaldamento (HDDs) e un generale aumento dei gradi giorno di raffrescamento (CDDs) per le aree pianeggianti e costiere. Tale tendenza è influenzata anche dall'aumento della frequenza e dell'intensità delle ondate di caldo. Infatti, è da attendersi un aumento generalizzato del pericolo legato alle ondate di caldo ed una generale riduzione dei fenomeni di ondata di freddo sull'intero territorio nazionale, soprattutto nello scenario RCP 8.5.

Inoltre, come riportato nel Rapporto Ambientale elaborato nell'ambito del procedimento di VAS, la maggiore domanda di raffrescamento nel periodo estivo e il conseguente incremento del picco di potenza elettrica necessario a soddisfarla può aumentare il rischio di blackout. Tale rischio deve essere considerato anche alla luce dei consumi elettrici dei vari settori produttivi. In particolare, l'elevata elettrificazione dell'industria rende tale settore particolarmente vulnerabile. L'aumento dei periodi di siccità determina una criticità direttamente connessa con la disponibilità di acqua. L'utilizzo di questa fondamentale risorsa nei vari settori potrebbe subire impatti che rendono necessario il contingentamento degli usi. Non c'è settore produttivo o civile che non faccia uso di acqua ed è pertanto necessaria una conoscenza dettagliata delle quantità indirizzate in agricoltura, industria, settore elettrico, settore civile e altri usi.

Il PNACC include un quadro sintetico inerente agli aspetti più rilevanti in tema di impatti dei cambiamenti climatici e vulnerabilità settoriali che caratterizzano il territorio italiano. I settori trattati sono quelli già inclusi all'interno della Strategia nazionale di adattamento, che corrispondono ai sistemi naturali e ai settori socioeconomici più vulnerabili ai cambiamenti climatici in Italia. A tal fine sono stati presi in considerazione i risultati delle proiezioni climatiche per l'Italia e selezionati alcuni tra i più consolidati indicatori di impatto a livello nazionale.

Un quadro più dettagliato delle conoscenze sugli impatti dei cambiamenti climatici in Italia, contenuto nell'Allegato III e prodotto nell'arco degli anni 2017-2018 da una ampia comunità di esperti, nonostante non sia aggiornato agli anni più recenti, risulta comunque efficiente nell'anticipare le ricadute dei cambiamenti climatici su diversi settori ambientali, economici e sociali. In ogni caso, il PNACC contiene elementi di conoscenza aggiornati per alcuni settori, ove sia stato possibile reperire le necessarie informazioni, fermo restando che un aggiornamento completo della valutazione degli impatti e della vulnerabilità è previsto tra le azioni di sistema definite dal PNACC.

Sulla base delle informazioni contenute nel PNACC per il settore "risorse idriche", nel 2020 si è registrato un calo delle precipitazioni rispetto al periodo climatico 1971-2000 (CLINO: normale climatologica di riferimento). In particolare, in base a dati ISTAT del 2022, si è verificata una precipitazione totale annua pari a 661 mm corrispondente ad una diminuzione di precipitazione di -132 mm. Le precipitazioni annue totali, in riferimento al CLINO per le diverse regioni italiane, mostrano anomalie di distribuzione significative sul

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

territorio, in linea con le previsioni messe in luce nell'ultimo rapporto IPCC 2022, che stanno determinando, sia a scala globale che nazionale, delle anomalie meteorologiche critiche ed estreme.

La quantità delle risorse idriche rinnovabili in Italia corrisponde a circa 116 miliardi di m<sup>3</sup>. Non sono disponibili i dati recenti sui volumi di acqua effettivamente utilizzabili, mentre quelli stimati dalla SNAC risultano essere attorno ai 52 miliardi di m<sup>3</sup>. I principali settori utilizzatori della risorsa sono l'agricoltura (circa 20 miliardi di m<sup>3</sup>), l'idropotabile (9,5 miliardi di m<sup>3</sup>) e l'industria manifatturiera (5,5 miliardi di m<sup>3</sup>). Il raffreddamento degli impianti termoelettrici utilizza circa 18,4 miliardi di m<sup>3</sup>, di cui soltanto l'11,5% da acque interne. Da questo quadro emerge un impiego di oltre il 30% delle risorse rinnovabili disponibili nel nostro paese, ben superiore alla soglia del 20% indicata dall'obiettivo di un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse (*Roadmap to a resource efficient Europe - COM(2011) 571 final; A resource-efficient Europe – Flagship initiative under the Europe 2020 Strategy - COM(2011) 21.*). Di conseguenza l'Organizzazione per la cooperazione e lo sviluppo economico (OCSE) ha classificato l'Italia come un paese soggetto a stress idrico medio-alto.

In relazione alla produzione di energia elettrica, il tendenziale incremento dell'intensità e della frequenza degli eventi estremi di precipitazione, se accompagnato da una riduzione della precipitazione cumulata, può incidere direttamente sulla produzione idroelettrica. In tal senso un fattore di enorme rilevanza è la variabilità delle precipitazioni e l'aumento della frequenza dei periodi siccitosi con conseguenti problemi dal punto di vista gestionale, soprattutto se alcuni invasi dovessero essere chiusi. Tale impatto è direttamente correlato alla fusione dei ghiacciai in atto ed alla conseguente variazione del regime dei corsi d'acqua da questi alimentati. Come rimarcato nel Rapporto Ambientale, la variazione del regime pluviometrico, nonché lo scioglimento dei ghiacciai, è una criticità per la produzione idroelettrica che costituisce una quota rilevante della produzione elettrica da fonti rinnovabili. La caduta della produzione idroelettrica si ripercuote, quindi, in maniera significativa anche sul raggiungimento degli obiettivi nazionali legati alla produzione elettrica da fonti rinnovabili.

L'aumento della temperatura incide sulla produzione termoelettrica anche in relazione al fabbisogno idrico del settore per il raffreddamento degli impianti. La siccità verificatasi nel 2022 ha messo in evidenza come la carenza idrica stia avendo un impatto anche sul settore termoelettrico. Alcuni impianti di produzione sul fiume Po sono stati costretti allo spegnimento per mancanza di acqua necessaria al loro raffreddamento. Il prelievo di acqua per la produzione termoelettrica, congiunto all'incremento della frequenza di periodi siccitosi, pone un problema di rilevante importanza.

Un ulteriore impatto sulla trasmissione e distribuzione elettrica dovuto all'aumento della temperatura è costituito dal previsto incremento della resistenza dei cavi e, quindi, delle perdite di rete, con conseguente inevitabile aumento della produzione per soddisfare la domanda, e una più difficile dissipazione del calore. Da evidenziare anche il rischio di interruzione della trasmissione di energia dovuto ad eventi meteorologici estremi.

Il quadro sopra descritto evidenzia svariati aspetti che possono incidere negativamente sul raggiungimento degli obiettivi dell'Unione dell'energia. Per esempio, poiché la necessità di raffreddamento o riscaldamento aggiuntivo può aumentare il consumo energetico complessivo, le vulnerabilità climatiche potrebbero compromettere gli sforzi per migliorare l'efficienza energetica. Allo stesso tempo un aumento del consumo energetico complessivo potrebbe compromettere gli sforzi per raggiungere gli obiettivi di riduzione delle emissioni di gas serra, qualora non vi fosse un'adeguata infrastrutturazione per la produzione di energia da fonti rinnovabili capace di sostenerlo. Gli eventi meteorologici estremi, infine, potrebbero danneggiare le infrastrutture energetiche andando ad incidere sull'obiettivo della sicurezza energetica, rallentando la transizione verso fonti energetiche rinnovabili e compromettendo la salvaguardia e il potenziamento di quelle già in essere.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Le politiche e le misure di adattamento dovrebbero sostenere, in linea con gli obiettivi e le politiche dell'Unione dell'energia, la resilienza delle infrastrutture per garantire una fornitura affidabile di energia, la promozione della diversificazione delle fonti energetiche per ridurre la dipendenza da risorse vulnerabili agli impatti climatici e garantire una maggiore sicurezza energetica.

Per quanto detto sopra, al fine di costruire un sistema energetico resiliente che rimanga affidabile attraverso gli scenari climatici di breve e medio termine e in grado di evolvere coerentemente anche negli scenari di lungo termine, nel PNACC è disponibile un quadro di riferimento delle possibili opzioni di adattamento (allegato IV) che comprende, ad esempio, misure per:

- la promozione dello sviluppo di micro grids per favorire l'autoproduzione di comunità urbane, nel rispetto della sicurezza e dell'efficienza complessiva del sistema;
- la realizzazione di programmi e strumenti per la gestione e l'orientamento della domanda (demand side management);
- l'aumento del grado di interconnessione della rete elettrica anche al fine di integrare i contributi da fonte rinnovabile;
- la realizzazione di reti di bacini interconnesse su scala regionale o nazionale;
- il miglioramento dell'interconnessione con le reti europee per compensare il ricorso a fonti rinnovabili discontinue;
- la diversificazione delle fonti energetiche in modo da aumentare la sicurezza degli approvvigionamenti.

Altresì, ulteriori possibili azioni che il PNACC propone (allegato IV) nell'ambito del settore energia, e che trovano corrispondenza negli obiettivi dell'Unione dell'energia, riguardano le misure per salvaguardare la capacità di produzione di energia elettrica e il risparmio energetico residenziale.

Le azioni individuate per il settore energia, infatti, rispondono ai seguenti obiettivi:

- promuovere ed incrementare una migliore gestione della domanda di energia per riscaldamento e raffrescamento attraverso: Interventi di adattamento degli edifici esistenti, ovvero la realizzazione di interventi di *retrofit* del patrimonio edilizio esistente per la riduzione dei fabbisogni di climatizzazione, sia per la stagione invernale che per quella estiva; "*Climate proofing*" degli edifici di nuova realizzazione attraverso l'attuazione rigorosa delle disposizioni di legge in materia di efficienza energetica attraverso gli strumenti di pianificazione e programmazione previsti dalla norma vigente, a livello nazionale, regionale e locale;
- ridurre le perdite di energia dalle reti di trasmissione e distribuzione;
- incrementare l'utilizzo di fonti energetiche alternative;
- promuovere le fonti rinnovabili e l'efficienza energetica;
- incrementare la resilienza del sistema energetico e ridurre la vulnerabilità della produzione idroelettrica e termoelettrica;
- promuovere ed incrementare una miglior gestione della domanda di energia per riscaldamento e raffrescamento;
- incrementare la resilienza del sistema energetico.

Ai fini del raggiungimento degli obiettivi e dei target dell'Unione dell'energia, gioca un ruolo importante la difesa del suolo. Secondo le informazioni contenute nel PNACC, il degrado del suolo è una riduzione della capacità produttiva biologica di tale risorsa. Spesso, il processo è indissolubilmente legato alla perdita di biodiversità e agli impatti dei cambiamenti climatici. Il degrado è valutato analizzando la variazione di alcuni indicatori, tra cui, i principali sono rappresentati dalla copertura del suolo, dalla sua produttività e dal contenuto in carbonio organico. I cambiamenti climatici potranno esacerbare i processi di degrado attraverso complessi e inediti meccanismi di retroazione del sistema suolo-vegetazione acqua. La sostanza organica nei suoli agricoli e forestali potrà subire una riduzione dovuta all'alterazione del regime termico e pluviometrico.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Le alterazioni del contenuto di sostanza organica potranno contribuire, insieme ad altri fattori, all'abbandono delle aree collinari e di montagna congiuntamente a fenomeni di sovrasfruttamento dei suoli e delle acque nelle zone pianeggianti potranno incrementare il rischio di desertificazione e degrado. Il progressivo abbandono di attività agricole in zone collinari e montane, la conseguente espansione della vegetazione arbustiva, la diminuzione della fertilità dei suoli e l'aumento del rischio di incendio soprattutto quando associato all'aumento della frequenza degli eventi siccitosi sono fenomeni concomitanti che fortemente contribuiscono a determinare situazioni di degrado estremo. Parallelamente all'abbandono delle aree collinari e montane si potrà intensificare l'uso e l'urbanizzazione delle aree pianeggianti con conseguente impermeabilizzazione di suoli. Infine, nelle zone di pianura derivanti da bonifica per drenaggio, la fertilità dei suoli organici sarà minacciata dalla mineralizzazione di carbonio organico dovuta all'inedito stato di ossidazione, che comporterà una riduzione della capacità di resilienza oltre che emissioni imponenti di CO<sub>2</sub>. Una delle azioni incluse nell'allegato IV del PNACC per il contrasto alla desertificazione e, più in generale ai fenomeni di degrado del suolo, consiste nell' "Integrare la prevenzione, gestione e mitigazione dei rischi tra politiche intersettoriali (foreste, agricoltura, risorse idriche, energia, etc.)". Tale azione è coerente con l'azione di sistema 2 del PNACC che prevede l'individuazione delle modalità, degli strumenti e dei soggetti competenti per l'introduzione dei principi delle misure e azioni di adattamento nei Piani e nei Programmi nazionali, regionali e locali.

Ai fini del raggiungimento degli obiettivi e dei target dell'Unione dell'energia anche il settore forestale risulta strategico. Le foreste sono, difatti, uno dei principali *carbon sink* naturali della Terra e giocano un ruolo cruciale nella mitigazione dei cambiamenti climatici assorbendo e immagazzinando il carbonio atmosferico. La protezione e il ripristino delle foreste sono fondamentali per garantire la loro capacità di agire come serbatoi di carbonio a lungo termine e per contrastare i cambiamenti climatici e preservare la loro importanza per la biodiversità e per il benessere umano. Tuttavia, le alterazioni causate dai cambiamenti climatici in atto e futuri sono tali da determinare significative modificazioni del patrimonio forestale italiano, compromettendone la funzionalità e i servizi ecosistemici che esso offre e sono destinate ad aumentare in risposta agli scenari climatici futuri. Specifiche azioni di adattamento sono dunque necessarie al fine di tutelare le funzioni più importanti che le nostre foreste sono attualmente chiamate a svolgere, tra cui: serbatoi di biodiversità e tutela delle specie e degli habitat; funzione produttiva in termini di prodotti legnosi e bioenergia; regimazione e captazione delle acque, protezione del suolo e difesa dal dissesto idrogeologico, incluso il mantenimento della qualità delle acque; contenimento del rischio di alluvioni; assorbimento e fissazione del carbonio nei suoli e nella biomassa e mantenimento della qualità dell'aria.

Come riportato nel PNACC una delle principali minacce per il settore forestale europeo, soprattutto nell'Europa meridionale, è rappresentata dagli incendi boschivi, i quali sono collegati in modo indiretto ai cambiamenti climatici. In Italia, le aree che hanno subito storicamente i danni più significativi in termini di superfici percorse da incendi sono principalmente situate nella parte centro-meridionale della penisola, nelle isole principali e lungo la costa ligure e toscana. Gli incendi contribuiscono, tra l'altro, all'emissione di quantità significative di gas serra ed inquinanti nell'atmosfera. Nel corso del tempo, il fenomeno degli incendi boschivi in Italia ha mostrato variazioni: si è verificato un periodo critico verso la metà degli anni Ottanta, seguito da anni in cui l'incidenza del fenomeno è rimasta generalmente elevata. La combinazione di cambiamenti climatici e abbandono delle aree rurali e forestali, se non affrontato correttamente, sta esacerbando la problematica degli incendi provocando un aumento della frequenza degli incendi, con aumento dell'intensità e significatività degli stessi, in grado di determinare ingenti perdite economiche, ambientali e sociali. Gli interventi di adattamento proposti nel PNACC mirano in generale alla gestione sostenibile delle foreste al fine di aumentare la capacità di adattamento dei boschi al cambiamento climatico e migliorarne la stabilità nei confronti di eventi atmosferici estremi, favorendo, in linea generale, la loro funzione di sequestro di carbonio oltre che di difesa idrogeologica.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Gli effetti dei cambiamenti climatici interesseranno anche il settore dell'agricoltura. Come indicato nel PNACC l'agricoltura italiana, insieme a quella di altri Paesi mediterranei, si trova tra le più esposte in Europa agli effetti dei cambiamenti climatici. Sebbene l'adattamento al clima sia un tratto caratteristico del settore agricolo, la rapidità, l'incertezza e l'ampiezza dei cambiamenti climatici in corso e previsti richiedono un potenziamento della sua capacità di adattamento. Il PNACC riporta le informazioni della letteratura scientifica in merito ad una grande variazione nelle previsioni dei rendimenti, a causa delle diverse rappresentazioni delle precipitazioni nei modelli climatici e delle risposte variabili dei modelli agricoli agli impatti climatici. Tuttavia, esistono evidenti segnali di peggioramento delle condizioni agro-climatiche, inclusi un aumento dello stress idrico e una riduzione della stagione di crescita in Europa centrale e meridionale. Gli agrosistemi saranno soggetti a variazioni in termini di durata del ciclo fenologico, produttività e potenziale spostamento degli areali di coltivazione tipici, con risposte differenti in intensità e segnale a seconda della specie e delle aree geografiche di riferimento. In generale, le colture risentiranno dell'incremento di temperatura, riducendo la lunghezza del ciclo di crescita con conseguente minore accumulo di biomassa e riduzione della resa. Il PNACC prevede diverse azioni di adattamento per il settore dell'agricoltura, tra cui:

- la promozione della diffusione dell'agricoltura di precisione al fine di utilizzare in maniera più efficiente (sito specifica) i mezzi di produzione (es. nutrienti e acqua). L'ottimizzazione degli input colturali consente di incrementare la produttività colturale e l'adattamento ai cambiamenti climatici, rispettando contemporaneamente gli obiettivi di mitigazione e riducendo i danni derivanti dall'uso non controllato degli stessi (es. inquinamento N nelle falde);
- lo sviluppo del miglioramento genetico e selezione delle colture.

Rispetto al contributo che le politiche di adattamento possono dare agli obiettivi legati alla riduzione delle emissioni l'Unione si prefigge, un altro settore di rilievo è quello delle risorse idriche poiché promuovere l'efficienza idrica e migliorare complessivamente la sostenibilità delle risorse idriche contribuisce non solo a conservare le risorse, ma anche a ridurre l'energia necessaria per il trattamento e la distribuzione dell'acqua, con conseguente riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> associate a queste attività. Investire in soluzioni e pratiche che migliorino l'efficienza idrica è dunque essenziale per raggiungere gli obiettivi di sostenibilità e decarbonizzazione nell'ambito dell'Unione dell'energia. Per quanto attiene alle risorse idriche, il PNACC in relazione alla riduzione della disponibilità di acqua prevede azioni finalizzate tra l'altro a:

- migliorare l'efficienza delle infrastrutture idriche;
- migliorare l'efficacia nella programmazione dell'uso della risorsa;
- migliorare l'efficacia della pianificazione;
- promuovere pratiche agricole sostenibili e la gestione integrata delle risorse idriche.

Il PNACC identifica una serie di azioni, tra cui la razionalizzazione dei consumi, il miglioramento della gestione della domanda, la riduzione delle perdite nelle reti di distribuzione e la riqualificazione dei corpi idrici per garantire il mantenimento dei flussi vitali e la qualità ecologica, considerando i cambiamenti previsti nei regimi di temperatura e precipitazioni.

### 4.3 Condizioni climatiche

La conoscenza dello stato del clima, nonché delle tendenze in corso, è necessaria per la valutazione degli impatti e delle vulnerabilità ai cambiamenti climatici in Italia. In questo ambito è di notevole importanza anche ai fini della valutazione dell'efficacia delle azioni del Piano, nonché per conoscere l'effettiva disponibilità di alcune fonti rinnovabili.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

I fattori climatici possono influenzare direttamente il fabbisogno di energia: infatti l'incremento delle temperature, se da un lato comporta una riduzione del fabbisogno di riscaldamento invernale, dall'altro fa crescere le esigenze di raffrescamento estivo, modificando quindi la domanda di energia.

Possono esserci impatti climatici sul sistema energetico; l'efficienza delle reti di trasmissione, infatti dipende anche da fattori climatici, come la resistenza alla temperatura e la vulnerabilità agli eventi estremi (come danni alle linee elettriche e criticità nell'operatività delle reti di telecomunicazione)

Al fine di inquadrare lo stato del clima attuale e le variazioni nel corso degli ultimi decenni si riportano le statistiche e gli indici climatici dei due principali parametri climatici: la temperatura e la precipitazione. Questi relativamente all'anno 2022 sono derivati complessivamente dalle osservazioni di circa 1400 stazioni di monitoraggio meteo-climatico densamente distribuite sul territorio nazionale.

Le stime aggiornate delle variazioni e delle tendenze climatiche nel lungo periodo, attraverso indicatori rappresentativi dell'andamento dei valori medi e degli estremi delle variabili climatiche, si basano invece sui dati di un numero ridotto di stazioni, che rispondono ai necessari requisiti di durata, completezza e qualità delle serie temporali.

Le figure seguenti riportano l'andamento delle anomalie (differenze rispetto ad un valore medio di riferimento), rispetto al periodo climatologico 1991-2020<sup>4</sup>, della **temperatura** media in Italia, anche confrontate con quelle della temperatura globale sulla terraferma, e delle temperature massime e minime. In tutti i casi è evidente un incremento della temperatura negli ultimi decenni.

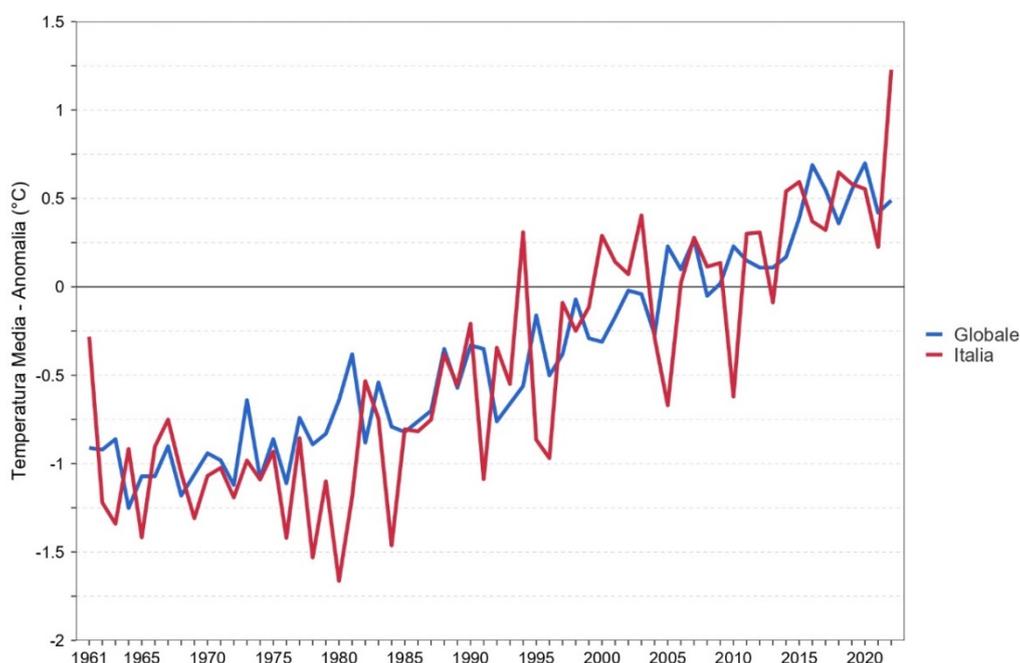


Figura 4-9: Serie delle anomalie di temperatura media globale sulla terraferma e in Italia, rispetto ai valori climatologici normali 1991-2020. Fonti: NCDC/NOAA e ISPRA. Elaborazione: ISPRA.

<sup>4</sup> La scelta del trentennio più recente, 1991-2020, rispetta le indicazioni della WMO (World Meteorological Organization), che suggerisce un aggiornamento ogni dieci anni della base climatologica, affinché sia più rappresentativa del clima attuale.

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

La variabilità interannuale della temperatura in Italia è illustrata dalle serie delle anomalie annuali di temperatura media, minima e massima, rispetto alla media climatologica 1991-2020 (Figura 4-10, Figura 4-11, Figura 4-12).

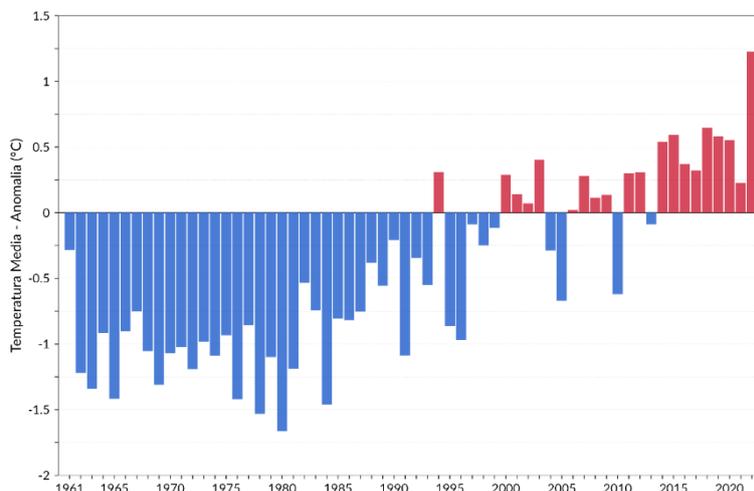


Figura 4-10: Serie delle anomalie medie in Italia della temperatura media rispetto al valore normale 1991-2020. Fonte: Elaborazione ISPRA.

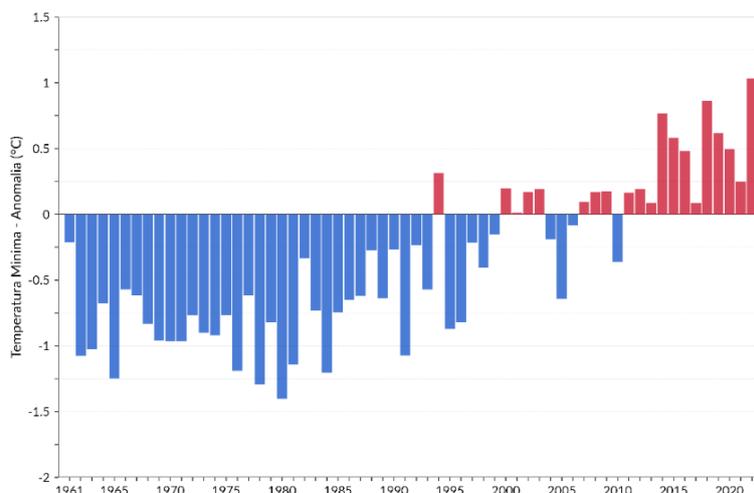


Figura 4-11: Serie delle anomalie medie annuali della temperatura minima in Italia rispetto al valore normale 1991-2020. Fonte: Elaborazione ISPRA.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

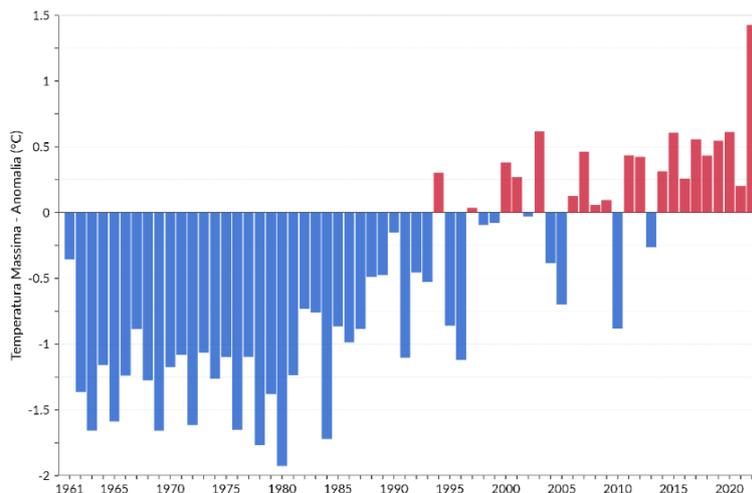


Figura 4-12: Serie delle anomalie medie annuali della temperatura massima in Italia rispetto al valore normale 1991-2020. Fonte: Elaborazione ISPRA.

Il 2022 è risultato l'anno più caldo della serie dal 1961, con una marcata anomalia positiva di temperatura media di  $+1.23^{\circ}\text{C}$ , superando di  $0.58^{\circ}\text{C}$  il precedente record assoluto del 2018, e di  $1.0^{\circ}\text{C}$  il valore del precedente anno 2021.

A partire dal 2000 le anomalie rispetto alla base climatologica 1991-2020 sono state quasi sempre positive: fanno eccezione quattro anni (2004, 2005, 2010 e 2013); il 2022 è stato inoltre il nono anno consecutivo con anomalia positiva rispetto alla norma.

Il 2022 si colloca al primo posto della serie anche per l'anomalia della temperatura massima ( $+1.42^{\circ}\text{C}$ ) e per l'anomalia di temperatura minima ( $+1.03^{\circ}\text{C}$ ).

Nella Figura 4-13 sono illustrate le serie di anomalia della temperatura su base stagionale. Per l'inverno, la temperatura media stagionale viene calcolata aggregando i mesi di gennaio e febbraio con il mese di dicembre dell'anno precedente.

Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

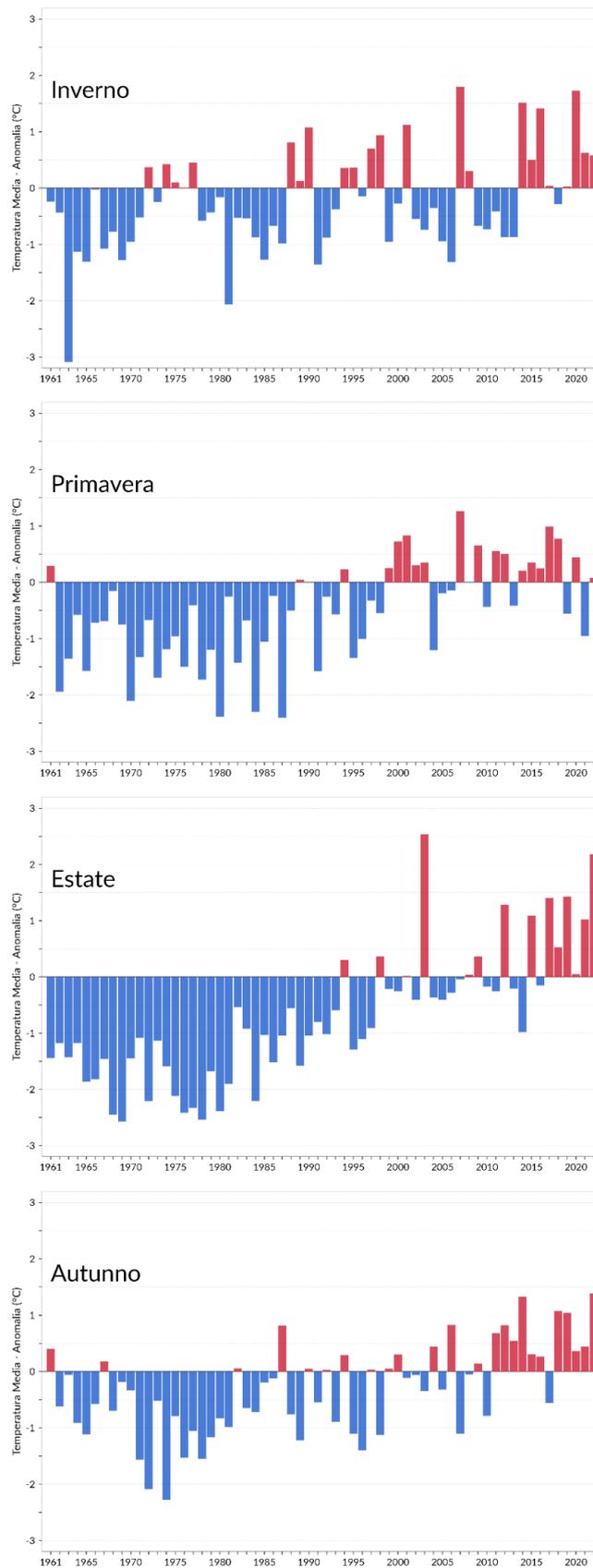


Figura 4-13: Serie delle anomalie medie stagionali della temperatura media in Italia rispetto al valore normale 1991-2020. Fonte: Elaborazione ISPRA.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Nella Tabella 4-9 vengono riportate le stime aggiornate dei trend di temperatura calcolati con un modello di regressione lineare. Poiché il cambiamento del trend di temperatura si fa risalire all'inizio degli anni '80, quando ha inizio un periodo caratterizzato da un riscaldamento più marcato nel corso dell'ultimo secolo, i trend sono calcolati sul periodo 1981-2022. Le stime dei trend sono confermate anche dall'applicazione di un modello non parametrico (stimatore di Theil - Sen e test di Mann - Kendall).

Nella stessa tabella sono riportati anche i trend su base stagionale: i valori più alti per la temperatura si registrano in estate ( $+0.60 \pm 0.09$ ) °C / 10 anni e primavera ( $+0.35 \pm 0.09$ )°C / 10 anni, seguiti da autunno ( $+0.32 \pm 0.08$ )°C / 10 anni e inverno ( $0.29 \pm 0.10$ )°C / 10 anni.

*Tabella 4-9: Trend stimati (e relativi errori standard) della temperatura in Italia dal 1981 al 201, stimati con un modello di regressione lineare semplice. Tutti i trend sono statisticamente significativi al livello del 5%.*

*Fonte: Elaborazione ISPRA*

Indicatore	Trend (°C/10 anni)
Temperatura media	$+0.39 \pm 0.04$
Temperatura minima	$+0.36 \pm 0.04$
Temperatura massima	$+0.41 \pm 0.05$
Temperatura media inverno	$+0.29 \pm 0.10$
Temperatura media primavera	$+0.35 \pm 0.09$
Temperatura media estate	$+0.60 \pm 0.09$
Temperatura media autunno	$+0.32 \pm 0.08$

Per l'analisi delle variazioni degli estremi di temperatura è utile far riferimento ad alcuni indici di estremi climatici definiti da uno specifico Gruppo di Lavoro della Commissione per la Climatologia dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale. Tali indici sono stati sviluppati con l'obiettivo di definire una metodologia comune per la valutazione delle variazioni degli estremi climatici e di rendere confrontabili i risultati ottenuti in diverse regioni del mondo.

Questi indici di estremi climatici sono stati calcolati per gruppi di stazioni distribuite in modo abbastanza uniforme sul territorio nazionale e che soddisfano requisiti di completezza e omogeneità delle serie temporali. Tuttavia, l'elemento significativo da cogliere nelle figure che riportano le anomalie degli indici rispetto all'ultimo trentennio climatologico 1991-2020, è il confronto tra i valori nei diversi anni, cioè dall'andamento temporale delle serie di anomalia di ciascun indice.

I seguenti indici di estremi climatici sono idonei a descrivere gli eventi estremi di temperatura in Italia: il numero di giorni con gelo (con temperatura massima inferiore a 0 °C), il numero di notti tropicali (con temperatura minima maggiore di 20 °C), il numero di giorni estivi (con temperatura massima superiore a 25 °C), il numero di giorni torridi (con temperatura massima superiore a 35 °C) e l'indice WSDI (Warm Spell Duration Index). Quest'ultimo rappresenta il numero di giorni nell'anno in cui la temperatura massima giornaliera è superiore al 90° percentile della distribuzione nel periodo climatologico di riferimento, per almeno sei giorni consecutivi; l'indice identifica perciò periodi prolungati e intensi di caldo nel corso dell'anno. A differenza dei primi quattro indici, che sono basati su un valore soglia prefissato, il WSDI, conteggiando le eccedenze rispetto ad una soglia definita dal percentile, è rappresentativo delle variazioni del clima locale. Inoltre, se calcolato su tutti i giorni dell'anno, individua i periodi di caldo in senso relativo, che possono verificarsi in qualunque stagione, anche in pieno inverno: il WSDI non è quindi indicativo esclusivamente dei periodi di caldo intenso in senso assoluto, concentrati nei mesi estivi.

Di seguito vengono riportati gli andamenti dei vari indici di estremi climatici nel corso dell'intero periodo 1961 - 2022, che rispecchiano il trend di aumento della temperatura.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Nel 2022 il numero medio di giorni con gelo (numero medio di giorni con temperatura minima minore o uguale a 0°C) ha fatto registrare un'anomalia di -6.1 giorni rispetto alla media 1991-2020 e si colloca al nono posto fra i più bassi della serie dal 1961 (Figura 4-14).

Per il numero medio di notti tropicali (Figura 4-15) e il numero medio di giorni estivi (Figura 4-16), il 2022 si colloca al primo posto tra i più alti della serie dal 1961, rispettivamente con +22 giorni e con +23 giorni rispetto norma, superando in entrambi i casi il precedente record del 2003.

Il numero medio di giorni torridi (Figura 4-17) ha fatto registrare il secondo valore più alto della serie, dopo il 2003, caratterizzato dall'estate più calda di sempre.

L'indice WSDI ha fatto registrare nel 2022 un'anomalia media nazionale pari a +47.3 giorni rispetto alla media climatologica 1991-2020 (Figura 4-18).

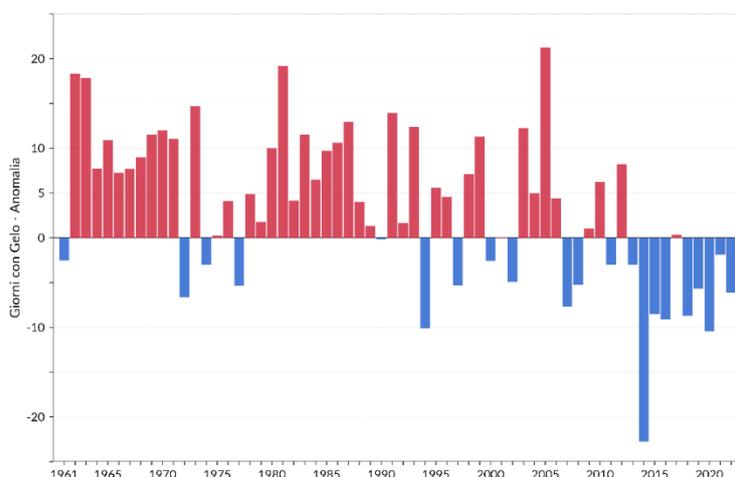


Figura 4-14: Serie delle anomalie medie annuali del numero di giorni con gelo in Italia rispetto al valore normale 1991-2020. Fonte: Elaborazione ISPRA.

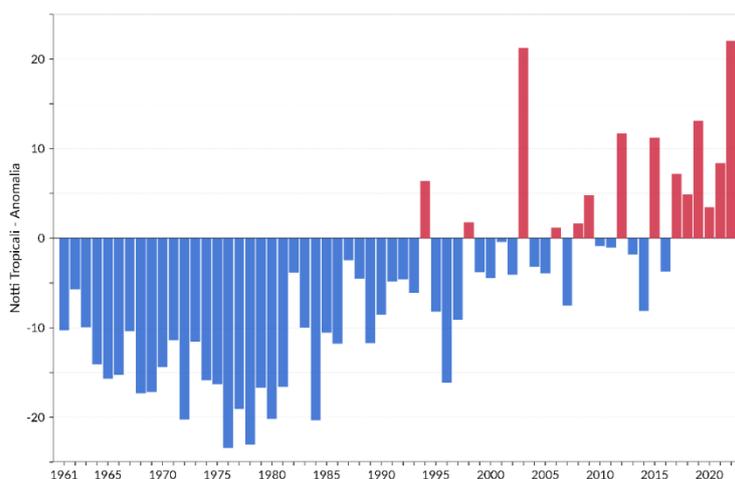


Figura 4-15: Serie delle anomalie medie annuali del numero di notti tropicali in Italia rispetto al valore normale 1991-2020. Fonte: Elaborazione ISPRA.

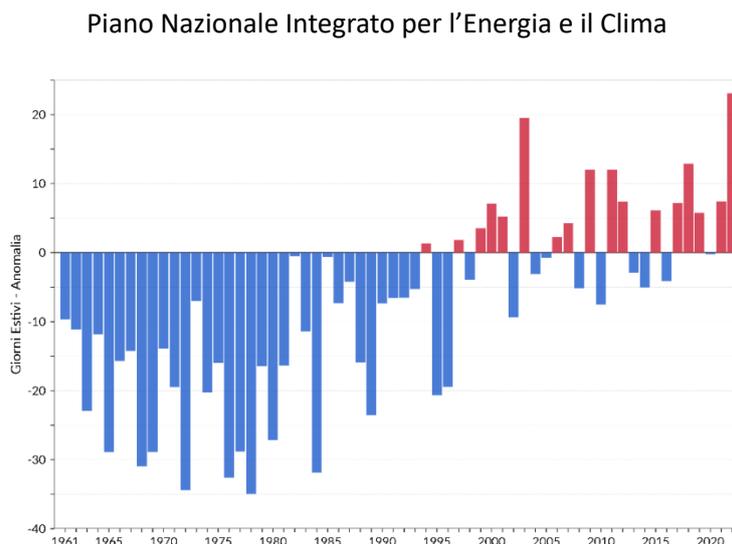


Figura 4-16: Serie delle anomalie medie annuali del numero di giorni estivi in Italia rispetto al valore normale 1991-2020. Fonte: Elaborazione ISPRA.

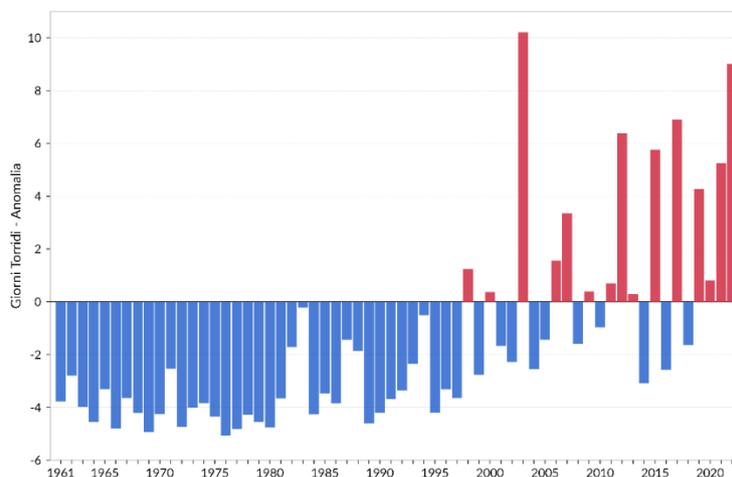


Figura 4-17: Serie delle anomalie medie annuali del numero di giorni torridi in Italia rispetto al valore normale 1991-2020. Fonte: Elaborazione ISPRA.

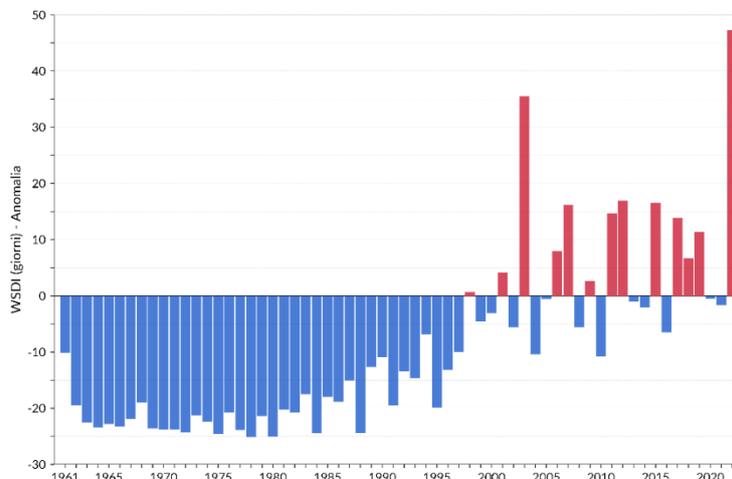


Figura 4-18: Serie delle anomalie medie annuali dell'indice WSDI (Warm Spell Duration Index) in Italia rispetto al valore normale 1991-2020. Fonte: Elaborazione ISPRA.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Altri indici di estremi di temperatura, che si basano sul confronto con la distribuzione statistica dei valori normali (nel trentennio di riferimento 1991-2020), sono: le notti fredde (TN10p, percentuale di giorni in un anno con temperatura minima inferiore al 10° percentile della corrispondente distribuzione sul periodo climatologico), i giorni freddi (TX10p, percentuale di giorni con temperatura massima inferiore al 10° percentile), le notti calde (TN90p, percentuale di giorni con temperatura minima superiore al 90° percentile) e i giorni caldi (TX90p, percentuale di giorni con temperatura massima superiore al 90° percentile). Le notti e i giorni freddi mostrano una chiara tendenza a diminuire, mentre i giorni e le notti calde mostrano una chiara tendenza ad aumentare.

Anche l'indicatore della **temperatura superficiale dei mari italiani** (SST – Sea Surface Temperature) elaborato a partire dai dati forniti dalla piattaforma del Copernicus Marine Service mostra una generale tendenza di aumento nei mari italiani, con valori particolarmente pronunciati nel 2022. La stima della SST, su un grigliato regolare con passo orizzontale di 0.05°, è stata ottenuta dall'interpolazione di dati satellitari<sup>5</sup>, relativi al periodo che va dal 1982 al 2022. I valori sui punti di griglia che ricadono nei mari italiani sono stati mediati per ciascun anno e presentati in Figura 4-19, dove è possibile osservare che, escludendo il 2003, gli ultimi dodici anni hanno registrato le anomalie positive più elevate di tutta la serie.

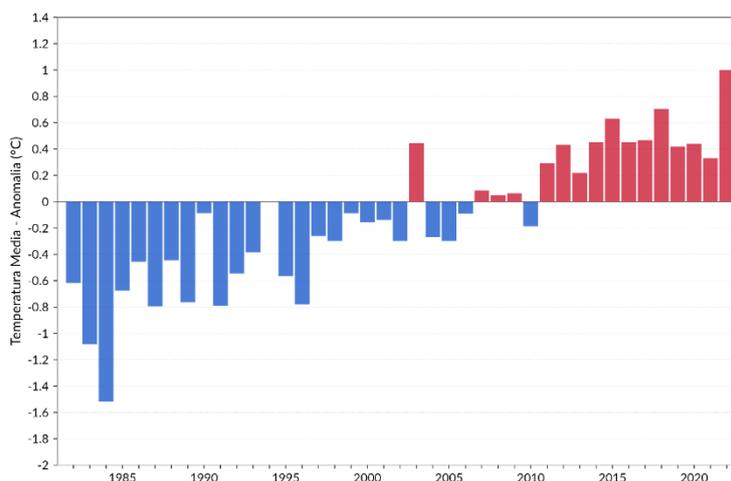


Figura 4-19: Serie delle anomalie medie annuali della temperatura media superficiale dei mari italiani, nell'intervallo 1982-2022, rispetto al valore normale 1991-2020. Fonte: Elaborazione ISPRA su dati di SST-Sea Surface Temperature del Copernicus Marine Service.

Relativamente alle **precipitazioni** non c'è evidenza nel corso degli ultimi decenni di una tendenza significativa. Ciò è mostrato nella tabella seguente (Tabella 4-10), dove vengono riassunti i trend della precipitazione cumulata nel periodo 1961-2022, calcolati con un modello di regressione lineare semplice. Le stime sono confermate anche dall'applicazione di un modello non parametrico (stimatore di Theil-Sen e test di Mann - Kendall). I trend sono stati calcolati dapprima per le serie annuali aggregando le stazioni dell'Italia intera, del Nord, del Centro e del Sud e Isole e poi per le serie stagionali dell'intero territorio nazionale. Si osservano deboli trend negativi, ma non statisticamente significativi, sia nelle serie annuali (nazionale e per macroaree) sia nelle serie nazionali stagionali, ad eccezione dell'autunno.

<sup>5</sup> <https://doi.org/10.48670/moi-00173>

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Tabella 4-10: Trend (e relativo errore standard) delle precipitazioni cumulate dal 1961 al 2022, stimati con il modello di regressione lineare semplice. Tra parentesi i trend statisticamente non significativi al livello del 5%.  
Fonte: Elaborazione ISPRA.

PRECIPITAZIONE CUMULATA	TREND (%/10 anni)
ANNUALE	
Italia	(-0.6 ± 1.0)
Nord	(-0.4 ± 1.2)
Centro	(-1.5 ± 1.0)
Sud e Isole	(-0.3 ± 1.2)
STAGIONALE (Italia)	
Inverno	(-2.7 ± 2.3)
Primavera	(-3.2 ± 1.5)
Estate	(-2.1 ± 2.2)
Autunno	(+1.2 ± 1.5)

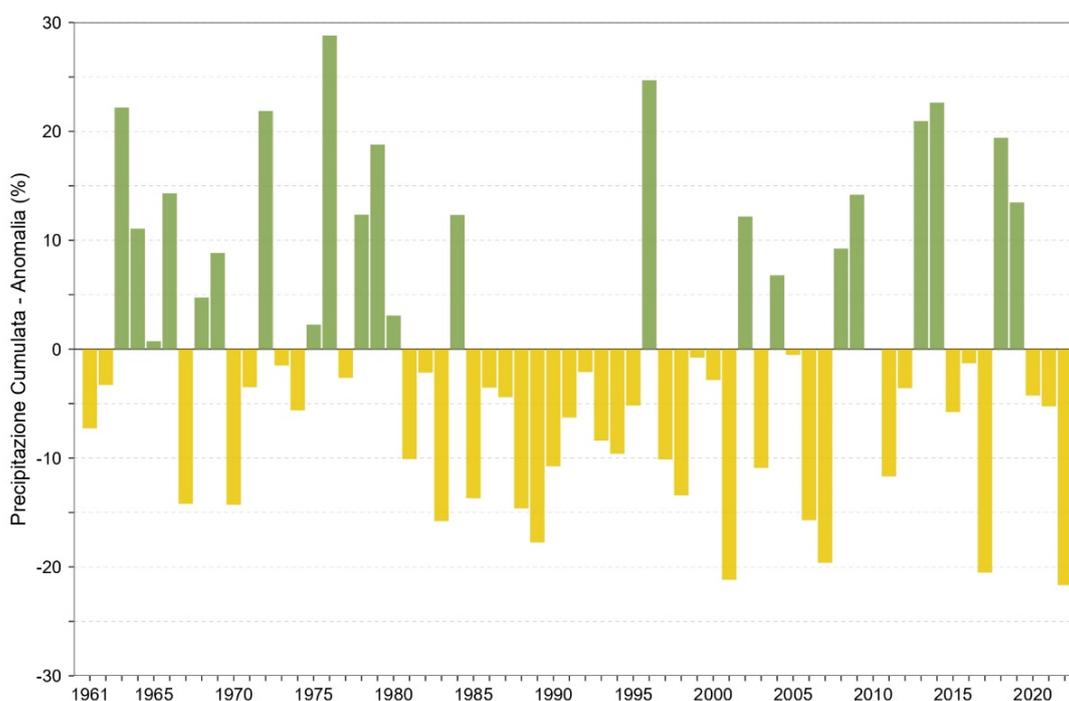


Figura 4-20: Serie delle anomalie medie in Italia, espresse in valori percentuali, della precipitazione cumulata annuale rispetto al valore normale 1991-2020. Fonte: Elaborazione ISPRA.

Come per la temperatura, per valutare l'andamento della frequenza, dell'intensità e dei valori estremi di precipitazione, vengono presi in considerazione alcuni indici di estremi climatici definiti dal Gruppo di Lavoro della Commissione per la Climatologia dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale.

Vengono presentate le serie temporali di anomalia degli indici per l'Italia settentrionale, centrale e meridionale, ottenuti aggregando i dati di stazioni appartenenti a ciascuna macroarea. Anche per gli indici di precipitazione i risultati sono presentati sotto forma di serie di anomalie rispetto all'ultimo trentennio climatologico 1991-2020. Per favorire l'impiego di un maggior numero di serie, per l'analisi è stato considerato il periodo dal 1971 al 2021.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

L'indice R10mm rappresenta il numero di giorni nell'anno con precipitazione maggiore o uguale a 10 mm (Figura 4-21).

L'indice R95p rappresenta la somma nell'anno delle precipitazioni giornaliere superiori al 95° percentile della distribuzione delle precipitazioni giornaliere nei giorni piovosi nel periodo climatologico 1991-2020 (Figura 4-22).

L'intensità di pioggia giornaliera (SDII - Simple Daily Intensity Index) rappresenta infine la precipitazione cumulata annuale divisa per il numero di giorni piovosi nell'anno, considerando piovosi i giorni con precipitazione maggiore o uguale a 1 mm (Figura 4-23).

Tra gli indici di siccità, il numero di giorni asciutti (i.e. con precipitazione inferiore o uguale a 1 mm) e il Consecutive Dry Days (CDD, numero massimo di giorni consecutivi nell'anno con precipitazione giornaliera inferiore o uguale a 1mm): nella Figura 4-24 e nella Figura 4-25 i valori relativi al 2022 spazializzati su mappa.

Complessivamente, dall'analisi delle serie temporali di questi indici, sulla base delle stazioni disponibili, non emergono segnali netti di variazioni della frequenza e della intensità delle precipitazioni nel medio-lungo periodo.

Per valutare in modo più approfondito l'esistenza di trend degli eventi di precipitazione intensa, sarebbe necessario disporre un numero elevato di lunghe serie di dati ad alta frequenza di osservazione (oraria).

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

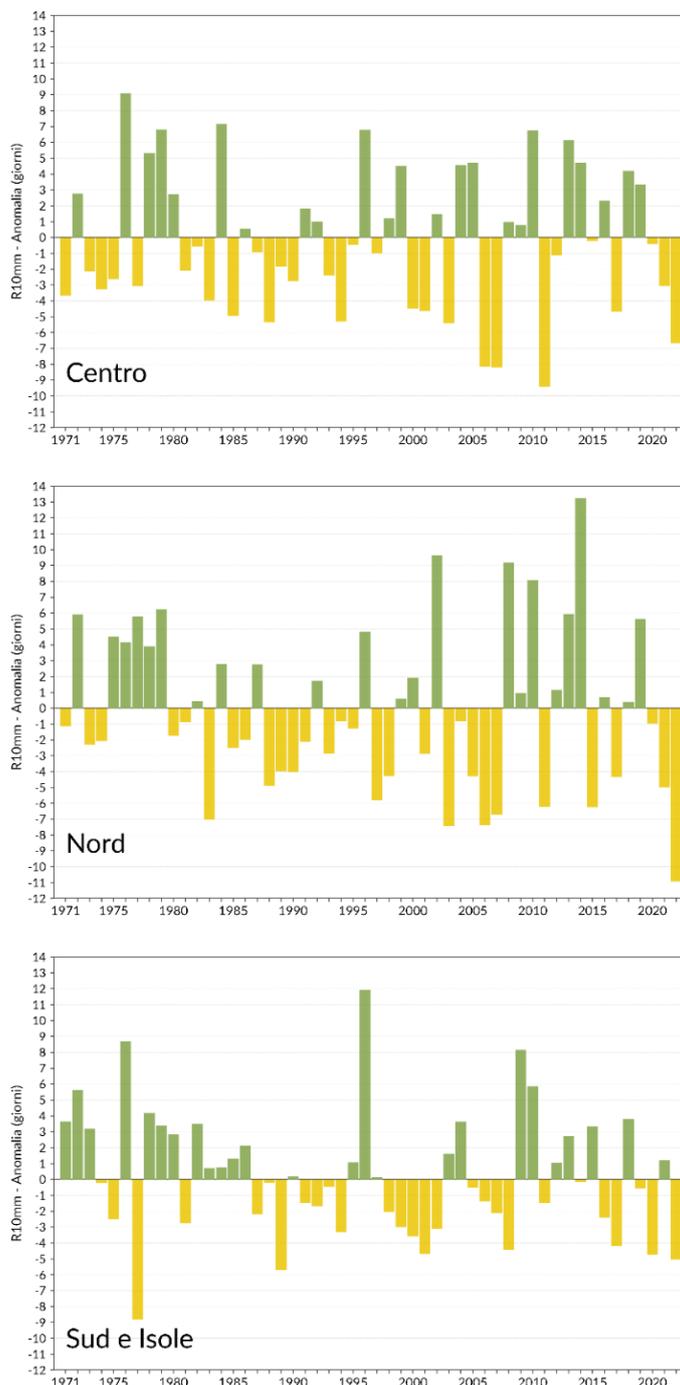


Figura 4-21: Serie delle anomalie medie al Nord, Centro, Sud e Isole, del numero di giorni nell’anno con precipitazione superiore od uguale a 10 mm (R10mm), rispetto al valore normale 1991-2020. Fonte: Elaborazione ISPRA.

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

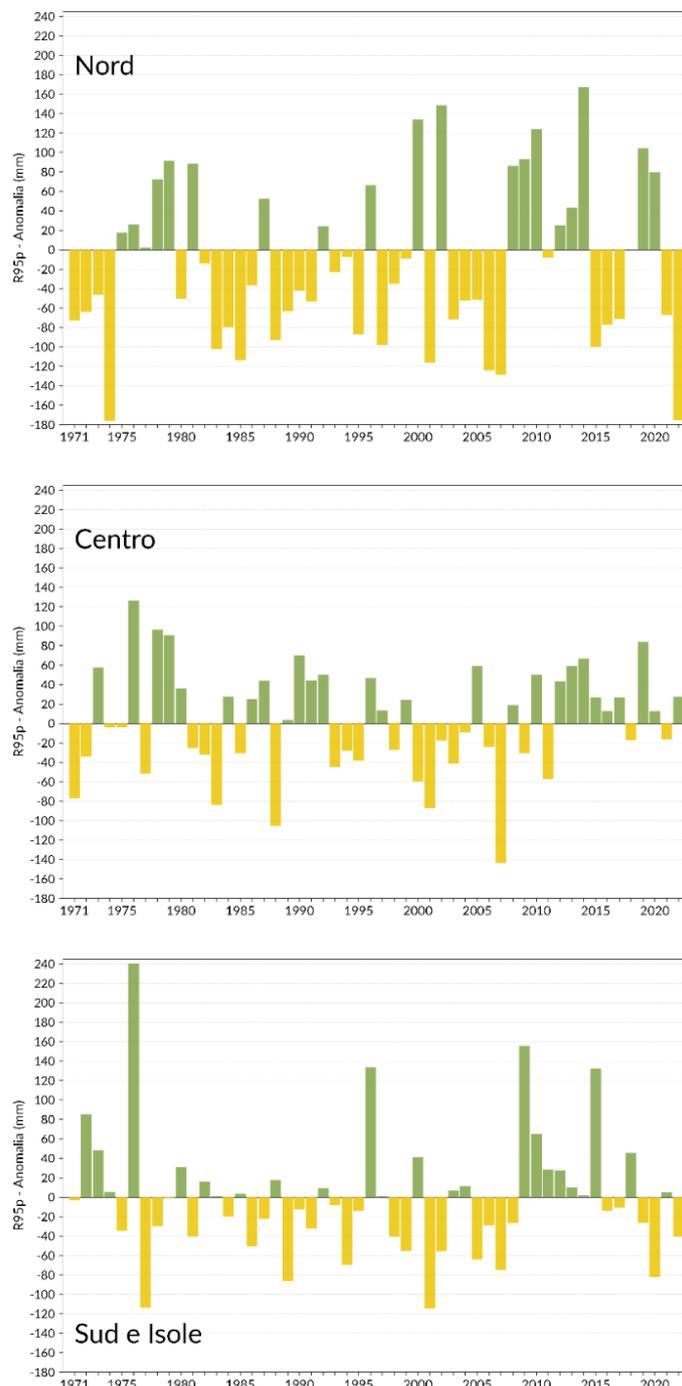


Figura 4-22: Serie delle anomalie medie al Nord, Centro, Sud e Isole, delle precipitazioni nei giorni molto piovosi (R95p)<sup>6</sup>, rispetto al valore normale 1991-2020. Fonte: Elaborazione ISPRA.

<sup>6</sup> Somma delle precipitazioni giornaliere > 95° percentile della distribuzione nei giorni piovosi nel periodo climatico.

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

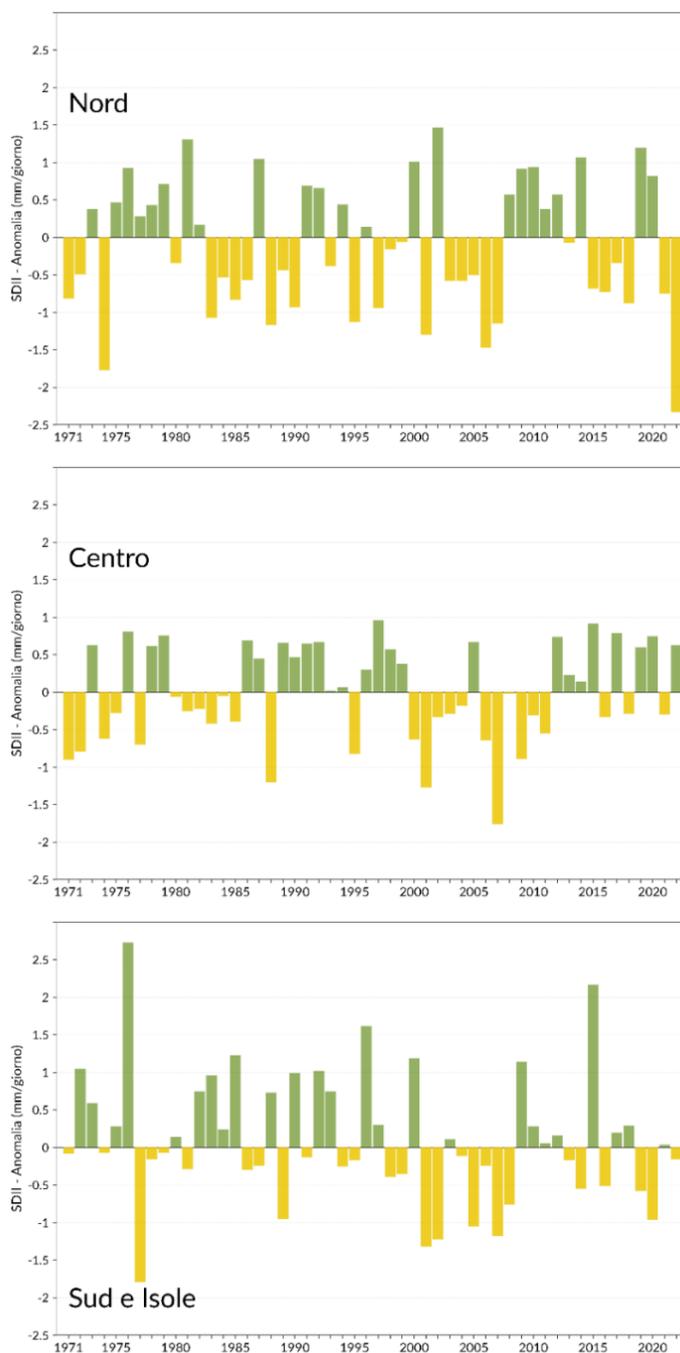


Figura 4-23: Serie delle anomalie medie al Nord, Centro, Sud e Isole, dell’intensità di pioggia giornaliera (SDII)<sup>7</sup>, rispetto al valore normale 1991-2020. Fonte: Elaborazione ISPRA.

<sup>7</sup> Precipitazione cumulata annuale divisa per il numero di giorni piovosi nell’anno.

Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

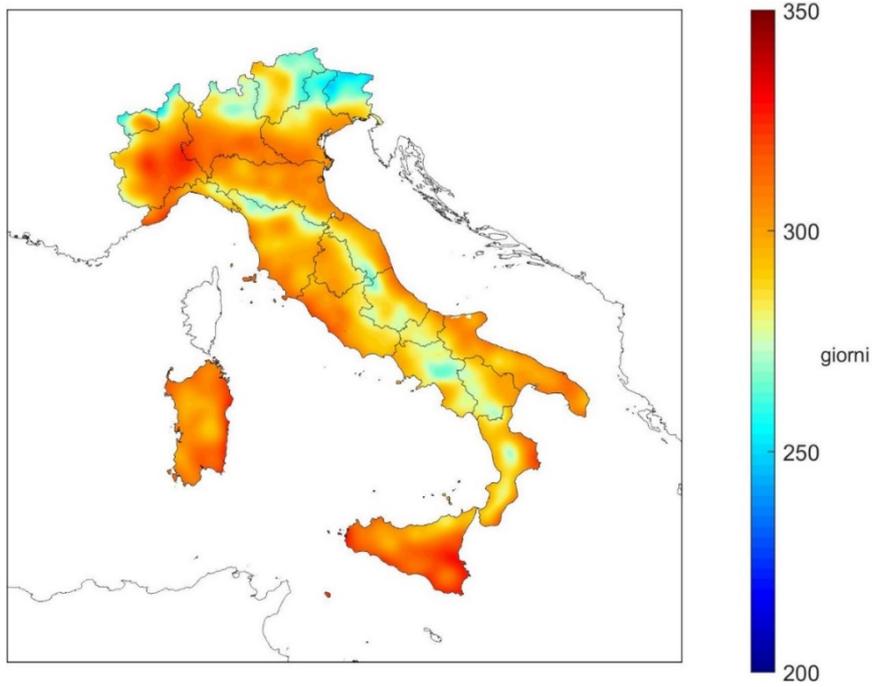


Figura 4-24: Giorni asciutti nel 2022. Fonte: Elaborazione ISPRA.

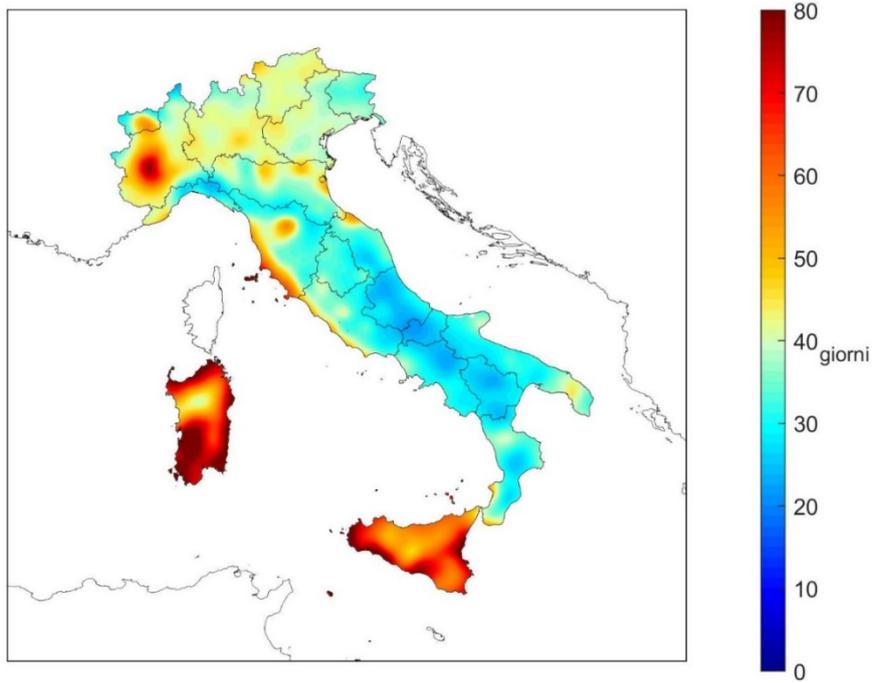


Figura 4-25: Indice di siccità Consecutive Dry Days (CDD) nel 2022. Fonte: Elaborazione ISPRA.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

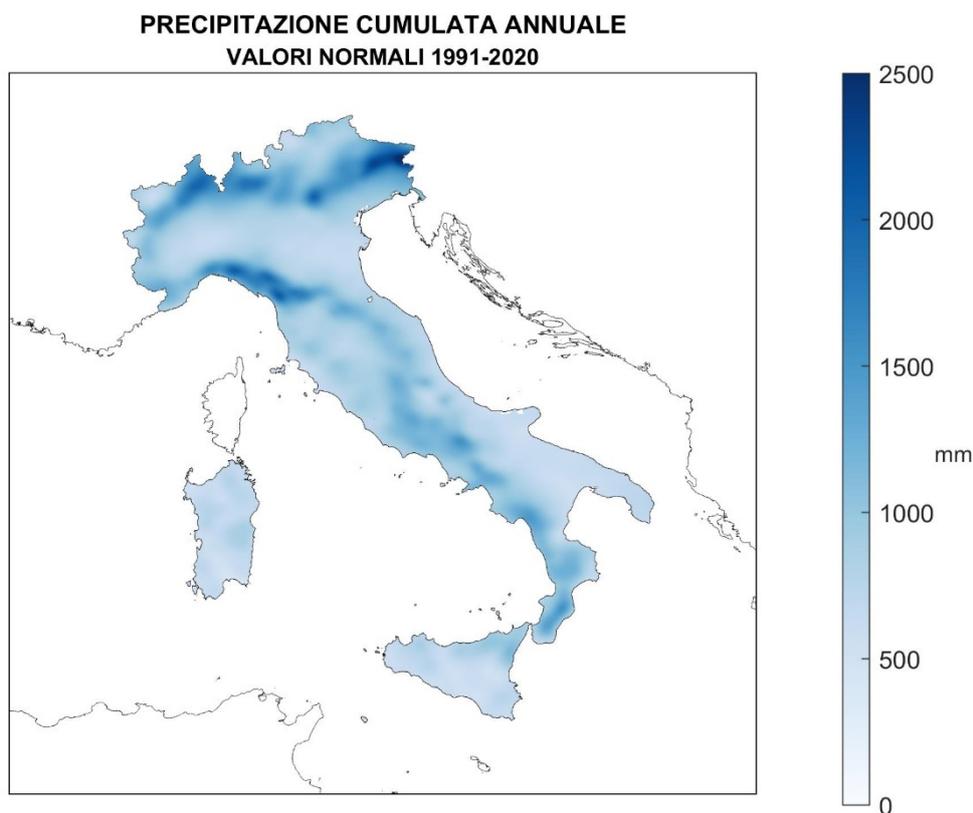


Figura 4-26: Precipitazione cumulata annuale media nel trentennio climatologico 1991-2020

Tuttavia, è possibile evidenziare che negli ultimi anni si è verificata l'occorrenza sia di condizioni di grave siccità meteorologica, con precipitazioni cumulate, sensibilmente al di sotto della media, sia eventi di intensa precipitazione, nonché trombe d'aria, che hanno causato ingenti danni sul territorio.

Solo a livello esemplificativo, si riportano alcuni riferimenti a questi eventi estremi.

Per quanto riguarda la siccità, facendo riferimento agli anni più recenti. Il 2017 si colloca tra quelli più "secchi" dell'intera serie dal 1961, come mostrato in Figura 4-20. La siccità è stata particolarmente severa nel corso dell'estate ed ha interessato gran parte del territorio nazionale causando gravi problemi di gestione delle risorse idriche; diverse regioni, tra cui Veneto, Emilia-Romagna, Marche, Toscana, Lazio ed Umbria hanno dichiarato lo stato di emergenza regionale per l'uso idro-potabile. Inoltre, nella Sicilia occidentale sono stati registrati fino a 158 giorni asciutti consecutivi e nella Sardegna sud-orientale da 120 a 130 giorni asciutti consecutivi.

Anche nei primi 5 mesi del 2020 si è verificato un prolungato periodo di siccità in Emilia-Romagna.

Inoltre, tra febbraio e aprile 2021, il Veneto è stato colpito dalla siccità primaverile, quando sia le Dolomiti che la pianura sud-occidentale hanno visto fino a 59 giorni consecutivi senza pioggia.

In Piemonte, l'inverno 2021-2022 è risultato il terzo più caldo e più secco degli ultimi 65 anni. Per il fiume Po, il 2022 è stato un anno decisamente sotto la norma: la portata è scesa per un lungo periodo sotto il minimo storico medio mensile.

L'ottobre 2022, in Emilia-Romagna, con un indice pluviometrico regionale di 7.4 mm, è risultato il mese meno piovoso dal 1961.

Viceversa, si sono verificati vari episodi di precipitazioni di notevole intensità.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Tra il 2 e il 3 ottobre 2020, le provincie di Cuneo e di Verbano Cusio Ossola sono state colpite da precipitazioni intense su 12 e 24 ore, con tempi di ritorno stimati superiori a 200 anni. Sono stati registrati valori di 600 mm e oltre 650 mm in diverse stazioni di misura, nella giornata del 2 ottobre; tali valori rappresentano, a livello di stazione, più del 50% della precipitazione cumulata media annuale (Figura 4-26). Si sono verificate conseguentemente onde di piena eccezionali sui corsi d'acqua, esondazioni, erosioni e danni diffusi.

Un ulteriore esempio è rappresentato dalle piogge registrate il 4 ottobre 2021 in Liguria, che hanno raggiunto un'intensità oraria di 178.2 mm, nonché 883.8 mm in 24 ore (927.0 mm sull'intero evento, durato 60 ore). Le piogge hanno inoltre causato notevoli innalzamenti idrometrici dei vari corsi d'acqua con conseguenti esondazioni associate ad allagamenti, frane e interruzioni e disagi nella viabilità. Nel corso dell'evento sono stati registrati, inoltre, venti di grande intensità che hanno raggiunto il valore massimo di 100.8 km/h con raffiche di 154.8 km/h. Questo evento è stato ben previsto dai sistemi modellistici previsionali e pertanto l'attuazione delle procedure di allerta ha permesso di evitare almeno i danni alle persone.

Inoltre, nella giornata del 24 ottobre 2021, piogge molto intense hanno colpito la provincia di Siracusa, con un valore orario di 153.4 mm che è stato il più alto mai registrato in Sicilia. Si è riscontrato un accumulo di 271.2 mm in 3 ore, un'intensità giornaliera di 396.8 e un valore massimo sull'intero evento di 603 mm in 3 giorni. In questo caso purtroppo, a causa dell'esondazione di vari fiumi e canali, ci sono anche state due vittime, travolte dall'acqua. Le precipitazioni sono proseguite nei giorni successivi, causando una vasta alluvione nel centro cittadino e nella zona industriale di Catania e il bilancio di un'ulteriore vittima.

Tali eventi estremi di precipitazione, in particolare nelle aree urbane, comportano allagamenti, frane, interruzioni e disagi nella viabilità, danni ad abitazioni e infrastrutture, nonché ingrossamento di canali e fiumi con conseguenti pericolose esondazioni (i.e. autovetture rimaste intrappolate e sommerse nei sottopassi). In questo contesto va menzionata anche l'intensa ondata di maltempo che ha colpito le Marche il 15 settembre 2022. Le precipitazioni si sono concentrate in particolare tra le ore 16 e le 22, con quantitativi sulle 6 ore eccezionali sia in termini di cumulata che intensità per il territorio regionale. I quantitativi giornalieri hanno superato i 400 mm e le cumulate a 3, 6, 12 e 24 ore sono stati di gran lunga superiori dei massimi registrati da quando esistono gli annali idrologici (secondo decennio del 1900), con tempi di ritorno superiori ai 1.000 anni. L'evento ha causato effetti al suolo e danni diffusi, numerosissime situazioni di criticità su tutta l'area colpita della porzione centro settentrionale regionale, e soprattutto tredici vittime. Il territorio interessato dall'evento veniva da un periodo estivo estremamente caldo e siccitoso, con suoli secchi e un deflusso di base nei principali fiumi sotto la media stagionale. La particolare intensità dell'evento, unita alle caratteristiche dei corsi d'acqua interessati, tipicamente a regime torrentizio hanno reso più difficili le operazioni di allertamento della popolazione da parte della protezione civile regionale, rendendo l'evento particolarmente distruttivo.

Nello stesso anno, il 26 novembre, precipitazioni intense a carattere temporalesco hanno colpito l'isola di Ischia, principalmente nel comune di Casamicciola (13.4 mm/10 minuti e 176.8 mm/24 h), provocando colate di fango miste a detriti e massi di rilevanti dimensioni, che hanno interessato anche l'abitato, causando 12 decessi e ingenti danni al territorio.

Infine degno di nota tra gli eventi meteorologici estremi caratterizzati da forte vento è il caso del "ciclone Vaia" che, tra il 26 e il 30 ottobre 2018, ha investito gran parte del territorio nazionale, in particolare l'area montana delle Dolomiti e delle Prealpi Venete; vento fortissimo, con intensità medie orarie e raffiche fino a 200 km/h hanno soffiato insistentemente per diverse ore sulla nostra Penisola, e piogge persistenti con intensità eccezionale per diverse durate, da un'ora a tre giorni, si sono abbattute sulle regioni del Nord Italia. La tempesta ha provocato la caduta di milioni di alberi, con la conseguente distruzione di decine di migliaia di ettari di foreste alpine di conifere.

Una mappa di sintesi degli eventi significativi degli ultimi anni è disponibile al link: <http://mappaestremi.isprambiente.it>

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

I contenuti presentati in questo capitolo sono disponibili nel rapporto SNPA "Il clima nel 2002" e nei rapporti ISPRA "Gli indicatori del clima in Italia" pubblicati dal 2007 al 2022.

#### 4.4 Emissioni in atmosfera e qualità dell'aria

##### 4.4.1 Emissioni di gas climalteranti

In riferimento all'andamento delle emissioni e degli assorbimenti attuali di gas a effetto serra le proiezioni fino al 2030 distinte tra ETS e ESR sono di seguito sintetizzate, secondo lo scenario emissivo di riferimento a politiche correnti (ovvero considerando l'effetto delle politiche adottate a tutto il 2021).

Dal grafico risulta evidente la maggiore riduzione a carico dei settori soggetti ad ETS. A fronte di una riduzione attesa delle emissioni totali dal 2005 al 2030 pari a circa 244 MtCO<sub>2</sub>eq, ci si aspetta che le emissioni soggette ad ETS si riducano di circa 144 MtCO<sub>2</sub>eq (oltre il 58%) mentre quelle ESR di 100 MtCO<sub>2</sub>eq (circa il 29%).

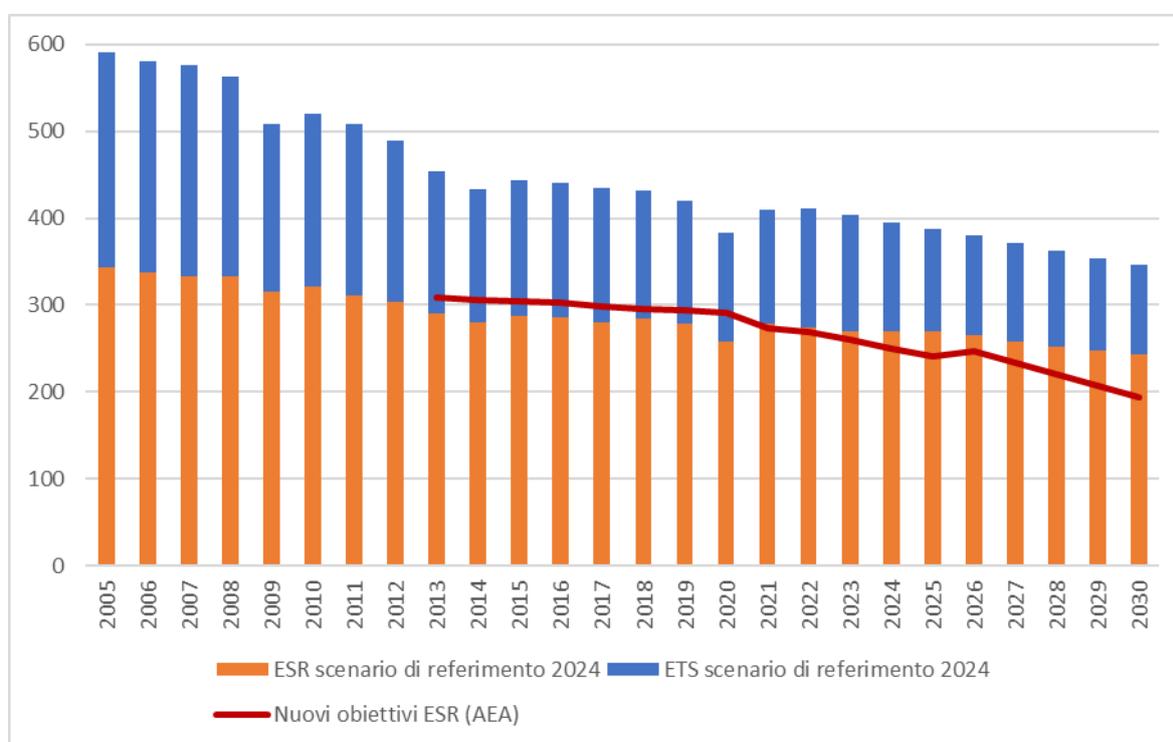


Figura 4-27 - Emissioni di gas serra ETS ed ESR (Mt CO<sub>2</sub>eq), anni storici e scenario di riferimento [Fonte: ISPRA]

Nota: il grafico illustra la ripartizione prima delle modifiche introdotte alla Direttiva 2003/87/CE dalla Direttiva (UE) 2023/959

Le misure attualmente vigenti appaiono, quindi, più efficaci in termini di riduzione delle emissioni ETS grazie soprattutto all'incremento di rinnovabili nel mix di generazione elettrica. Tuttavia, al fine di promuovere una riduzione delle emissioni climalteranti nei settori ricadenti in ambito ESR Effort Sharing (*trasporti e civile in primis*) una modifica della generazione se non accompagnata da una variazione dei consumi in termini di entità o vettori impiegati, determina vantaggi contenuti

Infatti, per i settori inclusi in ESR lo scenario di riferimento mostra che, anche a seguito della mutata situazione post Covid-19 legata alla ripresa economica e alla modifica dei comportamenti a seguito della pandemia, e degli importanti e profondi mutamenti del contesto geopolitico intercorso, nonostante l'adozione delle misure previste nel PNRR, le emissioni non raggiungono il precedente obiettivo di riduzione del -33% al 2030

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

rispetto ai livelli del 2005. Molto più impegnativo ed ambizioso risulta essere quindi lo sforzo di riduzione alla luce dell'aggiornamento dell'obiettivo che, ai sensi del recente Regolamento (UE) 2023/857 del Consiglio del 19 aprile 2023, passa al -43,7%.

Sarà infatti necessario adottare politiche e misure aggiuntive, che dovranno essere particolarmente incisive nei settori civile e trasporti, come peraltro mostrano già i dati del 2021 e del 2022, ultimi anni per i quali si dispongono di dati statistici definitivi: le emissioni italiane sono state superiori alle allocazioni annuali (AEA), definite ai sensi del Regolamento ESR, rispettivamente di 4,6 e 5,5 MtCO<sub>2</sub>eq.

La tabella sottostante sintetizza le proiezioni delle emissioni di gas serra fino al 2030, con i relativi obiettivi europei per le emissioni ETS e ESR, secondo lo scenario emissivo di riferimento a politiche correnti (ovvero considerando l'effetto delle politiche adottate a tutto il 2021).

*Tabella 4-11 - Emissioni nazionali di gas serra e obiettivi europei (Mt CO<sub>2</sub>eq), storico e scenario di riferimento [Fonte: ISPRA]*

	1990	2005	2021	2022	2023	2024	2025	2030	2040
<b>Emissioni totali GHG escluso LULUCF</b>	522	596	411	413	406	398	390	349	308
<b>Emissioni ETS*</b>	-	248	131	136	133	125	118	104	86
<b>Emissioni ESR</b>	-	343	278	274	270	270	269	243	n.a.
<b>Obiettivi ESR**</b>	-	-	274	269	259	250	241	193	n.a.
<b>Differenza rispetto agli obiettivi ESR</b>	-	-	5	6	11	20	28	49	n.a.
<b>LULUCF</b>	-4	-34	-25	-21	-23	-26	-28	-28	-31
<b>Emissioni totali GHG incluso LULUCF</b>	519	562	386	392	383	372	362	321	278

\*Considerando l'ambito di applicazione della direttiva prima dell'adozione della Direttiva (UE) 2023/959. Non sono incluse le emissioni dell'aviazione e della navigazione nazionale.

\*\*Obiettivi indicativi, gli obiettivi saranno specificati da apposita regolamentazione da adottare a livello europeo. Per la stima si sono utilizzati i criteri stabiliti dal Regolamento (UE) 2023/857 relativo alle riduzioni annuali vincolanti delle emissioni di gas serra a carico degli Stati membri nel periodo 2021-2030.

Come anche riportato nella proposta di Piano, le emissioni di gas a effetto serra (GHG) da usi energetici rappresentano l'82% del totale nazionale pari, nel 2022, a circa 413 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalente [Mt CO<sub>2</sub>eq] (inventario nazionale delle emissioni di gas a effetto serra, escluso le emissioni e gli assorbimenti del settore LULUCF). La restante quota di emissioni deriva da fonti non energetiche, essenzialmente connesse a processi industriali, gas fluorurati, agricoltura e rifiuti.

La tabella seguente fornisce un quadro sintetico del peso di ciascun settore in termini di emissioni di GHG (Mt CO<sub>2</sub>eq) nel periodo 1990-2022.

*Tabella 4-12 - Evoluzione delle emissioni per settore nel periodo 1990-2022 (Emissioni di GHG, Mt di CO<sub>2</sub>eq) [Fonte: ISPRA]*

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

	1990	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
<b>DA USI ENERGETICI, di cui:</b>	<b>426</b>	<b>488</b>	<b>430</b>	<b>360</b>	<b>356</b>	<b>351</b>	<b>346</b>	<b>336</b>	<b>300</b>	<b>332</b>	<b>338</b>
Industrie energetiche	138	160	137	106	105	105	96	92	82	86	95
Industrie manifatturiere e costruzioni	92	92	70	56	54	53	54	50	46	55	55
Trasporti	102	128	116	107	106	102	105	106	87	103	110
Civile	79	96	96	82	83	83	84	81	79	82	73
Altro energia e fuggitive	15	12	10	9	8	8	8	7	7	6	6
<b>DA ALTRE FONTI, di cui:</b>	<b>96</b>	<b>107</b>	<b>92</b>	<b>83</b>	<b>83</b>	<b>81</b>	<b>82</b>	<b>80</b>	<b>79</b>	<b>79</b>	<b>75</b>
Processi industriali e f-gas	39	48	37	30	29	29	29	28	25	26	24
Agricoltura (allevamenti e coltivazioni)	38	35	33	32	34	33	33	32	34	33	31
Rifiuti	19	24	22	20	20	20	20	20	20	20	20
<b>TOTALE</b>	<b>522</b>	<b>596</b>	<b>522</b>	<b>443</b>	<b>439</b>	<b>432</b>	<b>428</b>	<b>416</b>	<b>379</b>	<b>411</b>	<b>413</b>

Per il periodo 2021-2025, il Regolamento LULUCF prevede il reporting degli assorbimenti e delle emissioni del settore LULUCF e la contabilizzazione delle categorie<sup>8</sup> LULUCF con le relative regole di contabilizzazione. I dati relativi al 2021-2022 mostrano che la neutralità emissiva per il periodo 2021-2025, come riportato nella Tabella 4-13, dovrebbe essere raggiunta, permettendo inoltre, nell'ambito del regolamento ESR, l'utilizzo di una quantità limitata di crediti LULUCF per contribuire al raggiungimento degli obiettivi ESR (la cosiddetta flessibilità LULUCF) pari a 5,75 MtCO<sub>2</sub>eq. per il periodo 2021-2025.

Tabella 4-13 - Emissioni nazionali di gas serra LULUCF e obiettivi europei (Mt CO<sub>2</sub>eq), storico e scenario di riferimento [Fonte: ISPRA]

	1990	2005	2021	2025	2030	2035	2040	2021-2025	2026-2030
<b>Emissioni-Assorbimenti LULUCF</b>	-3.5	-35.6	-27.5	-33.9	-34.9	-29.6	-36.5	-33.9	-34.9
<b>Contabilizzazione LULUCF*</b>	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-97.6	-34.9
<b>Obiettivi LULUCF</b>								0	-35.8
<b>Distanza dagli obiettivi LULUCF</b>								-97.6	+0.9

\* Per il periodo 2021-2025, il Regolamento LULUCF prevede il reporting degli assorbimenti e delle emissioni del settore LULUCF e la contabilizzazione delle categorie<sup>9</sup> LULUCF

<sup>8</sup> Managed forest land (Forest land remaining forest land), Afforested land (land converted to forest land), Deforested land (Forest land converted to other land uses), Managed cropland (Cropland remaining cropland, land converted to cropland, cropland converted to other land uses), Managed grassland (Grassland remaining grassland, Cropland converted to grassland, Wetland converted to grassland, Settlements converted to grassland, Other land converted to grassland, Grassland converted to wetland, Grassland converted to settlement, Grassland converted to other land)

<sup>9</sup> Managed forest land (Forest land remaining forest land), Afforested land (land converted to forest land), Deforested land (Forest land converted to other land uses), Managed cropland (Cropland remaining cropland, land converted to cropland, cropland converted to other land uses), Managed grassland (Grassland remaining grassland, Cropland converted to grassland, Wetland converted to grassland, Settlements converted to grassland, Other land converted to grassland, Grassland converted to wetland, Grassland converted to settlement, Grassland converted to other land)

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Dal 1990, i cambiamenti nell'uso del suolo in Italia hanno portato all'aumento della superficie forestale (+25%), di zone umide (+12%) e di insediamenti urbani (+43%); si osserva inoltre una riduzione dell'area di prati, pascoli e altre terre boscate (-10%) e delle aree agricole (-17%) rispetto al 1990. Tali dinamiche sono alla base della variazione degli assorbimenti e delle emissioni del settore LULUCF che mostra, nel complesso, un'elevata variabilità influenzata soprattutto dalle superfici percorse annualmente da incendi e dalle relative emissioni di gas serra.

Nella tabella seguente sono riportati gli assorbimenti e le emissioni di gas serra, in MtCO<sub>2</sub>eq, del settore LULUCF, stimate sulla base della metodologia IPCC, così come comunicati alla Commissione europea nell'ambito delle disposizioni del Regolamento (UE) 2018/1999 sulla governance dell'Unione dell'Energia.

Tabella 4-14 - Proiezioni per categorie LULUCF (MtCO<sub>2</sub>eq) [Fonte: ISPRA]

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2025	2030	2035	2040
<b>Totale LULUCF</b>	<b>-3.6</b>	<b>-23.4</b>	<b>-20.2</b>	<b>-33.7</b>	<b>-39.7</b>	<b>-41.9</b>	<b>-27.5</b>	<b>-24.8</b>	<b>-21.2</b>	<b>-28.0</b>	<b>-28.4</b>	<b>-24.6</b>	<b>-30.8</b>
Foreste	-17.3	-31.0	-26.3	-34.9	-36.4	-40.3	-29.8	-28.4	-26.1	-34.3	-35.4	-35.2	-35.1
Terre agricole	2.1	1.4	1.0	-0.4	0.4	1.7	3.7	2.2	2.3	2.4	2.5	3.0	3.1
Prati e pascoli, altre terre boscate	4.9	-1.9	-1.4	-5.6	-8.3	-8.3	-6.3	-3.0	-2.0	-1.7	-0.9	2.5	-3.5
Zone umide	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
Insediamenti urbani	7.1	8.9	6.9	7.7	4.7	4.7	5.5	4.8	4.8	5.7	5.5	5.2	4.8
Prodotti legnosi (HWP)	-0.4	-0.7	-0.5	-0.5	-0.1	0.1	-0.7	-0.4	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2

#### 4.4.2 Emissioni di inquinanti in atmosfera

Le dimensioni che principalmente interessano le emissioni di inquinanti in atmosfera sono quella della decarbonizzazione, in particolare emissioni e FER, e quella dell'efficienza energetica. Sul lungo periodo diventa fondamentale quella della ricerca e dell'innovazione.

Per quanto riguarda la dimensione della decarbonizzazione, nell'aggiornamento del PNIEC è risultata necessaria (oltre all'incremento della quota rinnovabile) l'adozione di ulteriori politiche e misure per una riduzione della mobilità privata nei trasporti e una maggiore efficienza nel settore civile, mostrando un forte legame con la dimensione dell'efficienza energetica. In generale, l'incremento della quota rinnovabile e l'aumento dell'efficienza energetica portano a una riduzione delle emissioni inquinanti poiché riducono i consumi di combustibili fossili, soprattutto solidi e liquidi, in numerosi casi *key categories* emissive per gli inquinanti atmosferici. Es. *phase-out* del carbone al 2025.

Lo sviluppo del settore delle FER termiche è condizionato dagli impatti emissivi relativi al particolato degli impianti di riscaldamento esistenti a biomasse solide. Pertanto, l'installazione di nuovi impianti di riscaldamento a biomasse dovrà essere guidata in modo da favorire gli impianti moderni a basse emissioni e ad alta efficienza.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Per quanto riguarda le sorgenti emissive ETS, le riduzioni attese dal piano sono più performanti rispetto alle categorie ESR e anche per quanto riguarda gli inquinanti atmosferici in genere le riduzioni sono più spinte.

Di seguito, vengono descritti lo stato di fatto e i trend relativi al quadro emissivo nazionale per gli inquinanti legati alla qualità dell'aria secondo i dati ufficialmente prodotti dall'Italia nell'ambito della Convenzione LRTAP e della direttiva NEC. I dati sono coerenti con la submission 2023.

In Figura 4-28 vengono riportate le stime delle emissioni nazionali di ossidi di zolfo (SO<sub>x</sub>), i dati mostrano un calo generale delle emissioni durante il periodo, da 1783 Gg nel 1990 a 79 Gg nel 2021. L'obiettivo nazionale delle emissioni di SO<sub>x</sub>, fissato dalla Direttiva sui limiti nazionali di emissione a 475 Gg per il 2010 è stato raggiunto e continua ad essere rispettato. Gli obiettivi fissati per il 2020 nel quadro della Convenzione UNECE/CLRTAP e nel quadro del 2030 della revisione della Direttiva sui limiti nazionali di emissione, pari per l'Italia rispettivamente al 65% e al 29% delle emissioni del 2005, sono già stati raggiunti.

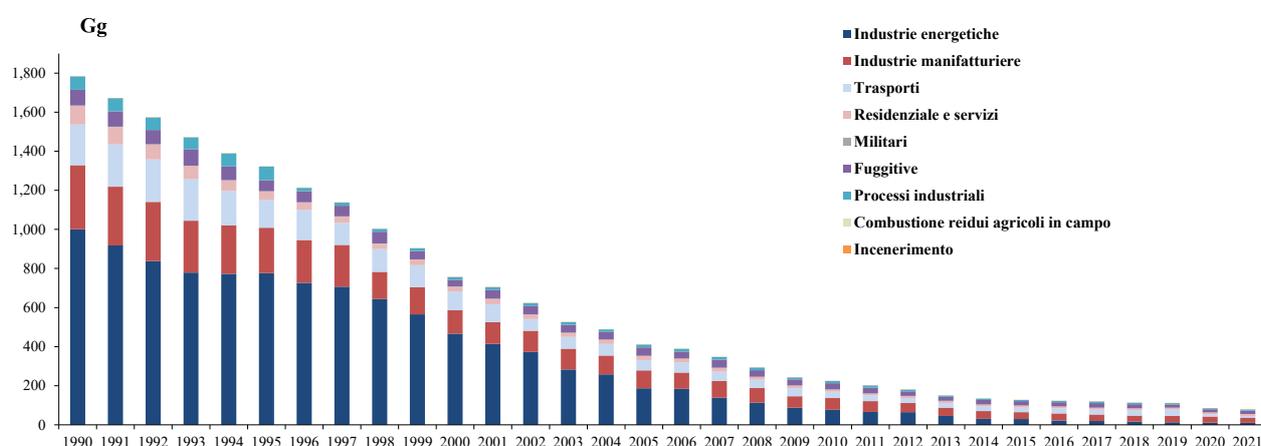


Figura 4-28 Serie storica delle emissioni di ossidi di zolfo.

Il trend decrescente è determinato principalmente dalla riduzione delle emissioni da combustione nel settore energetico (-99%) e nell'industria (-91%), che rappresentavano nel 2021 rispettivamente circa il 13% e il 35% del totale. In forte diminuzione anche le emissioni derivanti dagli impianti di combustione non industriali e dai trasporti stradali (rispettivamente -88% e -100%), ma tali emissioni rappresentavano circa il 13% e lo 0,5% del totale nel 2021. I processi produttivi e gli altri trasporti presentano un andamento decrescente significativo, incidendo sul totale per il 24% e il 10% e scendendo rispettivamente di circa -86% e -92%.

L'andamento delle emissioni, specialmente in campo industriale, mostra una riduzione nei primi anni ottanta dovuta principalmente all'utilizzo del gas naturale in sostituzione del carbone nella produzione di energia (e quindi il passaggio a combustibili con minor tenore di carbonio) e all'attuazione della Direttiva CEE 75/716 che introduce norme più restrittive e vincoli sul contenuto di zolfo dei combustibili liquidi.

Tabella 4-15 Serie storica delle emissioni di ossidi di zolfo per settore.

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2017	2018	2019	2020	2021
<b>Gg</b>											
Industrie energetiche	1,000.8	776.4	466.8	187.0	77.1	29.6	19.1	16.9	13.4	10.9	9.9
Residenziale e servizi	82.1	32.4	25.0	22.7	12.1	10.3	10.1	10.4	10.1	9.8	9.8

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2017	2018	2019	2020	2021
<b>Gg</b>											
Industria manifatturiera	324.1	230.7	119.8	91.4	60.0	35.3	33.6	30.0	31.7	31.4	27.6
Processi industriali	136.0	115.5	38.8	46.4	35.9	24.3	26.8	23.5	20.0	16.7	19.1
Uso di solvente e altri prodotti	0.009	0.009	0.032	0.040	0.032	0.017	0.013	0.013	0.013	0.008	0.005
Trasporto su strada	129.3	71.6	11.9	2.2	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.4
Altri trasporti	98.3	84.1	84.0	50.6	31.7	23.1	24.4	27.8	32.1	11.8	7.6
Trattamento rifiuti	12.9	11.6	10.0	10.7	7.0	4.5	4.7	4.3	3.8	4.0	4.1
Agricoltura	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
<b>Totale</b>	<b>1,783.4</b>	<b>1,322.3</b>	<b>756.4</b>	<b>411.0</b>	<b>224.3</b>	<b>127.5</b>	<b>119.3</b>	<b>113.5</b>	<b>111.6</b>	<b>84.9</b>	<b>78.6</b>

Le emissioni atmosferiche nazionali di ossidi di azoto ( $\text{NO}_x$ ) mostrano un trend decrescente nel periodo 1990-2021, passando da 2124 Gg a 611 Gg. Le emissioni totali mostrano una riduzione di circa il 73%, con un netto calo tra il 1995 e il 2000, soprattutto nei settori del trasporto stradale e delle industrie energetiche. Il valore obiettivo delle emissioni, fissato per il 2010 dalla Direttiva NEC a 990 Gg è stato raggiunto e continua ad essere rispettato. Nel 2015, nel quadro della Convenzione UNECE/CLRTAP è stato stabilito per l'Italia un nuovo obiettivo pari al 60% delle emissioni del 2005 nel 2020 ed è stato raggiunto. Inoltre, la revisione della Direttiva sui limiti nazionali di emissione ha stabilito un obiettivo per l'Italia pari al 35% delle emissioni del 2005 da raggiungere nel 2030.

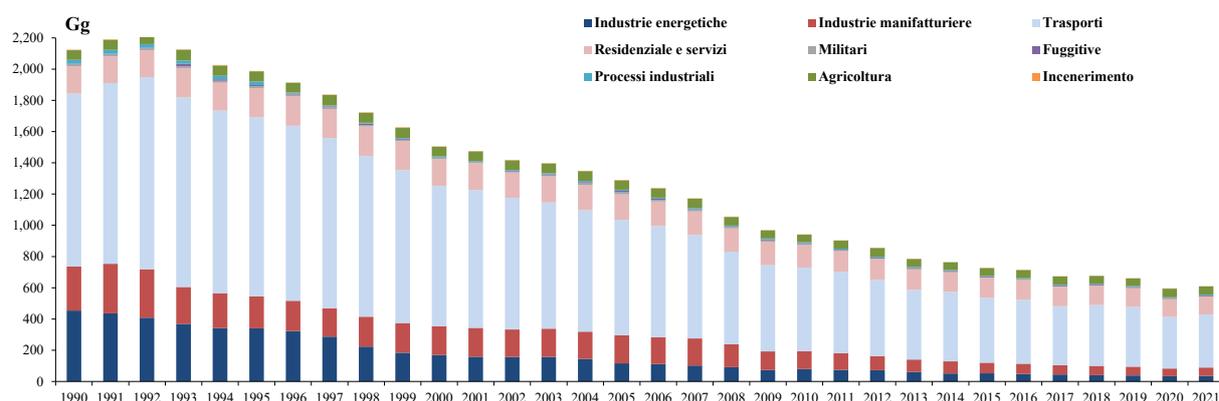


Figura 4-29 Serie storica delle emissioni di ossidi di azoto.

La principale fonte di emissioni è il trasporto stradale (circa il 42% nel 2021), che presenta una riduzione del 74% tra il 1990 e il 2021; gli altri tipi di trasporto nel 2021 contribuiscono alle emissioni totali per il 20% con una riduzione del 54% rispetto al 1990. La combustione nel settore energetico e nell'industria mostra una diminuzione rispettivamente di circa il 92% e l'80%, con una quota sul totale delle emissioni rispettivamente

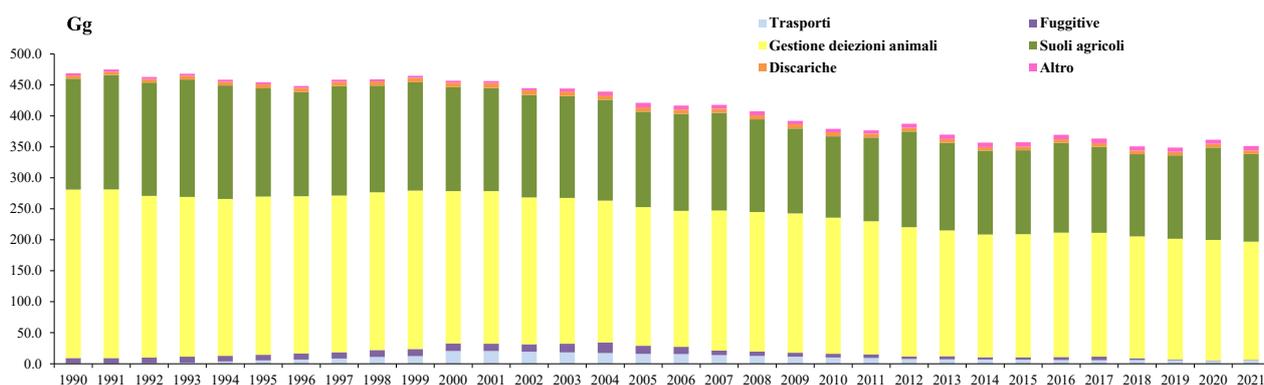
## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

circa il 6% e l'8% nel 2021. Tra i settori interessati, l'unico che evidenzia un aumento delle emissioni è quello civile (residenziale e servizi) che mostrano un aumento del 33%, rappresentando il 14% del totale. Per quanto riguarda il trasporto su strada, il trend è il risultato di due andamenti opposti: da un lato l'aumento delle emissioni nei primi anni della serie storica, con un picco nel 1992, dovuto all'aumento della flotta e del chilometraggio totale sia di passeggeri che di merci trasportate su strada, e dall'altro l'introduzione di tecnologie per ridurre le emissioni dei veicoli, come la marmitta catalitica, previste dalle Direttive Europee, in particolare le Direttive 91/441/CE, 94/12/CE e 98/69/CE e successive modifiche ed integrazioni.

Tabella 4-16 Serie storica delle emissioni di ossidi di azoto per settore.

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2017	2018	2019	2020	2021
<b>Gg</b>											
Industrie energetiche	457.4	344.3	172.6	117.9	81.3	52.4	45.6	41.6	38.7	34.0	35.8
Residenziale e servizi	63.8	65.2	64.7	74.9	85.5	86.2	87.3	86.4	86.1	82.9	85.1
Industria manifatturiera	250.6	182.4	154.0	155.5	99.7	60.3	54.4	53.4	52.2	45.4	49.6
Processi industriali	29.9	31.0	9.2	16.0	10.7	9.5	10.7	10.5	10.5	9.3	10.4
Uso di solvent e altri prodotti	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Trasporto su strada	996.1	1039.6	776.3	628.0	422.7	329.9	287.0	291.7	277.6	222.4	254.3
Altri trasporti	261.5	258.5	262.7	235.2	190.1	137.6	135.1	142.4	145.1	144.8	120.5
Trattamento rifiuti	2.9	3.1	2.6	2.9	2.6	2.4	2.4	2.3	2.3	2.3	2.3
Agricoltura	61.7	64.1	63.3	59.6	49.5	49.9	51.6	49.5	49.0	55.1	52.7
<b>Totale</b>	<b>2,124.1</b>	<b>1,988.2</b>	<b>1,505.8</b>	<b>1,290.2</b>	<b>942.3</b>	<b>728.3</b>	<b>674.2</b>	<b>677.8</b>	<b>661.7</b>	<b>596.3</b>	<b>610.7</b>

Le emissioni nazionali di ammoniaca (NH<sub>3</sub>) mostrano un calo nel periodo 1990-2021, passando da 469 Gg a 351 Gg. L'obiettivo fissato per il 2020 nel quadro della Convenzione UNECE/CLRTAP e relativo protocollo è pari per l'Italia al 95% delle emissioni del 2005 ed è stato raggiunto. Inoltre, la revisione della Direttiva ha introdotto un tetto pari all'84% delle emissioni del 2005 per il 2030.



## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Figura 4-30 Serie storica delle emissioni di ammoniaca.

Come si vede nella tabella sotto, nel 2021 l'agricoltura è la principale fonte di emissioni, con un contributo del 95% sul totale delle emissioni di NH<sub>3</sub>; dal 1990 al 2021 le emissioni di questo settore mostrano una diminuzione di circa il 26%. Nello specifico, le emissioni provenienti dall'agricoltura sono diminuite a causa della riduzione del numero di animali, dell'andamento della produzione agricola e dell'introduzione di tecnologie di abbattimento dovute all'attuazione della Direttiva IPPC dell'UE. Negli ultimi anni un'ulteriore riduzione delle emissioni è derivata dall'attuazione dei programmi di sviluppo rurale dell'Unione Europea che prevedono incentivi per l'introduzione di buone pratiche e tecnologie per la protezione ambientale e la mitigazione delle emissioni di gas serra e ammoniaca.

Tabella 4-17 Serie storica delle emissioni di ammoniaca per settore.

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2017	2018	2019	2020	2021
	Gg										
Industrie energetiche	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1
Residenziale e servizi	1.1	1.1	1.0	1.0	1.8	1.6	1.7	1.3	1.3	1.2	1.3
Industria manifatturiera	0.5	0.6	0.6	4.0	1.6	1.0	1.2	1.1	1.1	1.0	1.2
Processi industriali	0.9	0.5	0.5	0.6	0.6	0.5	0.6	0.6	0.5	0.4	0.4
Uso di solvent e altri prodotti	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Geotermia	8.4	9.0	12.3	13.3	6.0	4.1	5.5	2.9	1.1	0.9	0.9
Trasporto su strada	0.8	5.3	20.5	15.7	9.9	6.4	5.6	5.8	5.7	4.4	5.3
Altri trasporti	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Trattamento rifiuti	5.2	6.5	7.4	7.6	7.1	8.7	8.6	8.7	8.8	9.2	9.2
Agricoltura	451.5	430.7	414.0	378.3	351.6	334.4	339.6	329.9	329.8	344.0	332.6
<b>Totale</b>	469.0	454.3	457.0	421.2	379.2	357.4	363.4	350.9	348.9	361.7	351.5

Le emissioni nazionali di COVNM (Composti Organici Volatili diversi dal metano) mostrano un trend decrescente nel periodo 1990-2021, come in figura sotto.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

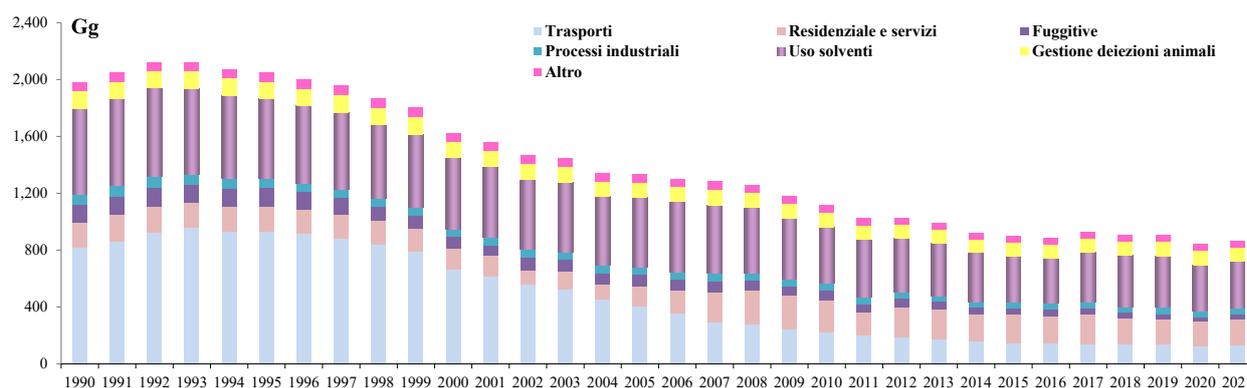


Figura 4-31 Serie storica delle emissioni di COVNM.

L'andamento delle emissioni totali mostra una riduzione di circa il 56% tra il 1990 e il 2021, passando da 1982 Gg a 868 Gg. Nel quadro della Direttiva NEC, è stato raggiunto il valore obiettivo di COVNM per il 2010 fissato a 1159 Gg. L'obiettivo stabilito nel quadro della Convenzione UNECE/CLRTAP per il 2020, pari al 65% del livello di emissioni del 2005, è stato raggiunto escludendo le emissioni del settore agricolo eccetto quelle derivanti dalla combustione dei residui agricoli. Per il rispetto degli obiettivi stabiliti, queste emissioni possono essere sottratte dal totale a causa della loro incertezza. Sempre nell'ambito della Direttiva NEC è stato stabilito per l'Italia un obiettivo pari al 54% delle emissioni del 2005 nel 2030.

Il settore dell'uso di solventi e altri prodotti è la principale fonte di emissioni di COVNM, contribuendo al totale con il 37% e mostrando una diminuzione di circa -46%. Le principali riduzioni riguardano il settore dei trasporti su strada (-85%), che rappresenta il 14% del totale e il settore dell'estrazione e distribuzione di combustibili fossili/geotermia (-66%), che rappresenta solo il 4%. Le emissioni provenienti dall'agricoltura diminuiscono di circa il 17%, rappresentando il 14% del totale nazionale. Nella seguente tabella sono riportate le stime delle emissioni nazionali di COVNM per settore emissivo.

Tabella 4-18 Serie storica delle emissioni di COVNM per settore.

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2017	2018	2019	2020	2021
	<b>Gg</b>										
Industrie energetiche	7.6	7.4	6.1	5.6	4.9	3.7	4.0	3.7	3.7	3.4	3.5
Residenziale e servizi	102.7	112.9	113.3	121.8	216.3	188.7	200.5	173.9	172.3	164.6	175.4
Industria manifatturiera	7.2	8.0	8.4	8.4	6.7	6.7	6.8	6.8	6.6	6.1	7.3
Processi industriali	113.8	103.3	88.5	92.3	74.5	57.4	55.6	53.6	54.7	56.4	56.2
Uso di solventi e altri prodotti	90.9	103.7	56.6	53.9	48.6	37.7	38.3	35.4	31.2	28.8	30.6
Geotermia	596.5	550.7	488.2	473.8	388.2	312.2	340.2	351.4	353.2	312.6	319.8
Trasporto su strada	767.1	878.7	608.7	358.7	184.3	130.4	123.9	122.2	122.0	109.8	117.4
Altri trasporti	133.4	122.0	97.9	73.9	51.7	30.1	26.3	26.3	25.3	24.5	21.7

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2017	2018	2019	2020	2021
<b>Gg</b>											
Trattamento rifiuti	11.3	13.0	12.7	13.3	12.0	10.9	10.6	10.5	10.4	10.8	10.6
Agricoltura	151.0	151.0	144.5	133.1	125.8	121.7	124.8	124.3	124.2	126.3	125.4
<b>Totale</b>	<b>1,981.5</b>	<b>2,050.7</b>	<b>1,624.9</b>	<b>1,334.8</b>	<b>1,112.9</b>	<b>899.4</b>	<b>930.8</b>	<b>908.0</b>	<b>903.8</b>	<b>843.1</b>	<b>868.0</b>

Le emissioni dal settore relativo all'uso di solventi e altri prodotti derivano da numerose attività quali verniciatura (sia domestica che industriale), sgrassaggio e lavaggio a secco, produzione e lavorazione di prodotti chimici, altro uso di solventi e attività correlate compreso l'uso di prodotti domestici che contengono solventi, come cosmetici e prodotti per la casa. Riduzioni significative si sono verificate negli anni novanta con l'introduzione nel mercato di prodotti a basso contenuto di solventi nelle vernici e con la riduzione della quantità totale di solventi organici utilizzati nello sgrassaggio dei metalli e nelle colle e negli adesivi; inoltre, in molti casi, le autorità locali hanno imposto apparecchiature di abbattimento nel settore della verniciatura industriale e imposto la sostituzione delle lavatrici a ciclo aperto con macchine per lavanderia a ciclo chiuso ancor prima che entrasse in vigore la Direttiva UE 99/13/CE.

L'andamento delle emissioni nazionali di PM2.5 è in diminuzione tra il 1990 e il 2021, con una variazione da 233 Gg a 147 Gg. Nell'ambito della convenzione UNECE/CLRTAP è stato stabilito un obiettivo per questo inquinante. L'Italia avrebbe dovuto ridurre nel 2020 le proprie emissioni di PM2.5 del 10% rispetto al livello di emissione del 2005 e questo è stato raggiunto mentre è stato stabilito un obiettivo per il 2030 pari al 60% delle emissioni del 2005.

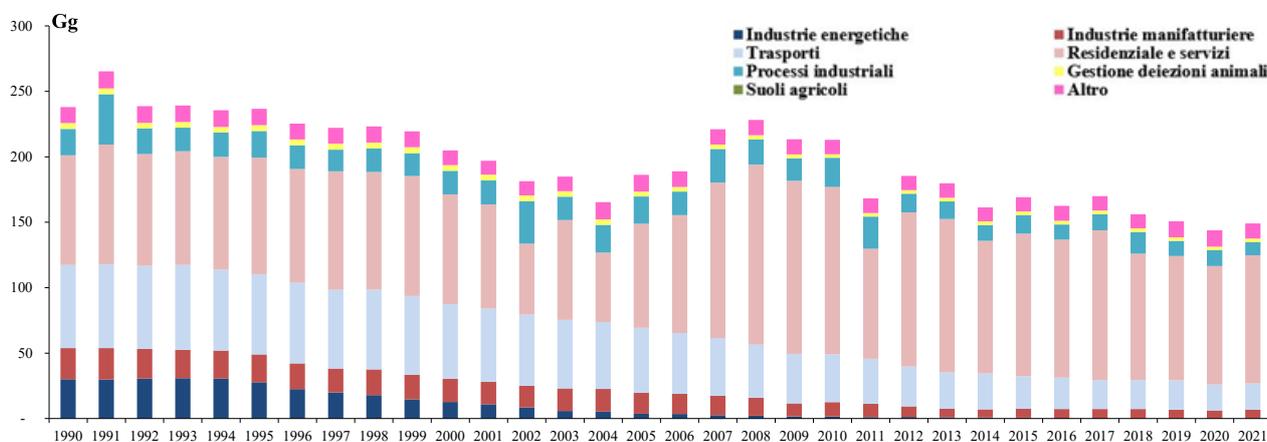


Figura 4-32 Serie storica delle emissioni di PM2.5.

Le emissioni totali mostrano una riduzione globale dal 1990 al 2021 di circa il 37%. Nello specifico, le emissioni derivanti dal trasporto su strada, che rappresentano il 9% delle emissioni totali, diminuiscono di circa il 75%. Le emissioni provenienti dal settore degli Altri trasporti mostrano una riduzione del 74%, rappresentando al 2021 il 6% delle emissioni totali. Le emissioni provenienti dal civile (residenziale e riscaldamento) e dall'industria manifatturiera rappresentano rispettivamente il 66% e il 4% del totale, ma mentre i primi mostrano un aumento di circa il 44%, le seconde diminuiscono di circa il 68%. Il settore agricolo, che rappresenta il 4% delle emissioni totali nel 2021, ha ridotto le proprie emissioni del 25% nel 2021 rispetto al 1990. Infine, le emissioni derivanti dal trattamento e smaltimento dei rifiuti, che rappresentano il 4% del totale nel 2021, mostrano un aumento di circa il 13%. Il calo maggiore si osserva per le industrie energetiche (-98%), però con un'incidenza sul totale inferiore all'1% nel 2021.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Per quanto riguarda le emissioni nazionali di metalli pesanti o inquinanti organici persistenti si rinvia all'Informative Inventory Report 2023 che riporta in modo analogo ai precedenti inquinanti l'analisi dei trend e dei driver che influenzano l'andamento (<https://www.ceip.at/status-of-reporting-and-review-results/2023-submission>).

4.4.3 Qualità dell'aria

L'analisi dello stato della qualità dell'aria e dei trend è effettuata sulla base dei dati misurati dalle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria appartenenti alle reti regionali. Le reti di monitoraggio sono il principale strumento per la valutazione della qualità dell'aria, formula con cui possiamo intendere l'insieme delle attività che hanno come obiettivo verificare se sul territorio di uno Stato siano rispettati i valori limite e raggiunti gli obiettivi stabiliti al fine di prevenire, eliminare o ridurre gli effetti avversi per la salute umana e per l'ecosistema dell'inquinamento atmosferico.

Valutazione della qualità dell'aria ai fini della protezione della salute umana

La tabella Tabella 4-19 schematizza i valori limite per la protezione della salute umana e degli ecosistemi e i valori obiettivo ai sensi del D.Lgs. 155/2010 e i valori di riferimento stabiliti dall'OMS per la protezione della salute umana.

*Tabella 4-19: Valori limite per la protezione della salute umana e valori obiettivo ai sensi del D.Lgs. 155/2010; valori di riferimento stabiliti dall'OMS per la protezione della salute umana*

Inquinante	Obiettivo di protezione ambientale	Periodo di mediazione	Valore limite D.Lgs 155/2010	Valore obiettivo D.Lgs 155/2010	Valore di riferimento OMS <sup>10</sup>
PM <sub>10</sub>	salute umana	1 giorno	50 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 35 volte per anno civile	-	45 µg/m <sup>3</sup> , 99° percentile
	salute umana	Anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>	-	15 µg/m <sup>3</sup>
PM <sub>2.5</sub>	salute umana	Anno civile	25 µg/m <sup>3</sup>	-	5 µg/m <sup>3</sup>
NO <sub>2</sub>	salute umana	1 ora	200 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 18 volte per anno civile	-	200 µg/m <sup>3</sup>
	salute umana	Anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>	-	10 µg/m <sup>3</sup>
Benzo(a)pirene	salute umana, ambiente	Anno civile	-	1,0 ng/m <sup>3</sup>	0,12 ng/m <sup>3</sup>
Arsenico	salute umana, ambiente	Anno civile	-	6 ng/m <sup>3</sup>	6,6 ng/m <sup>3</sup>
Cadmio	salute umana, ambiente	Anno civile	-	5 ng/m <sup>3</sup>	5 ng/m <sup>3</sup>
Nichel	salute umana, ambiente	Anno civile	-	20 ng/m <sup>3</sup>	25 ng/m <sup>3</sup>
Piombo	salute umana	Anno civile	0,5 µg/m <sup>3</sup>	-	0,5 µg/m <sup>3</sup>

<sup>10</sup> Per nichel, arsenico e benzo(a)pirene il valore di riferimento è stimato a partire dal rischio unitario considerando come accettabile un eccesso addizionale di casi pari a 1 su 100.000 esposti. Il rischio unitario è il rischio addizionale di cancro per il tempo di vita per una ipotetica popolazione in cui tutti gli individui siano esposti continuamente, dalla nascita per tutta la vita, alla concentrazione unitaria (1 µg/m<sup>3</sup>) dell'agente nell'aria inalata.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Inquinante	Obiettivo di protezione ambientale	Periodo di mediazione	Valore limite D.Lgs 155/2010	Valore obiettivo D.Lgs 155/2010	Valore di riferimento OMS <sup>10</sup>
CO	salute umana	1 giorno	10 mg/m <sup>3</sup> media massima giornaliera su 8 ore	-	10 mg/m <sup>3</sup> media massima giornaliera su 8 ore
SO <sub>2</sub>	salute umana	1 ora	350 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 24 volte per anno civile	-	-
	salute umana	1 giorno	125 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 3 volte per anno civile	-	40 µg/m <sup>3</sup> , 99° percentile
Benzene	salute umana	Anno civile	5 µg/m <sup>3</sup>	-	1,7 µg/m <sup>3</sup>

Per tener conto degli effetti nocivi del biossido di zolfo e del biossido di azoto sulla salute umana, sono stati introdotte anche delle soglie di allarme. Tali soglie di allarme sono riportate nella tabella seguente:

Tabella 4-20: Soglie di allarme per la protezione della salute umana ai sensi del D.Lgs.155/2010

Inquinante	Soglie di allarme
SO <sub>2</sub>	500 µg/m <sup>3</sup>
NO <sub>2</sub>	400 µg/m <sup>3</sup>

Per il PM<sub>2,5</sub> è individuato, a livello nazionale, un Indicatore di Esposizione Media (IEM); si tratta di un livello medio da determinare sulla base di misurazioni effettuate da stazioni di fondo ubicate in siti fissi di campionamento urbani presso l'intero territorio nazionale e che riflette l'esposizione della popolazione.

L'IEM e l'obiettivo di riduzione dell'esposizione al PM<sub>2,5</sub> sono riportati in Tabella 4-21.

Tabella 4-21: PM<sub>2,5</sub> Indicatore di esposizione media e obiettivo di riduzione dell'esposizione ex allegato XIV D.Lgs. 155/2010.

IEM 2010 (base medie annuali 2009 – 2011)	Obiettivo di riduzione entro il 2020
[PM <sub>2,5</sub> ] ≤ 8,5 µg/m <sup>3</sup>	0%
8,5 < [PM <sub>2,5</sub> ] < 13 µg/m <sup>3</sup>	10%
13 ≤ [PM <sub>2,5</sub> ] < 18 µg/m <sup>3</sup>	15%
18 ≤ [PM <sub>2,5</sub> ] < 22 µg/m <sup>3</sup>	20%
[PM <sub>2,5</sub> ] ≥ 22 µg/m <sup>3</sup>	Raggiungere 18 µg/m <sup>3</sup>

I valori soglia di informazione e di allarme e i valori obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana e della vegetazione dell'ozono nell'aria ambiente ai sensi del D.Lgs. 155/2010 sono invece riportati nella Tabella 6.

Tabella 4-22: O<sub>3</sub> Soglia di informazione, soglia di allarme, obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana e per la protezione della vegetazione ai sensi del D.Lgs. 155/2010

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

	Valore	Periodo di mediazione	Data entro la quale deve essere raggiunto il valore obiettivo	Valore di riferimento OMS
Soglia di informazione	180 µg/m <sup>3</sup>	1 ora	-	
Soglia di allarme	240 µg/m <sup>3</sup>	1 ora	-	
Valore obiettivo per la protezione della salute umana	120 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 25 volte per anno civile come media su tre anni	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore (media su tre anni)	01/01/2010	
Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana	120 µg/m <sup>3</sup>	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore nell'anno	-	100 µg/m <sup>3</sup> , 99° percentile

Lo stato e il trend (se disponibile) per le principali sostanze inquinanti aerodisperse in Italia sono di seguito analizzati con particolare riferimento per gli inquinanti i cui livelli superano sistematicamente, su un'area significativa del territorio nazionale, gli standard di qualità dell'aria stabiliti dal D.Lgs 155/2010 e s.m.i.

Per questi inquinanti i risultati dell'analisi dei trend per stazione sono disponibili su ISPRA - banca dati indicatori ambientali (<https://indicatoriambientali.isprambiente.it/it/qualita-dellaria>) e per ulteriori dettagli su richiesta.

#### Inquinanti i cui livelli superano sistematicamente gli standard di qualità dell'aria

##### Materiale particolato PM<sub>10</sub>

Le stazioni di monitoraggio che hanno misurato e comunicato dati di PM<sub>10</sub> nel 2022 sono 596. Di queste 547 (92% del totale) hanno copertura temporale minima del 90% (al netto delle perdite di dati dovute alla taratura periodica o alla manutenzione ordinaria). Tutte le regioni sono rappresentate. La classificazione delle stazioni di monitoraggio di PM<sub>10</sub> secondo i criteri di ubicazione su macroscale previsti dalla normativa è rappresentata nella Figura 4-33.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

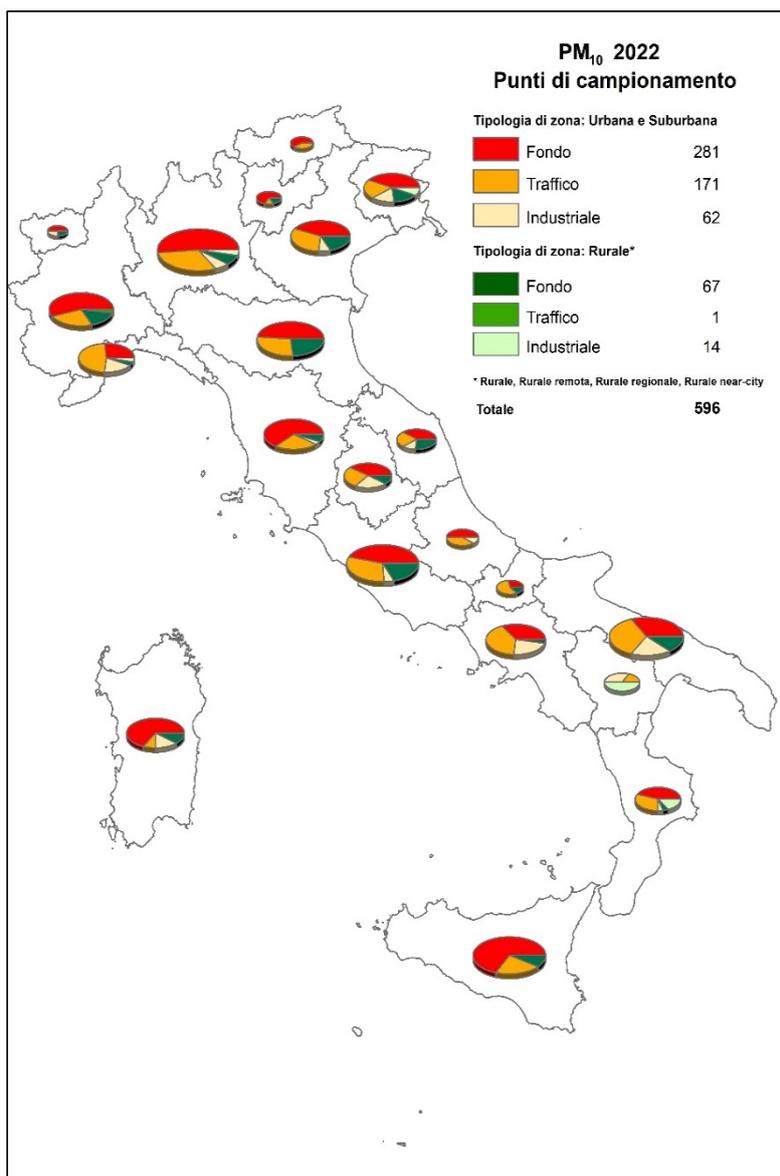


Figura 4-33: PM<sub>10</sub>. Classificazione dei punti di campionamento secondo i criteri di ubicazione su macroscale di cui all'Allegato III, D.Lgs.155/2010 (2022). Fonte: ISPRA

È stato registrato un unico superamento del valore limite annuale, pari allo 0,2% dei casi (Figura 3). Il valore limite giornaliero è stato superato in 111 stazioni (pari al 20% dei casi) in larga parte situate nel bacino padano e in alcune aree urbane del Centro – Sud (Figura 4-34). Risultano infine superati nella maggior parte delle stazioni di monitoraggio sia il valore di riferimento annuale dell'OMS (93% dei casi), sia quello giornaliero (88% dei casi)

Nel 2022 i superamenti del valore limite giornaliero hanno interessato 28 zone su 82 distribuite in 10 regioni, mentre i superamenti del valore limite annuale hanno interessato 3 zone su 82, due nella Regione Lazio (le zone *Valle del Sacco* e *Litoranea* sono state valutate in superamento mediante simulazioni modellistiche) e l'agglomerato Napoli-Caserta in Campania.

Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

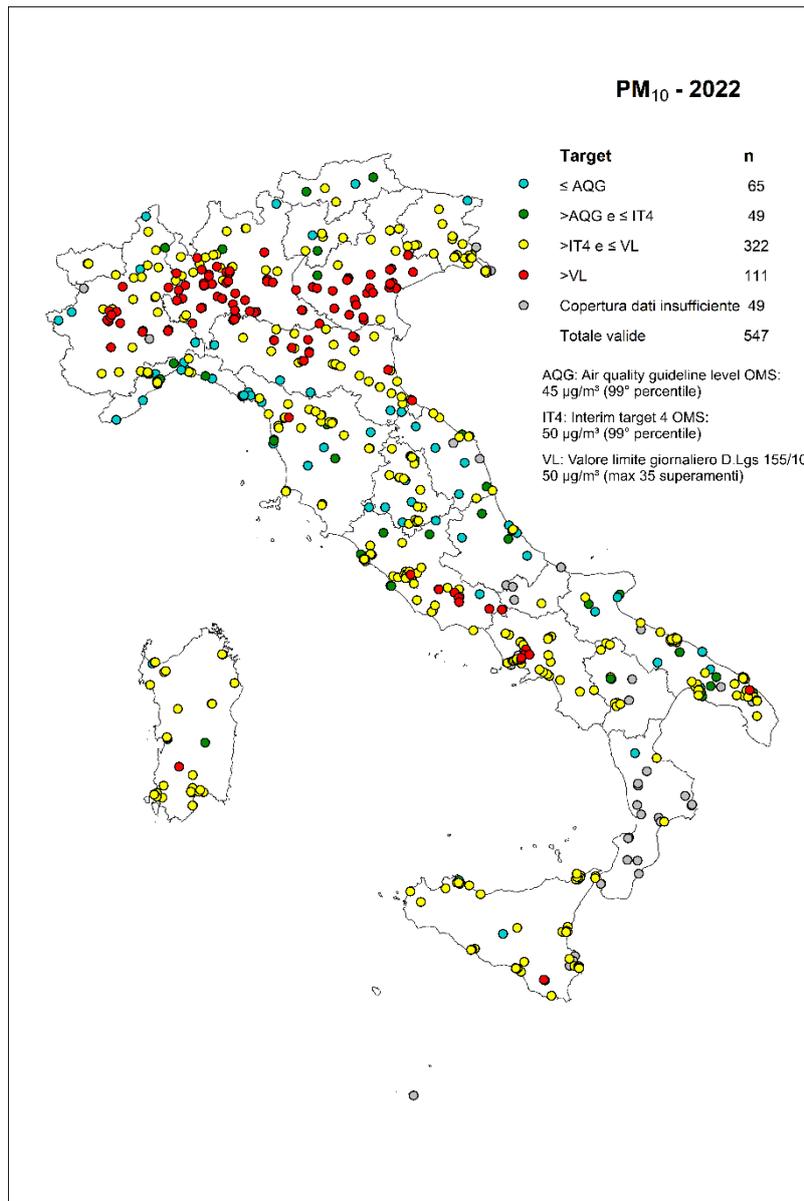


Figura 4-34: PM<sub>10</sub>. Stazioni di monitoraggio e superamenti del valore limite giornaliero per la protezione della salute (2022). Fonte: ISPRA

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

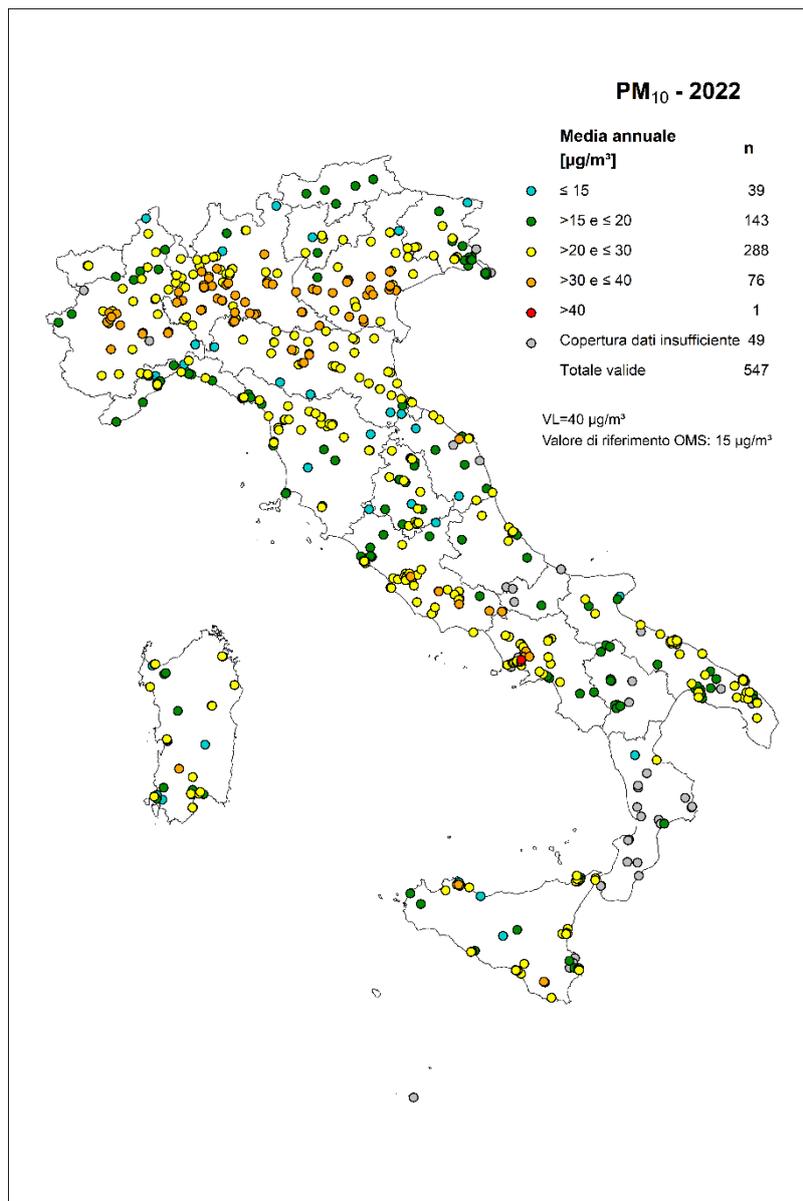


Figura 4-35: PM<sub>10</sub>. Stazioni di monitoraggio e superamenti del valore limite annuale per la protezione della salute (2022). Fonte: ISPRA

La mappa dei trend (Figura 4-36) illustra, stazione per stazione, la tendenza di fondo esistente in termini di variazione della concentrazione annuale media nel decennio 2013-2022.

Per il PM<sub>10</sub> non è possibile individuare un trend statisticamente significativo nel 48% dei casi (221 stazioni di monitoraggio su 462) (Figura 4-37).

Si osserva invece un trend decrescente statisticamente significativo nel 45% dei casi (208 stazioni di monitoraggio su 462), con variazione annuale media stimata: -0,6 µg/m<sup>3</sup> [-2,5 µg/m<sup>3</sup> ÷ -0,2 µg/m<sup>3</sup>]. Sulla porzione di campione considerato per il quale è stato individuato un trend decrescente statisticamente significativo, si osserva una riduzione media annuale del 2,1% (-5,9% ÷ -0,9%).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

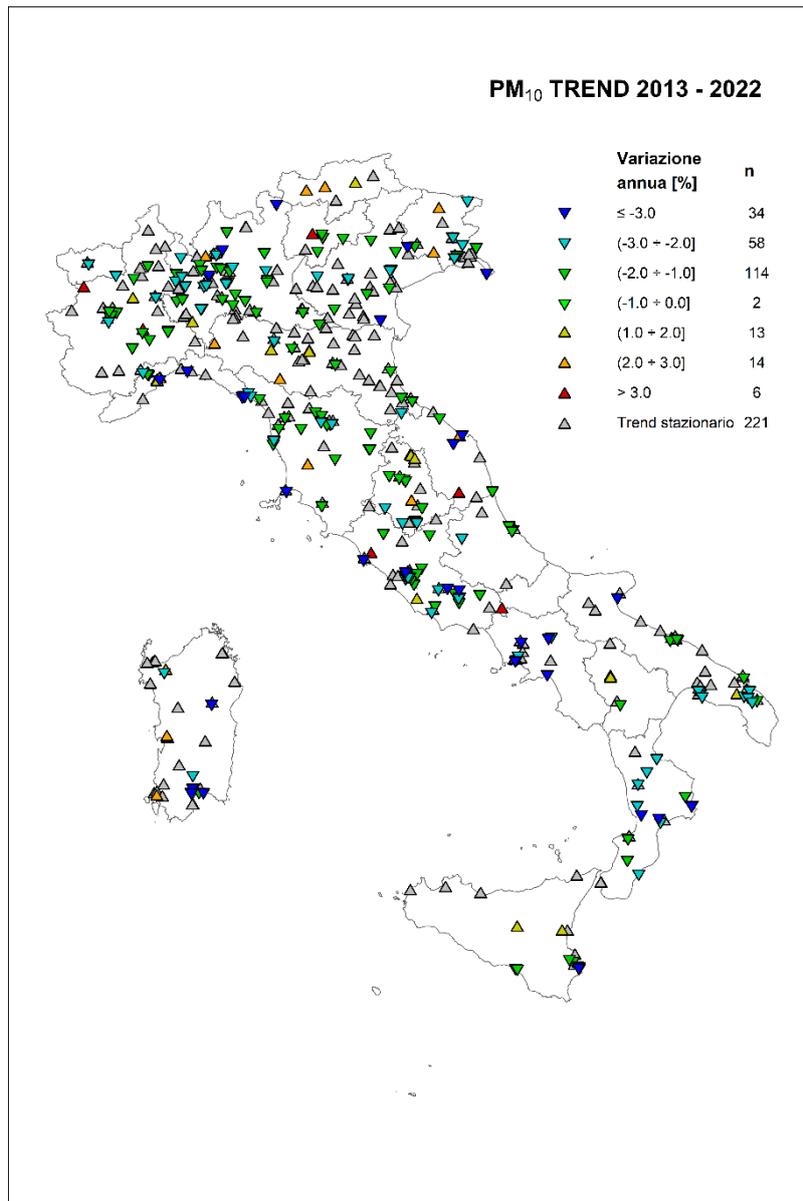


Figura 4-36: PM<sub>10</sub>. Mappa dell'analisi del trend (2013 – 2022) con il test di Kendall corretto per la stagionalità delle concentrazioni di PM<sub>10</sub> in Italia su una selezione di 462 stazioni di monitoraggio distribuite sul territorio nazionale. Fonte: ISPRA

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

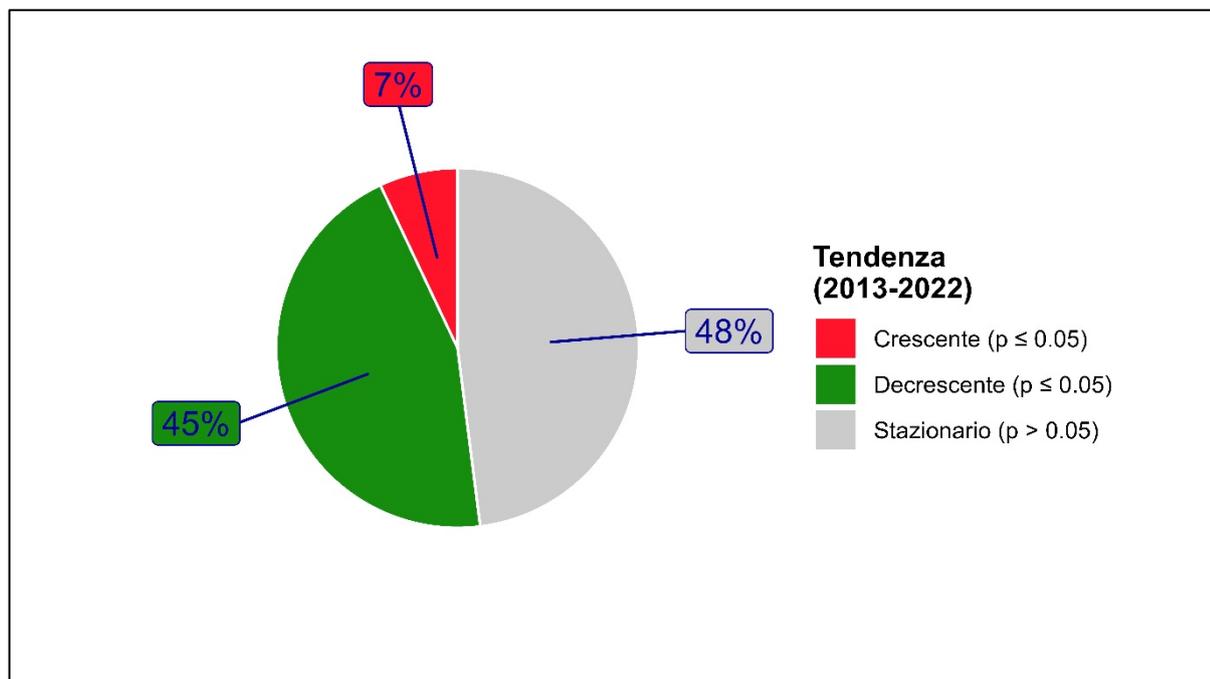


Figura 4-37:  $PM_{10}$ . Sintesi dei risultati dell'analisi del trend (2013 – 2022) con il test di Kendall corretto per la stagionalità delle concentrazioni di  $PM_{10}$  in Italia su una selezione di 462 stazioni di monitoraggio distribuite sul territorio nazionale. Fonte: ISPRA

Materiale particolato  $PM_{2,5}$ 

Le stazioni di monitoraggio che hanno misurato e comunicato dati di  $PM_{2,5}$  nel 2022 sono 336, di queste, 299 (89% del totale) hanno copertura temporale minima del 90% (al netto delle perdite di dati dovute alla taratura periodica o alla manutenzione ordinaria). Tutte le regioni sono rappresentate. La classificazione delle stazioni di monitoraggio del  $PM_{2,5}$  secondo i criteri di ubicazione su macroscale previsti dalla normativa è rappresentata in Figura 4-38.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

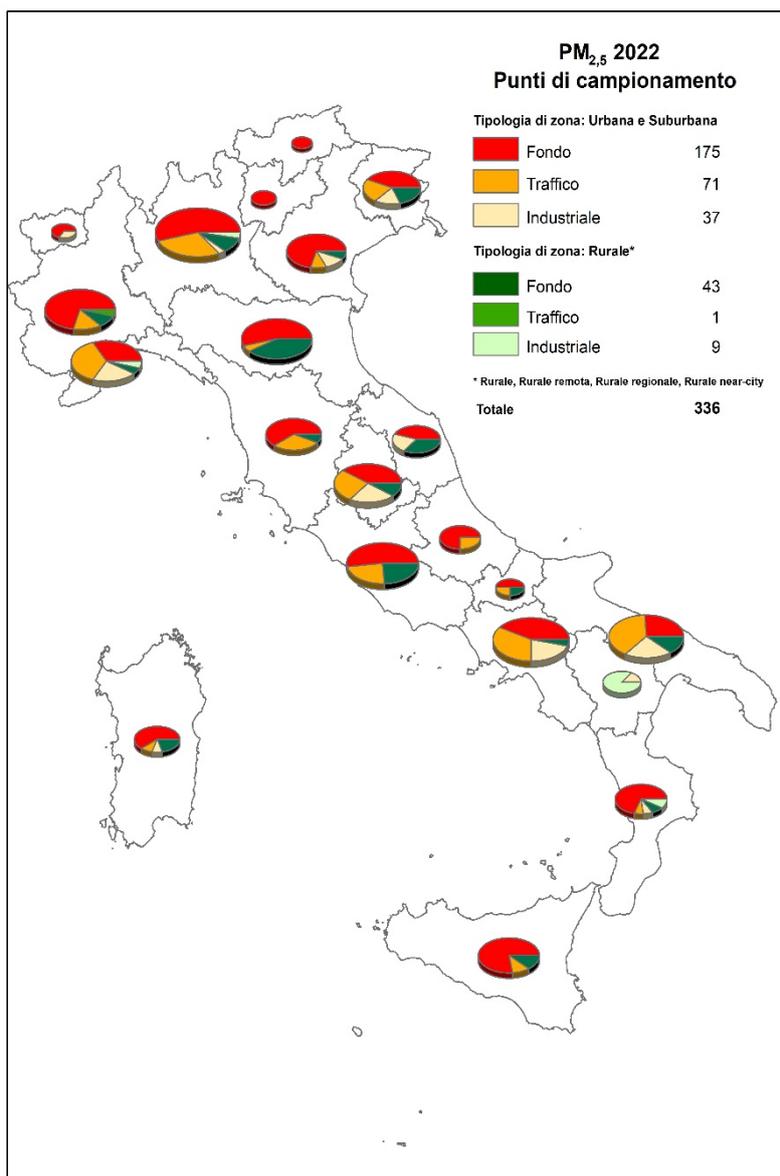


Figura 4-38: PM<sub>2,5</sub>. Classificazione dei punti di campionamento secondo i criteri di ubicazione su macroscale di cui all'Allegato III, D.Lgs. 155/2010 (2022)

Il valore limite annuale ( $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), è stato superato in quattro stazioni pari all'1,3% dei casi. Il valore di riferimento OMS annuale ( $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) è stato superato in 298 stazioni (99,7% dei casi) (Figura 4-39).

I superamenti del valore limite annuale hanno interessato 6 zone su 82 distribuite in 3 regioni due in Lombardia, tre nel Lazio (due delle tre zone- *Valle del Sacco*, *Appenninica* e *Litoranea* - sono state valutate in superamento mediante simulazioni modellistiche) e una in Campania.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

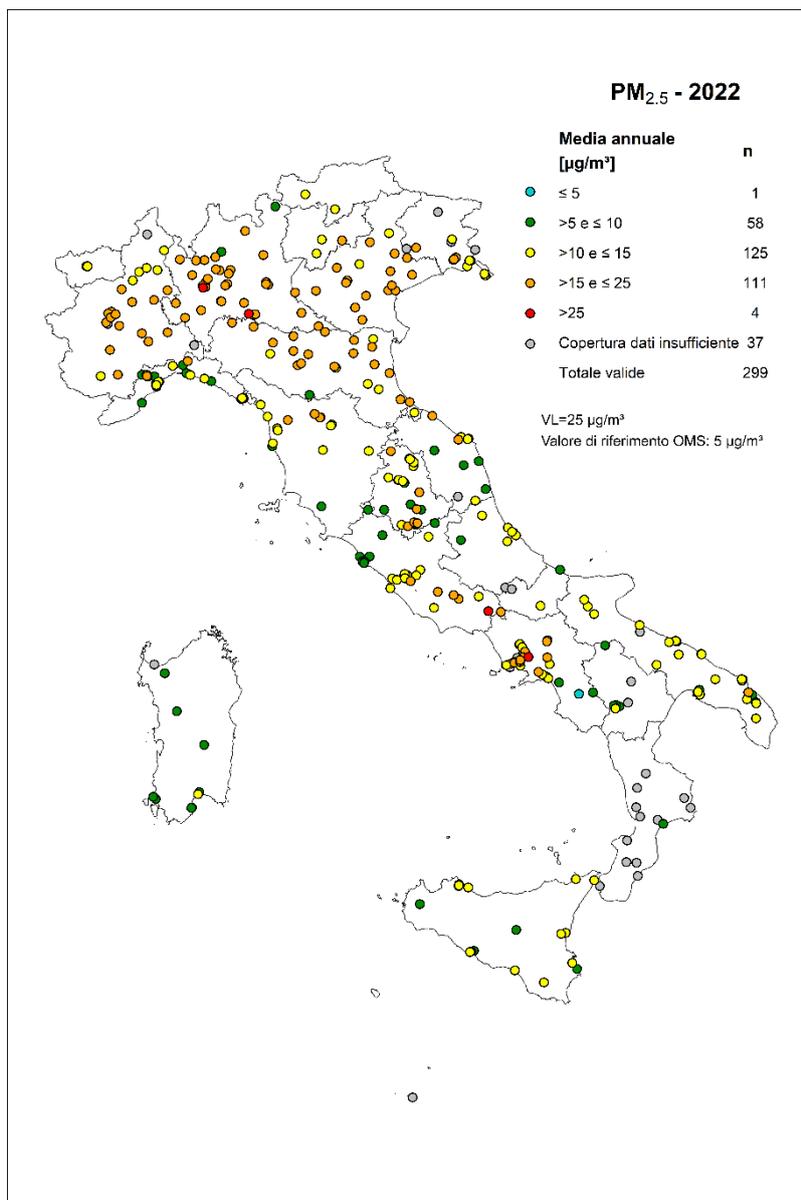


Figura 4-39: PM<sub>2,5</sub>. Stazioni di monitoraggio e superamenti del valore limite annuale per la protezione della salute (2022). Fonte: ISPRA

La mappa dei trend (Figura 4-40) illustra, stazione per stazione, la tendenza di fondo esistente in termini di variazione della concentrazione annuale media nel decennio 2013-2022.

Per il PM<sub>2,5</sub> si osserva un trend decrescente statisticamente significativo nel 69% dei casi (153 stazioni di monitoraggio su 221) (Figura 4-41), con variazione annuale media stimata pari a -0,5 µg/m<sup>3</sup>y [-1,3 µg/m<sup>3</sup>y ÷ -0,1 µg/m<sup>3</sup>y]. Sulla porzione di campione considerato per il quale è stato individuato un trend decrescente statisticamente significativo si osserva una riduzione media annuale del 2,5% (-6,9% ÷ -1,1%).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

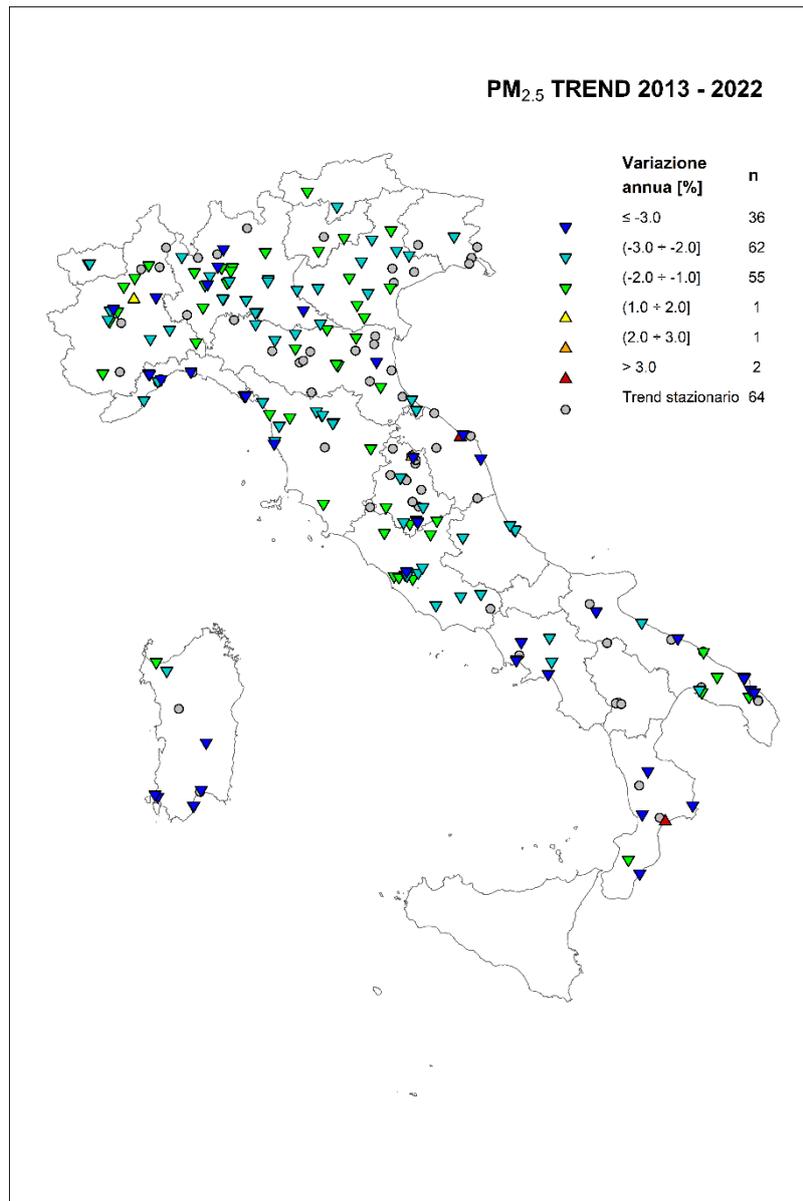


Figura 4-40: PM<sub>2,5</sub>. Mappa dell'analisi del trend (2013 – 2022) con il test di Kendall corretto per la stagionalità delle concentrazioni di PM<sub>2,5</sub> in Italia su una selezione di 221 stazioni di monitoraggio distribuite sul territorio nazionale. Fonte: ISPRA

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

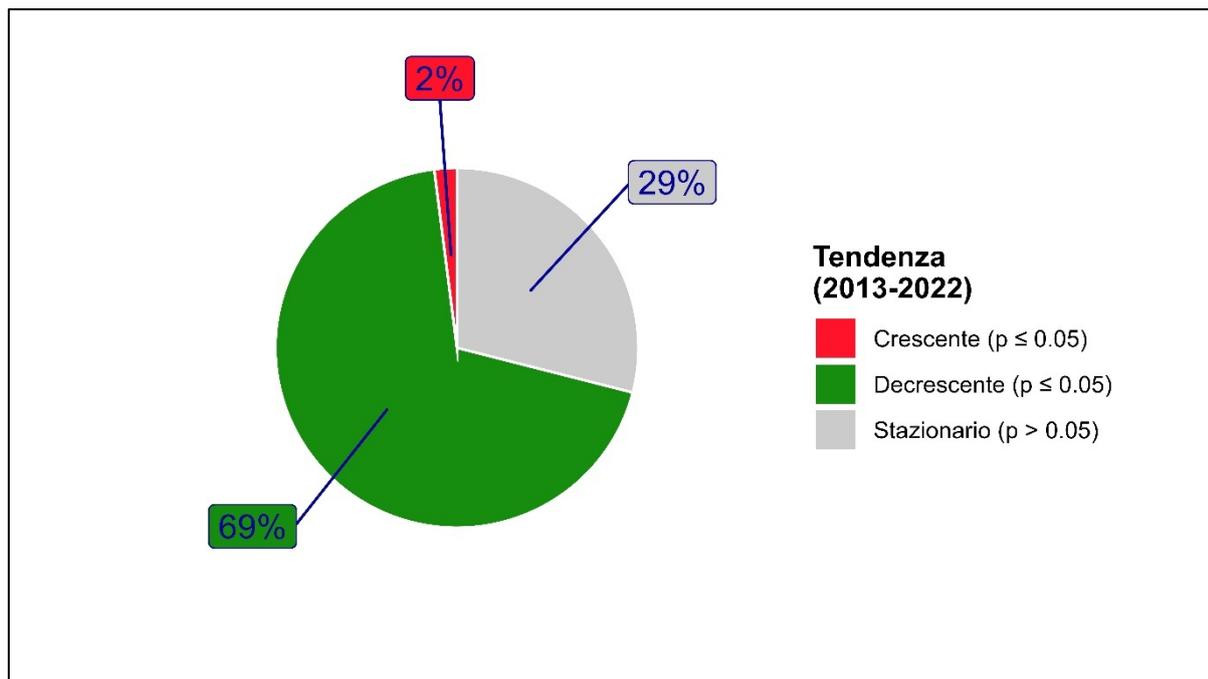


Figura 4-41:  $PM_{2,5}$ . Sintesi dei risultati dell'analisi del trend (2013 – 2022) con il test di Kendall corretto per la stagionalità delle concentrazioni di  $PM_{2,5}$  in Italia su una selezione di 221 stazioni di monitoraggio distribuite sul territorio nazionale. Fonte: ISPRA

**Biossido di azoto**

Le stazioni di monitoraggio che hanno misurato e comunicato dati di  $NO_2$  nel 2022 sono 651. Di queste, 593 (91%) hanno copertura temporale minima del 90% (al netto delle perdite di dati dovute alla taratura periodica o alla manutenzione ordinaria). Tutte le regioni sono rappresentate. La classificazione delle stazioni di monitoraggio di  $NO_2$  secondo i criteri di ubicazione su macroscale previsti dalla normativa è rappresentata nella Figura seguente.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

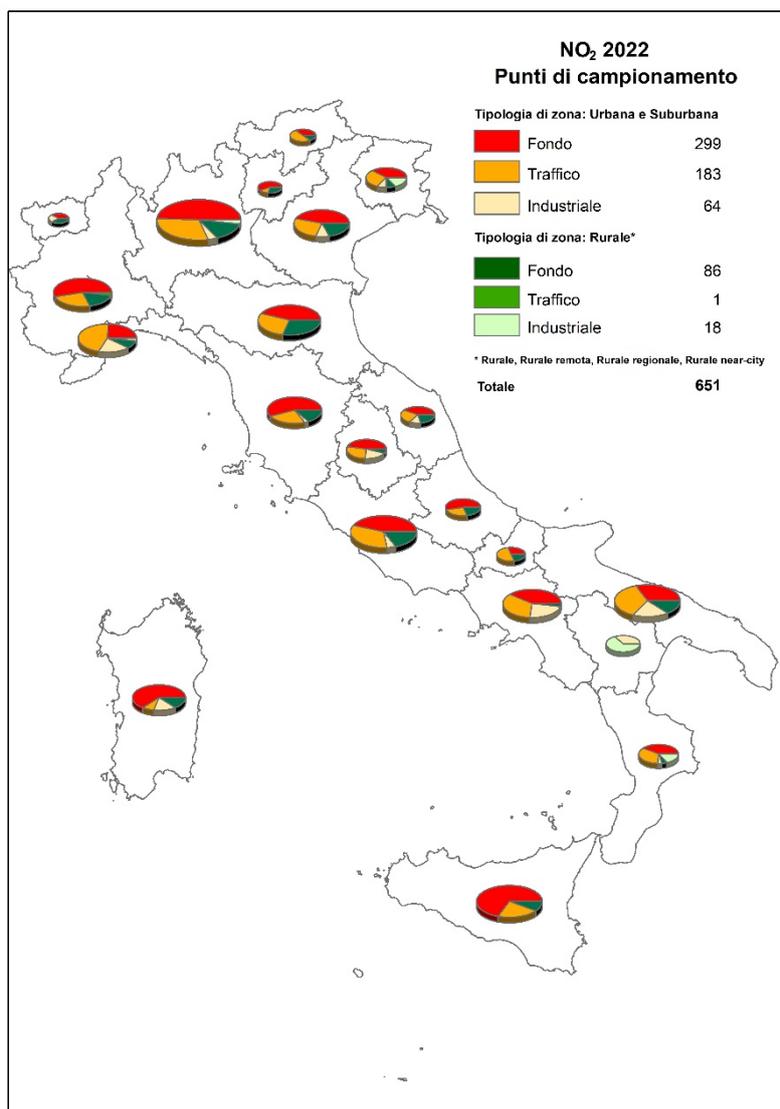


Figura 4-42: NO<sub>2</sub>. Classificazione dei punti di campionamento secondo i criteri di ubicazione su macroscale di cui all'Allegato III, D.Lgs. 155/2010 (2022).

Il Valore limite orario è rispettato sulla totalità del territorio nazionale nel 2022. Il valore di riferimento OMS, che non prevede superamenti dei 200 µg/m<sup>3</sup>, è stato superato in 12 stazioni pari al 2% delle stazioni con copertura temporale sufficiente. Il valore limite annuale pari a 40 µg/m<sup>3</sup> come media annua, che coincide con il valore di riferimento OMS per gli effetti a lungo termine sulla salute umana, è stato superato in 16 stazioni (2,7%) nel 2022 (Figura 4-43). La quasi totalità dei superamenti è stata registrata in stazioni orientate al traffico, localizzate in importanti aree urbane.

I superamenti del valore limite annuale hanno interessato 11 zone su 83 distribuite in 8 Regioni e una Provincia autonoma.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

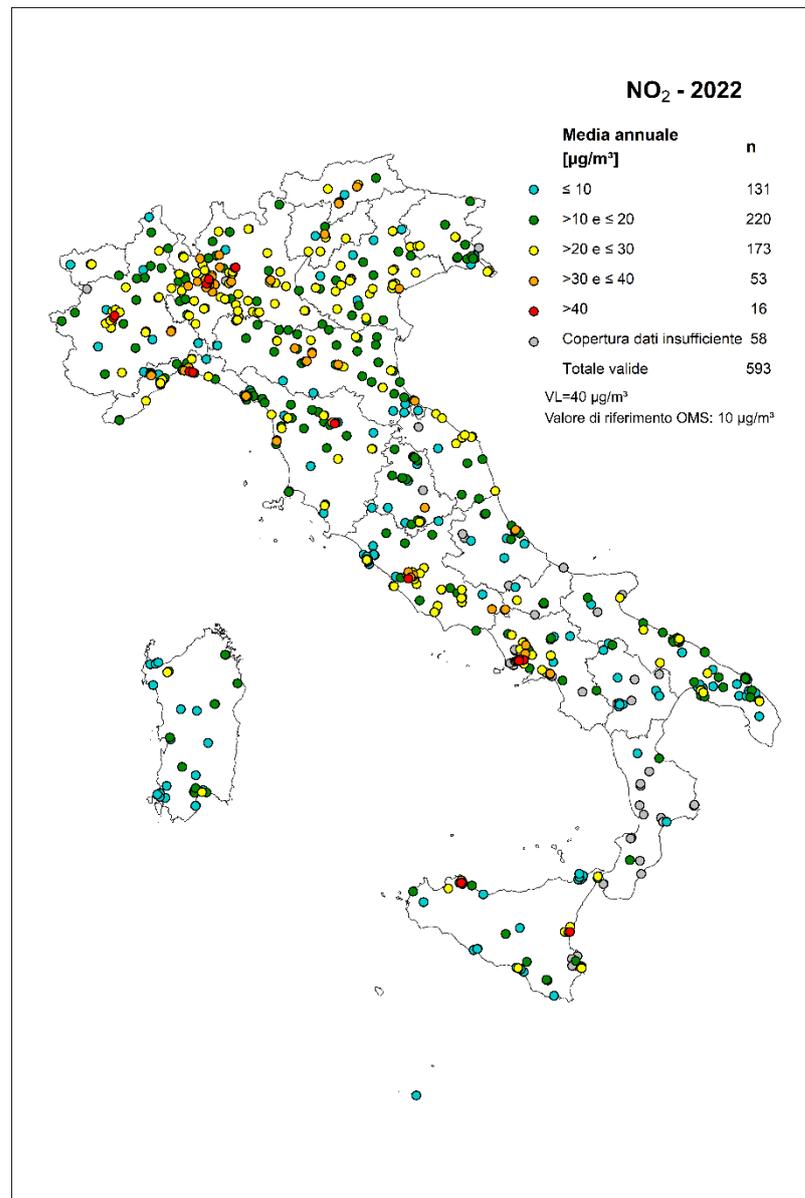


Figura 4-43: NO<sub>2</sub>. Stazioni di monitoraggio e superamenti del valore limite annuale per la protezione della salute (2022). Fonte: ISPRA

La mappa dei trend (Figura 4-44) illustra, stazione per stazione, la tendenza di fondo esistente in termini di variazione della concentrazione annuale media nel decennio 2013-2022.

Per il biossido di azoto è stato evidenziato un trend decrescente statisticamente significativo nel 82% dei casi (438 stazioni di monitoraggio su 533) (Figura 4-45), con una variazione annuale media stimata pari a -1,0 µg/m<sup>3</sup>y [-5,1 µg/m<sup>3</sup>y ÷ -0,0 µg/m<sup>3</sup>y].

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

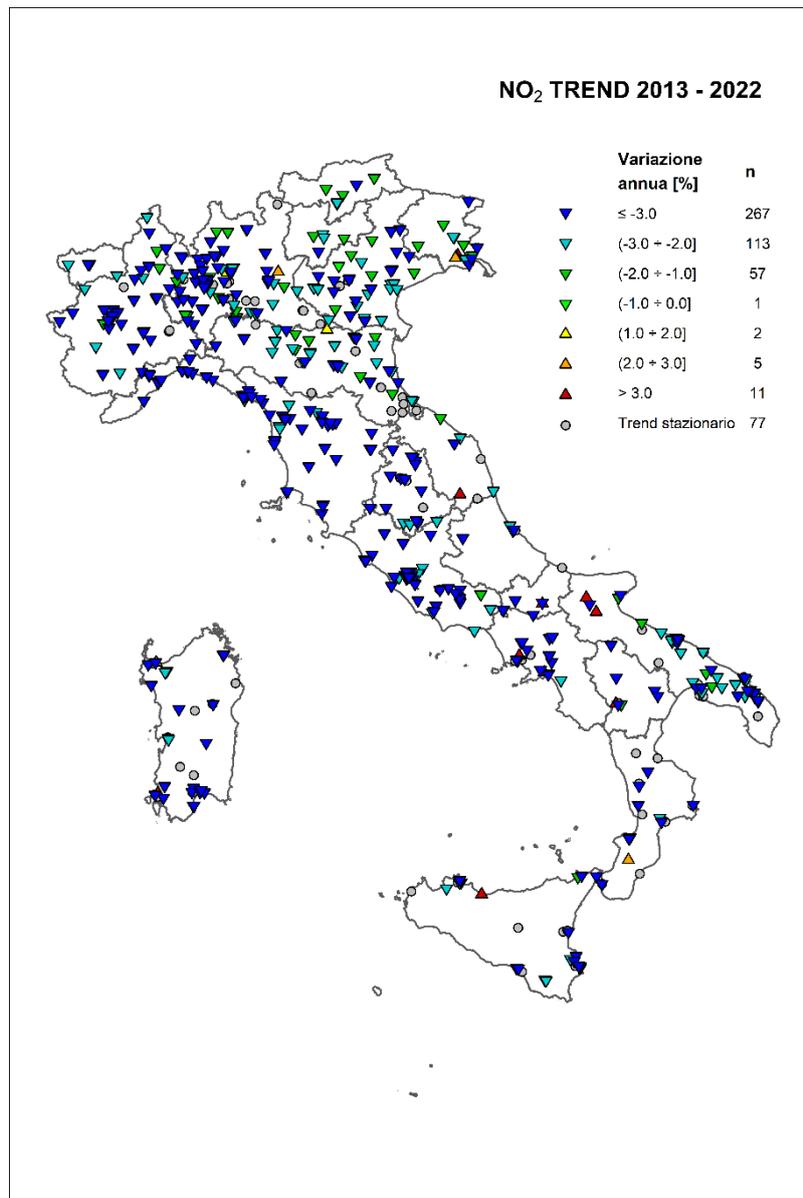


Figura 4-44: NO<sub>2</sub>. Mappa dell'analisi del trend (2013 – 2022) con il test di Kendall corretto per la stagionalità delle concentrazioni di NO<sub>2</sub> in Italia su una selezione di 533 stazioni di monitoraggio distribuite sul territorio nazionale. Fonte: ISPRA

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

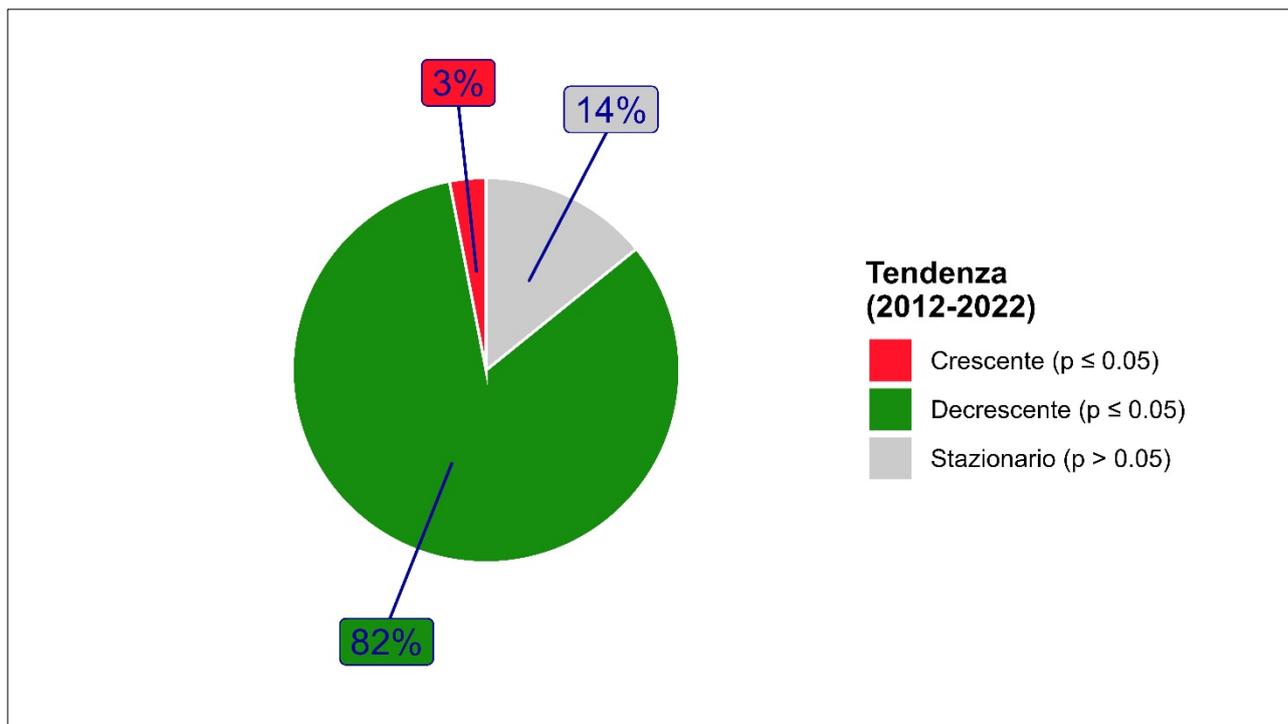


Figura 4-45: NO<sub>2</sub>. Sintesi dei risultati dell'analisi del trend (2013 – 2022) con il test di Kendall corretto per la stagionalità delle concentrazioni di NO<sub>2</sub> in Italia su una selezione di 533 stazioni di monitoraggio distribuite sul territorio nazionale. Fonte: ISPRA

## Ozono

Nel 2022, le stazioni di monitoraggio che hanno misurato e per cui sono stati trasmessi dati di O<sub>3</sub> per la protezione della salute umana sono 365. Le serie di dati con copertura temporale sufficiente per la verifica dei valori soglia e dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana sono l'88,2% (322 su 365). La classificazione delle stazioni di monitoraggio di O<sub>3</sub> secondo i criteri di ubicazione su macroscala previsti dalla normativa è rappresentata in Figura 4-46.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

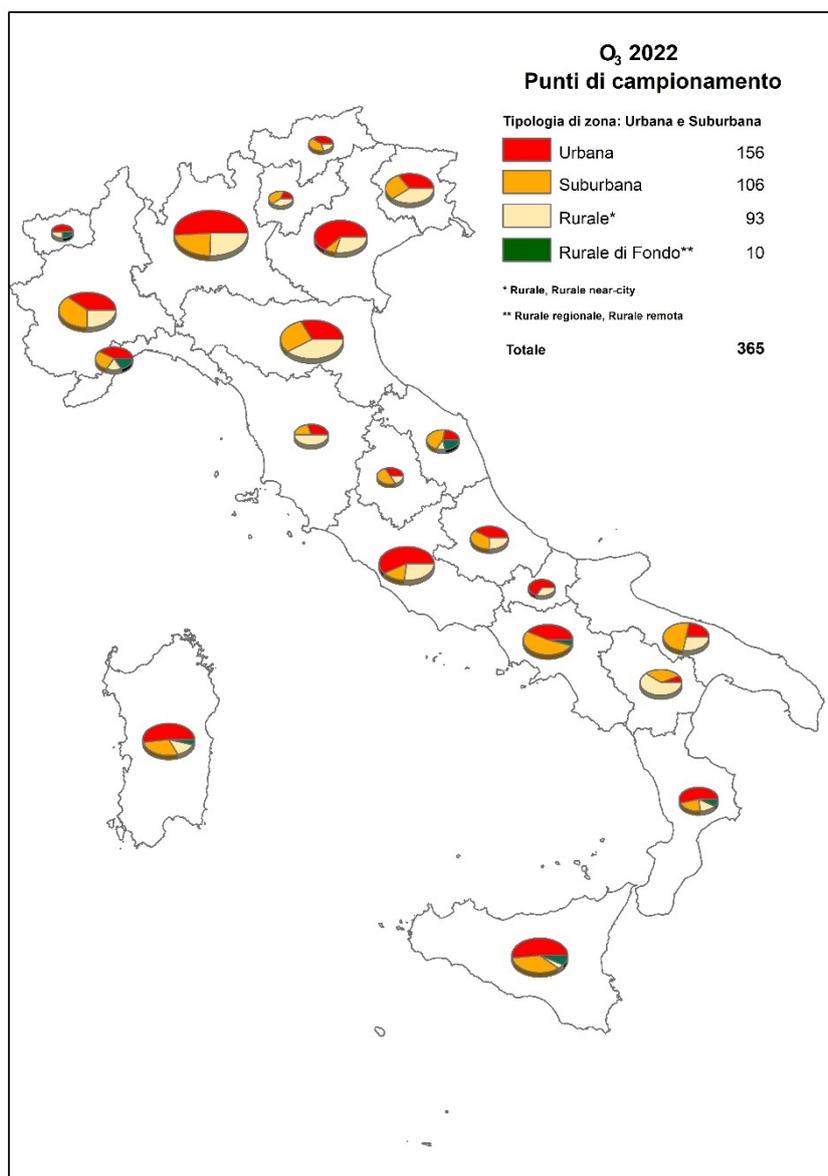


Figura 4-46: O<sub>3</sub>. Classificazione dei punti di campionamento secondo i criteri di ubicazione su macroscala di cui all'Allegato VIII, D.Lgs.155/2010 (2022).

Nel 2022 l'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (OLT) è stato superato in 288 stazioni su 322, pari all'89,4% delle stazioni con copertura temporale sufficiente secondo i criteri dell'Allegato al D.Lgs. 155/2010; l'OLT è stato superato per più di 25 giorni in 186 stazioni (57,8%, Figura 4-47). Il valore obiettivo per la protezione della salute è stato superato in 165 stazioni su 353 stazioni aventi copertura di dati sufficiente come media su 3 anni secondo i criteri dell'Allegato I D.Lgs. 155/2010. Il valore OMS, riferito all'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana pari a 100 µg/m<sup>3</sup> come 99° percentile, è quasi sempre superato (309 stazioni su 322, pari al 95,9%). L'obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione (AOT40v) è stato superato in 138 stazioni su 146 (94,5%) con valori molto superiori al limite normativo (6.000 µg/m<sup>3</sup>\*h).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

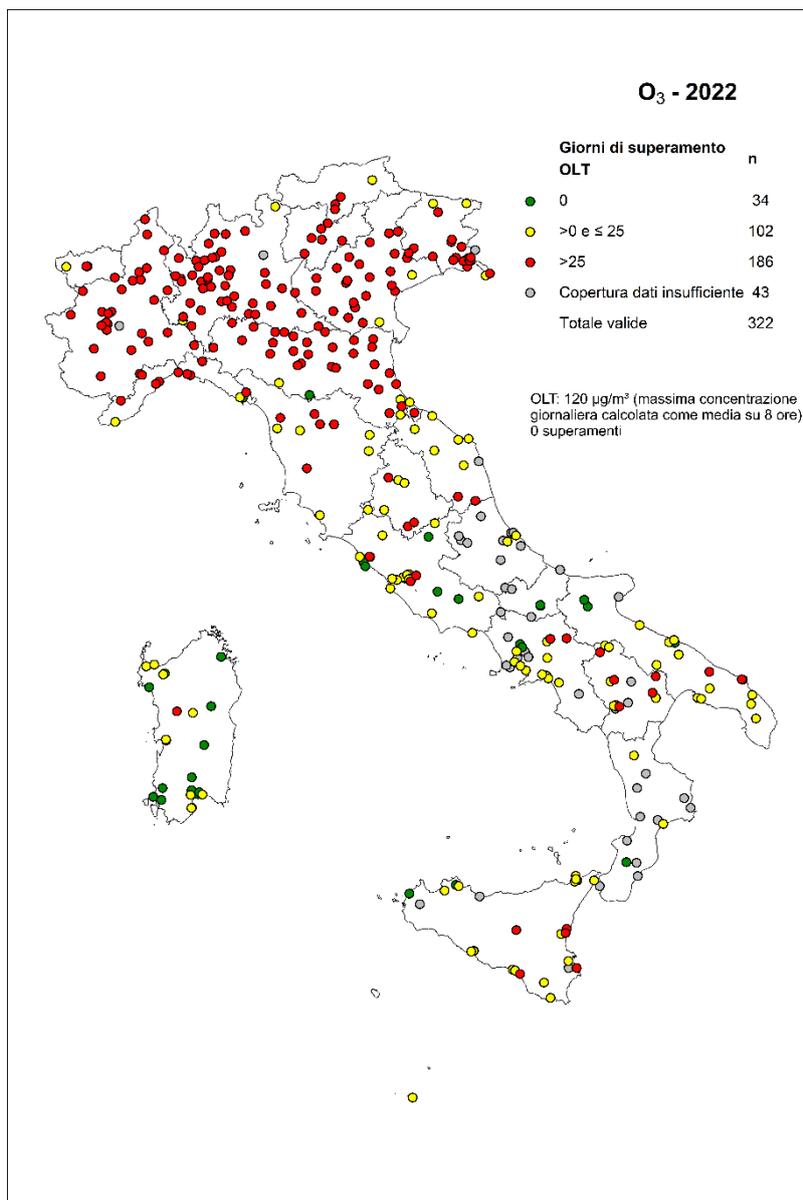


Figura 4-47: O<sub>3</sub>. Stazioni di monitoraggio e superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute (2022). Fonte: ISPRA

Dall'analisi statistica condotta emerge che nel 42% delle stazioni (123 su 294) non è possibile individuare un trend statisticamente significativo (Figura 4-49); la tendenza di fondo appare sostanzialmente monotona, e le oscillazioni interannuali sono attribuibili alle naturali fluttuazioni della componente stagionale. Non è stato dunque possibile escludere l'ipotesi nulla (assenza di trend) per il dato livello di confidenza (95%).

Si osserva invece un trend crescente statisticamente significativo nel 37% dei casi (110 stazioni di monitoraggio su 294), con variazione annuale media stimata: 1,1 µg/m<sup>3</sup>y [0,4 µg/m<sup>3</sup>y ÷ 3,3 µg/m<sup>3</sup>y]). Sulla porzione di campione considerato per il quale è stato individuato un trend crescente statisticamente significativo si osserva un aumento medio annuale del 1,6% (0,6% ÷ 5,6%).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

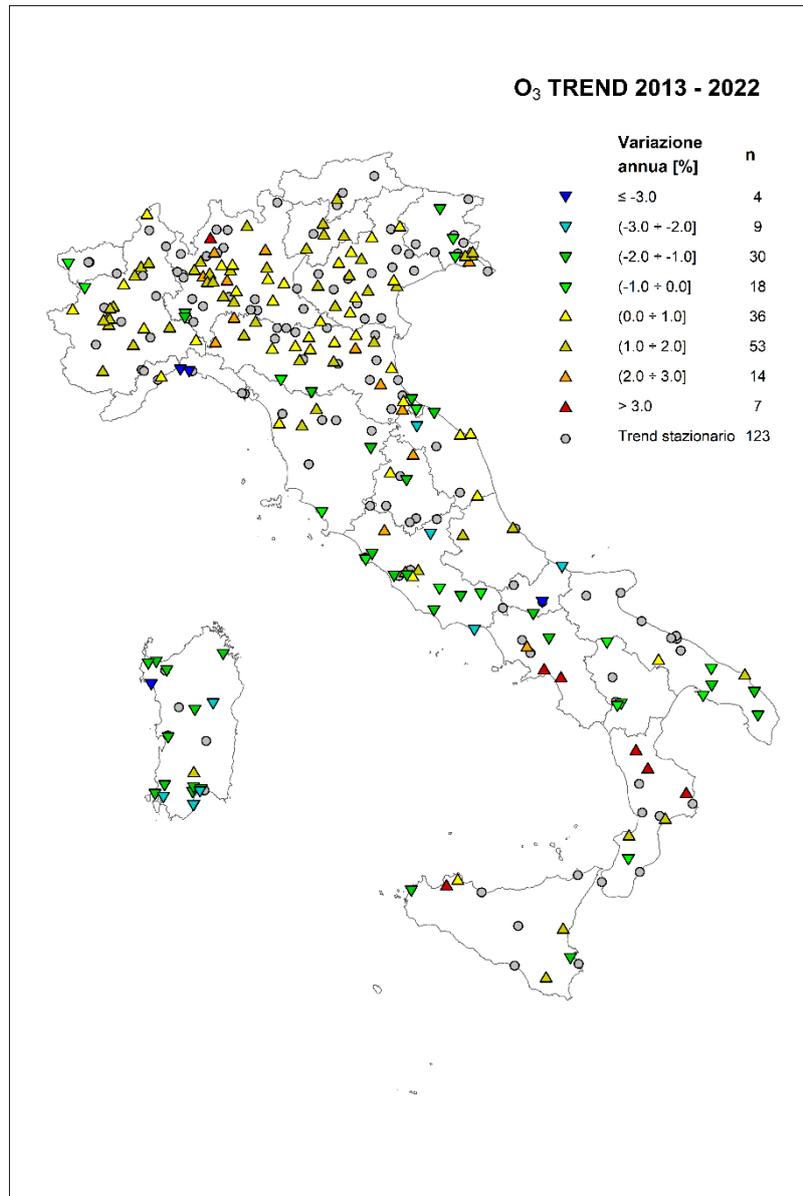


Figura 4-48: O<sub>3</sub>. Mappa dell'analisi del trend (2013 – 2022) con il test di Kendall corretto per la stagionalità delle concentrazioni di O<sub>3</sub> in Italia su una selezione di 294 stazioni di monitoraggio distribuite sul territorio nazionale. Fonte: ISPRA

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

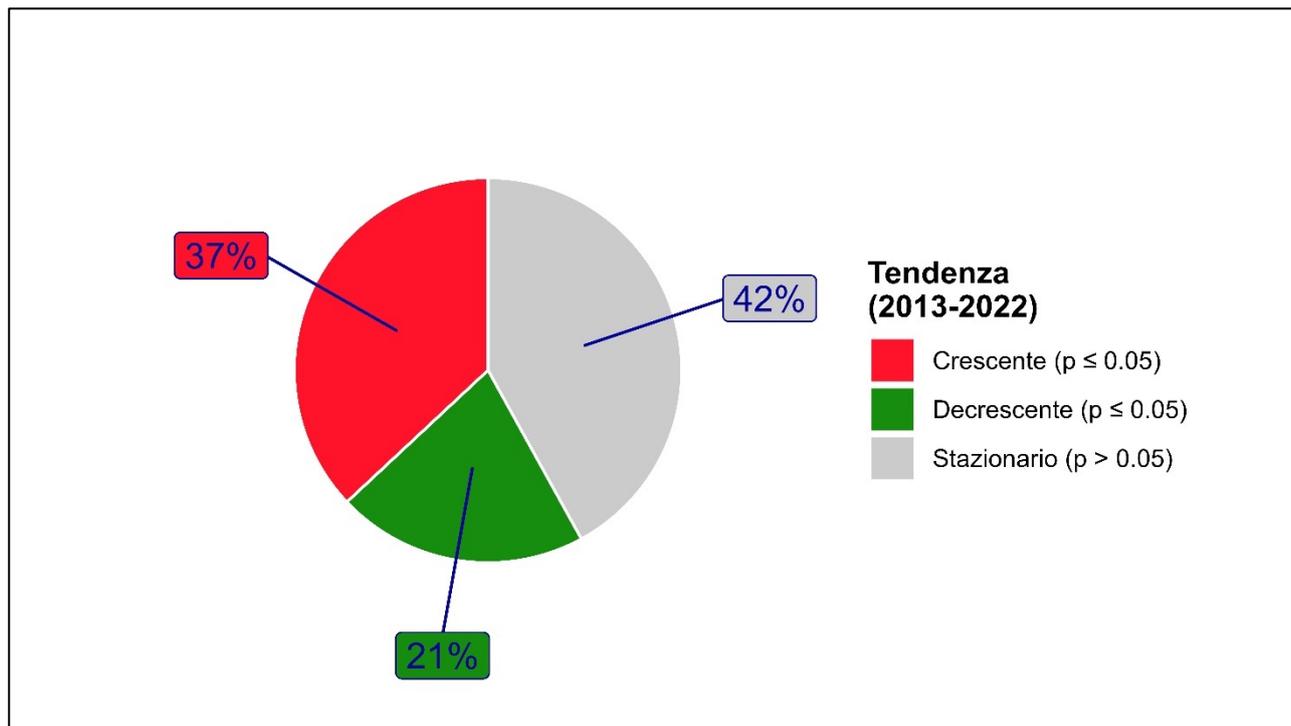


Figura 4-49: O<sub>3</sub>. Sintesi dei risultati dell'analisi del trend (2013 – 2022) con il test di Kendall corretto per la stagionalità delle concentrazioni di O<sub>3</sub> in Italia su una selezione di 294 stazioni di monitoraggio distribuite sul territorio nazionale. Fonte: ISPRA

#### Benzo(a)pirene (contenuto totale nel PM<sub>10</sub>)

Le stazioni di monitoraggio che hanno misurato e comunicato dati di B(a)P nel 2022 sono 175. Di queste, 152 (87% del totale) hanno copertura temporale minima del 33% (al netto delle perdite di dati dovute alla taratura periodica o alla manutenzione ordinaria) o del 14% e aventi una distribuzione dei dati uniforme nel corso dell'anno seguendo i criteri specifici per questo inquinante di cui all'allegato del D.Lgs. 155/2010. La classificazione delle stazioni di monitoraggio di B(a)P secondo i criteri di ubicazione su macroscala previsti dalla normativa è rappresentata nella Figura seguente.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

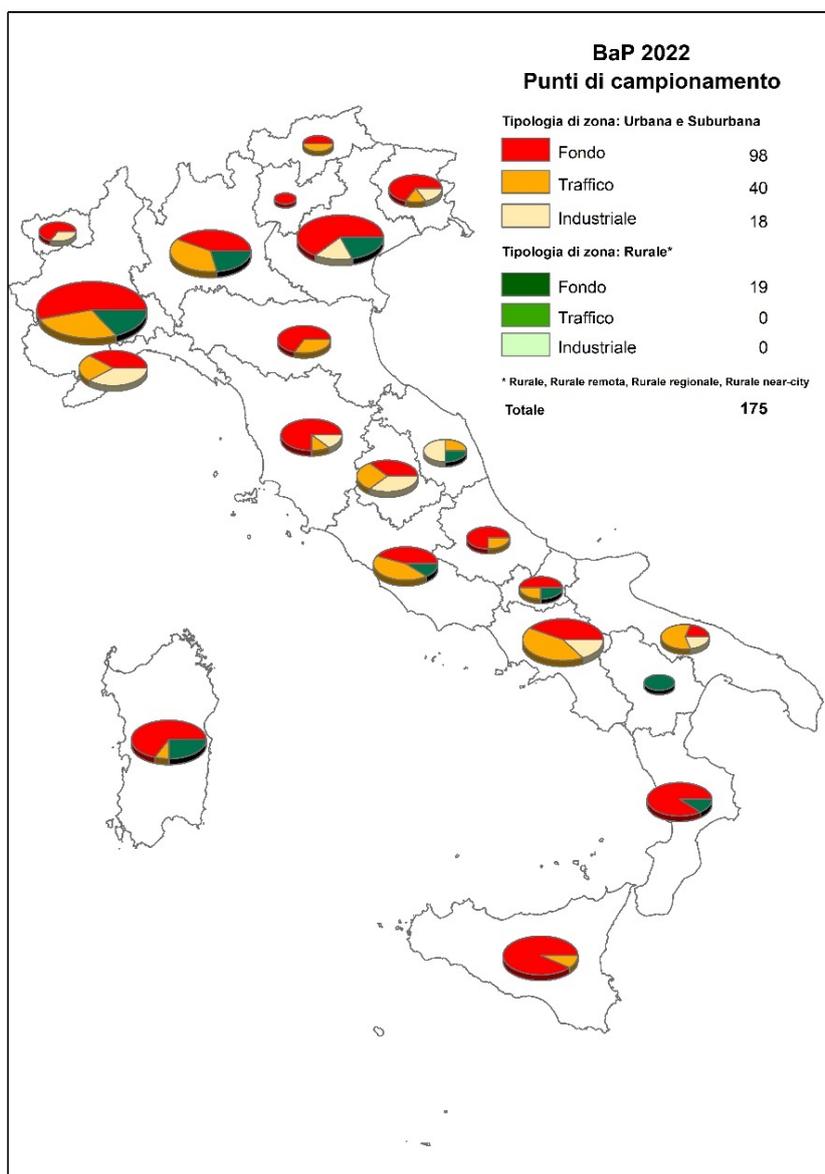


Figura 4-50: B(a)P - Classificazione dei punti di campionamento secondo i criteri di ubicazione su macroscala di cui all'Allegato III, D.Lgs. 155/2010 (2022). Fonte: ISPRA

Nel 2022 il valore obiettivo ( $1,0 \text{ ng/m}^3$ ) è stato superato in 16 stazioni (10,5 % dei casi) (Figura 4-51). I superamenti hanno interessato prevalentemente quelle zone (bacino padano e zone pedemontane appenniniche e alpine, Valle del Sacco nel basso Lazio) dove è maggiore il consumo di biomassa legnosa per il riscaldamento civile e le condizioni meteorologiche invernali favoriscono l'accumulo degli inquinanti. I superamenti nel Savonese in Liguria sono dovuti invece a sorgenti industriali.

Nel 2022 i superamenti del valore obiettivo hanno interessato 10 zone su 77 distribuite in 5 regioni e una provincia autonoma.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

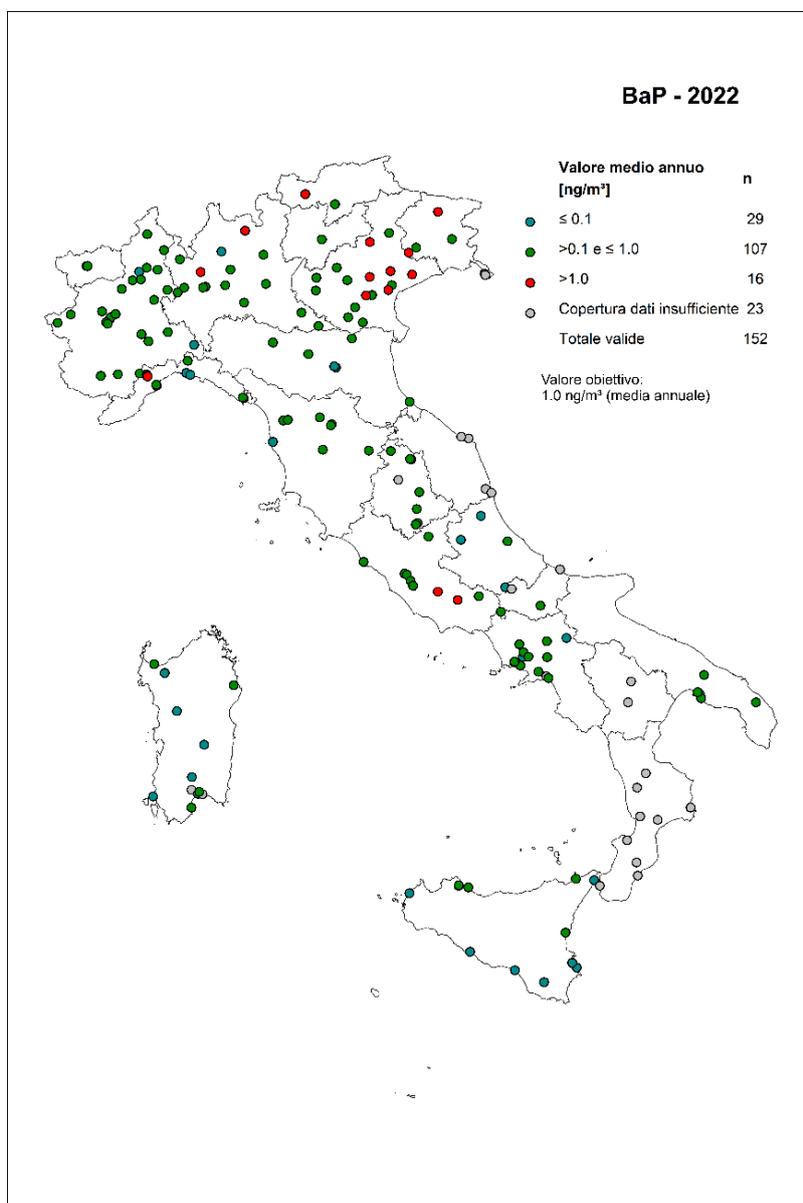


Figura 4-51: B(a)p. Stazioni di monitoraggio e superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute (2022). Fonte: ISPRA

La mappa dei trend (Figura 4-52) illustra, stazione per stazione, la tendenza di fondo esistente in termini di variazione della concentrazione annuale media nel decennio 2013-2022.

Per il B(a)P non è possibile individuare un trend statisticamente significativo nel 84% dei casi (91 stazioni di monitoraggio su 108) (Figura 4-53).

Si osserva invece un trend decrescente statisticamente significativo nel 14% dei casi (15 stazioni di monitoraggio su 108), e un trend crescente nel 2 % dei casi (2 stazione su 108). Per le stazioni che superano il valore obiettivo nel 2022 e di cui è stato possibile stimare il trend si conferma una tendenza alla stazionarietà (5 stazioni con trend stazionario e una crescente).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

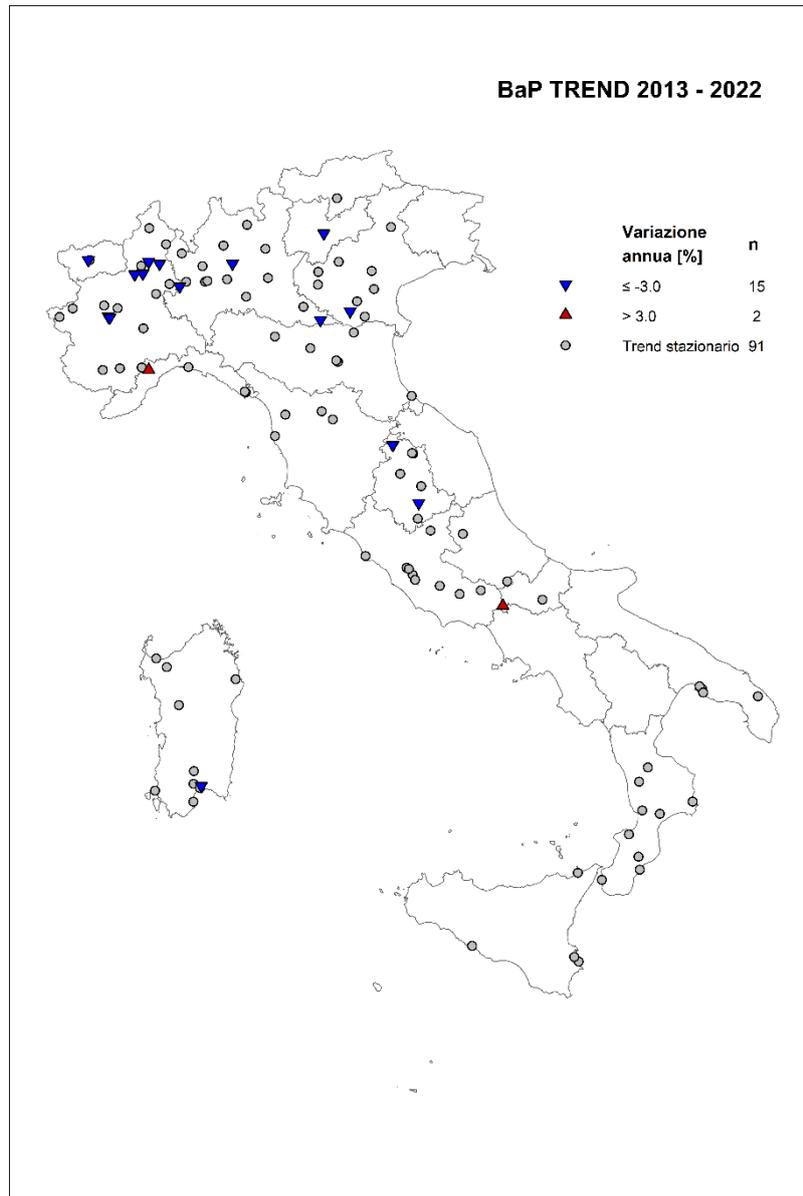


Figura 4-52: B(a)P. Mappa dell'analisi del trend (2013 – 2022) con il test di Kendall corretto per la stagionalità delle concentrazioni di B(a)P in Italia su una selezione di 108 stazioni di monitoraggio distribuite sul territorio nazionale. Fonte: ISPRA

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

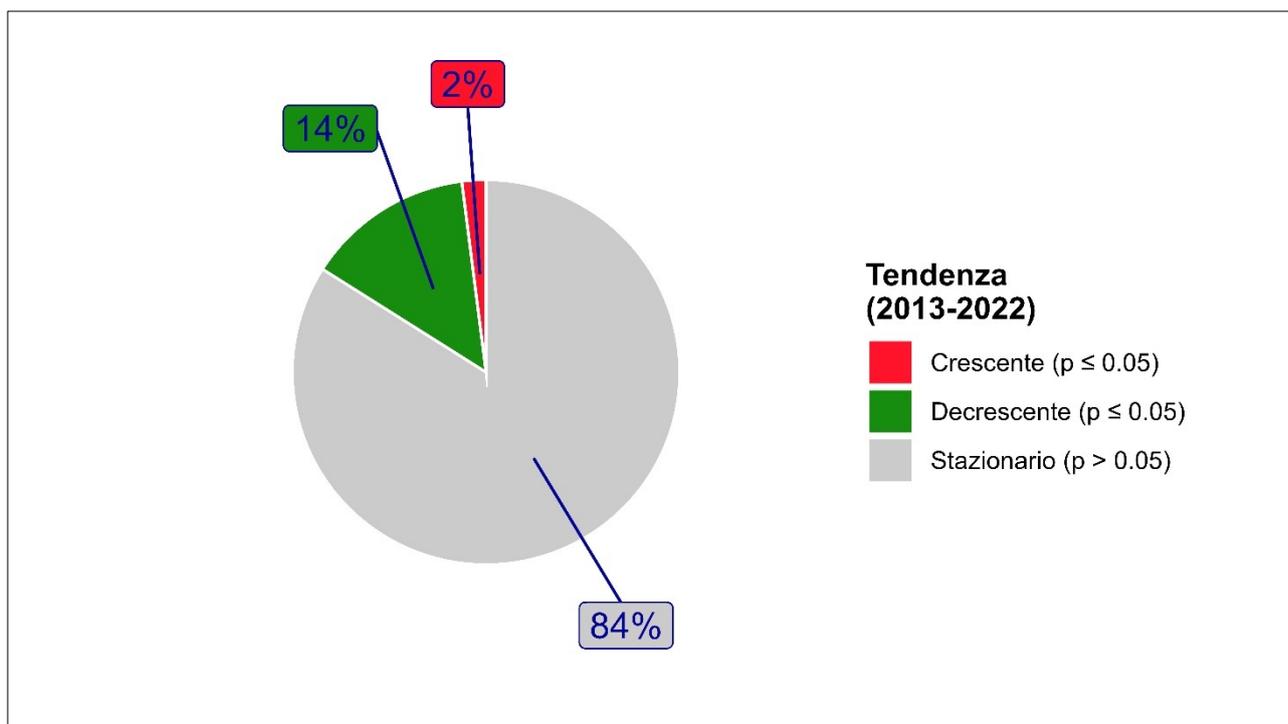


Figura 4-53: B(a)P. Risultati dell'analisi del trend (2013 – 2022) con il test di Kendall corretto per la stagionalità delle concentrazioni di B(a)P in Italia su una selezione di 108 stazioni di monitoraggio distribuite sul territorio nazionale. Fonte: ISPRA

#### Inquinanti che superano sporadicamente gli standard di qualità dell'aria

Altri inquinanti gassosi (monossido di carbonio, biossido di zolfo, benzene)

Le osservazioni condotte in Europa e in Italia negli ultimi vent'anni mostrano una costante e coerente diminuzione delle concentrazioni di SO<sub>2</sub>, CO, benzene, più marcata nei siti di misura collocati in prossimità delle principali arterie di traffico veicolare (siti di traffico urbano; e.g. ISPRA, 2018); i livelli di questi inquinanti sono ormai ben al di sotto dei limiti vigenti.

Nel 2022 non sono stati registrati superamenti dei valori limite per nessuno dei tre inquinanti sopra citati.

Metalli e semimetalli (arsenico, cadmio, nichel, piombo)

Nel 2022 il valore limite per il piombo e i valori obiettivo per l'arsenico e il cadmio sono stati rispettati in tutte le stazioni di monitoraggio; tuttavia, si segnala che concentrazioni importanti di cadmio sono state registrate in Sardegna, nella zona industriale, nell'area degli impianti siti nel comune di Portoscuso.

Per il nichel un caso di superamento è stato osservato in Umbria, a Terni, nella stazione "Prisciano", ubicata in area residenziale nell'abitato di Prisciano a nord-est rispetto allo stabilimento del polo siderurgico "Acciai Speciali Terni SpA".

Livelli localmente significativi di cadmio e arsenico sono stati recentemente documentati nelle aree di massima ricaduta delle emissioni industriali diffuse e convogliate degli impianti di produzione e lavorazione degli acciai, in uno studio focalizzato sui siti di Aosta, Terni e Vicenza (Arpa Valle D'aosta, Arpa Veneto, Arpa

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Umbria, 2018). Analogamente si registrano livelli significativi (con riferimento al 2017) ma inferiori ai rispettivi valori obiettivo per Arsenico e Nichel presso i siti industriali di Porto Marghera (Veneto), Siracusa e Portoscuso (Cagliari).

Valutazione della qualità dell'aria ai fini della protezione della vegetazione

Il D.Lgs. 155/2010 prevede l'individuazione di siti fissi di campionamento per valutare la qualità dell'aria ambiente ai fini della protezione della vegetazione e degli ecosistemi naturali.

Il criterio generale è quello di rappresentare l'esposizione di ecosistemi naturali, foreste o colture (seguendo un principio di cautela nella valutazione del rischio) attraverso punti di misura che abbiano, per quanto possibile, una rappresentatività spaziale elevata, da alcune decine ad alcune migliaia di km<sup>2</sup> (D.Lgs. 155/2010, Allegati III e VIII).

Secondo quanto stabilito dalla normativa vigente (D.Lgs. 155/2010, art. 3, c. 4, e App. I, c. 10), le regioni e le province autonome individuano zone sovraregionali, ai fini della zonizzazione relativa alla valutazione della qualità dell'aria con riferimento alla vegetazione ed agli ecosistemi. Sebbene siano state fatte diverse valutazioni nell'ambito del coordinamento stabilito ex art. 20 D.Lgs. 155/2010, non sono state ancora individuate zone sovra regionali, anche per la particolare conformazione orografica del nostro Paese, che rende difficile rispettare i requisiti di ubicazione su macroscala previsti dalla direttiva in molte parti del territorio.

Nonostante ciò, la gran parte delle regioni effettua il monitoraggio degli inquinanti, biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), ossidi di azoto (NOx)<sup>11</sup> e ozono (O<sub>3</sub>), rilevanti ai fini della protezione della vegetazione, presso i punti di misura stabiliti ai fini della protezione della salute umana. I dati rilevati sono trasmessi regolarmente alla Commissione Europea dalle regioni e province autonome, per il tramite del MASE, ai sensi della Decisione 2011/850/EU.

In questo rapporto si vuole rappresentare il quadro complessivo che emerge dai monitoraggi dei livelli di SO<sub>2</sub>, NOx e O<sub>3</sub>, al solo fine di descrivere la diversa rilevanza che tali inquinanti possono avere per la vegetazione e gli ecosistemi del Paese.

In Tabella 4-23 sono riportati l'obiettivo a lungo termine e il valore obiettivo per l'ozono, e i livelli critici per il biossido di zolfo e per gli ossidi di azoto, oltre i quali possono sussistere effetti negativi diretti su recettori quali gli alberi, le altre piante o gli ecosistemi naturali.

*Tabella 4-23: Valore obiettivo, obiettivo a lungo termine e livelli critici per la protezione della vegetazione ai sensi del D.Lgs.155/2010*

Inquinante	Indicatori	Periodo di mediazione	Valore	Data entro la quale deve essere raggiunto il valore obiettivo
O <sub>3</sub> (protezione della vegetazione)	Valore obiettivo	1 ora cumulativa maggio-luglio (media su 5 anni)	18.000 µg/m <sup>3</sup> *h come media su 5 anni	01/01/2010
	Obiettivo a lungo termine (AOT40v)	1 ora cumulativa maggio-luglio	6.000 µg/m <sup>3</sup> *h	Non definito

<sup>11</sup> NOx - ossidi di azoto: la somma dei «rapporti di mescolamento in volume (ppbv)» di monossido di azoto (NO) e di biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) espressa in unità di concentrazione di massa di biossido di azoto (µg/m<sup>3</sup>) (art. 2, D.Lgs. 155/2010).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

SO <sub>2</sub>	Livello critico	Anno civile	20 µg/m <sup>3</sup>	Non definito
	Livello critico invernale	Ottobre - marzo	20 µg/m <sup>3</sup>	Non definito
NO <sub>x</sub>	Livello critico	Anno civile	30 µg/m <sup>3</sup>	Nessuno

Per quanto riguarda il biossido di zolfo, in continuità con quanto osservato negli ultimi anni, nel 2022 non sono stati registrati superamenti del livello critico e del livello critico invernale.

Per quanto riguarda gli ossidi di azoto, nel 2022 non sono stati registrati superamenti del livello critico per la protezione della vegetazione nelle stazioni (38 su 47) che rispettano la percentuale minima di dati validi (D.Lgs., 155/2010 All. I) (Figura 4-54).

Dai dati osservati nel 2022, presso le stazioni suburbane, rurali e rurali di fondo dove viene effettuato il monitoraggio dell'ozono, emerge un quadro di generale mancato rispetto degli obiettivi individuati ai fini della protezione della vegetazione. L'obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione (AOT40v) è stato superato, con valori molto superiori al limite normativo (6.000 µg/m<sup>3</sup>\*h), nel 94,5% delle stazioni (138 su 146) che rispettano la percentuale minima di dati validi (D.Lgs. 155/2010, All. I) (Figura 4-55).

Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

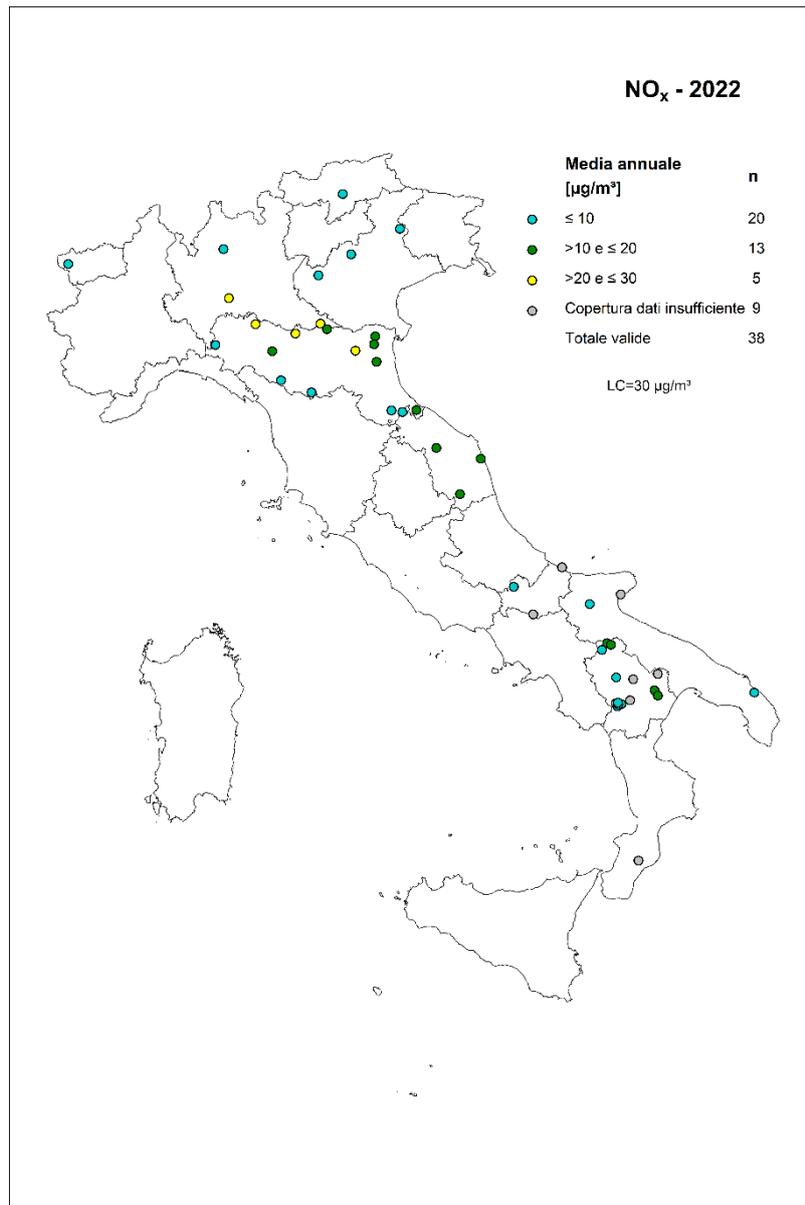


Figura 4-54- NOx. Stazioni di monitoraggio e superamenti del livello critico (LC) per la protezione della vegetazione (2022). Fonte: ISPRA

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

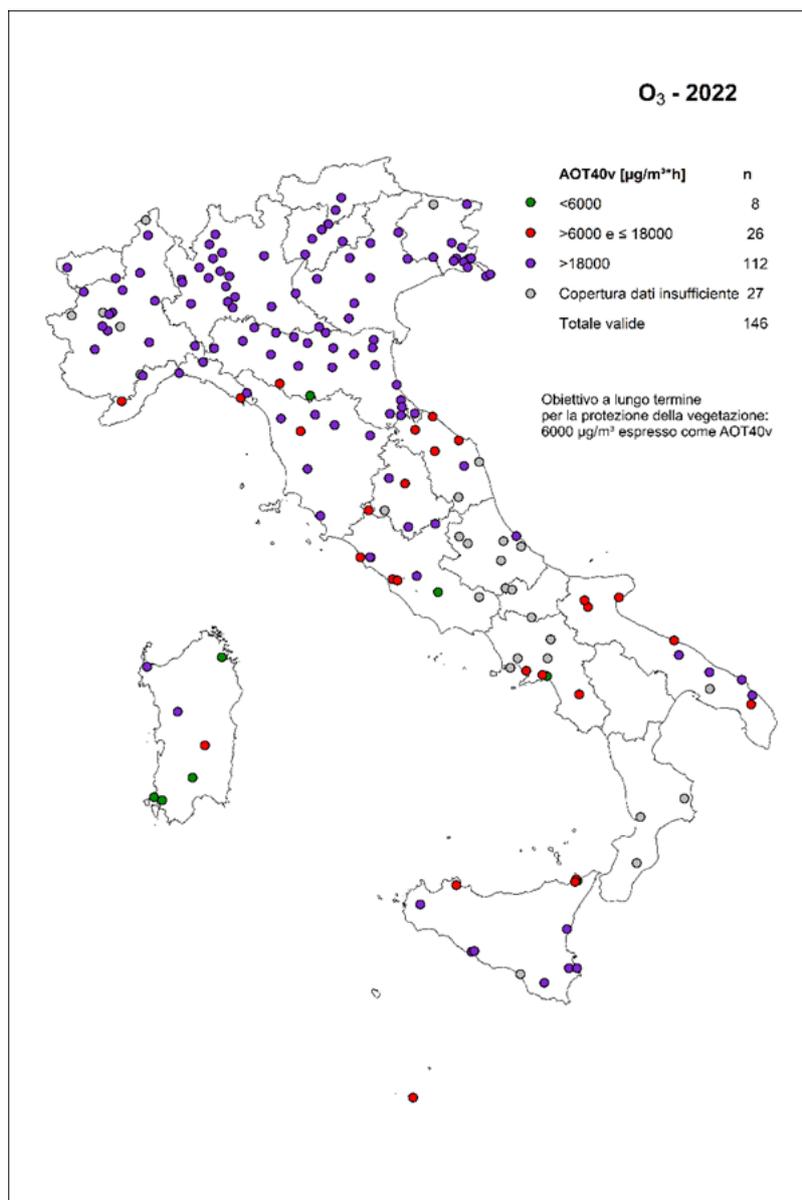


Figura 4-55– O<sub>3</sub>. Stazioni di monitoraggio e superamenti dell'obiettivo a lungo termine (AOTv40) per la protezione della vegetazione (2022). Fonte: ISPRA

#### 4.5 Biodiversità e ecosistemi

Le azioni del PNIEC, se da un lato rientrano a pieno titolo negli strumenti diretti a ridurre le fonti di pressione sugli ecosistemi, dall'altro vanno a collocarsi in un territorio caratterizzato da una grande varietà e concentrazione di specie, di habitat e di importanti hotspot di biodiversità, la cui tutela è definita dall'applicazione delle direttive europee sulla conservazione delle specie e degli habitat (Direttiva 79/409/CEE, cosiddetta Direttiva Uccelli, in versione codificata nella Direttiva 2009/147/CE, e Direttiva 92/43/CEE, cosiddetta Direttiva Habitat) e dalla stessa applicazione della Valutazione Ambientale Strategica (Direttiva 2001/42/CE).

##### 4.5.1 Biodiversità in ambito terrestre

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

La penisola italiana è interessata da tre delle nove regioni biogeografiche definite a livello comunitario ai fini della conservazione della biodiversità: Alpina, Continentale e Mediterranea. Si tratta di ambiti territoriali con caratteristiche fisiografiche, climatiche e vegetazionali omogenee, ciascuno dei quali ospita una grande varietà di ecosistemi terrestri e a cui quindi, nel complesso, corrisponde un elevato livello di biodiversità con un'elevata incidenza di specie endemiche. Tale complessità ambientale ha determinato, nelle regioni italiane, la compresenza di specie animali e vegetali appartenenti a diverse sotto-regioni zoogeografiche e fitogeografiche, ed ecosistemi unici nel contesto europeo.

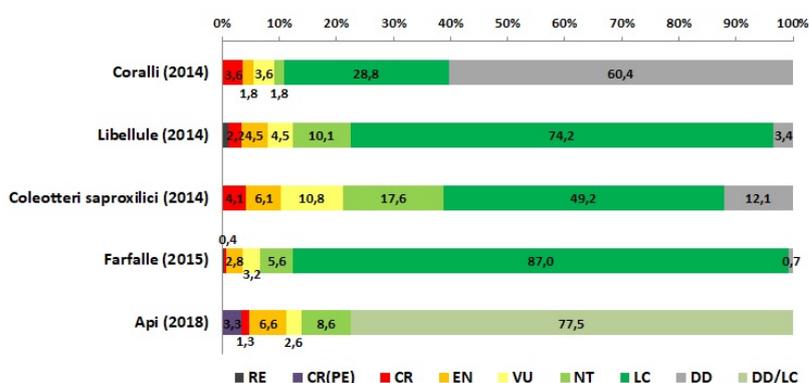
Consistenza e livello di minaccia di specie animali

L'Italia ha una grande ricchezza in termini di specie animali, con un'elevata incidenza di specie endemiche: la fauna italiana è stimata in oltre 58.000 specie, di cui circa 55.000 di invertebrati e 1.812 di protozoi, che insieme rappresentano circa il 98% della ricchezza di specie totale, nonché 1.258 specie di vertebrati, che rappresentano il 2%. Se si considerano anche le sottospecie, il numero totale arriva a circa 60.000 taxa. Il phylum più ricco è quello degli artropodi, con oltre 46.000 specie, in buona parte appartenenti alla classe degli insetti. Va sottolineata anche la ricchezza di specie della componente marina della fauna, che annovera 10.313 entità. Tra i vertebrati, a parte pesci cartilaginei e uccelli, gruppi di specie molto mobili la cui distribuzione travalica i confini nazionali, diverse classi annoverano specie endemiche italiane; in particolare, tassi significativi di endemismo si trovano negli anfibi (31,8%) e nei pesci ossei di acqua dolce (18,3%).

Ad oggi sono state pubblicate le Liste Rosse italiane IUCN per 5 gruppi di invertebrati (coralli, libellule, coleotteri saproxilici, farfalle e api), per tutti i vertebrati sono state realizzate 2 valutazioni (Figura 4-56e Figura 4-57).

Dall'analisi dei grafici si evidenzia che lo stato di conservazione della fauna italiana deve considerarsi scarso considerando gli elevati livelli di minaccia a cui sono soggette nel loro complesso le specie animali. Delle 672 specie di vertebrati italiani, 6 sono estinte in Italia e 161 sono minacciate di estinzione (pari al 28% delle specie valutate). Tra gli invertebrati sono minacciati di estinzione il 9% dei coralli, l'11% delle libellule, il 21% dei coleotteri saproxilici, il 6% delle farfalle e l'11% degli apoidei valutati.

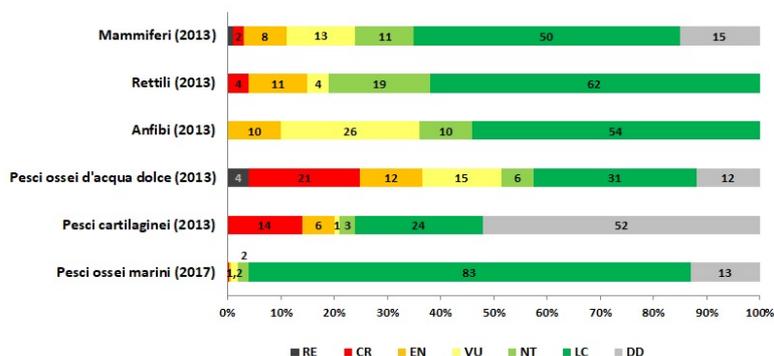
In generale, il trend è negativo in quanto le tendenze demografiche delle popolazioni faunistiche analizzate sono prevalentemente in declino, o al più stabili: le popolazioni di vertebrati terrestri e marini sono in declino rispettivamente per il 27% e 22%, e in generale le specie in declino sono circa il doppio di quelle in aumento sia in ambito terrestre sia marino. Anche per gli invertebrati si rilevano trend preoccupanti, ad esempio la percentuale di popolazioni di libellule in decremento è pari al 16% del totale, 5 volte maggiore di quelle in aumento.



Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

Legenda: RE: Regionally Extinct, Estinta nella Regione; CR (PE): Critically Endangered (Possibly Extinct), in Pericolo Critico (Possibilmente Estinto); CR: Critically Endangered, In Pericolo Critico; EN: Endangered, In Pericolo; VU: Vulnerable, Vulnerabile; NT: Near Threatened, Quasi Minacciata; LC: Least Concern, Minor Preoccupazione; DD: Data Deficient, Carente di Dati; DD/LC (fusione di 2 categorie IUCN) = DD+LC.

Figura 4-56 - Ripartizione percentuale nelle categorie IUCN dei cinque gruppi di invertebrati ad oggi valutati. (Dato ISPRA, ADA, Biosfera, 2022)



Legenda: RE: Regionally Extinct, Estinta nella Regione; CR: Critically Endangered, In Pericolo Critico; EN: Endangered, In Pericolo; VU: Vulnerable, Vulnerabile; NT: Near Threatened, Quasi Minacciata; LC: Least Concern, Minor Preoccupazione; DD: Data Deficient, Carente di Dati.

Figura 4-57 - Ripartizione percentuale nelle categorie IUCN dei vertebrati italiani, esclusi gli uccelli (Dato ISPRA, ADA, Biosfera, 2022)

Una sintesi delle principali tipologie di pressione che agiscono sui diversi gruppi faunistici trattati nell’indicatore è riportata in Figura 4-58.

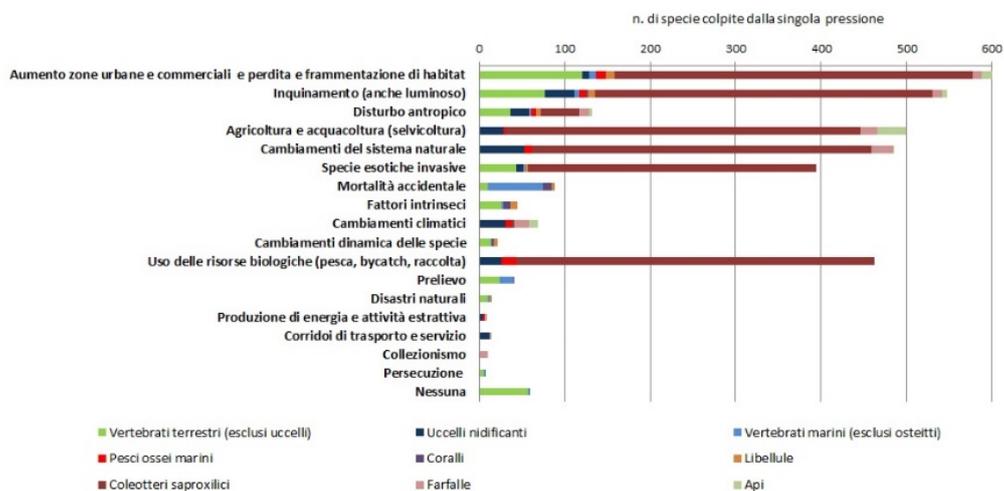


Figura 4-58 - Principali tipologie di pressione a cui sono soggetti i gruppi faunistici valutati dalle Liste Rosse Italiane (Dato ISPRA, ADA, Biosfera, 2022)

Le principali pressioni per i vertebrati terrestri (esclusi gli uccelli, rappresentati a parte) sono perdita e degradazione di habitat (che interessa circa 120 specie) e l’inquinamento (poco meno di 80 specie e quasi 60 specie di vertebrati terrestri non sono minacciate da alcuna pressione (Figura 4-58).

Per quanto riguarda l’artoprodofauna: le libellule sono minacciate dalla perdita di habitat e dall’inquinamento oltre che da fattori intrinseci, come la scarsa tolleranza al disturbo antropico (Riservato et al., 2014). Mentre, le principali minacce ai coleotteri saproxilici italiani sono la perdita e frammentazione di habitat idonei,

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

l'inquinamento luminoso, la predazione da parte di corvidi invasivi e la possibile competizione esercitata da specie xilofaghe e saproxilofaghe importate. Le farfalle sono minacciate dai cambiamenti dei sistemi naturali, dalla perdita di habitat dovuta a cambiamenti dell'uso del suolo (es. cattiva gestione dei prati pascolo o abbandono dei pascoli con conseguente riforestazione), dalle pratiche agronomiche e dai cambiamenti climatici, che agiscono in modi diversi sulle popolazioni di farfalle. Per le api le principali pressioni sono legate all'espansione e intensificazione dell'agricoltura, all'urbanizzazione, ai cambiamenti di uso del suolo e, per alcune specie, alla riforestazione naturale dovuta all'abbandono delle aree rurali. Inoltre, alcune specie potrebbero essere sensibili al cambiamento climatico (Figura 4-58). Si ricorda, per completezza di informazione, il declino diffuso e generalizzato dell'ape domestica (*Apis mellifera*) dovuto sia all'acaro parassita *Varroa destructor*, sia all'uso di agrofarmaci, alla modifica di indirizzi colturali, all'urbanizzazione, inquinamento, cambiamenti climatici e diffusione di malattie e nemici naturali veicolati dall'introduzione di nuove specie (Quaranta et al., 2018).

Consistenza e livello di minaccia di specie vegetali

Il territorio italiano è caratterizzato da un elevato grado di biodiversità vegetale, grazie alla sua estensione sia latitudinale (con tre differenti regioni biogeografiche: alpina, continentale, mediterranea), sia altitudinale (dall'orizzonte basale a quello nivale). Tra le regioni biogeografiche italiane, gli impatti dei recenti cambiamenti climatici sono stati finora più evidenti principalmente nella regione alpina e in maniera meno accentuata (ma anche meno documentata) in quella mediterranea: i due estremi del gradiente climatico e altitudinale italiano.

La flora italiana è tra le più ricche in Europa con 3.913 entità di piante non vascolari, di cui 302 Epatiche e Antocerote, 907 Muschi (Aleffi et al., 2020) e 2.704 Licheni (Nimis e Martellos, 2017), e con 8.249 entità di piante vascolari (Bartolucci et al., 2022). Si segnala, inoltre, un continuo aggiornamento delle conoscenze dovuto ad approfondimenti tassonomici e all'esplorazione sempre più capillare del territorio (Portale della Flora d'Italia <http://dryades.units.it/floritaly/>). (Figura 4-59).

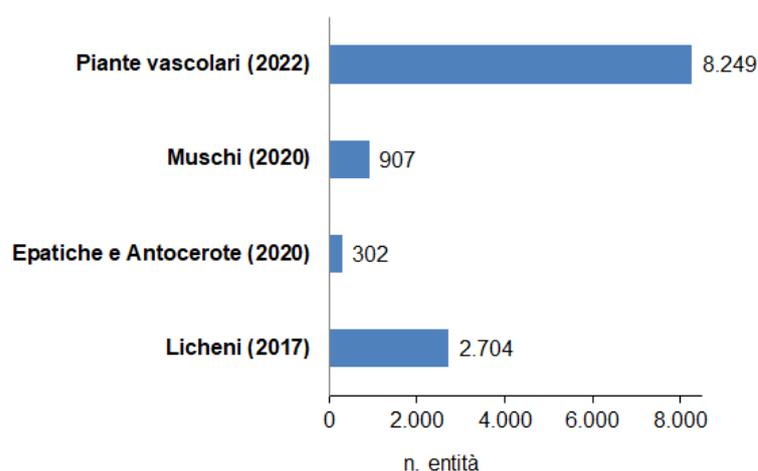


Figura 4-59 - Numero di entità vegetali (specie + sottospecie) segnalate dalle checklist nazionali, divise per gruppo sistematico. (Dato ISPRA; ADA;2022)

A livello regionale in ben 8 regioni su 20 il numero di entità di piante vascolari supera le 3.000 specie e sottospecie (Figura 4-60)

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

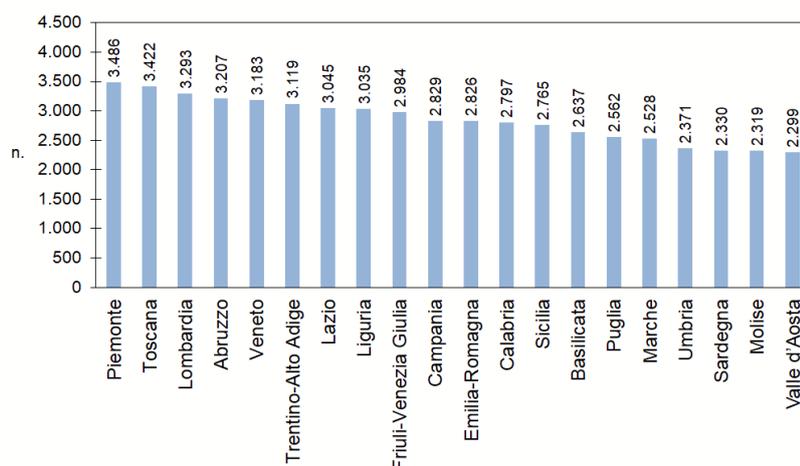


Figura 4-60 - Numero di entità di flora vascolare (specie + sottospecie) in ciascuna regione italiana (agg. genn. 2022)

Il numero di entità vascolari endemiche presenti in ciascuna regione (ripartito in endemiche ed endemiche esclusive) permette di apprezzare la rilevanza biogeografica delle flore regionali, tra le quali spiccano (Figura 4-61) quelle di Sicilia (425 endemiche di cui 304 esclusive regionali), Sardegna (317 endemiche di cui 262 esclusive), Calabria (300 endemiche di cui 65 esclusive) e Abruzzo (299 endemiche di cui 71 esclusive). Sono rilevanti per la componente endemica anche altre regioni dell’Italia peninsulare (Basilicata, Toscana, Lazio, Campania, Puglia, Marche) (fig.6), mentre non emergono in queste elaborazioni le regioni alpine, nonostante la rilevanza fitogeografica, poiché le entità vegetali distribuite sui rilievi alpini che valicano il confine italiano non vengono considerate endemiche italiane, essendo condivise con altri Paesi. La valutazione IUCN dello stato di rischio di estinzione per la flora italiana ad oggi è stata realizzata per 772 licheni e briofite (su un totale di 3.913 entità note) e per 2.430 piante vascolari (su un totale di 8.249 entità note).

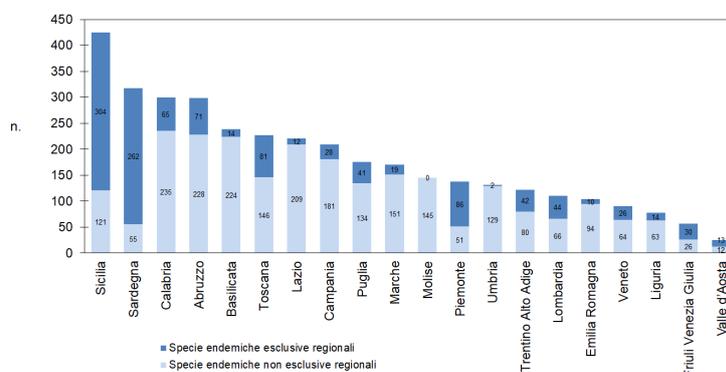
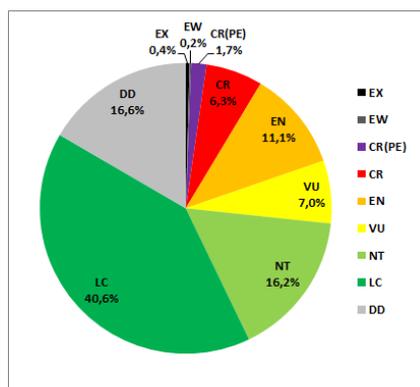


Figura 4-61 - Numero di specie vascolari endemiche italiane presenti in ciascuna regione, suddiviso in esclusive e non esclusive del territorio regionale (agg. genn. 2022)

Lo stato di conservazione della flora italiana deve considerarsi scarso alla luce delle percentuali di specie a rischio di estinzione e di quelle già estinte: delle 2.430 entità vascolari valutate dalla Lista Rossa italiana il 24,5% (pari a 590 specie) è a rischio di estinzione (VU+EN+CR), mentre sono estinte o probabilmente estinte il 2,3% (EX+EW+CR(PE)) (pari a 54 specie) mentre non è stato possibile valutare per mancanza di dati 404 entità, pari al 16,6% (Figura 4-62).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima



Legenda: EX: specie estinta a livello sub-globale, EW: specie estinta in natura, CR(PE): specie probabilmente estinta, CR: gravemente minacciata, EN: minacciata, VU: vulnerabile, NT: quasi a rischio, LC: a minor rischio, DD: dati insufficienti.

Figura 4-62 - Livello di minaccia della flora vascolare italiana: ripartizione percentuale nelle categorie IUCN di rischio di estinzione delle 2.430 piante vascolari valutate (agg. 2020) (Dato ISPRA; ADA 2022)

In generale, il trend è negativo poiché l'andamento non va nella direzione auspicabile: le percentuali di specie vegetali a rischio aumentano in Italia e i dati relativi alle estinzioni sono preoccupanti. Le pressioni antropiche correlate ai cambiamenti di uso del suolo continuano ad agire sul territorio italiano e rappresentano attualmente uno dei maggiori driver del rischio di estinzione delle specie vegetali. La recente Lista Rossa della flora vascolare mostra che le pressioni più rilevanti sono le modifiche dei sistemi naturali (il 39% dei 2.430 taxa valutati sono soggetti a questa forma di pressione), lo sviluppo agricolo (27%) e residenziale (27%) e il disturbo antropico diretto sugli ambienti naturali (20%) (Figura 4-63).

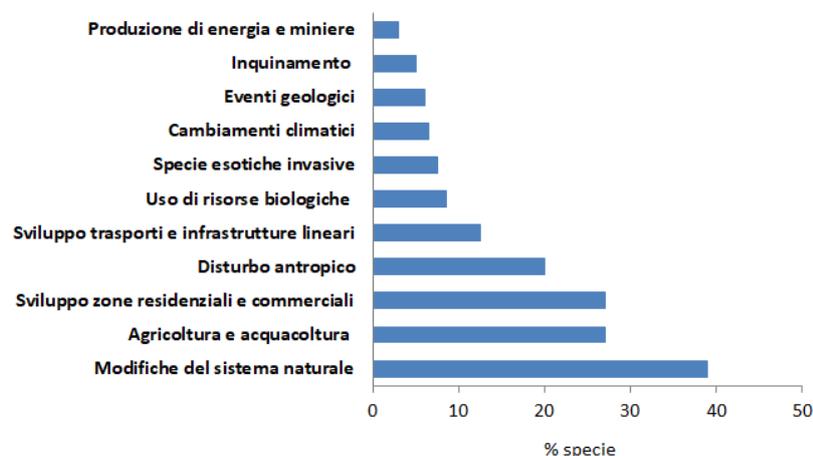


Figura 4-63 - Ripartizione percentuale delle principali pressioni per la flora vascolare italiana (2.430 taxa vascolari valutati, agg. 2020) (Dato ISPRA; ADA 2022)

#### Stato di conservazione degli habitat terrestri di direttiva 92/43/CEE

Oltre al ruolo fondamentale degli ecosistemi naturali italiani come habitat di specie che svolgono una funzione essenziale per poter assicurare la conservazione di specie di flora e fauna, numerosi sono gli habitat considerati di per sé di rilevante interesse conservazionistico. Ciò si evidenzia sia nei Rapporti periodici derivanti dall'applicazione della direttiva 92/43 "Habitat" (<http://www.reportingdirettivahabitat.it/> [http://ec.europa.eu/environment/nature/knowledge/rep\\_habitats/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/nature/knowledge/rep_habitats/index_en.htm)) che nell'ambito della relazione e redazione delle Liste Rosse, in cui numerose sono le specie (<http://www.iucn.it/liste-rosse->

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

italiane.php) e gli habitat considerati di pregio e meritevoli di misure di tutela dedicate ([http://ec.europa.eu/environment/nature/knowledge/redlist\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/nature/knowledge/redlist_en.htm)).

I risultati ottenuti dall'ultimo Report nazionale sullo stato di conservazione e trend delle specie e degli habitat di interesse comunitario disegnano un resoconto complessivamente non positivo anche se prevedibile, osservando i risultati del precedente ciclo di reporting in cui le prospettive future avevano anticipato il peggioramento attualmente registrato (dati su <http://www.reportingdirettivahabitat.it/>). Dalle valutazioni, riferite ai dati dei monitoraggi effettuati dalle regioni e dalle province autonome nel periodo 2013-2018, si evidenzia, che complessivamente l'89% degli habitat terrestri di interesse comunitario del nostro Paese è in uno stato di conservazione cattivo (40%) o inadeguato (49%), solo l'8% è in uno stato di conservazione favorevole. In 8 casi (3%) non è stato possibile valutare uno stato di conservazione complessivo (Figura 4-64).

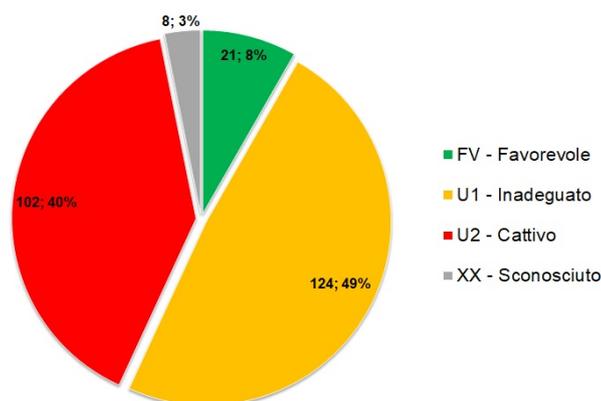


Figura 4-64 - Stato di conservazione complessivo degli habitat terrestri di Direttiva 92/43/CEE: numero di schede di reporting e distribuzione percentuale, sul totale delle valutazioni effettuate, delle 4 classi di stato di conservazione (2019) (Dato ISPRA; ADA 2022)

La tendenza risulta negativa rispetto al precedente ciclo di rendicontazione con una diminuzione delle valutazioni favorevoli dal 22% all'8% e un aumento dei casi di stato di conservazione cattivo dal 28% al 40% (Figura 4-64). L'indicatore evidenzia, quindi, una situazione generale problematica, che allontana il raggiungimento degli obiettivi fissati dalla normativa. Il basso numero di valutazioni sconosciute (3%) suggerisce che nel corso del ciclo di rendicontazione di riferimento le carenze conoscitive sono nettamente diminuite.

Analizzando i dati per regione biogeografica (Figura 4-65) si rileva che il maggior numero di valutazioni risultate in stato di conservazione cattivo (U2) è presente nella regione continentale (40), dove tuttavia il numero di valutazioni inadeguate (U1) è minore (35) rispetto alle altre regioni biogeografiche. Nel complesso le valutazioni sfavorevoli sono maggiori nella regione mediterranea: 33 cattive e 51 inadeguate.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

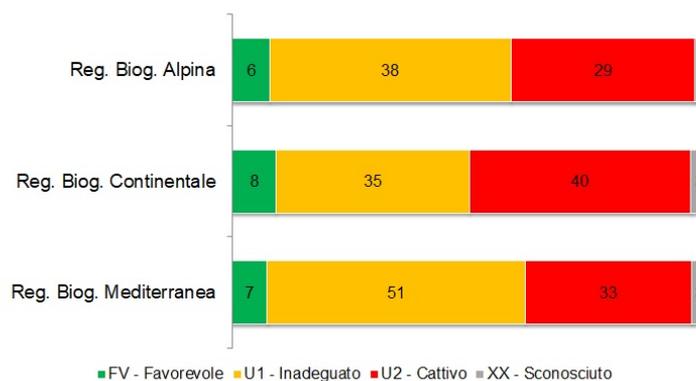


Figura 4-65 - Stato di conservazione degli habitat: numero di schede di reporting per categoria di stato di conservazione in ciascuna Regione Biogeografica (2019) (Dato ISPRA; ADA; 2022)

Ulteriori analisi sullo stato degli habitat terrestri sono fornite dall'ambito di realizzazione della Carta della Natura (nata con la Legge Quadro sulle aree naturali protette n. 394/91), il cui Articolo 3 prevede che "la Carta della Natura individua lo stato dell'ambiente in Italia evidenziandone i valori naturali e i profili di vulnerabilità territoriale". Le analisi forniscono la base per l'elaborazione di diversi indici per la valutazione degli habitat ed un quadro della distribuzione del Valore Ecologico all'interno dei singoli territori regionali ad una scala 1:50.000. L'indicatore: "Distribuzione del valore ecologico secondo Carta della Natura", descrive la distribuzione del Valore Ecologico degli habitat per il territorio italiano, fornendone una rappresentazione regionale basata su una suddivisione in classi. L'indicatore prende in considerazione: habitat ed aree da tutelare ai sensi delle direttive comunitarie Habitat e Uccelli, elementi di biodiversità vegetale e faunistica negli habitat (ricchezza di specie di fauna e flora basata su idoneità e areali), parametri strutturali tipici dell'ecologia del paesaggio.

Al momento l'indicatore è calcolato tenendo conto i dati di 16 regioni: Valle d'Aosta, Veneto, Friuli-Venezia Giulia, Liguria, Emilia-Romagna, Toscana, Umbria, Marche, Lazio, Molise, Abruzzo, Campania, Puglia, Basilicata, Sicilia e Sardegna interessando, così il 74,2% della superficie nazionale e i diversi settori del Paese: Nord, Centro, Sud e Isole. Accanto ad aspetti favorevoli si evidenziano situazioni che meritano attenzione ai fini conservazionistici: in 8 (Abruzzo, Friuli Venezia Giulia, Liguria, Molise, Sardegna, Toscana, Valle D'Aosta, Veneto), delle 16 regioni esaminate la superficie a VE alto/molto alto supera il 30% dell'intero territorio. È emersa una buona rispondenza tra il sistema delle aree protette e le aree a VE alto/molto alto, con una superficie media di copertura pari al 49,4% nelle 16 regioni analizzate. Ma l'indicatore mostra anche aree a VE alto/molto alto al di fuori delle aree protette, in alcuni casi inserite in un contesto generale di bassa naturalità o artificiale. La superficie complessiva delle aree protette raggiunge o supera il 30% del territorio regionale solamente in 3 regioni (Abruzzo, Campania, Valle d'Aosta) delle 16 esaminate. Essendo il 30% il target fissato dalla nuova Strategia Europea per la biodiversità, in molte regioni ci sarebbero margini di intervento per ampliare la copertura delle aree protette.

### Rete ecologica

La rete ecologica rappresenta un sistema interconnesso di habitat, di cui salvaguardare la biodiversità, ponendo, quindi attenzione alle specie animali e vegetali potenzialmente minacciate. Lavorare, quindi sulla rete ecologica significa creare e/o rafforzare un sistema di collegamento e di interscambio tra aree ed elementi naturali isolati, andando così a contrastare la frammentazione e i suoi effetti negativi sulla biodiversità.

I principali elementi costitutivi di una rete ecologica sono:

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

- aree centrali o nodi (aree che costituiscono habitat favorevole per determinate specie di interesse);
- fasce di protezione con funzione tampone (zone cuscinetto o zone di transizione collocate attorno alle aree ad alta naturalità al fine di garantire l'indispensabile gradualità degli habitat essenziali in accompagnamento ai nodi);
- fasce di connessione o corridoi ecologici (linee di connettività ambientale entro cui gli individui mobili possono muoversi per passare da un habitat favorevole ad un altro, che rappresentano l'elemento chiave delle reti ecologiche poiché consentono la mobilità delle specie e l'interscambio genetico, fenomeno indispensabile al mantenimento della biodiversità);
- aree puntiformi o stepping stones (unità di habitat favorevole che possono svolgere una funzione di appoggio).

Da un obiettivo di partenza focalizzato essenzialmente sulla conservazione della biodiversità, nel corso degli anni il concetto di rete ecologica è andato incontro ad un'evoluzione che lo ha portato a diventare parte dell'attuale modello di Green Infrastructure, nel quale la fornitura di servizi ecosistemici è il principale scopo da perseguire. Si sono quindi cominciate a sviluppare le reti ecologiche polivalenti, che raccolgono sia le esigenze di tutela della biodiversità che di fruizione antropica. A livello generale, nell'articolazione spaziale delle reti ecologiche polivalenti concorrono in concreto i seguenti elementi spaziali: elementi della Rete Natura 2000; aree protette a vari livelli; categorie di unità ambientali di rilevanza intrinseca (aree ad elevata naturalità per esempio); ulteriori aree rilevanti per la biodiversità; nodi e gangli della rete; corridoi e connessioni ecologiche; barriere e linee di frammentazione; varchi a rischio; ecomosaici ed ambiti strutturali della rete; unità tampone; aree di riqualificazione. Le reti ecologiche sono strumenti a favore della continuità ecologica del territorio, che vanno quindi integrati nella pianificazione territoriale. Per valutare l'integrazione della rete ecologica nella pianificazione territoriale, l'ISPRA ha sviluppato un indicatore apposito, denominato "La rete ecologica negli strumenti di pianificazione paesaggistica", che esprime sia il numero che la percentuale di Piani Territoriali (Piano Paesaggistico Regionale e/o Piano Territoriale con valore di Piano paesaggistico) in cui sono presenti richiami espliciti ai temi della connettività ecologica e delle connessioni ecologico funzionali.

Per le considerazioni sopra esposte si evidenzia che, in fase attuativa del PNIEC, per la realizzazione degli interventi infrastrutturali previsti è necessario verificare, attraverso gli strumenti di pianificazione regionale, la presenza della rete ecologica che dovrà essere presa in considerazione ai fini della loro localizzazione.

Aree Naturali Protette, Siti Natura 2000 e Zone Ramsar

L'Elenco Ufficiale delle Aree Protette (EUAP) raccoglie tutte le aree naturali, marine e terrestri, ufficialmente riconosciute, che rispondono ai criteri stabiliti in base all'art. 2 della L. 394/91 (Tabella 4-24).

Tabella 4-24: Tipologie aree protette (EUAP, 2010) (Fonte: Rapporto ISPRA 107/2010)

TIPOLOGIA A.P.	TIPOLOGIA AMBITI	ELEMENTI DA TUTELARE	FINALITÀ DELLA TUTELA
PARCO NAZIONALE	aree terrestri, fluviali, lacuali o marine	uno o più ecosistemi, intatti o anche parzialmente alterati da interventi antropici, una o più formazioni fisiche, geologiche, geomorfologiche, biologiche, valori naturalistici, scientifici, estetici, culturali, educativi e ricreativi	gli elementi da tutelare hanno rilievo internazionale o nazionale tale da richiedere l'intervento dello Stato ai fini della loro conservazione per le generazioni presenti e future

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

PARCO NATURALE REGIONALE/ INTERREGIONALE	aree terrestri, fluviali, lacuali ed eventualmente da tratti di mare prospicienti la costa	sistema omogeneo individuato dagli assetti naturali dei luoghi, dai valori paesaggistici ed artistici e dalle tradizioni culturali delle popolazioni locali	valorizzazione del sistema naturalisticamente e ambientalmente omogeneo
RISERVA NATURALE STATALE/ REGIONALE	aree terrestri, fluviali, lacuali o marine	una o più specie naturalisticamente rilevanti della flora e della fauna, ovvero presentino uno o più ecosistemi importanti per la diversità biologiche o per la conservazione delle risorse genetiche	tutela di una o più specie di habitat
AREE MARINE PROTETTE	ambienti marini (acque, fondali e tratti di costa prospicienti)	caratteristiche naturali, geomorfologiche, fisiche, biochimiche con particolare riguardo alla flora e alla fauna marine e costiere	gli elementi da tutelare presentano un interesse rilevante e rivestono particolare importanza dal punto di vista scientifico, ecologico, culturale, educativo ed economico
ALTRE AREE NATURALI PROTETTE	aree che non rientrano nelle precedenti classificazioni (Aree Naturali Protette Regionali, monumenti naturali, parchi suburbani, parchi provinciali, oasi delle associazioni ambientaliste)		

In Italia attualmente sono state istituite 843 Aree Protette Terrestri e Aree Terrestri con parte a mare di cui: 25 Parchi Nazionali, 148 Riserve Naturali Statali, 134 Parchi Naturali Regionali, 365 Riserve Naturali Regionali e 171 altre Aree Protette di diverse classificazioni e denominazioni.

La superficie terrestre protetta ammonta a oltre 3 milioni di ettari, pari al 10,5% della superficie terrestre nazionale in linea con gli obiettivi definiti in ambito CBD (Convenzione Rio, 1992). Essa è costituita in gran parte da Parchi Nazionali (46,4%) e Parchi Naturali Regionali (40,8%) (tab.2). Le regioni che contribuiscono maggiormente al totale nazionale sono la Campania (11,0% del totale nazionale) e l'Abruzzo (9,6%) (Tabella 4-25).

Il numero delle aree protette ha avuto un trend costantemente positivo a partire da metà anni '70 arrivando nel 2008 a 840 aree naturali protette, per poi stabilizzarsi dopo la realizzazione di altre 3 aree. In termini di superficie il trend positivo più marcato si è verificato a partire da metà degli anni '80, arrivando a superare i 3 milioni di ettari nel 2004, mentre dagli anni 2008-2009 si è assistito a una stabilizzazione.

*Tabella 4-25 - Distribuzione percentuale delle aree protette terrestri per regione e tipologia (2019) (Elaborazione ISPRA su dati MiTE)*

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Regione/Provincia Autonoma	Parco Nazionale	Riserva Naturale Statale	Parco Naturale Regionale	Riserva Naturale Regionale	Altre Aree Naturali Protette Regionali	Totale regionale sul totale nazionale
	%	%	%	%	%	%
Piemonte	25,3	1,9	53,3	8,5	11,0	5,6
Valle d'Aosta	85,5	0	13,3	1,2	0	1,4
Lombardia	43,6	2,4	46,5	6,9	0,5	4,3
Trentino-Alto Adige	25,1	0	73,5	0,8	0,6	8,9
<i>Trento</i>	17,2	0	79,9	1,2	1,7	3,2
<i>Bolzano</i>	29,6	0	69,8	0,6	0	5,7
Veneto	16,1	20,9	60,8	2,3	0	2,9
Friuli-Venezia-Giulia	0	0,7	86,2	13,1	0	1,7
Liguria	14,2	0,1	79,2	0,1	6,5	0,9
Emilia-Romagna	32,9	8,8	55,3	2,8	0,2	2,9
Toscana	28,3	7,8	36,5	23,1	4,3	4,4
Umbria	28,5	0,0	64,3	0	7,2	2,0
Marche	67,5	6,7	25,2	0,5	0	2,9
Lazio	12,3	11,9	52,8	20,1	3,0	6,8
Abruzzo	71,9	5,8	18,5	3,4	0,3	9,6
Molise	53,5	15,7	0	0,7	30,2	0,2
Campania	52,9	0,6	42,9	2,9	0,7	11,0
Puglia	69,5	3,7	24,6	2,2	0	8,4
Basilicata	81,0	0,5	17,3	1,1	0	6,1
Calabria	86,4	6,3	6,9	0,3	0	8,0
Sicilia	2,4	0	66,9	30,7	0	8,7
Sardegna	89,6	0	7,2	0,0	3,2	3,0
<b>Italia</b>	<b>46,4</b>	<b>4,0</b>	<b>40,8</b>	<b>7,3</b>	<b>1,6</b>	<b>100,0</b>

**Aree Ramsar**

Le zone umide tutelate ai sensi della Convenzione di Ramsar (1971) sono costituite da paludi, acquitrini, torbiere, ma anche da bacini, naturali o artificiali, permanenti o temporanei, con acqua stagnante o corrente, dolce, salmastra, o salata, ivi comprese le distese di acqua marina la cui profondità, durante la bassa marea, non supera i sei metri. Queste aree sono tutelate per le loro importanti funzioni ecologiche, fra cui quelle di regolamentazione del regime delle acque e come habitat di specie di flora e fauna caratteristiche, con particolare riferimento alle specie di uccelli acquatici migratrici. Questi ambienti non solo costituiscono una risorsa di grande valore economico, culturale, scientifico e ricreativo, ma svolgono anche un'azione di mitigazione dei cambiamenti climatici in quanto intrappolano CO<sub>2</sub> ed essendo dei veri e propri magazzini di acqua dolce fungono da zona buffer in grado di assorbire eventi di piena e limitano l'erosione costiera.

Le zone umide d'importanza internazionale ad oggi inserite nell'elenco ufficiale di siti della Convenzione di Ramsar per l'Italia sono 57, distribuite in 15 regioni, per un totale di 72.288 ettari. Le regioni in cui le aree Ramsar sono più estese e più numerose sono l'Emilia-Romagna, con 10 aree (23.112 ha), la Toscana con 11 aree (19.306 ha) e la Sardegna con 9 aree (13.308 ha), mentre non sono presenti siti in 5 regioni (Figura 4-66). Interessante osservare la distribuzione sul territorio italiano delle aree nella Figura 4-67, che mostra i territori maggiormente interessati dalla presenza di queste aree umide da tutelare.

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

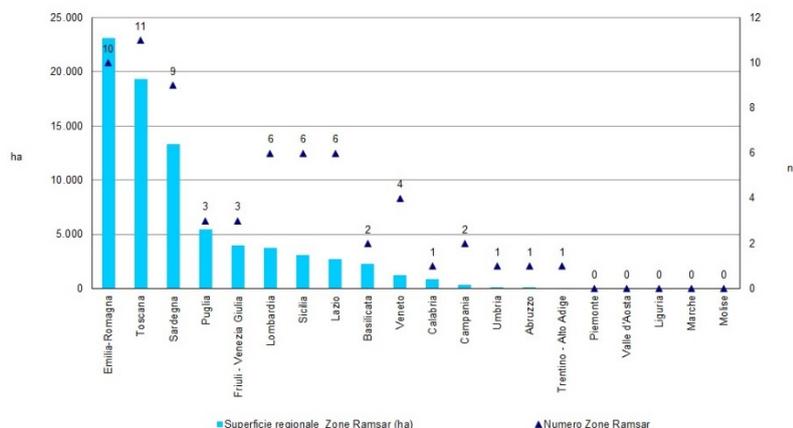


Figura 4-66- Ripartizione di numero e superficie delle 66 Zone Ramsar italiane nelle regioni (Dicembre 2021) (Elaborazione ISPRA su dati MiTE)



Figura 4-67- Distribuzione sul territorio delle 66 Zone Ramsar italiane (Dicembre 2021) (Elaborazione ISPRA su dati MiTE)

Rete Natura 2000

Natura 2000 è il principale strumento della politica dell'Unione Europea per la conservazione della biodiversità. Si tratta di una rete ecologica diffusa su tutto il territorio dell'Unione, istituita ai sensi della Direttiva 92/43/CEE "Habitat" per garantire il mantenimento a lungo termine degli habitat naturali e delle specie di flora e fauna minacciate o rare a livello comunitario.

La rete Natura 2000 è costituita dai Siti di Interesse Comunitario (SIC), identificati dagli Stati Membri secondo quanto stabilito dalla Direttiva Habitat, che vengono successivamente designati quali Zone Speciali di Conservazione (ZSC), e comprende anche le Zone di Protezione Speciale (ZPS) istituite ai sensi della Direttiva 2009/147/CE "Uccelli" concernente la conservazione degli uccelli selvatici.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Le aree che compongono la rete Natura 2000 non sono riserve rigidamente protette dove le attività umane sono escluse; in quanto la Direttiva Habitat intende garantire la protezione della natura tenendo anche "conto delle esigenze economiche, sociali e culturali, nonché delle particolarità regionali e locali" (Art. 2).

La Rete Natura 2000 è costituita in Italia da 2.639 siti, per una superficie totale al netto delle sovrapposizioni, di 5.844.915 ettari a terra, pari al 19,4% del territorio nazionale e una superficie a mare di 2.071.689 ettari pari al 13,4% delle acque (dati aggiornati al dicembre 2022) (Tabella 4-26).

Tabella 4-26: Siti della Rete Natura 2000 per ogni Regione/Provincia Autonoma: numero totale, estensione totale in ettari e percentuale a terra e a mare, al netto delle eventuali sovrapposizioni fra i SIC-ZSC e le ZPS (agg. dicembre 2022)

Regione/Provincia autonoma	Numero di siti (ZPS + SIC/ZSC)	Superficie a terra		Superficie a mare	
	n.	ha	%	ha	%
Piemonte	152	404.001	15,91%	/	/
Valle d'Aosta	30	98.948	30,34%	/	/
Lombardia	246	373.555	15,65%	/	/
Bolzano-Bozen	44	150.047	20,28%	/	/
Trento	143	176.217	28,39%	/	/
Veneto	131	414.298	22,58%	26.361	7,54%
Friuli-Venezia Giulia	68	153.751	19,38%	5.411	6,50%
Liguria	133	139.959	25,84%	9.133	1,67%
Emilia-Romagna	159	266.888	11,86%	34.874	16,04%
Toscana	157	327.005	14,23%	442.636	27,08%
Umbria	102	130.094	15,37%	/	/
Marche	96	140.783	15,07%	1.241	0,32%
Lazio	200	398.086	23,14%	59.689	5,28%
Abruzzo	58	387.083	35,87%	3.410	1,36%
Molise	88	118.725	26,76%	0	0
Campania	123	373.031	27,45%	25.071	3,05%
Puglia	87	402.514	20,60%	334.421	21,76%
Basilicata	64	174.558	17,48%	35.002	5,93%
Calabria	185	289.805	19,22%	34.050	1,94%
Sicilia	245	470.893	18,23%	650.251	17,23%
Sardegna	128	454.672	18,87%	410.140	18,29%
<b>ITALIA</b>	<b>2.639</b>	<b>5.844.915</b>	<b>19,38%</b>	<b>2.071.689</b>	<b>13,42%</b>

Sono state designate complessivamente 639 ZPS e 2.360 SIC-ZSC (di cui 360 di tipo C, ovvero SIC-ZSC coincidenti con ZPS). Nel periodo compreso tra dicembre 2021 e dicembre 2022 non sono avvenute variazioni significative, mentre nel biennio precedente si era registrato un incremento delle aree tutelate soprattutto in ambito marino con la progressiva definizione della Rete a mare. In Italia le percentuali di copertura sono piuttosto eterogenee nelle diverse regioni e province autonome, oscillando dal 12% al 36% per le superfici a terra, e da valori inferiori all'1% al 27% per le superfici a mare. La copertura della Rete a livello nazionale è importante anche in relazione ai target della nuova Strategia europea per la Biodiversità al 2030 (SEB2030) che chiede di ampliare nell'UE le zone protette arrivando almeno al 30% della superficie terrestre e al 30% delle aree marine. Al target SEB2030 contribuiscono tutte le aree sottoposte a forme di tutela quali i Parchi Nazionali, Regionali, i siti N2000 e le altre aree protette. Regioni come la Valle d'Aosta o l'Abruzzo raggiungono il target della SEB2030 con i loro siti N2000 terrestri, che coprono rispettivamente il 36 e 30% del loro territorio; si tenga presente che spesso i siti N2000 sono inclusi, o parzialmente sovrapposti, ad altre aree protette. Si avvicinano al target la Provincia Autonoma di Trento (28%), il Molise (27%), la Campania (27%) e la Liguria (26%), mentre per le aree a mare le percentuali di tutela dei siti N2000 sono attualmente più basse, salvo che per la Toscana (27%) e la Puglia (21%) che si avvicinano al target (Figura 4-68).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

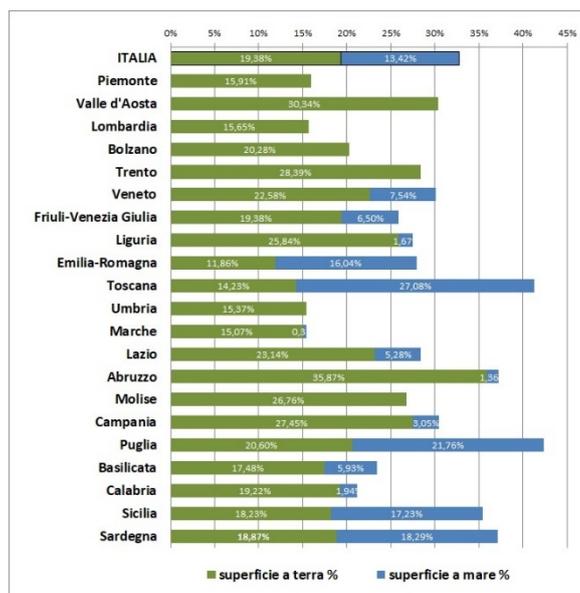


Figura 4-68: Estensione percentuale a terra e a mare della Rete Natura 2000 per l'Italia e per ciascuna Regione/Provincia Autonoma (% calcolate rispetto ai territori/acque regionali), al netto delle sovrapposizioni fra SIC-ZSC e ZPS (agg. dicembre 2022)

La Rete Natura 2000, che mira a preservare gli habitat e le specie in uno stato di conservazione favorevole, si rivela in questo contesto determinante per gli effetti del Piano sui sistemi naturali. Tuttavia, per garantire il necessario grado di resilienza la rete dovrà essere integrata da azioni che ne migliorino la connettività e la coerenza, non solo attraverso la riduzione dei fattori “tradizionali” che esercitano pressione sulla biodiversità, ma anche mediante il ripristino e la creazione di habitat.

L’attuazione di alcune misure in particolare di carattere infrastrutturale del Piano nei Siti Natura 2000, potrebbero comportare potenziali effetti negativi tra cui:

- alterazione della copertura vegetale;
- alterazione degli ecosistemi naturali;
- generale declino di alcune popolazioni; in particolare di uccelli
- scomparsa o rarefazione di specie per perdita o alterazione dell'habitat nel sito e in una fascia ad essa circostante;
- alterazione delle normali interazioni ecologiche tra specie;
- invasioni di specie aliene.

#### 4.5.2 Avifauna

L’Italia ospita una grande varietà di ecosistemi a cui corrisponde un elevato livello di biodiversità con un’elevata incidenza di specie endemiche. Per quanto concerne la biodiversità ornitica, in Italia sono segnalate oltre 500 specie diverse di uccelli, la metà delle quali nidificanti, corrispondenti a poco più della metà delle specie regolarmente nidificanti in Europa. Il 25.5% delle specie valutate nell’ultima Lista rossa IUCN degli uccelli nidificanti in Italia sono minacciate di estinzione, mentre il 49% delle specie non è a rischio di estinzione imminente. Complessivamente le popolazioni degli uccelli nidificanti italiani sono stabili (28% delle specie) o in aumento (34%), circa un quarto (24%) delle popolazioni sono in declino, mentre per il 14% delle specie la tendenza demografica è sconosciuta (Gustin et al., 2021).

L’Italia è anche un’area importante per lo svernamento di uccelli nidificanti in Nord Europa, e in particolare per gli uccelli acquatici. Sono state identificate 2.620 zone umide considerate importanti per questo gruppo

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

di specie e incluse nel Censimento internazionale degli uccelli acquatici (International Waterbird Census o IWC), eseguito ogni anno con il coordinamento di ISPRA. In seguito al monitoraggio è stato possibile stabilire che, nel periodo 2009-2018, 29 specie (36 %) di uccelli acquatici sono risultate in declino, 44 (55%) in aumento, mentre 7 specie (9%) possono essere considerate stabili (Zenatello et al., 2021).

L'ordine dei Chiroteri rappresenta un terzo dei mammiferi terrestri italiani e costituisce un gruppo estremamente sensibile a molti fattori antropici. Si tratta di specie per lo più insettivore che svolgono un ruolo insostituibile per il mantenimento di equilibri ecologici. Delle 35 specie segnalate in Italia, alcune sono sedentarie mentre altre sono migratrici a medio o lungo raggio.

Tutte le specie sono protette ai sensi della Direttiva Habitat 92/43/EEC (tutte le specie si trovano in Allegato IV e alcune anche in Allegato II), della Convenzione di Berna (1979), della Convenzione di Bonn (1979).

I cambiamenti climatici, indotti soprattutto dall'impiego massiccio di combustibili fossili, hanno imposto una trasformazione energetica che prevede l'impiego di fonti rinnovabili come alternativa *green* a quelle tradizionali. La costruzione e l'esercizio degli impianti per la produzione di energia già esistenti hanno avuto alcuni impatti negativi sulla biodiversità e in particolare sull'avifauna e sui Chiroteri, in parte già esaminati nel Rapporto Ambientale PNIEC 2019. La realizzazione dei nuovi impianti richiede pertanto un'attenta valutazione dei possibili impatti sulle specie appartenenti a questi due gruppi tassonomici tenendo in considerazione anche il possibile effetto di accumulo con gli impianti già esistenti.

Il PNIEC include diversi interventi che porteranno ad un incremento percentuale di produzione energia da FER (fonti energetiche rinnovabili) che va dal 34 % del 2016 al 55 % del 2030 e gli aumenti più consistenti saranno a carico del solare (+ 30 GW) e dell'eolico (+ 9 GW). Per l'analisi dei possibili effetti negativi che gli interventi previsti dal Piano possono avere nei confronti dell'avifauna e dei Chiroteri, sono state prese in considerazione le misure che verranno messe in atto per incrementare la produzione da FER e che saranno costituite dalla costruzione di nuovi impianti e/o dal potenziamento degli impianti esistenti.

Per quanto concerne gli impianti solari fotovoltaici, l'ultimo rapporto SNPA "Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici" (Munafò 2022) stima che oltre 17.500 ettari di suolo siano occupati da questo tipo di impianti. Andrà quindi valutato l'impatto aggiuntivo sulla biodiversità dovuto all'aumento previsto degli impianti a terra per rispettare gli impegni della transizione ecologica.

Il nostro Paese vanta già un numero notevole di interconnessioni elettriche, ma ne è previsto un ulteriore potenziamento. Quando questo tipo di collegamento viene realizzato tramite elettrodotti piuttosto che con cavi interrati, può causare degli impatti sull'avifauna e sulla chiroterofauna residente e migratrice che vanno valutati e mitigati. Un discorso analogo vale per le linee elettriche aeree di nuova installazione quali opere connesse alla realizzazione di FER.

Gli impianti di rigassificazione del GNL, attualmente presenti a Livorno (FSRU, Floating Storage and Regasification Unit), a terra a Panigaglia (Spezia) e a Rovigo (isola artificiale), oltre ai due terminali FRSU di recente installazione al largo di Piombino (già operativo) e Ravenna (in fase di ultimazione), possono avere un impatto soprattutto sull'avifauna marina. Si prevede un ulteriore potenziamento della capacità di rigassificazione tramite realizzazione di nuovi impianti o potenziamento di quelli esistenti, per cui è necessario valutare l'eventuale impatto aggiuntivo sulla biodiversità marina anche in relazione al possibile orizzonte temporale ridotto di queste opere richiesto dagli obiettivi di decarbonizzazione.

#### 4.5.3 Specie alloctone invasive

La terminologia adottata dalla Convenzione per la Biodiversità delle Nazioni Unite nel 2002 (<https://www.cbd.int/invasive/terms.shtml>) definisce "alloctona" (sinonimi: esotica, aliena, introdotta, non-

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

nativa) "una specie, sottospecie o gruppo tassonomico di livello gerarchico più basso introdotta (a causa dell'azione dell'uomo, intenzionale o accidentale) al di fuori della propria distribuzione naturale passata o presente, inclusa qualunque parte della specie, gameti, semi, uova o propaguli di detta specie che potrebbero sopravvivere e conseguentemente riprodursi". Per specie "alloctona invasiva" si intende "una specie alloctona la cui introduzione e/o diffusione minaccia la biodiversità".

Il numero di specie alloctone in Italia è in progressivo e costante aumento ed è correlabile all'aumento degli scambi commerciali e allo sviluppo dei sistemi di trasporto che si è verificato in Europa a partire in particolare dal Secondo dopoguerra.

Sulla base dei dati registrati nella banca dati nazionale sulle specie aliene, gestita da ISPRA, le specie introdotte nel nostro Paese sono state più di 3.600, di cui 3.498 attualmente presenti in natura. Di queste, più di 1.800 appartengono al regno animale, oltre 1.600 al regno vegetale e le restanti sono funghi, batteri, cromisti e protisti. Il totale comprende anche le specie con uno status incerto (definite "criptogeniche" e per lo più appartenenti al gruppo degli artropodi terrestri e a diversi taxa marini) e le specie alloctone solo in una parte del territorio nazionale. Tali numeri rappresentano comunque una sottostima in particolare per alcuni gruppi tassonomici, anche per la difficoltà di rilevare tempestivamente la presenza di nuove specie non ancora stabilizzate.

In Figura 4-69 è riportata la consistenza numerica delle specie alloctone (anche presenti in modo occasionale) segnalate per l'Italia al 2021, ripartite nei principali gruppi tassonomici e la frazione percentuale di specie alloctone introdotte sul numero totale di specie (autoctone + alloctone) stimate in Italia per ciascun gruppo. I numeri relativi ai diversi gruppi di invertebrati sono da considerarsi sicuramente una sottostima, in alcuni casi anche considerevole, rispetto alla reale presenza di specie alloctone nel nostro paese; ciò si riflette anche sui valori percentuali, non a caso risultati massimi (intorno al 20%) per 3 gruppi di vertebrati: mammiferi, rettili e pesci. Molto rilevante è anche l'elevata proporzione di specie alloctone tra le piante.

Dall'analisi del tasso medio annuo di introduzione, considerando unicamente le specie alloctone sull'intero territorio nazionale e presenti in maniera stabile dal 1900 al 2021 (Figura 4-70), si evidenzia una crescita esponenziale fino allo scorso decennio. A una prima fase di sostanziale stabilità (1900-1950), con tassi medi di introduzione al di sotto di 2 specie/anno, è seguito un aumento del tasso che, inizialmente moderato, a partire dagli Anni '70, è divenuto molto più consistente arrivando a valori superiori a 7 specie/anno, per raggiungere il suo massimo nel decennio scorso, con oltre 13 specie/anno. Nei primi due anni del decennio in corso il tasso di introduzione medio risulta più contenuto (6 specie/anno). Tale valore potrebbe essere affetto da sottostima e pertanto andrà confermato negli anni successivi, in relazione al ritardo "fisiologico" che intercorre tra l'effettiva introduzione o ingresso di una specie alloctona e il suo rilevamento o la sua segnalazione "ufficiale" come presente.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

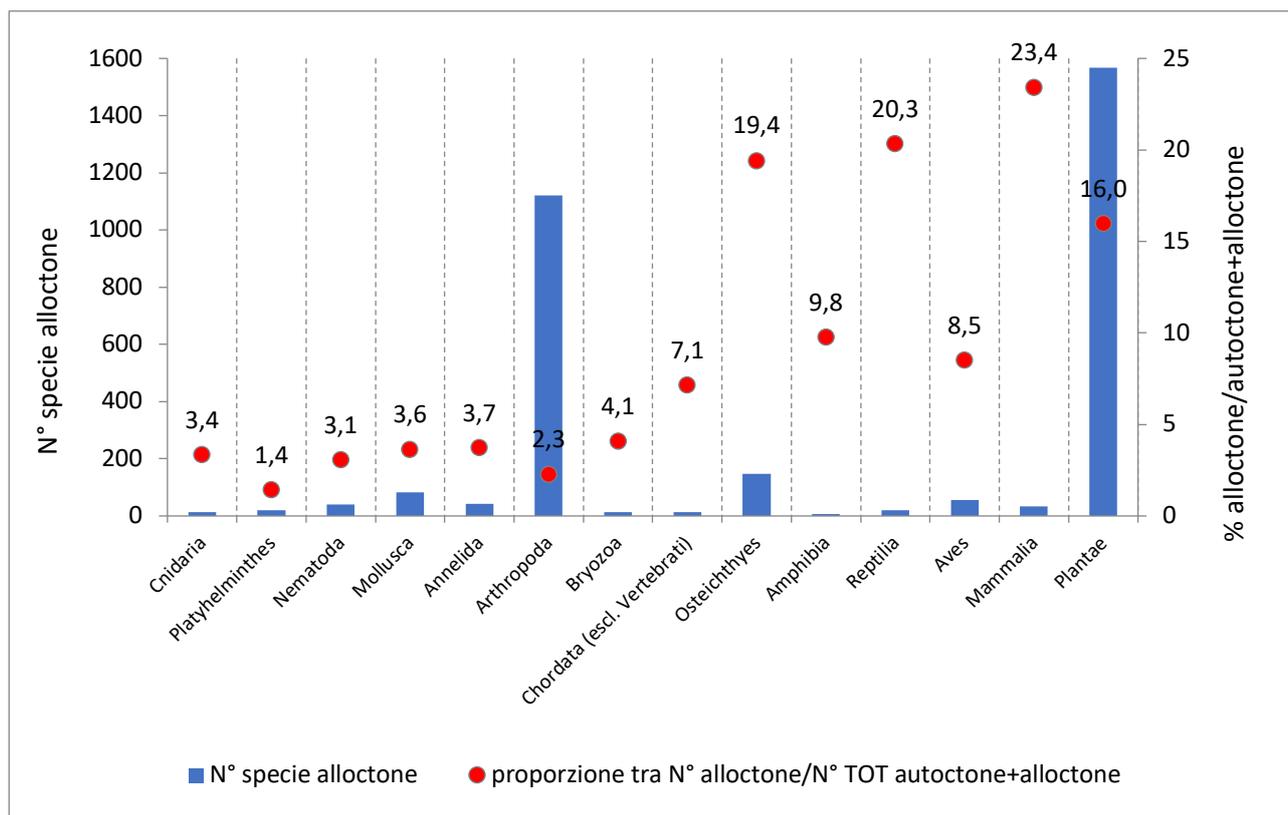


Figura 4-69 - Numero di specie alloctone presenti in Italia nel 2021 e frazione percentuale di specie alloctone sul totale complessivo di specie, calcolati per i principali gruppi tassonomici. Per quanto concerne le piante sono considerate solo le specie terrestri e di acqua dolce.

Per il calcolo del tasso di introduzione, sono state considerate unicamente le specie aliene sull'intero territorio nazionale e presenti in maniera stabile, con periodo o data di introduzione successivi al 1900. Tale informazione risulta disponibile per una frazione ridotta delle specie presenti nella banca dati (circa il 20%) e pertanto i valori assoluti vanno interpretati in modo prudentiale e considerati sicuramente una sottostima, in particolare per quanto riguarda i primi decenni considerati. Dal calcolo sono inoltre state escluse le specie con status incerto o di origine aliena solo in una parte del territorio nazionale e tutte le specie presenti in maniera occasionale, sporadica o le specie introdotte che si sono poi estinte o sono state eradicte. Infine, sono stati esclusi gli invertebrati cosiddetti pest agricoli e/o forestali, specie legate a colture delimitate nello spazio (es. *Heterodera elachista*, un nematode giapponese legato alle cisti del riso e del mais, arrivato in Italia tra il 2012 e il 2013). Quest'ultima scelta è basata sul fatto che la normativa europea e italiana in materia di specie alloctone esclude in maniera esplicita tali specie, già coperte da altri strumenti normativi.

Anche calcolando la curva di accumulazione relativa al numero di specie introdotte in Italia a partire dal 1900 (Figura 4-71) si conferma l'andamento esponenziale già evidenziato in precedenza, con un aumento sensibile della pendenza della curva a partire dagli Anni '70. Nell'ultimo secolo le specie aliene introdotte sono aumentate di oltre il 500% e il 2010 risulta quello con il numero massimo di introduzioni di nuove specie ( $n = 21$ ). Dal 2018 il numero di specie alloctone introdotte e stabilizzate in ambiente naturale risulta inferiore alle 10 specie annue. L'analisi della curva di accumulazione non evidenzia alcun effetto di saturazione, confermando l'andamento emerso anche a livello globale (Seebens et al., 2017).

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

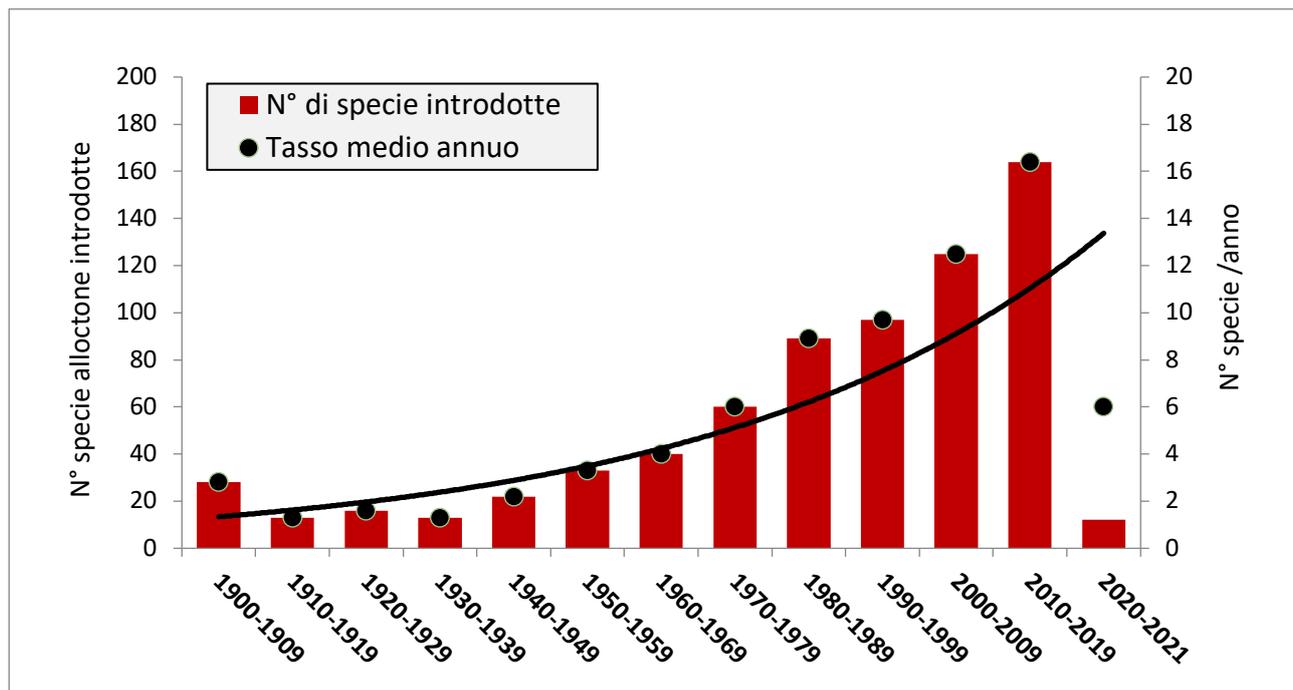


Figura 4-70 - Numero di specie alloctone introdotte in Italia a partire dal 1900 e successivamente stabilizzate, e tasso medio annuo di nuove introduzioni. I dati sono riferiti a 712 specie stabilizzate per le quali è conosciuta la data di introduzione.

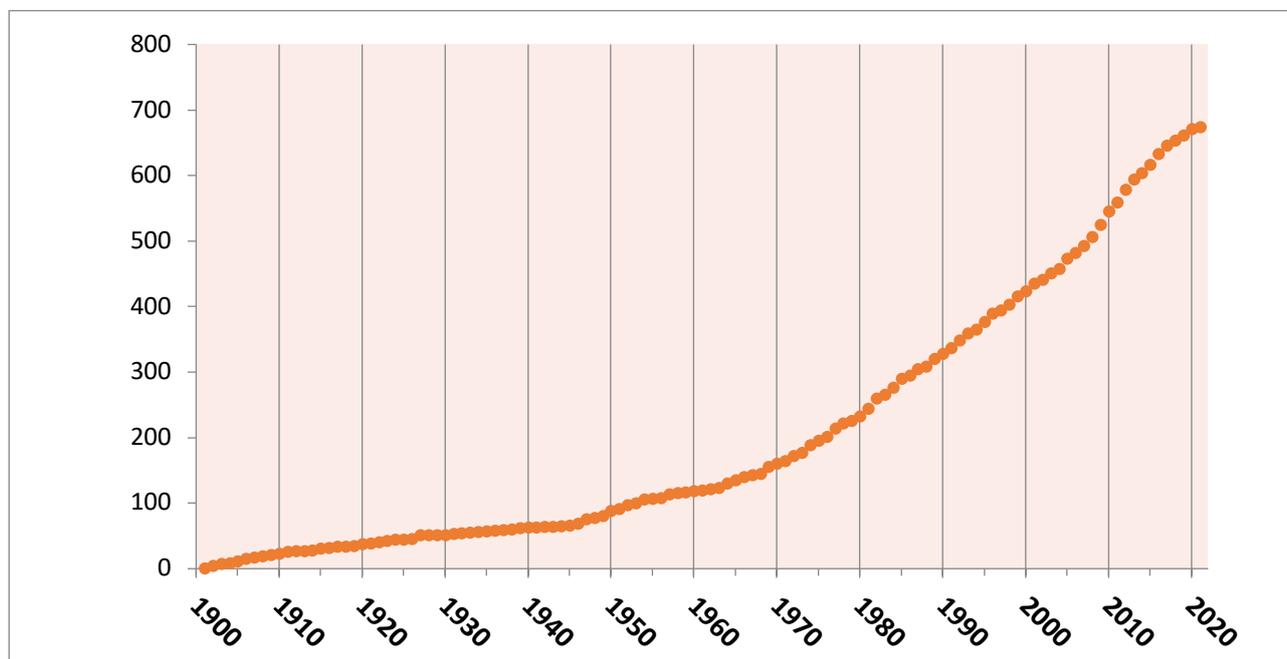


Figura 4-71 – Curva di accumulazione relativa al numero specie alloctone introdotte in Italia a partire dal 1900 e successivamente stabilizzate. I dati sono riferiti a 712 specie stabilizzate per le quali è conosciuta la data di introduzione.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Infine, si fornisce il quadro di distribuzione delle specie alloctone invasive inserite nell'elenco di rilevanza unionale, per cui la normativa europea (Reg. UE 1143/14) e nazionale (D.Lgs.230/17) prevede una serie di divieti e l'obbligo di sorveglianza, eradicazione/gestione sull'intero territorio nazionale.

La mappa rappresentata in Figura 4-72 si riferisce alla distribuzione, aggiornata a giugno 2019 e rappresentata mediante celle 10x10 km<sup>2</sup>, delle 30 specie presenti in Italia tra le 48 inserite nell'elenco e oggetto di rendicontazione. Dal quadro distributivo regionale emerge una concentrazione di specie nel Nord del paese, in particolare nell'area della Pianura padana. A questa si aggiungono due piccoli hot spot in Italia centrale corrispondenti alla Pianura pontina (provincia di Latina) del Lazio e all'area di Firenze in Toscana.

L'elenco delle specie esotiche invasive di rilevanza unionale è stato successivamente aggiornato due volte e oggi comprende 88 specie, di cui 47 già presenti in ambiente naturale in Italia.

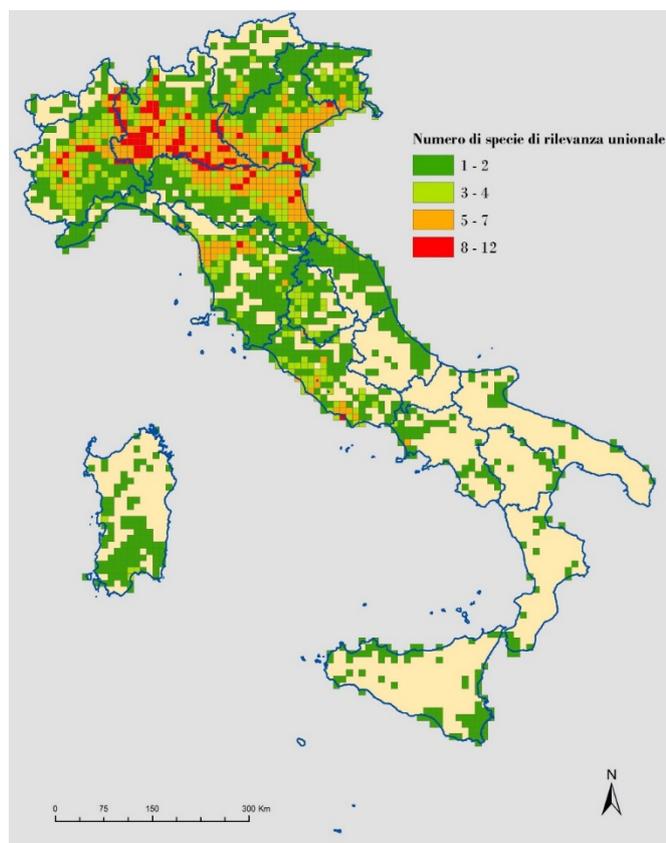


Figura 4-72 - Distribuzione delle specie alloctone invasive di rilevanza unionale in Italia (su celle 10x10 km<sup>2</sup>) (dati aggiornati al 2019)

Il recente *Thematic assessment* realizzato da IPBES (2023) ha confermato la possibilità che il fenomeno delle invasioni biologiche possa essere esacerbato dagli effetti del cambiamento climatico, in grado di aumentare l'insediamento e la diffusione di specie aliene invasive. Si prevede che i cambiamenti climatici porteranno a importanti cambiamenti nell'uso delle superfici terrestri e marine e, in alcune regioni, nei modelli di migrazione umana, ma anche a eventi naturali più estremi, come siccità, inondazioni, incendi e tempeste tropicali. I cambiamenti climatici, insieme alla continua intensificazione ed espansione degli scambi commerciali, del turismo e dei cambiamenti nell'uso del suolo, possono portare a un futuro aumento nell'insediamento e della diffusione di specie aliene invasive in particolare negli habitat disturbati e negli habitat naturali a questi vicini o interconnessi. Si prevede inoltre che i cambiamenti climatici aumentino la capacità competitiva di alcune specie aliene invasive (es. specie di climi tropicali), estendendo le aree idonee

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

e offrendo così nuove opportunità per l'introduzione e l'insediamento, in particolare in contesti sensibili come le isole.

Nel contesto mediterraneo le possibili situazioni di criticità sono molteplici e si accresce il numero di evidenze scientifiche a testimonianza di una trasformazione dell'identità biotica già in atto (Azzurro et al., 2019). Il traffico marittimo, l'acquacoltura, il commercio di specie da acquario e soprattutto gli ingressi attraverso il Canale di Suez hanno reso il Mediterraneo una delle regioni marine più invase al mondo (Azzurro et al., 2022a). Un gran numero di specie aliene è ormai presente stabilmente in questo bacino, producendo una varietà di impatti ecologici e socio-economici. A peggiorare la situazione è la velocità con la quale il Mediterraneo si sta riscaldando, maggiore di qualsiasi altra regione marina, che lo rende sempre più adatto a essere invaso da organismi di origine tropicale. Tra gli altri taxa non indigeni, le specie ittiche costituiscono gli esempi più documentati e impressionanti di questo fenomeno, con sforzi crescenti dedicati a monitorare la loro presenza e la loro progressiva espansione (Azzurro et al., 2022b).

In ambito forestale, per esempio, una vasta letteratura (Williams and Jackson 2007; Allegranza et al. 2013; Bonafede et al. 2014; Cannone and Pignatti 2014; Castellari et al. 2014a) sulle dinamiche della vegetazione ha messo in luce cambiamenti strutturali e spaziali delle comunità vegetali. Un recente lavoro, condotto in Trentino (Geppert et al., 2023), ha messo in luce una contrazione dell'intervallo altimetrico delle specie forestali autoctone nelle aree a bassa quota delle montagne temperate, riconducibile al cambiamento climatico globale. Le piante autoctone stanno contraendo il loro limite di altitudine inferiore, posto nelle pianure più calde e disturbate, lasciando il posto alle specie aliene che hanno rapidamente espanso il loro areale verso l'alto, probabilmente a causa di una combinazione di riscaldamento della temperatura e disturbo. Il cambiamento climatico ha favorito l'ingresso e l'insediamento di specie aliene in grado di danneggiare le specie arboree in tutta Europa. Secondo Rassati et al. (2016), l'Italia, la Francia e la Spagna sono le nazioni più a rischio, nelle quali è stato documentato l'arrivo di ben 34 specie invasive. Un altro studio (Pellizzari e Porcelli, 2014) evidenzia come diversi Emittenti coccoidei siano arrivati in Italia anche grazie alla crescente commercializzazione di piante esotiche. Molto spesso questi parassiti non possono e non riescono ad acclimatarsi fuori dalle serre, ma già per due specie è stato provato che si siano acclimate: *Fiorinia pinicola* (Maskell) in Liguria e *Lepidosaphes pinnaeformis* (Bouche) in sud Italia.

L'aumento delle temperature è uno dei fattori cruciali che contribuiscono anche ad aumentare il rischio di diffusione di agenti patogeni per l'uomo trasmessi dalle zanzare aliene, in particolare il virus Usutu e il virus del Nilo occidentale, trasmessi dalle specie autoctone di zanzare del genere *Culex* (Lühken et al., 2023). L'Europa sta vivendo una tendenza al riscaldamento in cui le ondate di calore e le inondazioni stanno diventando più frequenti e gravi, mentre le estati diventano più lunghe e più calde. Ciò crea condizioni più favorevoli per specie di zanzare aliene invasive come *Aedes albopictus* e *Aedes aegypti*. A livello europeo l'Italia risulta essere il Paese più invaso da *Aedes albopictus*, unico in cui la specie, introdotta attorno al 2004, risulta essere diffusa in tutte le regioni.

Anche l'insediamento e la diffusione di molte specie, sia vegetali che animali, oggetto di commercio come pet o piante di interesse florovivaistico, potrebbe in futuro essere favorito dal cambiamento climatico globale. E il caso, per esempio, di molte specie di vertebrati originarie di climi più caldi (soprattutto rettili, uccelli e mammiferi), molte delle quali già insediate stabilmente sul nostro territorio (Macchi et al., 2020; Di Febbraro and Mori 2015; Loy et al., 2019).

## 4.6 Patrimonio agricolo e forestale

### 4.6.1 Patrimonio forestale

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Il RA consentirà di rafforzare la conoscenza puntuale delle foreste italiane in ogni loro aspetto: naturalistico, produttivo, economico, sociale e culturale. Le analisi ambientali saranno basate sull'aggiornamento delle informazioni ricavate dal Rapporto Annuale sulle Foreste Italiane (RAF, 2019) a partire dai dati del terzo Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi forestali di Carbonio (INFC2015 - <https://www.inventarioforestale.org/it/>) e la Banca dati indicatori ambientali ISPRA 2024 (<https://annuariodev.isprambiente.it/it/>) in modo da definire lo stato attuale e i *trend* futuri della componente.

L'Italia è particolarmente ricca di foreste (oltre un terzo della superficie nazionale è coperta da boschi). A partire già dal secondo dopoguerra la superficie forestale italiana ha avuto una graduale e continua espansione: da 8.675.100 ettari del 1985 si è passati a 11.054.458 ettari del 2015, con un incremento pari al 27%. La stima deriva dai risultati della fotointerpretazione, conclusa nel 2014, corretti secondo i dati dei rilievi al suolo del terzo Inventario Forestale Nazionale (INFC, 2015 – Figura 4-73). Il confronto delle stime di superficie prodotte dai tre inventari forestali nazionali realizzati in Italia (1985, 2005 e 2015) testimonia il sensibile aumento della superficie forestale avvenuto negli ultimi decenni (Figura 4-74); il fenomeno riguarda, con intensità diversa, tutte le Regioni italiane (Tabella 4-27).

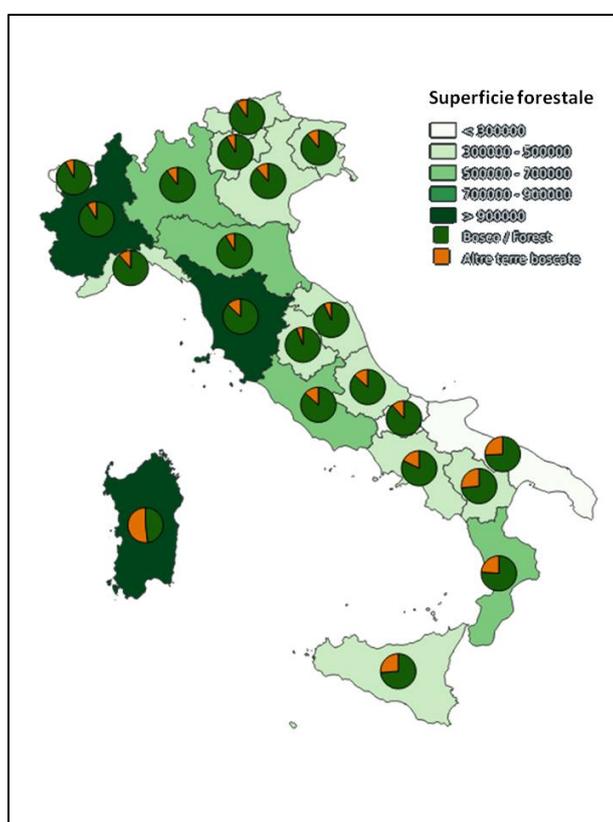


Figura 4-73 Superficie forestale – Statistiche per regione. **Fonte:** Inventario forestale in mappe (<http://crea.g3wsuite.it/it/#/it>)

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

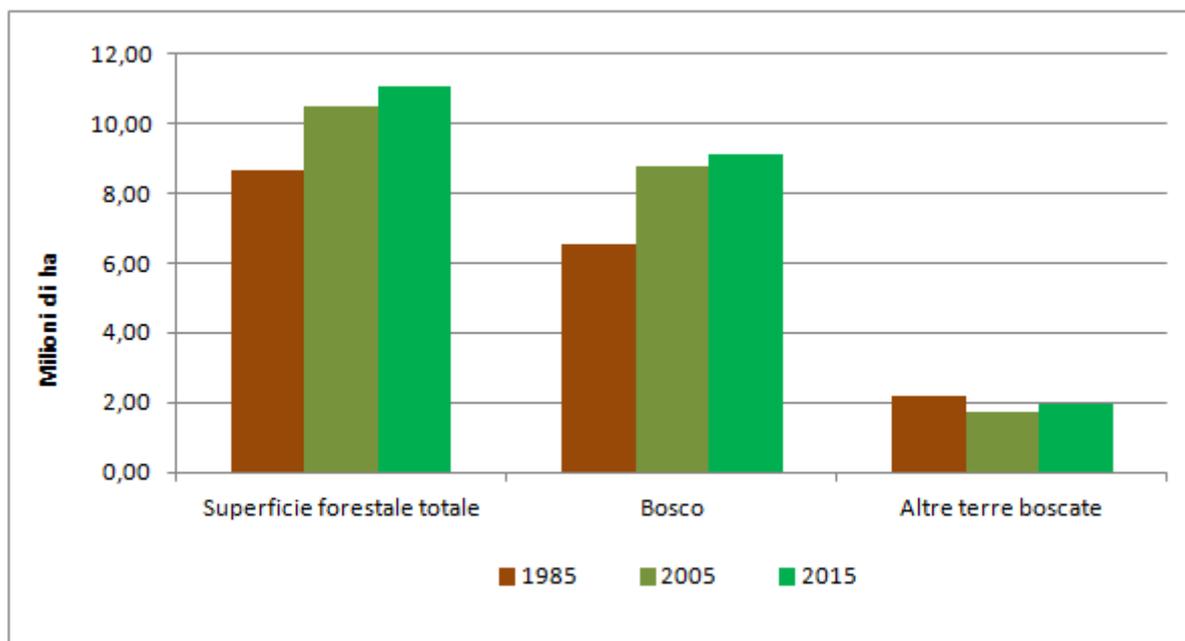


Figura 4-74: Evoluzione della superficie forestale nazionale (1985, 2005, 2015). **Fonte:** Statistiche INFC2015 ([https://www.inventarioforestale.org/it/statistiche\\_infc/](https://www.inventarioforestale.org/it/statistiche_infc/)), statistiche ufficiali INFC2005 (<https://www.sian.it/inventarioforestale/>) e risultati di IFNI85 ([https://www.sian.it/inventarioforestale/jsp/1985\\_intro.jsp?menu=4](https://www.sian.it/inventarioforestale/jsp/1985_intro.jsp?menu=4))

Tabella 4-27: Superficie forestale (ha), secondo la definizione FAO-FRA, stimata dagli inventari forestali nazionali (2005, 2015), per Regioni e Province Autonome.

	INFC2005			INFC2015			Superficie territoriale
	Bosco	Altre terre boscate	Superficie forestale totale	Bosco	Altre terre boscate	Superficie forestale totale	
<b>Abruzzo</b>	391.492	47.099	438.590	411.588	63.011	474.599	1.079.512
<b>Alto Adige (P.A. Bolzano)</b>	336.689	35.485	372.174	339.270	36.081	375.351	739.997
<b>Basilicata</b>	263.098	93.329	356.426	288.020	104.392	392.412	999.461
<b>Calabria</b>	468.151	144.781	612.931	495.177	155.443	650.620	1.508.055
<b>Campania</b>	384.395	60.879	445.274	403.927	87.332	491.259	1.359.025
<b>Emilia Romagna</b>	563.263	45.555	608.818	584.901	53.915	638.816	2.245.202
<b>Friuli V.G.</b>	323.832	33.392	357.224	332.556	41.058	373.614	785.648
<b>Lazio</b>	543.884	61.974	605.859	560.236	87.912	648.148	1.720.768
<b>Liguria</b>	339.107	36.027	375.134	343.160	44.084	387.244	542.024
<b>Lombardia</b>	606.045	59.657	665.703	621.968	70.252	692.220	2.386.285
<b>Marche</b>	291.394	16.682	308.076	291.767	21.314	313.081	936.513
<b>Molise</b>	132.562	16.079	148.641	153.248	20.025	173.273	443.765
<b>Piemonte</b>	870.594	69.522	940.116	890.433	84.991	975.424	2.539.983
<b>Puglia</b>	145.889	33.151	179.040	142.349	49.389	191.738	1.936.580

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

<b>Sardegna</b>	583.472	629.778	1.213.250	626.140	674.851	1.300.991	2.408.989
<b>Sicilia</b>	256.303	81.868	338.171	285.489	101.745	387.234	2.570.282
<b>Toscana</b>	1.015.728	135.811	1.151.539	1.035.448	154.275	1.189.722	2.299.018
<b>Trentino (P.A. Trento)</b>	375.402	32.129	407.531	373.259	33.826	407.086	620.690
<b>Umbria</b>	371.574	18.681	390.255	390.305	23.651	413.956	845.604
<b>Valle d'Aosta</b>	98.439	7.489	105.928	99.243	8.733	107.976	326.322
<b>Veneto</b>	397.889	48.967	446.856	416.704	52.991	469.695	1.839.122
<b>Italia</b>	8.759.200	1.708.333	10.467.533	9.085.186	1.969.272	11.054.458	30.132.845

**Fonte:** Statistiche INFC2015 e INFC2005

### Contributo delle foreste agli obiettivi del Piano

Le misure e gli interventi previsti che possono interessare la componente Patrimonio Forestale sono principalmente quelle della **Dimensione della decarbonizzazione**, soprattutto in relazione a *“Emissioni e assorbimenti di gas a effetto serra”* per quanto riguarda in particolare il settore LULUCF (*Land Use, Land Use Change and Forestry* - settore dell'uso del suolo, del cambiamento di uso del suolo e della silvicoltura), a *“Energia rinnovabile”* in riferimento all'uso della biomassa forestale e agro-forestale, e ad *“Altri elementi della dimensione”* tra i quali le *“Politiche e misure volte a conseguire altri obiettivi nazionali”* come l'Adattamento ai Cambiamenti Climatici e *“Altre politiche, misure e programmi previsti volti a conseguire i contributi nazionali indicativi di efficienza energetica al 2030”* come il Programma *“Parchi per il Clima”*.

Le Politiche e misure volte a raggiungere l'obiettivo stabilito dal Regolamento (UE) 2018/842 e le politiche e misure per conformarsi al Regolamento (UE) 2018/841, in particolare, riguardano tutti i principali settori responsabili delle emissioni e i settori per l'aumento degli assorbimenti, con la prospettiva e l'obiettivo a lungo termine di diventare un'economia a basse emissioni e di raggiungere un equilibrio tra emissioni e assorbimenti in conformità dell'accordo di Parigi” e quindi incidono specificatamente sui settori dell'economia circolare e dei rifiuti, dell'agricoltura e della silvicoltura e sul settore LULUCF. Le Politiche e misure per realizzare il contributo nazionale al conseguimento dell'obiettivo vincolante a livello dell'UE per il 2030 in materia di energia rinnovabile e le misure specifiche per settore e per tecnologia, soprattutto per quel che concerne i biocarburanti avanzati, ossia i biocarburanti prodotti da materiali lignocellulosici, da colture *no food*, da residui e rifiuti agricoli e forestali nonché le misure specifiche per la promozione dell'uso di energia proveniente dalla biomassa, in particolare per la nuova mobilitazione delle biomasse, sono influenzate dalla disponibilità di biomassa stessa, inclusa la biomassa sostenibile, e quindi dal potenziale nazionale e dalle importazioni da paesi terzi, dagli altri usi della biomassa in altri settori (agricoltura e settori forestali) e la sostenibilità della sua produzione e uso.

L'espansione delle foreste italiane è associata ad effetti prevalentemente positivi in termini ambientali, inclusi l'incremento della biodiversità e della capacità di immagazzinamento del carbonio, economici e sociali, quali la fornitura di biomassa legnosa per fini energetici, in sostituzione e integrazione delle fonti fossili di energia. Le foreste hanno innanzitutto un ruolo importante nel ciclo globale del carbonio. Sono, infatti, un bioma con alta densità di carbonio, da poche decine fino a diverse centinaia di tonnellate di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) per ettaro; esse, inoltre, scambiano grandi masse di carbonio con l'atmosfera attraverso l'assorbimento di CO<sub>2</sub> con la fotosintesi e il rilascio attraverso la respirazione delle piante e del suolo oltre a quello determinato da i vari tipi di disturbo cui sono soggette (incendi, uragani, attacchi di patogeni e parassiti, pascolo, prelievi legnosi e interventi selvicolturali). Il *carbon stock* e il *carbon sink* rappresentano indicatori efficaci per valutare lo stato delle risorse forestali di una nazione, essendo influenzati dalla produttività delle foreste e, in senso negativo, dai disturbi sia naturali sia antropici cui sono soggette (incendi, prelievi, parassiti e patogeni, mortalità

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

naturale, ecc.). Essi sono utili per valutare anche il livello di conservazione e di sostenibilità della gestione forestale. Il *carbon stock* e il *carbon sink*, inoltre, indicano il contributo che le foreste nazionali possono dare alla mitigazione dell'effetto serra e al raggiungimento degli obiettivi di contenimento delle emissioni di gas climalteranti che il nostro Paese ha assunto nell'ambito della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (*United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC*).

Un modello sviluppato dall'ISPRA (Federici *et al.*, 2008), denominato For-Est (*Forest Estimates*) e basato sulla metodologia elaborata in ambito IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), stima che nel 2020 la quantità di carbonio fissato nelle foreste italiane (*carbon stock*) è stata pari a circa 609,1 milioni di tonnellate di carbonio (MtC). Di queste, 476,4 MtC (78,2% del totale) sono stoccate nella biomassa epigea, 89,6 MtC (14,7% del totale) nella biomassa ipogea, 15,9 MtC nella necromassa (2,6% del totale) e 27,3 MtC nella lettiera (4,5% del totale) (Figura 4-75). La ripartizione, a livello regionale, dello *stock* di carbonio (Figura 4-76) è fortemente correlata alla frazione di superficie coperta da foreste. L'andamento del *carbon sink*, nel periodo 1990-2020 (Figura 4-77), è fortemente condizionato dalle superfici percorse annualmente dagli incendi, e dalla conseguente riduzione degli assorbimenti di carbonio. È particolarmente evidente, infatti, l'effetto delle perdite di biomassa dovute a incendi nel 1990, 1993, 2007 e nel 2017 sul *trend* del *carbon sink*. Da ciò si intuisce il ruolo chiave degli incendi sul contributo che le foreste nazionali possono dare al ciclo globale del carbonio.

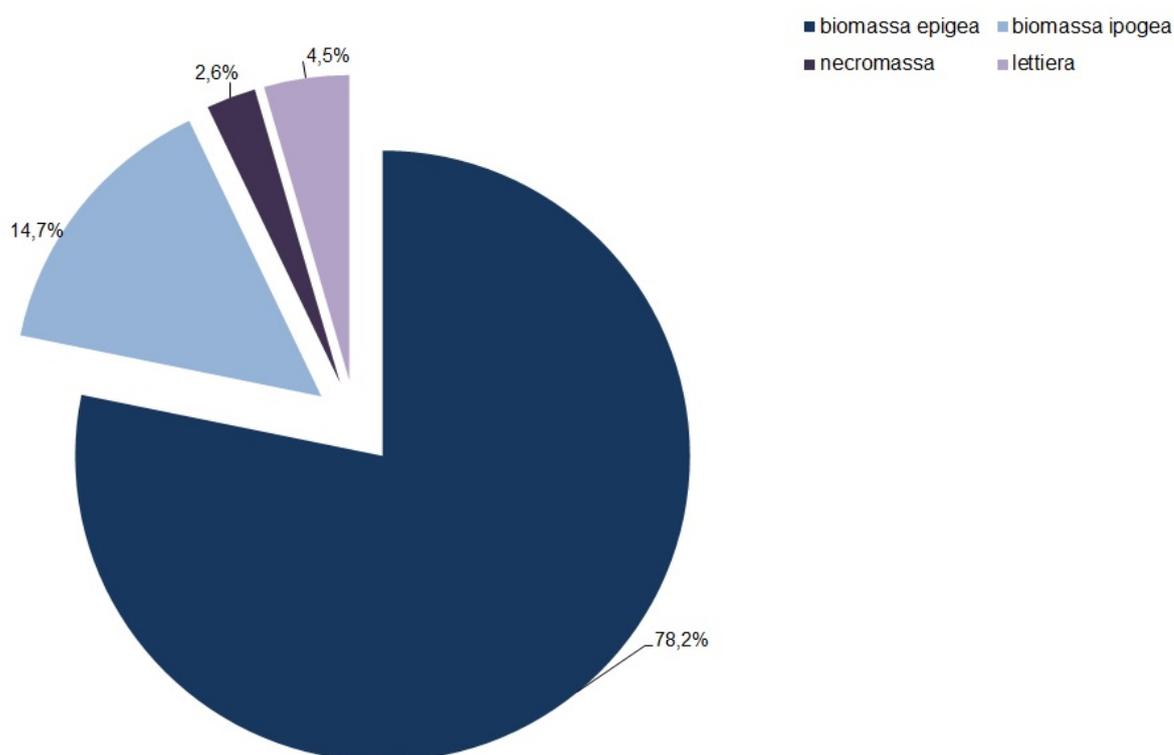


Figura 4-75: Carbon stock in Italia: ripartizioni nei diversi serbatoi forestali (2020). Fonte: Annuario Dati Ambientali ISPRA (<https://annuariodev.isprambiente.it/it>)

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

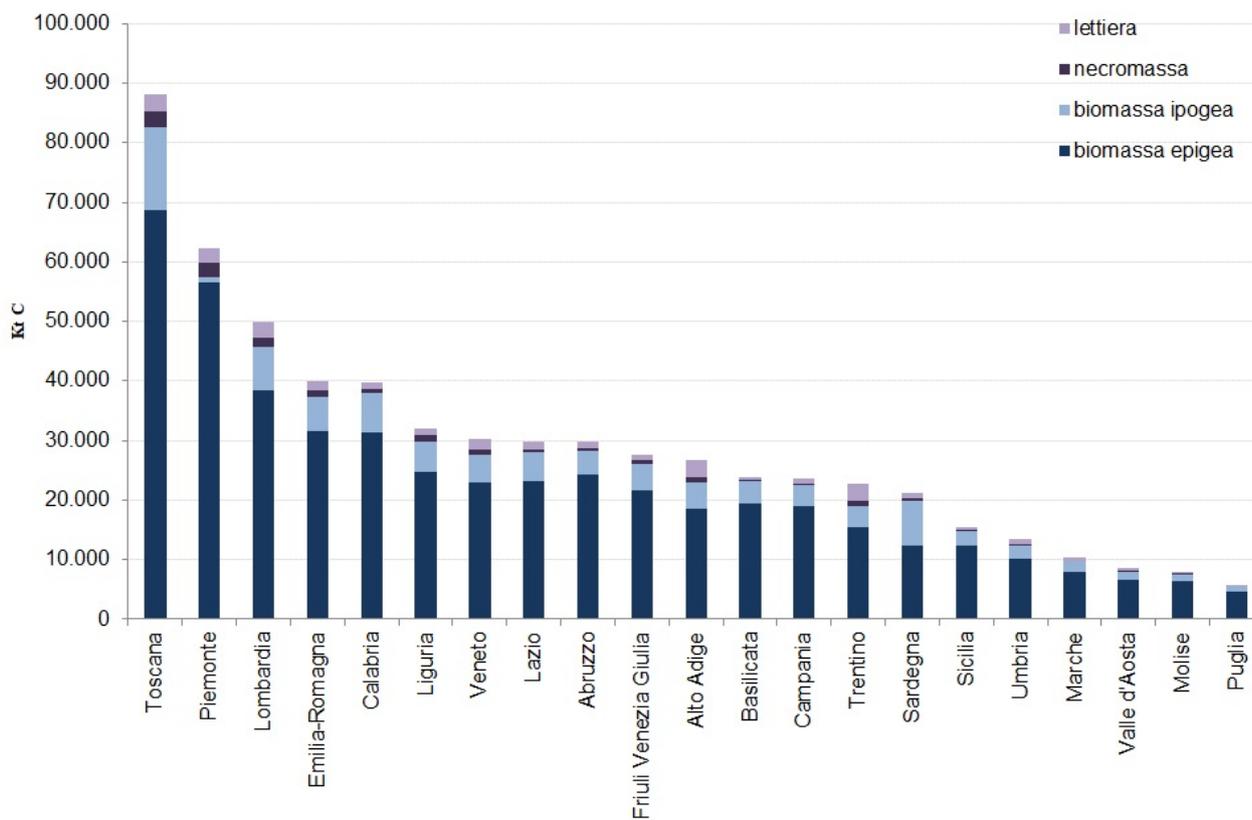


Figura 4-76: Carbon stock dei diversi serbatoi forestali per ripartizione regionale (2020). Fonte: Annuario Dati Ambientali ISPRA

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

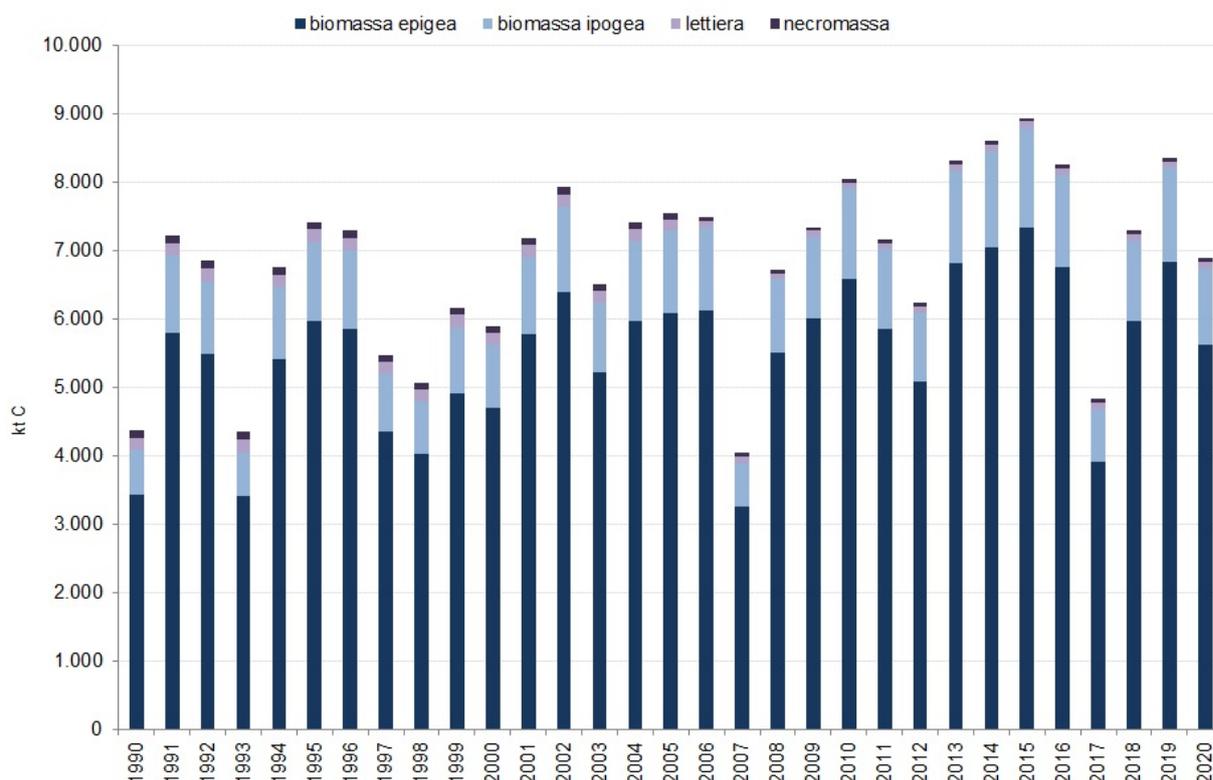


Figura 4-77: Variazione dello stock di carbonio (carbon sink) nei diversi serbatoi forestali in Italia. Fonte: Annuario Dati Ambientali ISPRA

Altri fattori possono inoltre contribuire ad aumentare o ridurre la capacità del serbatoio di carbonio rappresentato dalle foreste nazionali, tra questi risultano rilevanti la pianificazione e gestione forestale; infatti, a seconda del modo in cui si sceglie di intervenire sull'ecosistema forestale, questo può contribuire alle emissioni (*source*) o agli assorbimenti (*sink*) di CO<sub>2</sub> e per favorire lo stoccaggio e il sequestro del carbonio le foreste devono essere estese, sane e diversificate. Al fine di garantire e rafforzare il contributo delle foreste alla dimensione della decarbonizzazione risulta necessario, quindi, promuovere una gestione forestale sostenibile, responsabile, naturalistica e climaticamente intelligente (*Climate-Smart Forestry* -CSF). La *Climate-Smart Forestry* si basa su tre principi: Eliminare, o quantomeno ridurre, le emissioni di gas a effetto serra per contrastare i cambiamenti climatici; Adattare la gestione forestale allo sviluppo di foreste resilienti, in grado di adattarsi al meglio a situazioni anche estreme; Gestire attivamente le foreste per incentivare in modo sostenibile la produttività a favore delle comunità locali. Le foreste che presentano un interesse per la raccolta di prodotti legnosi e non legnosi e che non sono esplicitamente designate come aree protette dovrebbero essere gestite sempre di più in modo da essere sufficientemente ricche di biodiversità, tenendo conto delle loro differenze a livello di condizioni naturali, regioni biogeografiche e tipologia. La superficie forestale coperta dai piani di gestione, inoltre, dovrebbe includere tutte le foreste gestite di proprietà pubblica e un numero sempre maggiore di foreste private, mantenendo e sviluppando ulteriormente le pratiche rispettose della biodiversità, come ad esempio la selvicoltura prossima alla natura (*CloseR to Nature Silviculture*). A luglio 2023 la Commissione Europea ha pubblicato le proprie Linee guida per una selvicoltura più vicina alla natura per supportare le autorità competenti e le principali parti interessate a sviluppare e promuovere pratiche adattative e rispettose della biodiversità nella gestione forestale su diversa scala. È stata anche istituita una rete internazionale di silvicoltori, che copre oltre un centinaio di foreste di riferimento, per

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

condividere esperienze, pratiche, conoscenze e formazione, promuovendo una transizione verso una silvicoltura più resiliente basata sui processi naturali dell'ecosistema forestale: mescolanza di specie per albero o gruppo di alberi, rigenerazione naturale o impianto diversificato su piccola scala, copertura forestale continua che eviti il più possibile il disboscamento e i suoi svantaggi, progressiva irregolarità della struttura per età del soprassuolo, gestione per dimensione dell'albero o per gruppo di alberi e miglioramento della capacità di sostenere la biodiversità. L'applicazione della selvicoltura più vicina alla natura in Italia è coerente con le politiche nazionali e regionali quali il Testo Unico in materia di Foreste e Filieri forestali (TUFF - D.lgs. 3 Aprile 2018 n. 34) e la Strategia Forestale Nazionale (Gazzetta Serie Generale n. 33 del 09-02-2022) che sostengono una "consolidata tradizione selvicolturale nazionale e locale, fondata su basi naturalistiche (rinnovazione naturale, *continuous forest cover* nei soprassuoli governati a fustaia, prevalenza di formazioni miste con specie autoctone e limitata presenza di specie esotiche) e di sostenibilità". Sussistono, tuttavia, importanti ostacoli a questo tipo di gestione forestale rappresentati principalmente dalla bassa percentuale delle foreste italiane dotate di un piano di gestione. Gli strumenti pianificatori di dettaglio, quali il piano di gestione forestale o il piano di assestamento forestale, risultano ancora relativamente poco diffusi a livello nazionale (Figura 4-78; fonte RaF, 2019). Complessivamente, soltanto il 18% della superficie forestale nazionale risulta attualmente gestita mediante questo tipo di piani. In solo tre delle Regioni per le quali sono disponibili i dati per questo indicatore la percentuale di superficie forestale assestata è superiore al 50% e appena in sette è superiore al 30%. È da segnalare, peraltro, la presenza di 50 Piani Forestali di Indirizzo Territoriale (PFIT), che interessano oltre 1,7 milioni di ha di superficie forestale e che potranno rappresentare un utile riferimento tecnico per lo sviluppo operativo di quanto previsto dall'Art. 6, comma 3, del TUFF anche in quelle Regioni (la maggior parte) che non si sono ancora dotate di tali strumenti. Il TUFF prevede tre livelli di pianificazione, i PFIT rappresentano il livello intermedio e hanno "lo scopo di fornire indirizzi per la gestione nel medio e lungo periodo delle risorse forestali e silvo-pastorali di proprietà pubblica, privata e collettiva" oltre a "definirne obiettivi e finalità in attuazione della politica forestale regionale, compatibilmente e in correlazione con gli altri strumenti pianificatori presenti a pari livello di scala territoriale, sia ambientali che paesaggistici, permettendo di evidenziare e valorizzare le vocazioni di ambiti territoriali relativamente omogenei". Essi, in particolare, devono "definire le loro destinazioni d'uso, le priorità di intervento necessarie alla tutela, alla gestione ed alla valorizzazione dei boschi e dei pascoli, il coordinamento tra i diversi ambiti e livelli di pianificazione territoriale e forestale vigenti, gli interventi strutturali e infrastrutturali al servizio del bosco, compresa la localizzazione della rete di viabilità forestale, gli indirizzi di gestione per le pianificazioni aziendali".

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

	Piani forestali territoriali		Piani di gestione/assestamento forestale	
	(n.)	(ha)	(n.)	(ha)
<b>Abruzzo</b>	NP	NP	2	9.299,00
<b>Basilicata</b>	NP	NP	70	ND
<b>P.A. Bolzano<sup>(1)</sup></b>	NP	NP	342	202.966,00
<b>Calabria</b>	NP	NP	108	34.172,00
<b>Campania</b>	NP	NP	82	160.000,00
<b>Emilia-Romagna</b>	NP	NP	83	56.900,00
<b>Friuli-Venezia Giulia<sup>(2)</sup></b>	NP	NP	113	179.494,00
<b>Lazio</b>	NP	NP	350	circa 200.000
<b>Liguria<sup>(3)</sup></b>	NP	NP	23	7.926,70
<b>Lombardia</b>	38	1.588.107,00	123	233.380,00
<b>Marche</b>	10	51.570,00	6	12.806,00
<b>Molise</b>	NP	NP	21	11.317,62
<b>Piemonte<sup>(4)</sup></b>	NP	NP	22	34.014,28
<b>Puglia</b>	NP	NP	ND	ND
<b>Sardegna</b>	NP	NP	7	2.438,63
<b>Sicilia</b>	NP	NP	5	2.070,00
<b>Toscana<sup>(5)</sup></b>	NP	NP	57	114.017,55
<b>P.A. Trento</b>	NP	NP	499	379.292,00
<b>Umbria<sup>(6)</sup></b>	NP	NP	125	90.042,00
<b>Valle d'Aosta<sup>(7)</sup></b>	NP	NP	86	47.576,00
<b>Veneto</b>	3	84.857,00	111	174.622,00

Figura 4-78: Numero e superficie (ha) dei piani forestali territoriali e dei piani di gestione/assestamento forestale nelle Regioni e Province Autonome (2017). ND: non dichiarato; NP: non presente. NOTE: (1) Sono presenti inoltre 23.430 "Schede boschive" che coprono una superficie totale di 230.259 ha, a tutti gli effetti di legge riconosciute come strumento pianificatorio aziendale, come anche dai principali sistemi di certificazione forestale internazionali. (2) Sono presenti inoltre le "schede forestali", strumenti di pianificazione forestale semplificata e non obbligatoria per le piccole proprietà. (3) Sono stati realizzati 2 "Piani forestali territoriali di indirizzo" a titolo sperimentale, ma non sono stati approvati. Sono presenti altri 82 Piani di gestione forestale scaduti, con superficie complessiva pari a 36.264,57 ha. (4) I "Piani Forestali Territoriali" (in totale n. 47) sono stati redatti nel periodo 1996-2004 e interessano l'intera superficie territoriale regionale, ma non sono mai stati approvati. (5) I Piani di gestione forestale sono riferiti unicamente al PAFR -Patrimonio Agricolo Forestale della Regione Toscana e alle proprietà statali gestite dal Raggruppamento Biodiversità dei Carabinieri Forestali. Per quanto concerne la proprietà privata il SIGAF non contiene i dati relativi alla pianificazione forestale. (6) Piani forestali territoriali: sono stati realizzati dei piani forestali di area vasta mai approvati, utilizzati solo a livello di documenti tecnici. (7) In Valle d'Aosta dal 2010 non si procede alla revisione periodica dei piani di assestamento. Pertanto 34 piani, per complessivi 18.661 ha, risultano in regime di "prorogatio".

Nel settore forestale, inoltre, si sono consolidate una serie di forme di partenariato e di collaborazione pubblico-privata, mirate principalmente a favorire azioni di informazione/sensibilizzazione e la diffusione di strumenti di tipo volontario, finalizzati alla promozione della gestione forestale sostenibile, all'adozione di pratiche di responsabilità sociale d'impresa e al contrasto dei processi di illegalità. Tra questi importanti

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

strumenti figurano gli schemi di certificazione forestale, con riferimento sia alla gestione delle foreste su scala nazionale e internazionale, sia alla catena di custodia che mira a garantire la tracciabilità dei prodotti forestali attraverso le fasi di approvvigionamento, lavorazione, commercio e distribuzione del prodotto all'interno della filiera foresta-legno/carta. La certificazione è un processo volontario che porta al rilascio, da parte di un organismo terzo e indipendente (ente di certificazione accreditato a livello nazionale o internazionale), di un certificato di gestione forestale o catena di custodia. Nel caso della gestione forestale si attesta che le forme di gestione di un determinato bosco o di un determinato territorio rispondano a specifici requisiti di tutela ambientale, di equità sociale e di efficienza economica, definiti da uno *standard* nazionale di riferimento. Nel caso della catena di custodia si attesta che il percorso intrapreso dai prodotti a partire dalla foresta oppure, nel caso di materiali di riciclo, dal momento in cui il materiale viene recuperato, fino al punto in cui il prodotto viene venduto e/o viene finito ed etichettato - sia stato intrapreso secondo *standard* internazionali che ne garantiscono la tracciabilità e rintracciabilità. Attualmente esistono due schemi di certificazione forestale applicabili al contesto italiano aventi carattere internazionale: il *Forest Stewardship Council*<sup>®</sup> (FSC<sup>®</sup>) e il *Programme for Endorsement of Forest Certification schemes* (PEFC<sup>™</sup>). In Italia, al 31 dicembre 2022, le superfici delle foreste certificate PEFC e FSC sono pari rispettivamente a 925.610 ha e 81.590 ha. Nel 2022, la superficie certificata PEFC è aumentata rispetto all'anno precedente dello 3,7%, mentre quella relativa alla certificazione FSC mostra un incremento di circa il 8,5% (Figura 2). Si rileva un *trend* in crescita della superficie forestale certificata, attestante una maggior sostenibilità dei processi produttivi delle aziende del settore, in particolare si osserva un incremento dal 2005 al 2022 di oltre il 50% (Figura 4-79). Nello specifico, si registra per PEFC un aumento pressoché costante della superficie forestale certificata fino al 2015 (unica eccezione è il 2007), seguito da una flessione nel corso del 2016-2017. Dal 2018 si osserva nuovamente un aumento che raggiunge nel 2022 un incremento di oltre il 20% rispetto al 2017. La superficie certificata FSC, nel complesso ha un andamento crescente, con un valore massimo di oltre 81,5 mila ettari, raggiunto nel 2022 (ISPRA, 2023).

Esistono grandi opportunità di attuare misure vantaggiose per tutti, che migliorino contemporaneamente la produttività forestale, la produzione di legname, la biodiversità, la funzione di assorbimento del carbonio, le caratteristiche di un suolo sano e la resilienza climatica. Una maggior diversità degli ecosistemi e delle specie forestali e l'uso di risorse genetiche adeguate e di metodi di gestione forestale di tipo ecosistemico sono in grado di migliorare l'adattabilità a lungo termine e la capacità delle foreste di rigenerarsi e auto-organizzarsi.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

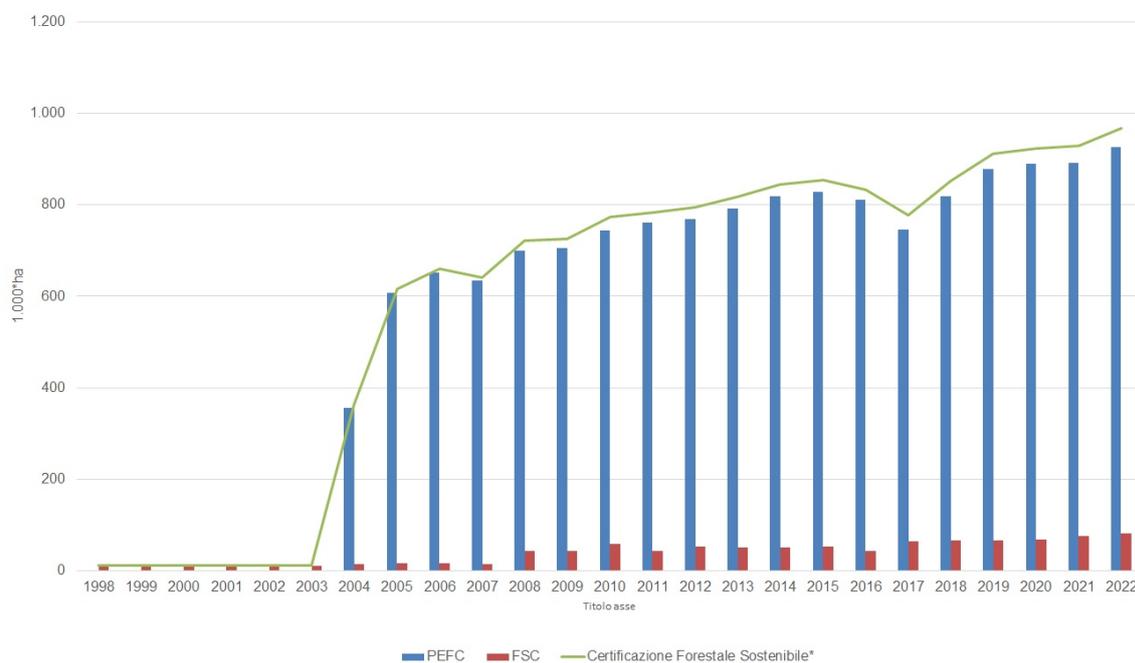


Figura 4-79: Superfici forestali certificate in Italia secondo gli schemi PEFC e FSC. Elaborazioni ISPRA su dati FSC (Forest Stewardship Council) Italia, PEFC (Programme for Endorsement of Forest Certification schemes) Italia. \*La stima del totale Italia, puramente indicativa, è ottenuta come valore centrale dell'intervallo fra un minimo e un massimo teorici (min = completa sovrapposizione, max = sovrapposizione nulla).

### Minacce – impatti

La situazione attuale e le proiezioni rispetto alle politiche e misure vigenti da considerare nell'ambito della **"Dimensione della decarbonizzazione"** riguardano le *"Emissioni e assorbimenti di gas a effetto serra"* in particolare nell'ambito del settore LULUCF; meritano attenzione, in quest'ambito, anche le misure e azioni relative a *"Energia rinnovabile"*, in particolare la *"Quota attuale di energia rinnovabile nel consumo finale lordo di energia e in diversi settori (riscaldamento e raffreddamento, energia elettrica e trasporti), nonché per tecnologia in ciascuno di tali settori"* in riferimento agli impieghi di biomassa solida (principalmente legna da ardere e *pellet* utilizzati nel settore residenziale). Nell'ambito della **"Dimensione della sicurezza energetica"** deve essere esaminato lo *"Stato attuale di mix energetico, le risorse energetiche interne e la dipendenza dalle importazioni, compresi i rischi pertinenti"* in riferimento alle importazioni di biomasse legnose.

Il *trend* positivo di espansione del bosco deriva in gran parte da scelte maturate in altri settori economici e non è il risultato di deliberate politiche forestali e di tutela ambientale, ciò è dimostrato dal fatto che la crescente superficie a bosco è sempre più soggetta a fenomeni di abbandono e quindi di degrado, tra cui *in primis* gli incendi. Riguardo a questi ultimi, che tra l'altro contribuiscono all'emissione in atmosfera di quantità non trascurabili di anidride carbonica, si può osservare un periodo notevolmente critico a metà degli anni ottanta, cui sono seguiti anni in cui il livello del fenomeno si è mantenuto sempre complessivamente elevato. Influenzano negativamente lo stato delle foreste nazionali i cambi di destinazione d'uso e copertura del suolo, in particolare quelli determinati in seguito al verificarsi di incendi.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

A livello nazionale il valore medio della superficie percorsa annualmente da incendio risulta pari a 15.102 ha, tra il 2018 ed il 2022. Nel 2022 ci sono stati 14.797 ha di superficie forestale bruciata a livello nazionale, un valore leggermente inferiore alla media del quinquennio considerato. Il 2021 è stato l'anno di massima estensione delle superfici forestali colpite da incendio. A livello regionale, nel 2022, il dato rispecchia la situazione nazionale in Abruzzo, Puglia, Calabria, Sicilia e Sardegna, mentre le altre regioni riportano superfici forestali bruciate complessive superiori al valore medio sugli anni considerati, sebbene inferiori al valore massimo del 2021. Nella Figura 4-80 vengono riportati i dati relativi alle regioni biogeografiche (definite in ambito EU in relazione alla Rete Natura 2000). Nel periodo considerato la regione biogeografica con la maggior superficie forestale colpita da incendio risulta essere sempre quella mediterranea. L'anno in cui si osserva la maggiore superficie boschiva bruciata nella regione biogeografica alpina è il 2019, mentre per la regione biogeografica continentale l'anno con la massima superficie bruciata è il 2022. Negli anni dal 2019 al 2022 (Figura 4-81) le due categorie forestali più impattate a livello nazionale sono le latifoglie decidue (T2) e le latifoglie sempreverdi (T1), mentre nel 2018 sono bruciate molte foreste di conifere (T3), metà delle quali in Sicilia che risulta anche essere la regione (Figura 4-82) con il valore medio più alto di superficie forestale colpita da incendio (4.827 ha). Il 2022 risulta l'unico anno in cui vengono colpiti ecosistemi appartenenti alla classe foreste temperate sub-alpine (T34), quali i lariceti. Le regioni in cui questa classe forestale è risultata colpita sono il Piemonte, la Valle d'Aosta, la Lombardia e il Trentino-Alto Adige.

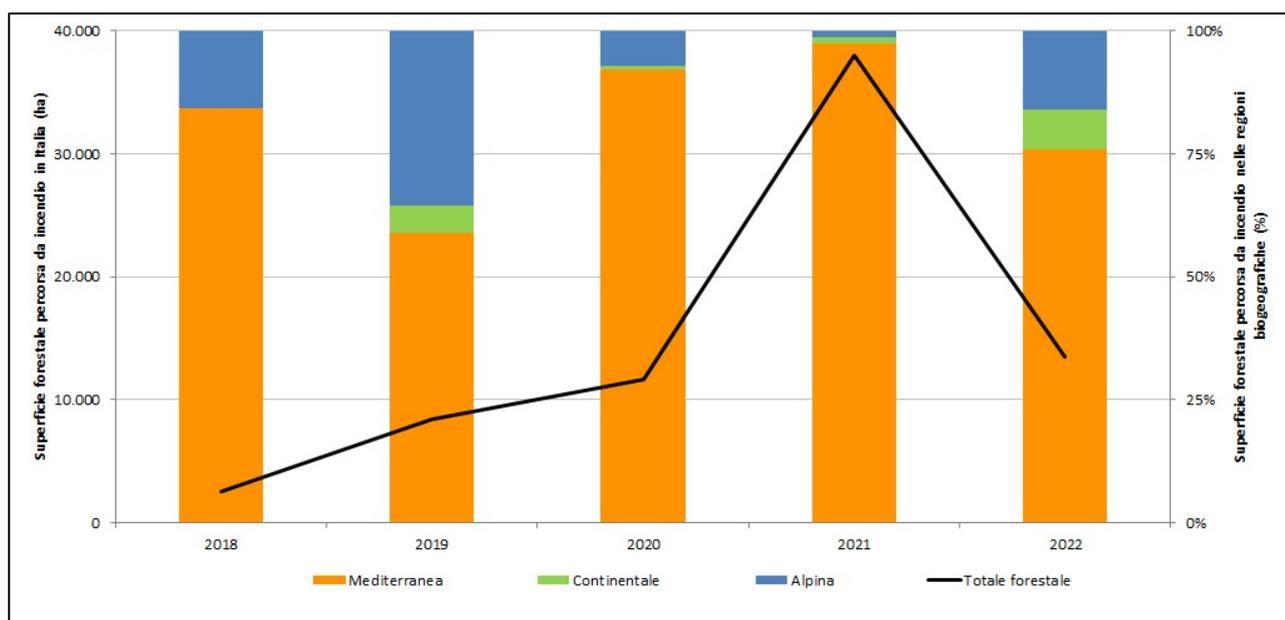


Figura 4-80: Superficie forestale percorsa da incendio suddivisa per regioni biogeografiche in percentuale (colonne istogramma) e superficie forestale percorsa da incendio in Italia in ettari (linea nera)

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

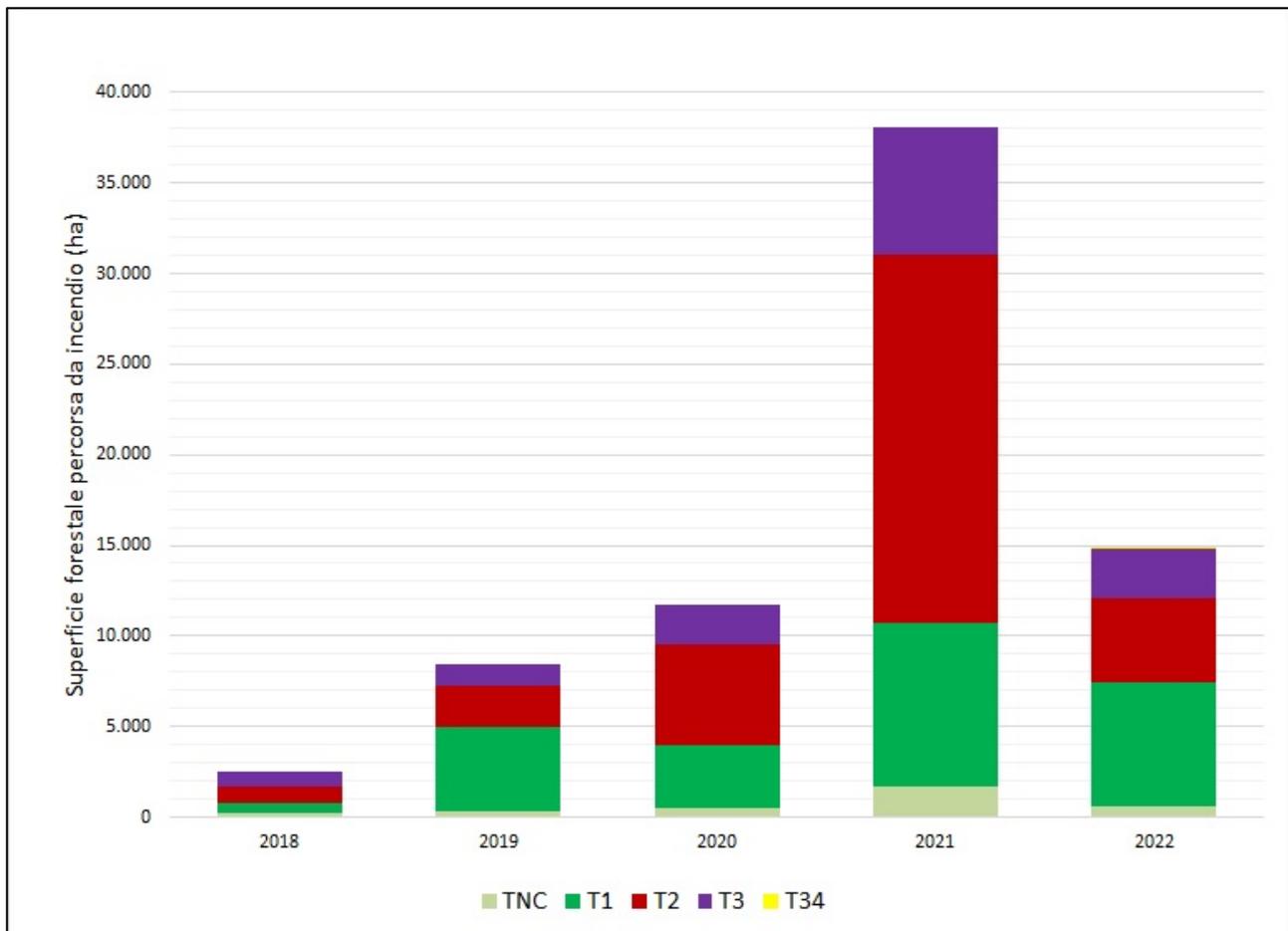


Figura 4-81: Superfici delle principali categorie forestali percorse da incendio a livello nazionale

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

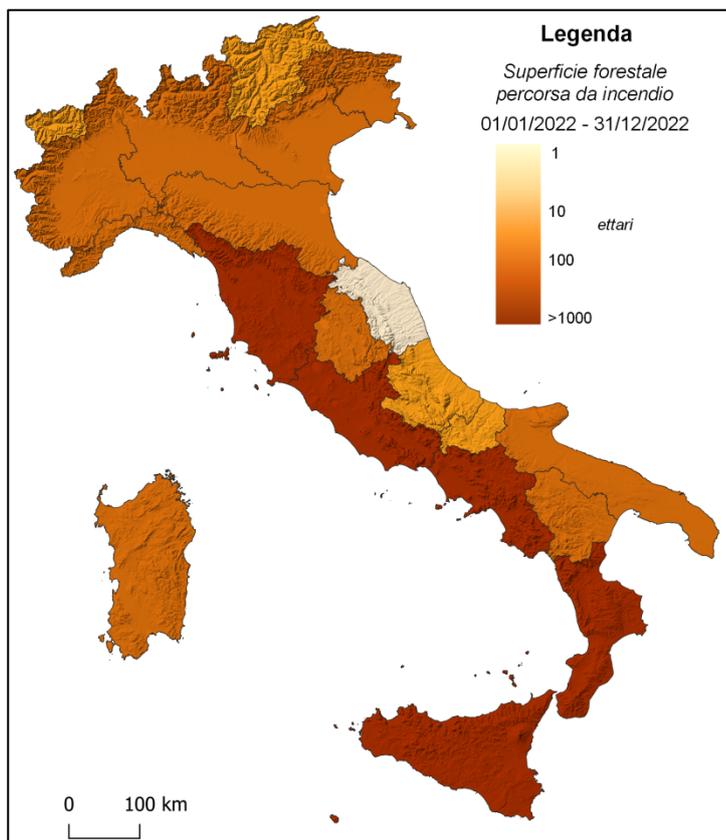


Figura 4-82: Superficie forestale regionale percorsa da incendio nel 2022

Per quanto riguarda il sistema nazionale delle aree protette, la categoria delle Zone Speciali di Conservazione si caratterizza per il valore medio di superficie forestale bruciata più alto nel periodo considerato, con 3.415 ha. Il 2021 è risultato essere l'anno con la più alta superficie forestale bruciata per tutte le tipologie di area naturale protetta, tranne che per la tipologia Altre Aree Naturali Protette (AANP), dove l'anno con il valore massimo di superficie forestale bruciata è il 2019. Per quanto riguarda le aree protette classificate EUAP (Figura 4-83), nel 2021 il totale delle aree forestali bruciate era di 8.167 ha, composte per oltre il 50% di latifoglie sempreverdi (T2) e foreste di conifere (T3). Nei siti della RN2000, ed in particolare nelle ZSC e nelle ZPS sono bruciati nel 2021 rispettivamente 6.906 ha e 3.887 ha. In entrambi i casi le tipologie riguardavano foreste di latifoglie sempreverdi (T2) nelle regioni Sicilia, Calabria e Campania. Delle dieci categorie di aree protette considerate, il 2022 registra un valore di superficie percorsa da incendio maggiore del valore medio della serie storica nelle ZSC, ZPS, RNR e RNS. Per tutte le altre, (tranne le AANP, le Aree Ramsar e le Foreste Vetuste, dove non sono stati registrati incendi nel 2022), la superficie bruciata nel 2022 è inferiore al valore medio del periodo considerato. Nessuna categoria, con l'eccezione delle Riserve Naturali Regionali, riporta un *trend* in crescita che sia statisticamente significativo nel periodo considerato.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

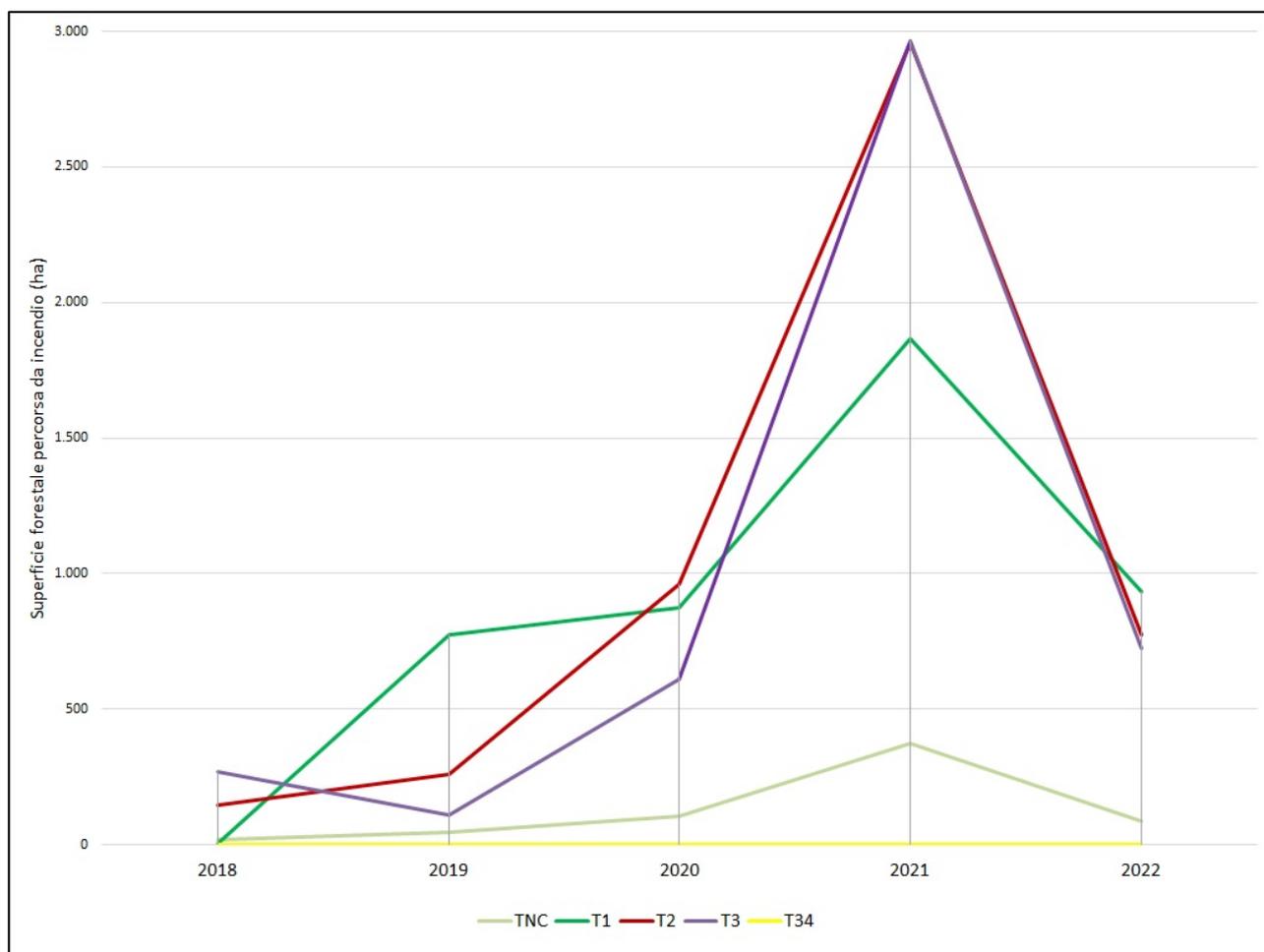


Figura 4-83: Superficie nazionale delle principali categorie forestali percorsa da incendi nelle aree naturali protette (EUAP)

Si riporta di seguito il riscontro all'osservazione di Regione Liguria (MASE-2024-0044090)

*Patrimonio forestale: la dettagliata analisi del patrimonio forestale mette in luce come la superficie boscata nazionale sia progressivamente aumentata nel corso degli ultimi decenni, con effetti positivi diretti e misurabili dal punto di vista del sequestro del carbonio. [...] Poiché l'aumento della superficie boscata si inserisce spesso in aree caratterizzate da abbandono del territorio o da modifiche nell'uso del suolo, questa caratteristica assume ancora maggior rilievo in senso positivo. Laddove invece ciò si verifici in presenza di habitat naturali definiti da assenza di alberature (es. brughiera, prato o torbiera) o di specie che necessitino di ampi spazi aperti (es. rapaci), l'effetto positivo si trasforma in una minaccia al raggiungimento di obiettivi di conservazione della natura. Per questo motivo i programmi di riforestazione ed i relativi indicatori di efficacia dovrebbero essere studiati puntualmente in relazione alla Rete Natura 2000 o, più in generale, alla Rete Ecologica nazionale.*

L'incremento annuo della superficie forestale totale (bosco e altre terre boscate) per gli intervalli 1985-2005 e 2005-2015 è pari rispettivamente a 0,3% e 0,2% della superficie nazionale; i rispettivi incrementi annui per il bosco sono di 77.960 ha e 52.856 ha.

Questa trasformazione di uso e copertura del suolo è legata sia a interventi attivi di afforestazione e riforestazione, sia soprattutto a processi naturali di successione vegetazionale e di espansione del bosco su coltivi e pascoli abbandonati, specialmente nelle aree collinari e montane. Uno studio (Marchetti *et al.*, 2018) su abbondanza e superficie media di radure aventi estensione inferiore a 0,5 ha all'interno di popolamenti

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

forestali (*Small Open Areas* - SOA), osservando la dinamica di cambiamento dal 1990 al 2013 (Figura 4-84 e Figura 4-85, fonte RaF,2019), evidenzia un aumento delle radure in termini di abbondanza (+181,6%) e superficie (+18,0%), con una sensibile riduzione della dimensione media (-56,3%). La riduzione in termini di superficie media è per lo più dovuta ai fenomeni di ricolonizzazione ed espansione della copertura delle chiome dei popolamenti in cui le radure ricadono e che, con il tempo, ne comportano il completo assorbimento da parte del bosco (Marchetti *et al.*, 2018). L'aumento di copertura e abbondanza delle radure è infatti dovuto quasi esclusivamente ai *gap* presenti all'interno di popolamenti di neoformazione ancora radi in termini di copertura, ma che tenderanno a colmarsi nel giro di pochi anni a venire (MiPAAFT, 2019).

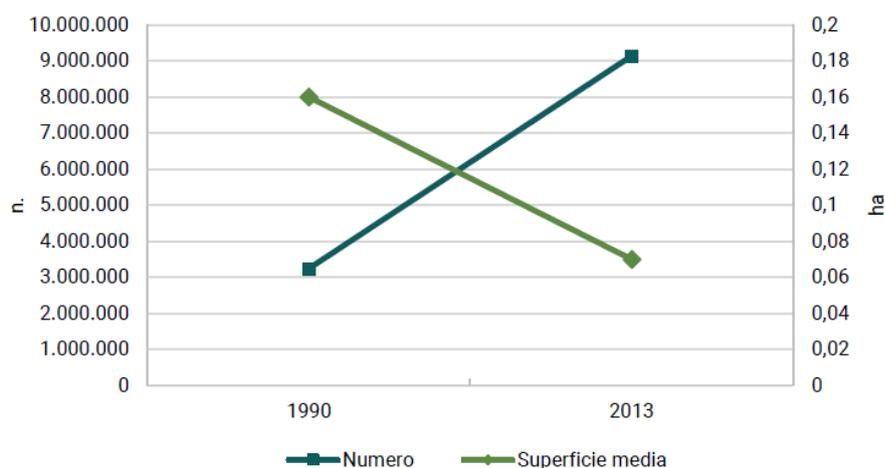


Figura 4-84 Numero e superficie media (ha) delle Small Open Areas (1990, 2013).

	1990			2013			Differenza		
	Numero	Superficie (ha)	Superficie media (ha)	Numero	Superficie (ha)	Superficie media (ha)	Numero	Superficie (ha)	Superficie media (ha)
SOA	3.246.709	505.087	0,16	9.142.196	596.094	0,07	5.895.487	91.006	-0,09

Figura 4-85 Numero, superficie totale (ha) e superficie media (ha) delle Small Open Areas (1990, 2013).

Nell'attuale programmazione della Politica Agricola Comune 2023-2027 è stato riconfermato (Regolamento UE n.2115/2021) l'indicatore di contesto C36 "Indice dell'avifauna presente nelle zone agricole (FBI - *Farmland Bird Index*)" in continuità alla precedente programmazione 2014-2022 (allegato 4 del Regolamento UE n. 808/2014) dove era indicato come l'indicatore di contesto ambientale C35 "Indice dell'avifauna in habitat agricolo (FBI)". Esso è sicuramente un buon rilevatore del cambiamento della biodiversità negli ambienti rurali europei e fornisce informazioni sugli andamenti di popolazione, nel periodo 2000-2023, delle specie di uccelli comuni degli ambienti agricoli. L'Indice delle specie delle praterie montane (FBIpm) fornisce importanti indicazioni su un gruppo specifico di specie agricole, quelle degli ambienti aperti di montagna che in larga misura dipendono da pratiche agricole o pastorali, come lo sfalcio dei prati o il pascolo. Tali specie, infatti, sono soggette a fattori e dinamiche diverse da quelle che interessano le specie degli ambienti agricoli caratterizzati dai seminativi. Confrontando gli indicatori FBI e FBIpm appare evidente come in entrambi i contesti agricoli, di pianura e di montagna, si siano verificate diminuzioni marcate delle popolazioni nidificanti rispetto all'anno 2000. L'ordine di grandezza della perdita di valore è simile per i due indicatori, sebbene

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

l'andamento risulti più incerto per l'indicatore delle praterie montane: quest'ultimo sembra, inoltre, avere temporaneamente arrestato il suo declino negli ultimi anni (Figura 4-86).

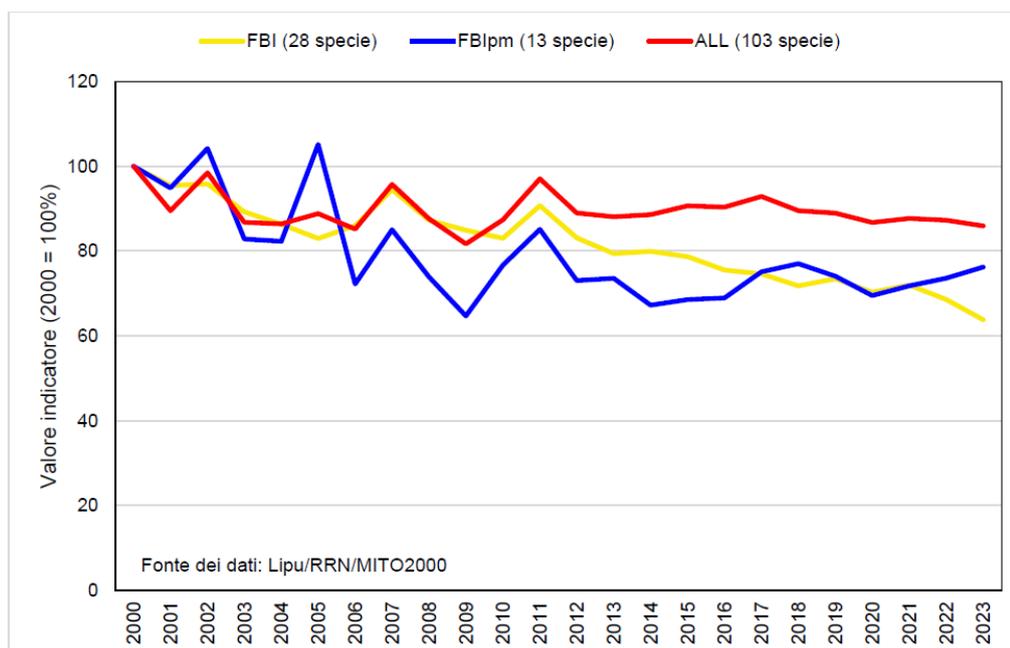


Figura 4-86 Confronto tra gli andamenti degli indicatori FBI, FBIpm e di tutte le specie (ALL) nel periodo 2000-2023.

A marzo 2023 la Direzione generale dell'Ambiente della Commissione Europea ha pubblicato le Linee guida sull'afforestazione, la riforestazione e la messa a dimora di alberi, rispettosi della biodiversità ([https://environment.ec.europa.eu/publications/guidelines-biodiversity-friendly-afforestation-reforestation-and-tree-planting\\_en](https://environment.ec.europa.eu/publications/guidelines-biodiversity-friendly-afforestation-reforestation-and-tree-planting_en)) con lo scopo di fornire una serie di raccomandazioni pratiche per aiutare le autorità, i proprietari forestali e terrieri, i gestori e la società civile a implementare meglio progetti di imboschimento, rimboschimento e messa a dimora di alberi che favoriscano la biodiversità, anche a livello locale. Nello specifico, sostengono l'impegno del *Green Deal* europeo per migliorare le foreste dell'UE sia in quantità che in qualità e rappresentano una delle tappe fondamentali per attuare l'impegno dell'UE di 3 miliardi di alberi in più entro il 2030 attraverso la piantumazione attiva e la rigenerazione naturale. Esse, inoltre, si occupano delle iniziative di rimboschimento nei terreni agricoli; delle azioni di riforestazione nei terreni forestali, comprese le azioni di ripristino; e della messa a dimora di alberi in ambienti urbani e periurbani, oltre che nelle aree agricole (agroforestazione).

#### 4.6.2 Agricoltura

Nel nostro paese il contesto agricolo è caratterizzato da una consolidata diversificazione territoriale, da numerose filiere produttive e una diffusa elevata qualità, aspetti che lo rendono uno dei comparti di rilievo dell'economia nazionale. Le politiche agricole implementate nel corso degli ultimi anni hanno, inoltre, messo in evidenza il ruolo fondamentale che esso svolge per lo sviluppo e la crescita delle aree rurali, per la salvaguardia dell'ambiente e del paesaggio e hanno favorito la crescita di un nuovo modello di agricoltura, che affianca alla funzione primaria di produzione agricola, la produzione di beni e servizi collaterali, quali la salvaguardia delle risorse naturali e la tutela dell'ambiente, e altre attività secondarie, quali agriturismo e produzione di energie rinnovabili. Se vogliamo quindi quantificare il valore complessivo della produzione agricola italiana, è necessario considerare sia le attività tradizionali delle coltivazioni e degli allevamenti, sia queste attività di supporto e secondarie. Le stime 2023 dell'ISTAT

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

([https://www.istat.it/it/files//2024/01/Report\\_Stima\\_prelim\\_economia\\_agricola\\_2023.pdf](https://www.istat.it/it/files//2024/01/Report_Stima_prelim_economia_agricola_2023.pdf)) delineano un'annata negativa per le coltivazioni (-2,4% in volume), presumibilmente causate da condizioni climatiche avverse (temperature primaverili al di sotto della media, prolungate e ripetute ondate di calore eccezionali durante l'estate, accompagnate da carenza di precipitazioni, diversi eventi alluvionali estremi che hanno colpito alcune regioni) (Figura 4-87).

**AGRICOLTURA: I NUMERI CHIAVE.** Anno 2023 <sup>a)</sup> milioni di euro correnti, valori percentuali

AGGREGATI	Milioni di euro correnti Anno 2023	Variazioni di volume 2023/2022 %	Variazioni di prezzo 2023/2022 %	Variazioni di valore 2023/2022%
Produzione vegetale	39.109	-2,4	+0,6	-1,8
Produzione zootecnica	22.185	-0,8	+10,7	+9,9
<b>Produzione agricola di beni</b>	<b>61.294</b>	<b>-1,9</b>	<b>+4,0</b>	<b>+2,1</b>
Produzione agricola di servizi	5.362	-2,0	+2,5	+0,5
<b>Produzione agricola</b>	<b>66.656</b>	<b>-1,9</b>	<b>+3,9</b>	<b>+2,0</b>
Attività secondarie <sup>b)</sup>	6.843	+4,1	+6,6	+11,0
<b>Produzione totale della branca Agricoltura</b>	<b>73.499</b>	<b>-1,4</b>	<b>+4,2</b>	<b>+2,7</b>
Consumi intermedi	35.276	-0,6	+2,3	+1,6
<b>Valore aggiunto lordo ai prezzi base</b>	<b>38.223</b>	<b>-2,0</b>	<b>+6,0</b>	<b>+3,8</b>
<b>Valore aggiunto netto ai prezzi base</b>	<b>27.085</b>	<b>-3,2</b>	<b>+8,1</b>	<b>+4,6</b>
<b>Reddito dei fattori</b>	<b>30.990</b>			<b>+4,0</b>
<b>Manodopera agricola totale (in migliaia di Ula)</b>	<b>949,7</b>			<b>-4,9</b>
Indicatore di reddito agricolo			+4,2	

a) Le stime presentate in questo prospetto sono preliminari e pertanto passibili di revisione con le prossime diffusioni.  
b) Si tratta di attività secondarie non agricole effettuate nell'ambito del settore agricolo (principalmente: apiturismo, trasformazione del latte, frutta e carne, produzione di energia rinnovabile), al netto delle attività secondarie agricole effettuate da settori non agricoli (essenzialmente commesse a coltivazioni e ad allevamenti ad esercitate, ad esempio, da imprese commerciali).

Figura 4-87: Dati ISTAT sull'agricoltura riferiti all'anno 2023 (le stime presentate sono preliminari e pertanto passibili di revisione).

Forti riduzioni si sono avute nelle quantità prodotte per vino (-9,5%), patate (-6,8%), frutta (-5,3% nel complesso e -9,8% per la frutta fresca), olio d'oliva (-5%) e florovivaismo (-4%). In aumento le quantità prodotte per le colture industriali (+6,2%), cereali (+3,2%), ortaggi freschi (+2,8%) e agrumi (+1,4%). Per le attività secondarie non agricole le stime riferite al 2023 hanno indicato un incremento della produzione in volume del 4,1%, trainato principalmente dalle attività di agriturismo e di produzione di energia rinnovabile.

Il settore zootecnico nel 2023 ha subito anch'esso una riduzione dei volumi prodotti rispetto all'anno precedente, dello 0,8%.

#### Contributo dell'agricoltura agli obiettivi del Piano

Le misure e gli interventi previsti che possono interessare la componente Agricoltura sono principalmente quelle della Dimensione della decarbonizzazione, soprattutto in relazione a "Emissioni e assorbimenti di gas a effetto serra", e a "Energia rinnovabile" in riferimento all'uso dei reflui zootecnici e della biomassa vegetale.

In relazione alle emissioni di gas serra del comparto agricolo e zootecnico, si richiama di seguito quanto riportato nella proposta di PNIEC.

L'agricoltura e la zootecnia rappresentano fonti rilevanti di produzione di gas a effetto serra e inquinanti atmosferici, costituiti principalmente da metano, protossido di azoto e ammoniaca.

Le emissioni di metano sono causate dalle fermentazioni enteriche delle razioni nell'apparato digerente del bestiame, in particolare dei ruminanti, e dalla decomposizione delle deiezioni durante lo stoccaggio, il trattamento e il pascolo, dalle coltivazioni di riso e dalla combustione dei residui agricoli.

Le emissioni di protossido di azoto sono originate dalle reazioni di nitrificazione e denitrificazione dell'azoto presente nelle deiezioni, durante le fasi di stoccaggio e trattamento dei reflui zootecnici, e dell'azoto presente nei suoli, apportato al suolo dall'uso dei fertilizzanti sintetici ed organici, dallo spandimento dei reflui zootecnici, dal pascolo, dai fanghi di depurazione delle acque reflue, dall'incorporazione nel suolo dei residui

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

di gestione agricola e dalle coltivazioni di suoli organici. Le emissioni di protossido di azoto sono prodotte anche dalla combustione dei residui agricoli.

Le emissioni di ammoniaca sono determinate principalmente dalla gestione delle deiezioni animali e dall'utilizzo dei fertilizzanti.

Sul piano settoriale, nel caso del comparto zootecnico, la gestione degli effluenti che include le emissioni generate nelle stalle, negli stoccaggi, allo spandimento e al pascolo, delle categorie animali bovini, suini e avicoli, genera il 57% del totale delle emissioni agricole di ammoniaca. Più nel dettaglio, in ambito zootecnico, le emissioni di ammoniaca sono generate dalle fermentazioni microbiche a carico dell'azoto presente nelle deiezioni (feci e urine) e avvengono in tutte le fasi di gestione, dal momento dell'escrezione, durante il ricovero fino alla distribuzione in campo. Per il comparto agricolo, invece, le emissioni di ammoniaca sono generate dall'utilizzo dei fertilizzanti di sintesi e organici.

Entrando più nei dettagli. In riferimento alle emissioni, il settore agricoltura nel 2021 contribuisce a circa il 7,8% delle emissioni totali, e registra un calo delle emissioni di gas serra pari a -13.2% dal 1990, principalmente a causa della riduzione del numero dei capi, delle superfici e produzioni agricole, della riduzione dell'uso dei fertilizzanti sintetici e dei cambiamenti nei metodi di gestione delle deiezioni (ISPRA, 2023). La gestione degli allevamenti rappresenta il peso maggiore in termini emissivi del settore agricoltura, contribuendo con circa il 75% di emissioni. Lo scenario emissivo del settore Agricoltura, ricavato a partire dai dati del Centro euro Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici (CMCC) sulle variazioni delle temperature medie e le variazioni delle rese cerealicole per RCP4.5, mostra che le emissioni sono pari a circa 29,2 MtCO<sub>2</sub>eq. al 2050 (Figura 4-88).

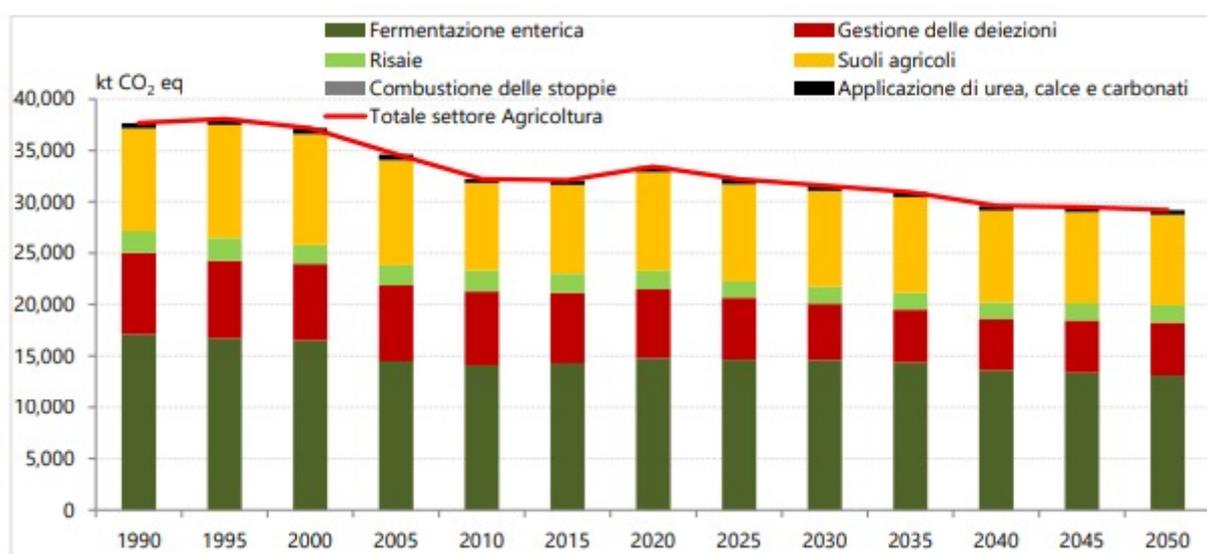


Figura 4-88: Scenario emissivo del settore Agricoltura al 2050 (ISPRA, 2023).

Uno dei principali driver di riduzione delle emissioni dovute agli allevamenti (scese del 15% rispetto al 1990) è la riduzione del numero dei capi e in particolare dei bovini: tra il 1990 e il 2021 le consistenze si sono ridotte del 24%. Altro driver di riduzione delle emissioni in atmosfera dal settore agricolo è la gestione delle deiezioni, che è responsabile di circa il 20% delle emissioni totali del settore agricoltura. Dal 1990 al 2021, si è registrata una riduzione del 17% anche dipesa dalla digestione anaerobica dei reflui zootecnici per la produzione di biogas, che si è diffusa in Italia a partire dal 2008 sulla spinta di un sistema incentivante per gli impianti non superiori ad 1 MW di potenza. Nel 2021, secondo i dati TERNA, sono quasi 1800 gli impianti alimentati con matrici organiche, costituite anche da reflui zootecnici, per un ammontare stimato pari a circa 16 milioni di tonnellate (che rappresentano il 16% della produzione totale annua di deiezioni di bovini, suini e avicoli). In

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

questo modo si ottiene quindi il doppio vantaggio di ridurre le emissioni di gas serra in atmosfera e contestualmente ottenere una fonte di energia rinnovabile.

In riferimento alla dimensione "Energia rinnovabile", e relativamente alla produzione di biomassa vegetale per usi energetici, nel nostro Paese la produzione di energia dalle biomasse può contare su un solido retroterra industriale, costituito da migliaia di impianti presenti sull'intero territorio nazionale. Oggi in Italia le più importanti filiere bioenergetiche sono rappresentate dalla produzione di calore da biomasse solide per usi civili e industriali, elettricità da biomasse solide, biogas e bioliquidi, biocarburanti liquidi (biodiesel, HVO, etanolo/ETBE) da colture dedicate e biometano da biomasse facilmente biodegradabili. In Italia, il consumo di biomasse legnose si mantiene tra i 15 e i 20 milioni di tonnellate all'anno, ma solo una parte di queste proviene dalla gestione delle foreste nazionali: i prelievi legnosi in Italia rappresentano solo una percentuale modesta degli accrescimenti annuali di biomassa, a differenza della media dell'Europa meridionale. Questo si traduce in una significativa dipendenza dalle importazioni estere per la legna utilizzata per il riscaldamento domestico e collettivo, nonché per la produzione di elettricità. Notevole è anche la quantità di biomasse residuali prodotta dalle attività agricole ed agroindustriali: una recente indagine effettuata dall'ITABIA - Italian Biomass Association nell'ambito del Progetto Europeo H2020 ENABLING (Enhance New Approaches in Biobased Local Innovation Networks for Growth) indica una disponibilità potenziale pari a poco meno di 25 milioni di t/anno di residui agricoli e agroindustriali. L'ultima tipologia di biomassa utilizzata per produrre energia comprende una vasta gamma di prodotti a basso contenuto di materiale lignocellulosico, come scarti di frutta e verdura, residui delle industrie agroalimentari e rifiuti provenienti dagli allevamenti zootecnici, che sono facilmente biodegradabili.

Il PNIEC aggiornato prevede differenti obiettivi a seconda del settore energetico di riferimento. I dati riportati di seguito sono quelli pubblicati da GSE nel 2024 e riferiti al 2022, con la specifica che il dato 2022 è preliminare, e che i dati 2021 e 2022 sono stati rilevati con i criteri previsti dalla RED III, mentre fino al 2020 il monitoraggio dei consumi di FER seguiva la metodologia di calcolo fissata dalla direttiva 2009/28/CE (RED I). Per il settore elettrico, i dati sul consumo 2022 riportano un 17,6 Mtep per le bioenergie, in calo rispetto all'anno precedente, con una proiezione al 2030 di 8,0 Mtep secondo il PNIEC aggiornato. Per il settore termico, i dati sul consumo 2022 riportano un 6,5 Mtep per le bioenergie (escluso il biometano), in calo rispetto all'anno precedente, con una proiezione al 2030 di 6,2 Mtep secondo il PNIEC aggiornato. Per il settore trasporti, nel 2022 si stima siano state immesse in consumo in Italia oltre 1,7 milioni di tonnellate di biocarburanti sostenibili (+1% rispetto al 2021); si tratta in gran parte di biodiesel, ma anche biometano e oli vegetali. Le materie prime maggiormente utilizzate risultano gli oli per cucina usati (UCO) e gli oli e grassi animali (entrambi double counting non avanzati), seguiti dai rifiuti industriali e il POME (double counting avanzati), e l'olio di palma (single counting) (Figura 4-89). Le materie prime con cui sono prodotti i biocarburanti immessi in consumo in Italia provengono prevalentemente dalla Cina (31% del totale), dalla stessa Italia (15%) e dell'Indonesia (13%), mentre il Paese dal quale l'Italia importa maggiori volumi di biocarburanti è la Spagna (28% dei carburanti totali).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

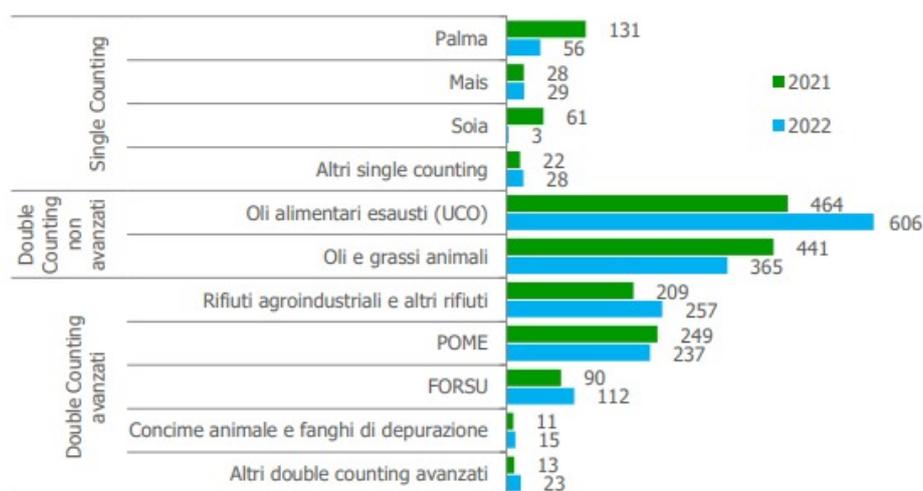


Figura 4-89: Biocarburanti immessi in consumo in Italia per materia prima [migliaia di tonnellate – convenzioni Direttiva Rinnovabili] (fonte: GSE, 2024)

Un elemento che andrebbe valutato attentamente in relazione alla produzione agricola per biocarburanti sono gli effetti della siccità su alcune colture chiave in questo ambito. Mais, riso, soia, grano rappresentano una quota importante della produzione agricola mondiale, e allo stesso tempo sono fonti di energia da biomassa per la produzione di biocarburanti (biodiesel: mais, riso, grano; bioetanolo: soia). Uno studio del 2022 diretto dalla Fondazione CMCC – Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici (CMCC) fornisce una valutazione più completa ed esauriente su come la siccità sia correlata in maniera robusta agli impatti negativi sulle rese agricole, su scala globale. I risultati dello studio mostrano la forte dipendenza di alcune di queste colture dal fenomeno della siccità quando esaminata secondo diversi aspetti: il grano (sia invernale che primaverile), la soia e la stagione principale di coltivazione del mais rivelano una più alta suscettibilità delle rese per condizioni di siccità più articolate di quelle precedentemente valutate in letteratura. La seconda stagione del mais e il riso presentano risultati più incerti. Nel caso del riso, come anche altri lavori scientifici confermano, la variabile chiave sembra essere rappresentata dalla temperatura: le precipitazioni hanno un peso minore per una coltura fortemente irrigata come il riso, il cui soddisfacimento della richiesta idrica non dipende pertanto direttamente dalla pioggia, ma soprattutto dall'irrigazione e quindi dalla disponibilità di risorsa dai corpi idrici. Ricordiamo infatti che lo studio si è basato esclusivamente sui dati climatici vista la scarsa disponibilità di informazioni sulle effettive applicazioni irrigue a scala globale.

Nel complesso, Europa meridionale e orientale, Americhe e Africa sub-Sahariana presentano una suscettibilità elevata per più colture, con Europa orientale, Medio Oriente e Asia Centrale che si rivelano regioni critiche per le colture risultate più vulnerabili, in particolare per il grano. Infine, i risultati mettono in evidenza come ci sia elevata significatività che le perdite di resa per grano e soia peggiorino quando si passa da siccità moderate a estreme, relazione non sempre scontata e quantificata.

Il settore Agricoltura contribuisce anche al conseguimento di altri obiettivi nazionali. Per esempio, il Parlamento europeo nel 2023 ha inserito all'interno del pacchetto di riforme del mercato del gas, l'obiettivo vincolante di produzione entro il 2030 di 35 miliardi di metri cubi di biometano, in linea con gli obiettivi del REPowerEu. La produzione di biogas dall'agricoltura e zootecnia consente di contribuire a questo obiettivo. Altro esempio è l'adattamento ai Cambiamenti Climatici: nel Rapporto ambientale del Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici, pubblicato nella sua versione definitiva a inizio 2024 (<https://va.mite.gov.it/File/Documento/964576>), nella parte dedicata al settore Agricoltura, si fa riferimento ai principi della Climate Smart Agriculture (FAO, 2013), che unisce gli obiettivi della sostenibilità delle produzioni alle necessità di adattamento ai cambiamenti climatici e di mantenimento dei livelli di reddito.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Per quanto riguarda le azioni per il settore agricolo e zootecnico, si riportano le seguenti azioni richiamate nel documento di PNIEC:

Codice nazionale indicativo di buone pratiche agricole per il controllo delle emissioni di ammoniaca

Il codice, che è stato inserito nel Programma Nazionale di Controllo dell'Inquinamento Atmosferico (PNCIA) prende in considerazione gli aspetti seguenti per la riduzione delle emissioni di ammoniaca:

- gestione dell'azoto, tenendo conto dell'intero ciclo dell'azoto;
- strategie di alimentazione del bestiame;
- tecniche di stoccaggio e di spandimento del letame che comportano emissioni ridotte;
- sistemi di stabulazione che comportano emissioni ridotte;
- possibilità di limitare le emissioni di ammoniaca derivanti dall'impiego di fertilizzanti minerali.

Il codice prevede quindi misure obbligatorie per la mitigazione e per l'abbattimento dell'ammoniaca tramite: diverso uso dei fertilizzanti e tecniche di spandimento delle deiezioni e stoccaggi. Le misure di mitigazione facoltative sono finanziabili tramite fondi europei riconducibili alle politiche di sviluppo rurale oppure attraverso l'utilizzo del Fondo da 2,3 miliardi di euro istituito dalla legge n. 234 del 2021 (articolo 1, comma 498) per l'attuazione del programma nazionale di controllo dell'inquinamento atmosferico.

Protocollo di intesa che istituisce il "piano d'azione per il miglioramento della qualità dell'aria"

Il Protocollo, adottato il 4 giugno 2019 a Torino dal Presidente del Consiglio e da tutti i Ministeri aventi competenza sui settori emissivi, nonché dal MEF, prevede una serie di misure nazionali di miglioramento della qualità dell'aria. Le misure previste nel Protocollo riguardano tutti i settori che maggiormente contribuiscono alle emissioni in atmosfera quali quello dei trasporti, quello domestico (combustione della biomassa), dell'energia e dell'agricoltura.

Rispetto a tale ultimo settore in particolare, il protocollo ha previsto l'adozione di una norma volta alla limitazione dell'abbruciamento dei residui vegetali all'aperto, con contestuale creazione di filiere volte al recupero e valorizzazione energetica di tali residui.

Il duplice scopo perseguito dalla norma, di limitare progressivamente la pratica dell'abbruciamento dei residui vegetali e, ove possibile, di prediligere il recupero e valorizzazione di tali residui, risponde infatti alla finalità di dare attuazione alla transizione ecologica nel senso di rendere meno dannosi per l'ambiente determinati comportamenti consolidati (nella specie, la pratica dell'abbruciamento dei residui agricoli) e al contempo di recuperare e valorizzare i residui agricoli attraverso la creazione di una filiera di raccolta e di trasformazione degli stessi in un prodotto (pellet o combustibile per teleriscaldamento ad esempio) avente valore di mercato.

Anche in questo caso la misura sarà finanziata attraverso l'utilizzo del Fondo istituito dalla legge n. 234 del 2021, articolo 1, comma 498, per l'attuazione del programma nazionale di controllo dell'inquinamento atmosferico.

Limitazione pratiche di raggruppamento e abbruciamento di materiali vegetali nel luogo di produzione

La misura mira a introdurre una disciplina della combustione dei materiali vegetali, di provenienza agricola o forestale, nel luogo di produzione e al contempo a favorire il recupero e la valorizzazione di tali materiali attraverso la creazione di una filiera di raccolta e di trasformazione degli stessi in un prodotto (pellet o combustibile per teleriscaldamento ad esempio) avente valore di mercato. La pratica dell'abbruciamento all'aperto dei residui agricoli, infatti, largamente diffusa sul territorio e priva di sistemi di controllo, costituisce una notevole fonte di emissioni in atmosfera sia di gas climalteranti che di sostanze inquinanti per la qualità dell'aria.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

La realizzazione della misura avverrà tramite la preliminare adozione di una norma nazionale che fornirà la disciplina della combustione dei materiali vegetali, di provenienza agricola o forestale, nel luogo di produzione (limitandone la pratica in particolare nelle aree maggiormente critiche per la qualità dell'aria), e tramite il successivo finanziamento per la creazione di filiere locali volte alla raccolta dei residui e la loro valorizzazione.

La misura sarà avviata nelle Regioni maggiormente critiche sul tema della qualità dell'aria a partire dall'inverno 2023 e produrrà effetti fin dall'anno 2024. Non è prevista una data di termine dell'intervento essendo di carattere normativo, ma nel corso dell'anno le limitazioni relative all'abbruciamento riguarderanno solo alcuni mesi.

Politica Agricola Comune (PAC) 2021-2027

Le misure indicate nel citato codice nazionale trovano una risposta finanziaria e applicativa negli strumenti della Politica Agricola Comune (PAC), che, rispetto alla PAC 2014-2020, è maggiormente orientata al miglioramento dell'ambiente. Tali misure saranno attuabili nel periodo 2021-2027 e prevedono:

- il rafforzamento della condizionalità che vedrà pagamenti diretti subordinati a requisiti ambientali più rigorosi;
- l'obbligo per gli Stati membri di introdurre regimi ecologici che abbiano un impatto positivo su clima e ambiente, ma il cui utilizzo è facoltativo per le singole aziende agricole, nel primo pilastro (sostegno diretto al reddito degli agricoltori e misure di mercato);
- i pagamenti per impegni ambientali, climatici e altri impegni in materia di gestione, nel secondo pilastro (sviluppo rurale).

## 4.7 Suolo

### 4.7.1 Copertura, consumo e uso del suolo

L'analisi dei processi di trasformazione del territorio avvenuti nel tempo in termini di copertura ed uso è svolta a partire dalla Carta dell'utilizzazione del suolo d'Italia a scala 1:200.000 (CNR-TCI, 1956-1968) riferita al 1960 e dalla serie storica completa dei dati del progetto europeo Corine Land Cover (APAT, 2005; ISPRA, 2010; 2014; 2017, 2018a) per gli anni compresi tra il 1990 e il 2017. In particolare sono stati presi in considerazione due tipologie di indicatori. La prima tipologia considera il trend temporale 1960-2017 per quattro flussi principali di cambiamento da una classe verso un'altra di copertura e uso del suolo a livello nazionale, la seconda considera invece le variazioni di copertura ed uso del suolo delle classi al primo livello del CLC dal 2012 al 2017 (ISPRA, 2018a) su base regionale.

Nel trentennio 1960-1990, del totale delle superfici che hanno subito trasformazioni (Tabella 4-28), la parte più consistente ha riguardato i due passaggi da aree agricole a naturali e viceversa. Più dell'80% dei cambiamenti riscontrati sono di questo tipo, mentre la parte restante è relativa al processo di urbanizzazione (16,1%, di cui il 13,3% da aree agricole). In questo periodo si è avuta una forte tendenza alla progressiva polarizzazione e alla specializzazione del territorio, che ha visto un importante processo di urbanizzazione e di intensificazione delle attività agricole nelle aree di pianura e nelle aree più fertili e, allo stesso tempo, un altrettanto significativo processo opposto di abbandono colturale a favore delle aree naturali, prevalente in zone montane e di alta collina. Il decennio che segue (1990-2000) vede una riduzione significativa dell'intensità dei processi di cambiamento del territorio rurale e naturale, mentre più della metà (il 52,9%) delle principali trasformazioni è da imputarsi all'intensificazione dell'urbanizzazione a scapito delle aree agricole (50,4%) e, in minor misura, naturali (2,5%). Rimane tuttavia significativo il passaggio da aree agricole ad aree naturali, generalmente associato all'abbandono, pari al 43,4% del totale, mentre è molto più marginale il passaggio inverso (3,7%). Tra il 2000 e il 2006 l'urbanizzazione diviene la causa di cambiamento

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

prevalente, in gran parte a svantaggio dei territori agricoli (l'83,9% delle trasformazioni) che rappresenta la tipologia di cambiamento prevalente nei sei anni considerati e che interessa, nel complesso, quasi il 90% delle trasformazioni. Solo una piccola parte delle aree artificiali proviene da quelle precedentemente naturali (5,3%), mentre riprende la crescita di nuovi territori agricoli, per trasformazioni e processi delle aree naturali, che ora riguarda il 6,9% del totale dei cambiamenti<sup>12</sup>. Il periodo dal 2006 al 2012 vede un consolidamento di questi processi ma con un significativo aumento delle aree naturali per abbandono colturale (12% dei cambiamenti) e il parallelo aumento dei processi legati alla conversione da naturale verso agricolo (21,4%). In questo periodo diminuisce lievemente la rilevanza dei processi di artificializzazione del territorio sulle aree agricole (62,3%) e naturali (4,4%). Negli ultimi cinque anni analizzati (2012-2017)<sup>13</sup> i processi di trasformazione del territorio si ripartiscono ancora tra urbanizzazione (oltre il 60% del totale dei cambiamenti considerato), prevalentemente su aree agricole (56,3%), intensificazione delle attività agricole (24,1%) e rinaturalizzazione di aree agricole (15,6%).

*Tabella 4-28: Stima della ripartizione percentuale tra i principali cambiamenti dal 1960 al 2017 sul territorio italiano. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati ISPRA-SNPA.*

	da agricolo verso artificiale	da agricolo verso naturale	da naturale verso artificiale	da naturale verso agricolo
1960-1990	13,3	39,3	2,8	44,6
1990-2000	50,4	43,4	2,5	3,7
2000-2006	83,9	4,0	5,3	6,9
2006-2012	62,3	12,0	4,4	21,4
2012-2017	56,3	15,6	4,0	24,1

Tra il 2012 e il 2017 (Tabella 4-29)<sup>14</sup> pur continuando il trend di rallentamento dei processi di urbanizzazione, si continua ad assistere all'incremento generalizzato delle aree artificiali urbane principalmente a scapito delle aree agricole. In Italia, come nel resto d'Europa, le aree coltivate mostrano una contrazione legata anche ai processi di abbandono colturale, oltre che a quelli di urbanizzazione.

*Tabella 4-29: Differenze di uso del suolo per classi di primo livello CLC (2012rev - 2018). Fonte: elaborazioni ISPRA su dati ISPRA-SNPA.*

<sup>12</sup> Per l'analisi dei cambiamenti e il confronto con il decennio precedente, giova ricordare che il passaggio dai dieci ai sei anni tra una rilevazione e l'altra ha reso ancora più critica la dimensione dei cinque ettari della minima unità cartografata e dei 100 metri di spessore minimo. Questo è particolarmente evidente per le classi più frammentate, come le aree a urbanizzazione dispersa e, soprattutto, per le aree di ricolonizzazione naturale del bosco, che difficilmente riescono, con un singolo cambiamento in sei anni, a raggiungere estensioni superiori ai cinque ettari e a 100 metri di larghezza. Il passaggio dalla classe agricola alla classe naturale che, tipicamente, avviene lentamente avanzando di pochi metri anche se su perimetri potenzialmente molto estesi è, quindi, difficilmente rilevabile dai dati Corine Land Cover. Di contro, è più frequente rilevare i cambiamenti opposti, generalmente più rari e più circoscritti ma sicuramente più repentini e che coprono spesso un'area compatta, superando più facilmente i cinque ettari. Si può sostenere, per tali ragioni, che l'aumento di risoluzione temporale ha sicuramente inciso almeno in parte sulla sottostima dei flussi 'da agricolo verso naturale' per gli anni successivi al 2000.

<sup>13</sup> Il CLC2018 è stato fotointerpretato su immagini satellitari 2017, di conseguenza il periodo di riferimento dei cambiamenti rispetto al CLC 2012 è di 5 anni

<sup>14</sup> I valori riportati sono relativi alle differenze tra la revisione del CLC2012 (CLC2012rev) e il CLC2018.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Regione	Aree artificiali	Aree agricole	Aree boschive e seminaturali	Zone umide	Corpi idrici
	ha				
Piemonte	566,78	589,51	-1.067,72	0,00	-88,57
Valle d'Aosta	0,00	20,51	-20,51	0,00	0,00
Lombardia	1.587,35	-1.671,55	4,92	0,00	79,28
Trentino-Alto Adige	20,84	-14,58	-6,27	0,00	0,00
Veneto	1.750,22	-1.376,95	-359,77	146,26	-159,76
Friuli-Venezia Giulia	113,14	58,42	-166,31	0,00	-5,25
Liguria	9,40	9,32	-17,10	0,00	-1,62
Emilia-Romagna	1.948,94	-2.396,57	145,21	202,29	100,13
Toscana	287,83	-276,43	-13,53	-11,35	13,48
Umbria	43,08	4,23	9,78	0,00	-57,09
Marche	-43,98	-30,99	74,97	0,00	0,00
Lazio	229,99	-295,91	65,92	0,00	0,00
Abruzzo	56,85	-77,98	21,13	0,00	0,00
Molise	0,00	-180,72	180,72	50,16	-50,16
Campania	530,28	-531,48	1,20	0,00	0,00
Puglia	916,26	-909,43	-6,83	0,00	0,00
Basilicata	155,16	-286,41	131,25	0,00	0,00
Calabria	31,97	-92,28	67,99	0,00	-7,68
Sicilia	339,80	-1.085,16	745,36	0,00	0,00
Sardegna	269,21	-92,37	-176,84	0,00	0,00
ITALIA	8.813,12	-8.636,80	-386,44	387,36	-177,24

Per completare il quadro nazionale di copertura ed uso del suolo al 2017 si riporta in Figura 4-90 la percentuale di copertura delle classi al secondo livello del Corine Land Cover 2018.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

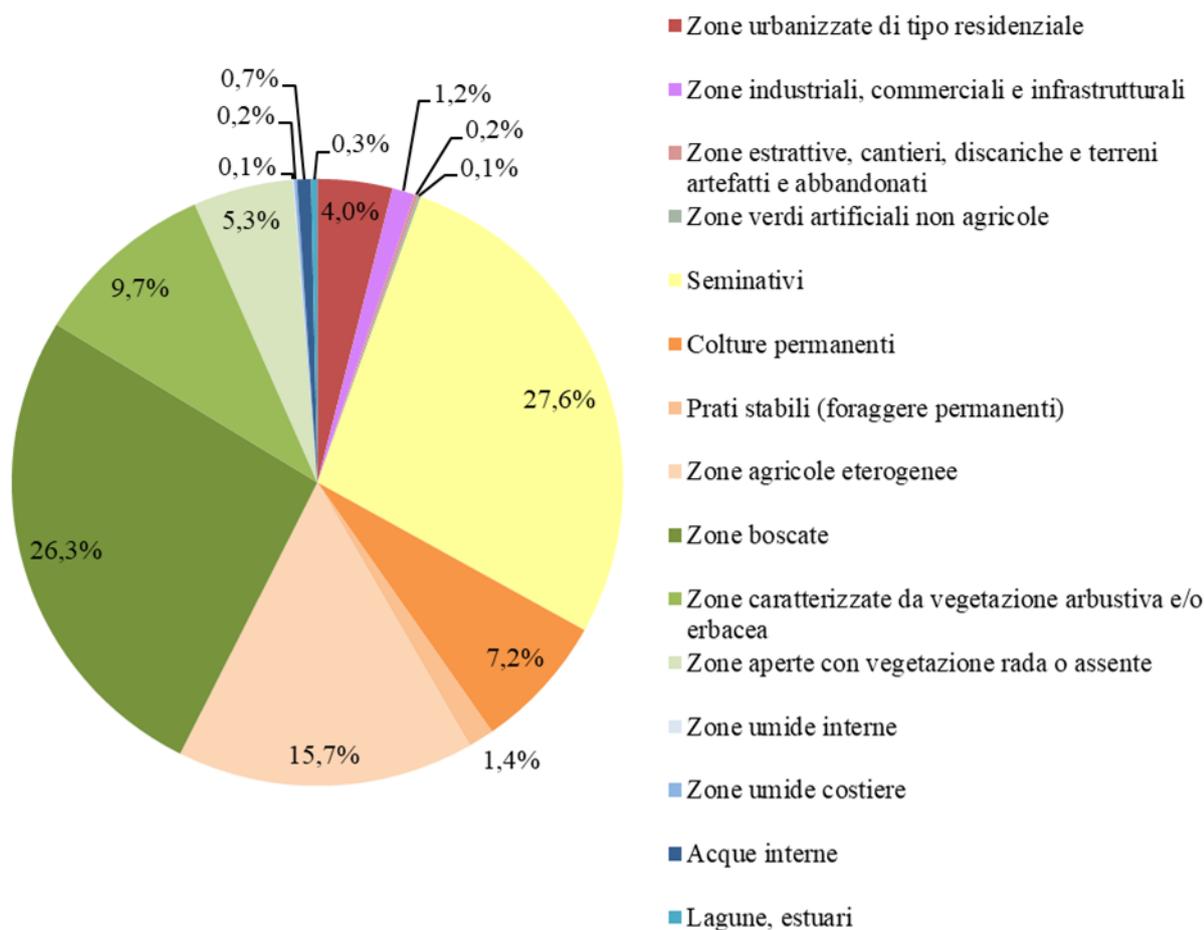


Figura 4-90. Percentuale della copertura delle classi al II livello del Corine Land Cover 2018 sul territorio italiano. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati ISPRA-SNPA.

A livello europeo relativamente alla componente ambientale "Copertura ed uso del suolo", nel 2019 l'Agenzia Europea dell'Ambiente e la Commissione Europea (DG DEFIS) hanno iniziato a sviluppare un sistema di monitoraggio del territorio nell'ambito del Copernicus Land Monitoring Service (CLMS), che risponde agli attuali e futuri requisiti degli obblighi per il monitoraggio e il reporting del Corine Land Cover e Land Use Europeo. Tale sistema è chiamato "CORINE Land Cover (CLC) di 2ª generazione ed è stato sviluppato in collaborazione con il gruppo EAGLE di Eionet e fornisce le basi per far fronte alla richiesta sempre più urgente di avere informazioni di land cover e land use separate e quindi senza classi miste, a maggiore risoluzione spaziale e maggiore frequenza di aggiornamento.

In tale contesto l'Agenzia Europea dell'Ambiente che supporta il processo LULUCF ha prodotto un primo prototipo LULUCF (non pubblico e non operativo), utilizzando come input i dati del CLMS. Il prototipo è riferito in gran parte al 2018 e ha l'obiettivo di derivare (in gran parte dai dati di land cover ma anche dalle informazioni di land use) delle categorie LULUCF indipendenti che fungano da proxy, e incoraggiare i paesi a sviluppare dati e prodotti LULUCF. In aggiunta, ulteriori obiettivi dell'Agenzia Europea dell'Ambiente sono quelli di allineare i prodotti LULUCF con i dati dell'inventario 2021 e da fine 2024 avviare la produzione in modalità sincrona con gli anni dell'inventario.

#### Consumo di suolo

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Tra le principali minacce di degrado del suolo nel territorio italiano c'è il consumo di suolo<sup>15</sup>, processo associato alla perdita di questa risorsa ambientale fondamentale, limitata e non rinnovabile, prevalentemente dovuto alla costruzione di nuovi edifici, fabbricati e insediamenti, all'espansione delle città, alla densificazione o alla conversione di terreno entro un'area urbana, all'infrastrutturazione del territorio. Il consumo di suolo è definito come la variazione da una copertura non artificiale (suolo non consumato) a una copertura artificiale del suolo (suolo consumato), con la distinzione fra consumo di suolo permanente (dovuto a una copertura artificiale permanente) e consumo di suolo reversibile (dovuto a una copertura artificiale reversibile).

La perdita di permeabilità del suolo comporta anche la riduzione della sua capacità di assorbire ingenti quantitativi di acqua che raggiungono il suolo in occasione di fenomeni di precipitazione particolarmente intensa, con un aumento del rischio allagamenti. Suoli impermeabilizzati contribuiscono, inoltre, a determinare la cosiddetta isola di calore urbana, in particolare al centro delle grandi città.

Il Rapporto ISPRA-SNPA "Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici" fornisce ogni anno il quadro aggiornato dei processi di trasformazione del nostro territorio e analizza l'evoluzione del consumo di suolo all'interno di un più ampio quadro di analisi delle dinamiche delle aree urbane, agricole e naturali ai diversi livelli, attraverso diversi indicatori.

Il consumo di suolo (Munafò, 2023) continua a trasformare il territorio nazionale con velocità elevate e crescenti. Nel 2023 le nuove coperture artificiali hanno riguardato altri 76,8 km<sup>2</sup> (Tabella 4-30), ovvero, in media, più di 21 ettari al giorno. Un incremento che conferma una forte accelerazione rispetto ai dati rilevati nel recente passato, raggiungendo i valori più elevati degli ultimi 11 anni, in cui non si erano mai superati i 20 ettari al giorno. Il nostro Paese, nel 2023, ha perso più di 2,4 metri quadrati di suolo ogni secondo.

Una crescita delle superfici artificiali solo in piccola parte compensata dal ripristino di aree naturali, pari a 6 km<sup>2</sup>, dovuti al passaggio da suolo consumato a suolo non consumato (in genere grazie al recupero di aree di cantiere o di superfici che erano state già classificate come consumo di suolo reversibile). Un valore ancora del tutto insufficiente per raggiungere l'obiettivo di azzeramento del consumo di suolo netto, che, negli ultimi dodici mesi, è invece risultato pari a 70,8 km<sup>2</sup> (19,4 ettari al giorno, 2,2 m<sup>2</sup>/sec) di cui 14,8 di consumo permanente.

*Tabella 4-30: Stima del consumo di suolo annuale tra il 2021 e il 2022. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA*

Consumo di suolo (km <sup>2</sup> )	76,8
Ripristino (km <sup>2</sup> )	6,0
Consumo di suolo netto (km <sup>2</sup> )	70,8
Consumo di suolo permanente (km <sup>2</sup> )	14,8
Impermeabilizzazione di aree già consumate reversibilmente (km <sup>2</sup> )	7,5
Impermeabilizzazione complessiva (km <sup>2</sup> )	22,3

La crescita netta delle superfici artificiali dell'ultimo anno equivale a una densità di consumo di suolo pari a 2,35 m<sup>2</sup> per ogni ettaro di territorio italiano e a un incremento dello 0,33%.

La velocità del consumo di suolo netto, con un valore di 19,4 ettari al giorno, raggiunge il valore più alto tra quelli rilevati dal 2012 a oggi (Tabella 4-31, Figura 4-91) e, con un incremento del 10,2% rispetto al 2021, ci allontana ancora di più dagli obiettivi di azzeramento del consumo netto di suolo. I dati confermano, quindi, che continua a crescere il livello di artificializzazione e di impermeabilizzazione del territorio e che questo

<sup>15</sup> Il glossario completo delle definizioni è disponibile sul sito [www.consumosuolo.isprambiente.it](http://www.consumosuolo.isprambiente.it)

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

processo, invece di rallentare, avviene a velocità crescente, causando la perdita, spesso irreversibile, di aree naturali e agricole. Tali superfici sono state sostituite da nuovi edifici, infrastrutture, insediamenti commerciali, logistici, produttivi e di servizio e da altre aree a copertura artificiale all'interno e all'esterno delle aree urbane esistenti.

Tabella 4-31: Velocità del consumo di suolo giornaliero netto degli ultimi 16 an-ni. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

	Consumo di suolo netto (ha/giorno) <sup>16</sup>	Variazione rispetto al periodo precedente
2006-2012	28,7	n.d.
2012-2015	15,3	-46,5%
2015-2016	12,8	-16,7%
2016-2017	15,5	+21,2%
2017-2018	17,2	+11,3%
2018-2019	17,1	-0,9%
2019-2020	15,7	-8,3%
2020-2021	17,6	+12,3%
2021-2022	19,4	+10,2%

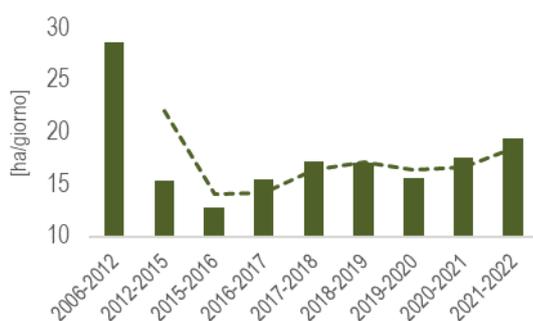


Figura 4-91: Velocità del consumo di suolo giornaliero netto (2006-2022). La linea tratteggiata rappresenta la media mobile (periodo=2). Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Per una migliore comprensione delle caratteristiche dei 70,8 km<sup>2</sup> di consumo di suolo netto, si deve tenere conto che oltre 63 km<sup>2</sup> (circa l'89%) sono avvenuti all'interno di quella parte di territorio teoricamente disponibile o comunque più idonea ai diversi usi, anche definita in alcuni casi come suolo utile<sup>17</sup> e che coincide con l'area dove insistono generalmente le maggiori pressioni insediative ma dove, allo stesso tempo, si concentrano spesso suoli di qualità. La caratteristica conformazione del territorio italiano comporta il fatto che è considerata utile circa il 59,9% della superficie nazionale e che in questa parte del territorio la densità del consumo di suolo raggiunge i 3,51 m<sup>2</sup> per ettaro, quasi il 50% in più della media nazionale.

A livello nazionale (Tabella 4-32), la copertura artificiale del suolo è stimata in oltre 21.500 km<sup>2</sup> (per l'86% situati su suolo utile), a cui devono essere aggiunti altri 646 km<sup>2</sup> di aree soggette ad altre forme di alterazione diretta a causa della copertura artificiale del suolo (come, ad esempio, le serre non pavimentate e i ponti) non

<sup>16</sup> I dati degli scorsi anni sono aggiornati sulla base delle attività di fotointerpretazione e grazie alla disponibilità delle immagini satellitari ad alta risoluzione che ogni anno permettono di migliorare le stime degli anni precedenti e rendere coerente l'intera serie storica. In particolare, quest'anno, sono state riviste nel dettaglio le infrastrutture minori, con le maggiori variazioni rilevate nelle regioni Lombardia, Puglia e Sicilia.

<sup>17</sup> Il suolo utile (v. ad es. Regione Lombardia, 2018) è ottenuto sottraendo le aree a pendenza molto elevata (>50%); le zone umide (RAMSAR) e occupate da corpi idrici, fiumi e laghi; le aree appartenenti alla Rete Natura 2000 (SIC, ZPS e ZSC), i monumenti naturali, le riserve naturali e le altre aree protette; le aree a pericolosità da frana (classi P3 e P4) e idraulica (classe P3).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

considerate come causa di consumo di suolo. Potrebbero, inoltre, essere considerate altre forme di elevato degrado del suolo legate direttamente alla presenza di aree artificiali, in particolare dove la dimensione degli spazi residui non artificiali è inferiore a 1.000 m<sup>2</sup> (pari ad altri 769 km<sup>2</sup>).

Il suolo consumato copre il 7,14% del territorio (7,25% al netto della superficie dei corpi idrici permanenti) con valori in crescita continua. Aggiungendo le altre coperture non considerate e le aree più piccole di 1.000 m<sup>2</sup>, il totale sale al 7,60% del territorio nazionale. La percentuale all'interno del territorio considerato come suolo utile supera il 10% (Tabella 4-33; Figura 4-92).

Tabella 4-32: Stima del suolo consumato (2022) in km<sup>2</sup> a livello nazionale. Fon-te: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Suolo consumato - superficie a copertura artificiale (km <sup>2</sup> )	21.514
Altre coperture non considerate (km <sup>2</sup> )	646
Aree di superficie inferiore ai 1.000 m <sup>2</sup> (km <sup>2</sup> )	769
Suolo consumato su suolo utile (km <sup>2</sup> )	18.496

Tabella 4-33: Stima del suolo consumato (2006-2022) in percentuale a livello nazionale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

<b>2006</b>	6,73	<b>2016</b>	7,01	<b>2019</b>	7,07
2012	6,94	<b>2017</b>	7,03	<b>2020</b>	7,09
2015	7,00	<b>2018</b>	7,05	<b>2021</b>	7,11
				<b>2022</b>	7,14

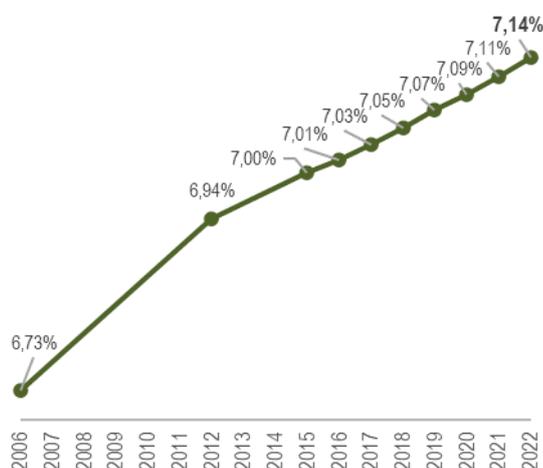


Figura 4-92: Stima del suolo consumato (2006-2022) in percentuale a livello nazionale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA.

I cambiamenti rilevati nell'ultimo anno si concentrano in alcune aree del Paese, rimanendo particolarmente elevati nella pianura Padana, con maggiore intensità nella parte lombarda e veneta (in particolare lungo l'asse Milano-Venezia) e lungo la direttrice della via Emilia. Il fenomeno rimane molto intenso lungo tutta la costa adriatica, dal Veneto alla Puglia e con elevate densità di trasformazione in tratti del litorale romagnolo, marchigiano e in Puglia. Il Salento, in particolare, conferma la tendenza degli ultimi anni con una fortissima presenza di cambiamenti. Tra le aree metropolitane più colpite compaiono ancora Roma e Napoli. La maggior densità del consumo di suolo è stata registrata, anche quest'anno, lungo la fascia costiera entro un chilometro

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

dal mare, nelle aree di pianura, nelle città e nelle zone urbane e periurbane dei principali poli e dei comuni di cintura della frangia urbana.

La relazione tra il consumo di suolo e le dinamiche della popolazione conferma che il legame tra la demografia e i processi di urbanizzazione e di infrastrutturazione non è diretto e si assiste a una crescita delle superfici artificiali anche in presenza di stabilizzazione, in molti casi di decrescita, della popolazione residente (Tabella 4-34). Anche a causa della flessione demografica, il suolo consumato pro capite aumenta ancora dal 2021 al 2022 di 2,46 m<sup>2</sup>/ab e di 16,23 m<sup>2</sup>/ab dal 2006, così come il consumo di suolo annuale pro capite che passa da 1,24 a 1,30 m<sup>2</sup>/ab. In Figura 4-93 si può osservare il trend in crescita a livello nazionale. Si passa, infatti, dai circa 348 m<sup>2</sup>/ab nel 2006 e nel 2012 ai circa 364 m<sup>2</sup>/ab nel 2022. Dal 2012 al 2018 il suolo consumato per abitante è aumentato di 6,5 m<sup>2</sup>/ab mentre nell'ultimo quadriennio di 9,8 m<sup>2</sup>/ab.

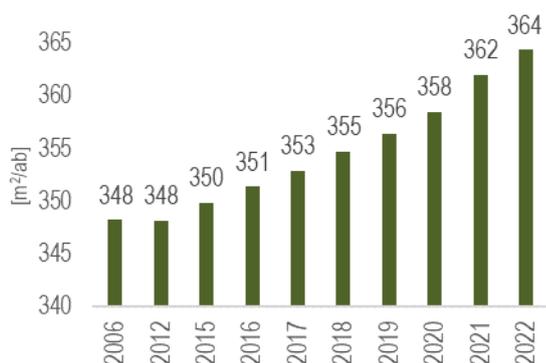


Figura 4-93: Suolo consumato pro capite a livello nazionale per anno. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Per rappresentare l'efficienza delle trasformazioni è utile analizzare il consumo marginale di suolo, indicatore dato dal rapporto tra il consumo di suolo netto e i nuovi residenti tra un anno e il successivo. A valori positivi elevati di questo indicatore corrisponde un alto e più insostenibile consumo di suolo a fronte di una crescita non significativa della popolazione, mentre valori negativi indicano un aumento del consumo di suolo in presenza di decrescita della popolazione, ovvero in assenza dei meccanismi di domanda che generalmente giustificano la richiesta di consumare suolo (Pileri, 2017). A livello nazionale, il nuovo consumo di suolo netto di 70,8 km<sup>2</sup> avviene a fronte di una decrescita di popolazione di circa 206 mila abitanti. L'indicatore di consumo di suolo marginale ci rivela come, negli ultimi dodici mesi, per ogni abitante in meno si sia consumato suolo per 343 m<sup>2</sup>. Nell'anno precedente la diminuzione della popolazione aveva prodotto valori negativi meno marcati (158 m<sup>2</sup>/ab). Il valore medio nazionale non tiene in conto delle enormi differenze tra i valori che questo indicatore assume nei diversi contesti locali, limitando l'analisi ai soli comuni nei quali la popolazione è cresciuta, ad esempio, il valore medio nazionale che si ottiene è di -251 m<sup>2</sup>/ab.

La relazione tra il tasso del consumo di suolo e quello demografico è alla base anche degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile, in particolare del target 'assicurare che il consumo di suolo non superi la crescita demografica' e dell'indicatore 11.3.1, calcolato come rapporto tra il tasso di variazione del suolo consumato e il tasso di variazione della popolazione, proposto dalle Nazioni Unite (*Ratio of land consumption rate to population growth rate*).

Tabella 4-34 Consumo di suolo e dinamiche della popolazione. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati demografici Istat e cartografia SNPA

	2006	2021	2022
<b>Suolo consumato pro capite (m<sup>2</sup>/ab)</b>	348,23	362,00	364,46
	<b>2020 - 2021</b>		<b>2021 - 2022</b>

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Consumo di suolo pro capite (m <sup>2</sup> /ab)	1,24	1,30
Consumo netto di suolo pro capite (m <sup>2</sup> /ab)	1,08	1,20
Consumo marginale di suolo (m <sup>2</sup> /ab)	-158	-343
Rapporto tra il tasso di variazione del suolo consumato e il tasso di variazione della popolazione	-0,44	-0,95

A livello regionale, in 15 regioni il suolo consumato stimato al 2022 supera il 5% (Tabella 4-35), con l'Abruzzo ultima regione a superare la soglia appena citata. I valori percentuali più elevati rimangono quelli della Lombardia (12,16%), del Veneto (11,88%) e della Campania (10,52%). Come per il caso nazionale, anche le stime regionali sono state revisionate e aggiornate, riuscendo in questo modo ad escludere dal computo superfici da non considerare consumate. Non cambia, tuttavia, l'ordine delle regioni: alle prime tre, seguono Emilia-Romagna, Puglia, Lazio, Friuli-Venezia Giulia e Liguria, con valori sopra la media nazionale e compresi tra il 7 e il 9%. La Valle d'Aosta rimane la regione con la percentuale più bassa (2,15%). Naturalmente va considerata sia la diversa morfologia regionale sia la storica e peculiare evoluzione del territorio nell'interpretare la rilevanza dei valori riscontrati.

Tabella 4-35: Indicatori di consumo di suolo a livello regionale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regione	Suolo consumato 2022 (ha)	Suolo consumato 2022 (%)	Consumo di suolo netto 2021-2022 (ha)	Consumo di suolo netto 2021-2022 (%)	Consumo di suolo netto 2006-2022 (ha)	Densità consumo di suolo netto 2021-2022 (m <sup>2</sup> /ha)	Densità consumo di suolo netto 2006-2022 (m <sup>2</sup> /ha)
Piemonte	170.199	6,70	617	0,36	9.445	2,43	37,18
Valle d'Aosta	7.025	2,15	22	0,32	226	0,68	6,93
Lombardia	290.278	12,16	908	0,31	14.642	3,80	61,32
Liguria	39.327	7,26	33	0,08	816	0,61	15,05
<b>Nord-Ovest</b>	<b>506.830</b>	<b>8,74</b>	<b>1.580</b>	<b>0,31</b>	<b>25.129</b>	<b>2,73</b>	<b>43,35</b>
Friuli-Venezia Giulia	63.528	8,02	156	0,25	2.888	1,98	36,47
Trentino-Alto Adige	41.061	3,02	130	0,32	1.866	0,96	13,71
Emilia-Romagna	200.025	8,89	635	0,32	11.009	2,82	48,93
Veneto	217.825	11,88	739	0,34	13.079	4,03	71,33
<b>Nord-Est</b>	<b>522.439</b>	<b>8,38</b>	<b>1.661</b>	<b>0,32</b>	<b>28.842</b>	<b>2,66</b>	<b>46,25</b>
Umbria	44.434	5,26	65	0,15	2.584	0,77	30,56
Marche	64.940	6,96	218	0,34	3.962	2,33	42,49
Toscana	141.842	6,17	238	0,17	4.472	1,03	19,45
Lazio	140.430	8,16	485	0,35	9.098	2,82	52,88
<b>Centro</b>	<b>391.647</b>	<b>6,76</b>	<b>1.006</b>	<b>0,26</b>	<b>20.116</b>	<b>1,74</b>	<b>34,70</b>
Basilicata	31.825	3,19	100	0,32	2.356	1,00	23,58
Molise	17.489	3,94	80	0,46	812	1,80	18,30
Abruzzo	54.012	5,00	149	0,28	3.394	1,38	31,44
Calabria	76.451	5,07	78	0,10	4.591	0,52	30,44
Puglia	159.459	8,24	718	0,45	14.314	3,71	73,96
Campania	143.020	10,52	557	0,39	7.601	4,09	55,89
<b>Sud</b>	<b>482.257</b>	<b>6,58</b>	<b>1.682</b>	<b>0,35</b>	<b>33.068</b>	<b>2,30</b>	<b>45,13</b>
Sardegna	80.582	3,34	537	0,67	4.105	2,23	17,02
Sicilia	167.684	6,52	608	0,36	10.386	2,36	40,38
<b>Isole</b>	<b>248.266</b>	<b>4,98</b>	<b>1.145</b>	<b>0,46</b>	<b>14.490</b>	<b>2,30</b>	<b>29,08</b>
<b>Italia</b>	<b>2.151.437</b>	<b>7,14</b>	<b>7.075</b>	<b>0,33</b>	<b>121.646</b>	<b>2,35</b>	<b>40,36</b>

Il confronto tra ripartizioni geografiche (Tabella 4-35, Figura 4-94) conferma i valori più alti di suolo consumato per le due ripartizioni del Nord, peraltro le uniche sopra il valore percentuale nazionale.

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

La Lombardia detiene il primato anche in termini assoluti, con oltre 290mila ettari del suo territorio coperto artificialmente (il 13,5% delle aree artificiali italiane è in questa regione), contro gli appena 7.000 ettari della Valle d’Aosta.

Gli incrementi maggiori, indicati dal consumo di suolo netto in ettari dell’ultimo anno, sono avvenuti nelle regioni Lombardia (con 908 ettari in più), Veneto (+739 ettari), Puglia (+718 ettari), Emilia-Romagna (+635), Piemonte (+617). La Valle d’Aosta è la regione con il consumo inferiore, ma aggiunge comunque più di 22 ettari alla sua superficie consumata. Tra le altre, solo la Liguria (+33 ha) ha contenuto il suo consumo al di sotto di 50 ettari, mentre Molise, Umbria e Calabria hanno avuto incrementi inferiori ai 100 ettari.

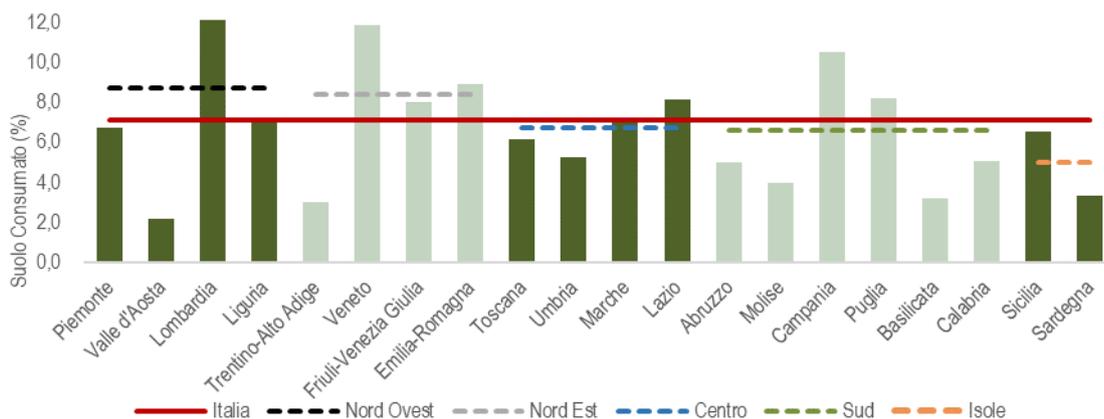


Figura 4-94: Suolo consumato a livello regionale e di ripartizione geografica (% 2022). In rosso la percentuale nazionale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

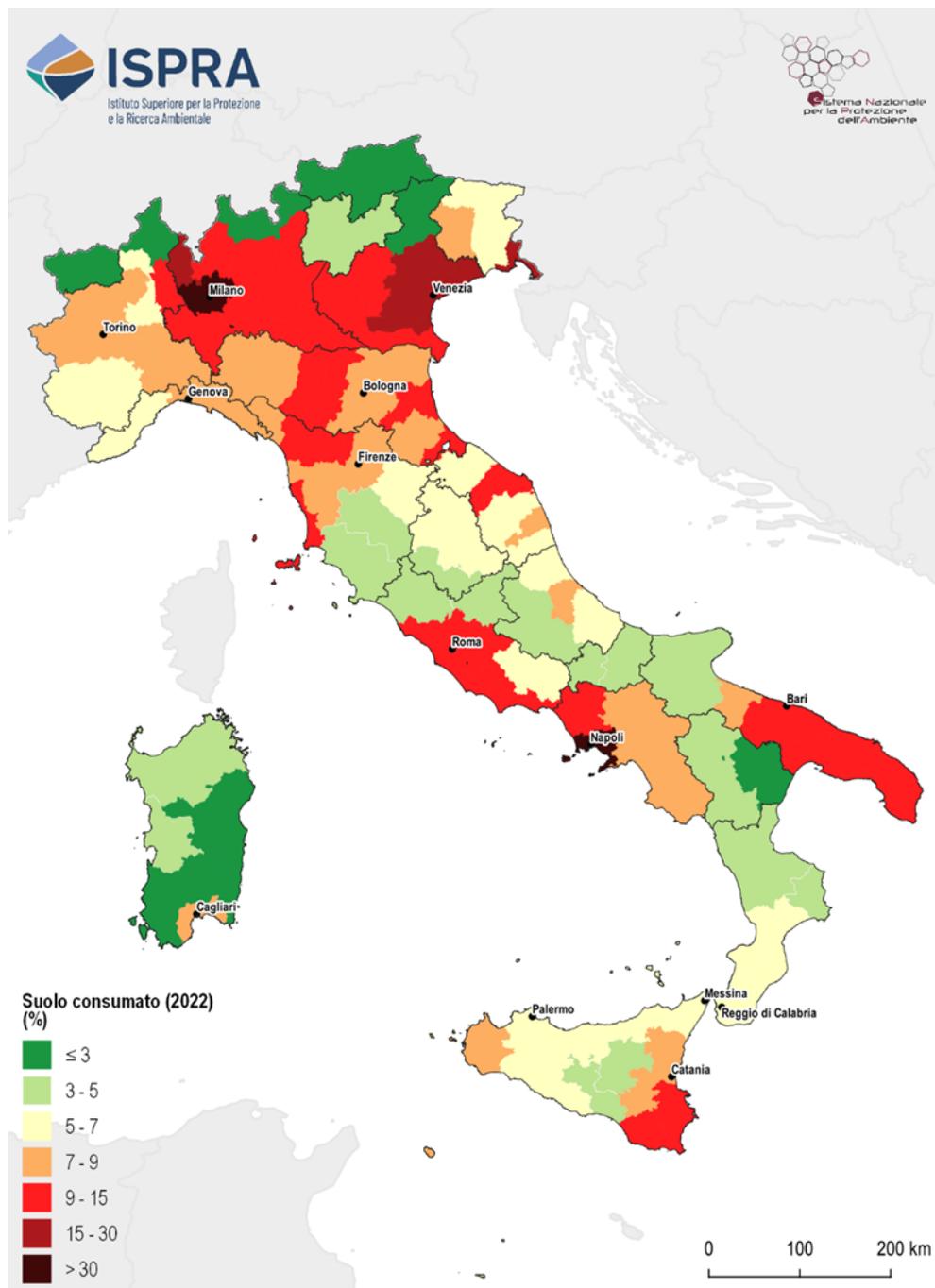


Figura 4-95: Suolo consumato a livello provinciale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Tra le tecnologie e i vettori energetici in attuazione del PNIEC quelle più impattanti sul tema uso del territorio sono rappresentati dagli impianti fotovoltaici a terra.

A livello nazionale, risultano occupati da impianti fotovoltaici circa 17.830 ettari (Rapporto ISPRA-SNPA "Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici" Edizione 2023). I dati differiscono di circa il 13% da quelli pubblicati nel rapporto statistico del GSE<sup>18</sup> che riporta una superficie di 15.700 ettari e una potenza totale pari a circa 8.520 MW. Le differenze tra questi due valori possono essere attribuite alla

<sup>18</sup> Rapporto Statistico Solare Fotovoltaico 2022, Gestore dei Servizi Energetici S.p.A

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

differente risoluzione dei dati, quelli del rapporto del GSE sono valori derivanti dalla documentazione di ogni singolo impianto mentre i dati SNPA derivano da fotointerpretazione di immagini telerilevate, con una risoluzione di 10 metri e possono includere anche le aree di pertinenza degli impianti.

La distribuzione dei pannelli fotovoltaici installati a terra a livello regionale, ricavabile dai dati SNPA, mostra una situazione abbastanza eterogenea. La regione con più superficie occupata da impianti è la Puglia, con 6.116 ettari (circa il 34% di tutti gli impianti nazionali), seguita dall'Emilia-Romagna (1.826 ha) e dal Lazio (1.544 ha). Le regioni su cui risulta installato il numero più basso di impianti a terra sono il Trentino-Alto Adige (16 ha), la Valle d'Aosta (1,2 ha) e la Liguria (0,2 ha). Anche in questo caso i dati possono considerarsi in linea con quelli del GSE pur mostrando delle differenze in alcuni valori (Tabella 4-36).

Regione	Suolo consumato 2022 SNPA (ha)	Suolo consumato 2022 GSE (ha)
Piemonte	1.192	1.060
Valle d'Aosta	1	3
Lombardia	318	481
Trentino-A. Adige	16	12
Veneto	796	728
Friuli-V. Giulia	242	231
Liguria	0	3
Emilia-Romagna	1.826	1.332
Toscana	447	462
Umbria	133	323
Marche	1.061	966
Lazio	1.544	1.572
Abruzzo	633	695
Molise	185	202
Campania	413	385
Puglia	6.116	4.312
Basilicata	523	531
Calabria	270	227
Sicilia	1.297	1.553
Sardegna	816	622
Italia	17.830	15.700

Tabella 4-36: Distribuzione del suolo consumato 2022 dovuto a impianti fotovoltaici a terra. Fonti: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e Rapporto Statistico Solare Fotovoltaico 2022 del GSE

#### Isola di calore urbana

Tra le criticità indotte dall'impermeabilizzazione del suolo vi è il fenomeno dell'"isola urbana di calore" che comporta (Urban Heat Island UHI) un aumento delle temperature estive nei centri urbani e un conseguente aumento dei consumi da raffrescamento nonché problematiche per la salute umana.

L'isola di calore urbana è definita come la differenza tra la temperatura delle aree urbane (generalmente più elevata) e quella delle aree circostanti (generalmente più bassa), ed è spesso in relazione con le ondate di calore che si verificano nelle aree più urbanizzate, specialmente nei mesi estivi. Pur risentendo anche di fattori come la presenza di vegetazione e la circolazione dei venti; l'isola di calore è un fenomeno fortemente connesso con la densità e la configurazione spaziale delle aree urbane, in questo senso la temperatura superficiale al suolo (*Land Surface Temperature* – LST, cioè la temperatura misurata al livello di copertura del suolo) è generalmente più elevata laddove la densità di suolo consumato è maggiore e la copertura arborea è scarsa, come spesso accade nei luoghi in cui l'evoluzione del tessuto insediativo ha portato alla nascita di aree urbane compatte.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Il consumo di suolo, che spesso comporta anche la rimozione di vegetazione, favorisce l'aumento della LST delle aree urbane e l'intensità dell'isola di calore urbano, con molteplici conseguenze sul microclima e sugli ecosistemi, ed effetti che variano in relazione alla fascia alti-metrica.

La rappresentazione dell'andamento delle temperature nei pressi delle principali città italiane (Torino, Milano, Bologna, Firenze, Roma e Napoli) e dell'influenza della copertura del suolo sulla temperatura superficiale nell'area urbana è disponibile nel Rapporto ISPRA-SNPA "Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici" edizione 2023 (capitolo impatto del consumo di suolo) ; in tutte le città analizzate, la temperatura cresce all'aumentare della densità di coperture artificiali, raggiungendo valori compresi tra 43 e 46 °C nelle aree più saturate e seguendo andamenti diversi a seconda delle caratteristiche del territorio circostante, si riscontra inoltre un forte abbassamento delle temperature nei punti in cui la sezione è posta in corrispondenza di un'area verde. La presenza di alberature con media-bassa densità in un contesto altamente artificializzato esercita solo una lieve azione di mitigazione delle temperature, mentre nel pieno centro cittadino ad alta densità di edificato si raggiungono i valori di temperatura più alti. ( <https://www.snpambiente.it/snpa/consumo-di-suolo-dinamiche-territoriali-e-servizi-ecosistemici-edizione-2023/> ).

#### 4.7.2 Evoluzione fisica e biologica e qualità dei suoli

L'analisi dello stato e *dell'evoluzione fisica e biologica dei suoli*, del loro uso per le attività antropiche, agricoltura, industria, infrastrutture, città, la conoscenza delle minacce a cui sono sottoposti (Strategia tematica del Suolo), rappresenta la base conoscitiva primaria per la localizzazione sostenibile delle future strutture e infrastrutture energetiche che andranno a sostanzialmente fisicamente gli obiettivi energetici del PNIEC. I nuovi impianti per la produzione di energia e le nuove infrastrutture che si rendono necessarie per il trasporto o lo stoccaggio dell'energia prodotta si presentano come fattori di pressione che possono generare effetti diretti sulle caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche dei suoli.

Andranno quindi monitorati con attenzione gli effetti che tali realizzazioni potrebbero avere sui vari fenomeni di degrado del suolo (erosione, contaminazione, compattazione, perdita di biodiversità, diminuzione della sostanza organica, etc.) individuati nella nuova proposta di Direttiva<sup>19</sup>.

La Convenzione delle Nazioni Unite sulla lotta alla Siccità e alla Desertificazione (UNCCD), firmata a Parigi nel 1994 e ratificata dall'Italia con L170 del 04/06/97, è il principale strumento normativo a livello internazionale; essa definisce la desertificazione come "degrado del territorio nelle aree aride, semi aride e subumide secche, conseguente all'azione di vari fattori, incluse le variazioni climatiche e le attività umane".

Il tema del monitoraggio del territorio è presente anche nell'Agenda Globale per lo sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite e nei relativi Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (Sustainable Development Goals -SDGs), da raggiungere entro il 2030, che dovranno essere integrati nei programmi nazionali a breve e medio termine. Tra i target individuati c'è la lotta alla desertificazione ed il ripristino delle terre degradate comprese quelle colpite da desertificazione, siccità e inondazioni.

Il degrado del territorio viene valutato attraverso l'uso combinato di tre sub-indicatori secondo la metodologia proposta dalla UNCCD, organismo internazionale di riferimento per quanto riguarda il target 15.3: la copertura del suolo e suoi cambiamenti nel tempo, la produttività del suolo, il contenuto in carbonio organico (Soil Organic Carbon, SOC), lasciando la possibilità di integrare altri sotto indicatori specifici a livello di singolo Paese. La valutazione è dunque da considerarsi parziale, in quanto non vengono considerati altri importanti fenomeni di degrado del suolo, particolarmente evidenti ed incisivi nel contesto italiano quali la

---

<sup>19</sup> Soil Framework Directive COM(2021) 699 final

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

salinizzazione, la contaminazione, la compattazione, etc., che andrebbero quindi ad aumentare l'effettiva superficie degradata.

La procedura prevede un solo indicatore in peggioramento per definire una zona degradata secondo il principio "One Out All Out". L'attuale elaborazione dell'indice 15.3.1 per il territorio italiano analizza la variazione dei tre sotto indicatori, considerando come riferimento temporale una baseline (2000-2015) e un periodo di reporting (2004-2019), restituendo come risultato finale aree stabili o con trend in miglioramento e/o peggioramento. Limitandosi alla sola parte di degrado appare evidente, dai dati pubblicati nell'ultimo rapporto sul consumo di suolo (Munafò M., 2023) la diversa condizione delle regioni centrali rispetto alle altre ripartizioni: il Lazio e l'Umbria sono le regioni che registrano la maggior parte del proprio territorio in condizioni di degrado (rispettivamente 35,4% e 33,8%), mentre la Sardegna è la Regione con la superficie degradata maggiore in termini assoluti con 641 mila ettari, di poco superiore al territorio degradato in Lazio (602 mila ettari).

Dal 2016 è disponibile una mappatura nazionale del carbonio organico quale contributo italiano alla carta mondiale realizzata nell'ambito delle attività della Global Soil Partnership (GSP) istituita presso la FAO. Tale elaborazione, che rientra anche tra i dati di input per la stima dell'indice 15.3.1, è stata realizzata con tecniche di Digital Soil Mapping, grazie a dati provenienti da circa 6.700 profili pedologici campionati tra il 1990 e 2013, e una serie di covariate categoriche (uso del suolo, tipo di suoli, geologia, ecc.) e continue (clima, pendenza, profondità del suolo, pH, ecc.). I risultati finali, rappresentati su un grid di 1 km (Figura 4-96), mostrano un accumulo complessivo di carbonio nei primi 30 cm di suolo pari a 1.67 Pg; Sicilia, Sardegna, Valle d'Aosta e Puglia sono le regioni dove sono presenti mediamente i suoli più poveri di carbonio, mentre le aree agricole (vigneti, frutteti e oliveti) sono le più penalizzate da un punto di vista di carbonio stoccato, contrariamente alle aree boscate caratterizzate dai contenuti più alti.

La diminuzione della sostanza organica nel suolo è strettamente correlata con la perdita di biodiversità; il suo decremento riduce la quantità di cibo a disposizione degli organismi edafici e limita la capacità del suolo di fornire gli elementi nutritivi alla produzione vegetale incidendo, di conseguenza, sulla resa e sulla qualità dei prodotti. L'aumento del forcing radiativo, derivante dall'incremento della concentrazione atmosferica di CO<sub>2</sub>, contribuirà all'innalzamento della temperatura del suolo, accelerando i tassi di mineralizzazione della sostanza organica, con rilascio di anidride carbonica in atmosfera, in particolare alle alte latitudini dove la sostanza organica è preservata da condizioni climatiche fredde e umide, generando così un feedback positivo a lungo termine nel sistema climatico (JRC, 2009; Lal, 2012).

Poiché la quantità di carbonio stoccato stimata nei suoli è superiore a 1500 Pg<sup>20</sup>, circa il doppio di quella contenuta in atmosfera, la potenziale magnitudo di questo feedback è elevata (Lal et al., 2007). Al tempo stesso, però, un aumento delle temperature può incrementare il processo fotosintetico, con un maggior apporto di residui organici e successivo inglobamento di carbonio nel suolo. Definire come verrà modificato il ciclo del carbonio, a seguito del riscaldamento globale, è quindi materia di grande complessità e fortemente legata alle condizioni locali. Il percorso di decarbonizzazione descritto nel piano punterà a ridurre le emissioni di gas climalteranti avendo come risultato un maggiore stoccaggio di carbonio nel suolo; tuttavia, l'installazione di nuovi impianti e nuovi sistemi di accumulo e/o trasmissione di elettricità porterà inevitabilmente alla formazioni di nuovi cantieri che, seppur temporanei, dovranno considerare, all'interno dei singoli studi di impatto ambientale, la qualità dei terreni ed il loro attuale contenuto di carbonio organico.

---

<sup>20</sup> Il picogrammo è un sottomultiplo del grammo 1Pg= 10<sup>-12</sup> g

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

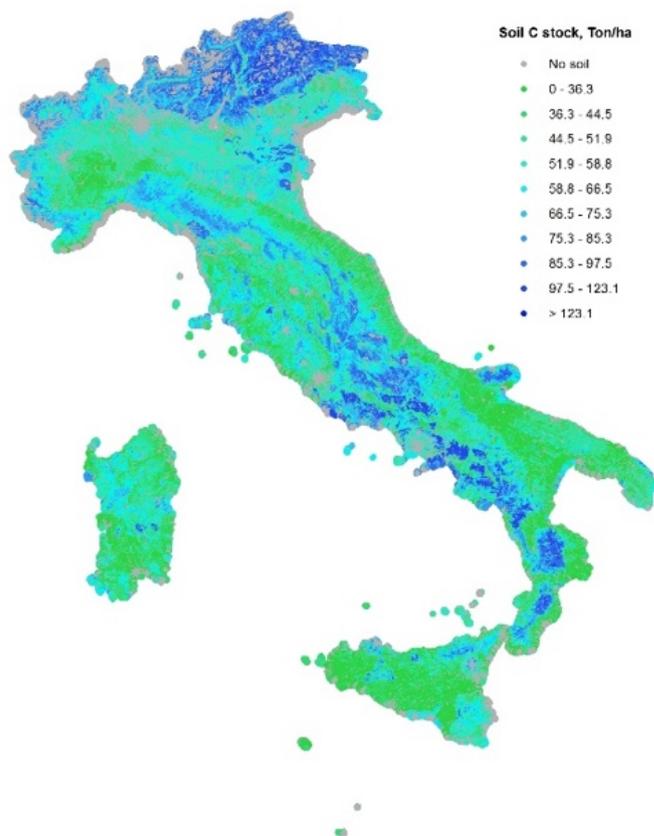


Figura 4-96. Contenuto in carbonio organico nei livelli più superficiali dei suoli italiani (0-30 cm). Fonte: CREA, CNR, Università di Foggia; Università Mediterranea di Reggio Calabria, ARPAV, ARSSA Calabria, Consorzio Lamma, Regione Toscana, ERSA-FVG, ERSAF Lombardia, IPLA, ISPRA, Regione Campania, Regione Emilia-Romagna, Regione Liguria, Regione Marche, Regione Puglia, Regione Siciliana.

Le elaborazioni fatte a livello europeo sulle stime relative alla perdita di suolo (Panagos *et alii*, 2016) mettono l'Italia al primo posto tra i vari paesi membri (circa 8.77 vs. 3 tonn/ettaro/anno, Figura 4-97) con valori di gran lunga superiori alle soglie definite dalla nuova proposta di strategia europea che stabilisce 2 tonn/ettaro/anno come limite per definire i suoli in buona salute (COM(2023) 416 final, Annex 1). Secondo l'applicazione di differenti scenari climatici accoppiati a modelli di variazione di uso e copertura del suolo al 2050, tali valori non dovrebbero subire aumenti per le regioni italiane o quanto meno rimanere compresi entro range < 5% nei due scenari più estremi (RCP2.6, RCP8.5, Panagos *et alii*, 2021).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

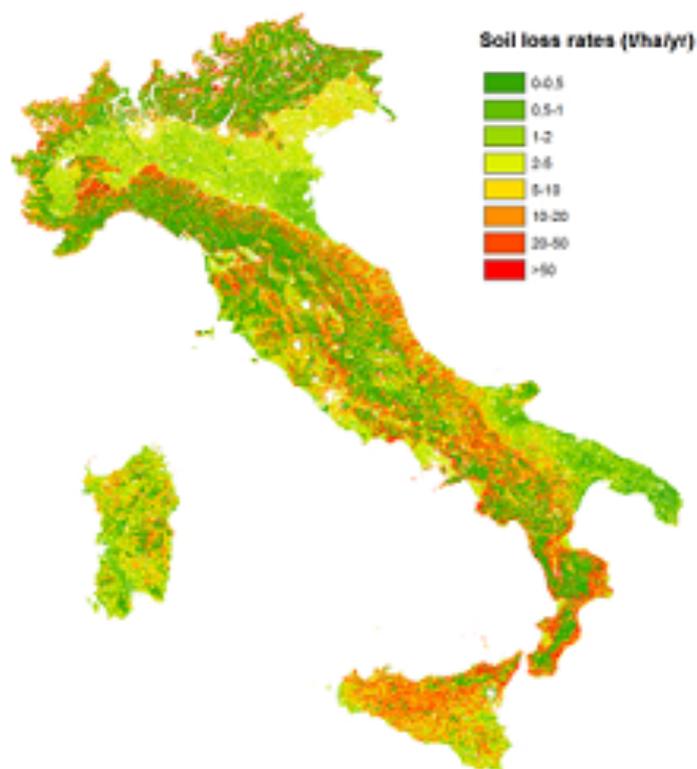


Figura 4-97. Stima della perdita di suolo per erosione idrica espressa in tonnellate/ettaro\*anno (2016) [Fonte: JRC-IES]

#### 4.7.3 Siti di bonifica di interesse nazionale

Al fine di disporre della base di conoscenza completa e necessaria per rispondere all'obiettivo/opportunità di contenere il consumo di suolo dando priorità allo sfruttamento di superfici già compromesse si riporta un inquadramento dei siti di bonifica di interesse nazionale e regionale con informazioni sullo stato di avanzamento dei procedimenti e sulle superfici coinvolte.

I Siti d'Interesse Nazionale sono stati individuati con norme di varia natura e di regola perimetrati mediante decreto del Ministero dell'Ambiente (ora MASE), d'intesa con le Regioni interessate. La procedura di bonifica dei SIN è attribuita alla competenza del MASE. L'art. 36-bis della Legge 07 agosto 2012 n. 134 ha apportato delle modifiche ai criteri di individuazione dei SIN (art. 252 del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.).

Sulla base di tali criteri è stata effettuata una ricognizione degli allora 57 siti classificati di interesse nazionale e, con il D.M. 11 gennaio 2013, il numero dei SIN è stato ridotto a 39. La competenza amministrativa sui 18 siti che non soddisfano i nuovi criteri è passata alle rispettive Regioni.

La sentenza del TAR Lazio n. 7586/2014 del 17.07.2014 ha determinato il reinserimento dell'area del territorio del Bacino del Fiume Sacco tra i Siti di Interesse Nazionale, pertanto la titolarità dei relativi procedimenti di caratterizzazione, messa in sicurezza e bonifica è stata nuovamente attribuita al MASE. A fine 2016 le procedure di consultazione sono terminate ed è stata pubblicata la perimetrazione del SIN.

La legge n. 205 del 27.12.2017 ha individuato il SIN Officina Grande Riparazione ETR di Bologna. La legge n. 120 del 11.09.2020 ha individuato il SIN Area vasta di Giugliano.

Ad oggi il numero complessivo dei SIN è quindi di 42.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

La perimetrazione dei SIN può variare nel tempo incrementando o riducendo le superfici coinvolte. Ciò può avvenire sulla base di nuove informazioni sulla contaminazione potenziale e/o accertata di nuove aree o sulla base di una più accurata definizione delle zone interessate dalle potenziali sorgenti di contaminazione che in alcuni casi può determinare una riduzione delle superfici incluse nel SIN. Ad esempio, nel 2017 sono stati pubblicati decreti di ripermimetrazione per i SIN di Venezia (Porto Marghera), Caffaro di Torviscosa (già Laguna di Grado e Marano) e Crotone Cassano e Cerchiara; nel 2018, sono stati pubblicati decreti di ripermimetrazione per i SIN di Broni e Trieste; nel 2019 è stato pubblicato il decreto di perimetrazione del SIN Officina Grande Riparazione ETR di Bologna. Nel primo semestre del 2021 sono stati pubblicati i decreti di ripermimetrazione dei SIN di Bussi sul Tirino, Trieste e Brescia-Caffaro.

Al 2022, la superficie complessiva a terra dei SIN è pari a 149.052 ha e rappresenta lo 0,49 % della superficie del territorio italiano. L'estensione complessiva delle aree a mare ricomprese nei SIN è pari a 77.733 ha. La problematica complessivamente interessa, ad eccezione del Molise, tutte le Regioni italiane. (Figura 4-98)

Più della metà (22) dei SIN ricade in Lombardia (5 SIN e parte del SIN Pieve Vergonte), Piemonte (3 SIN e parte dei SIN Pieve Vergonte e Cengio e Saliceto), Toscana (4), Puglia (4) e Sicilia (4). In termini di estensione complessiva dei SIN le Regioni che presentano le maggiori superfici complessive perimetrare (terra+mare) sono Piemonte (circa 85.700 ha), Sardegna (circa 56.800 ha), Sicilia (circa 24.400 ha) e Puglia (circa 24.000 ha). A livello regionale, in un solo caso (Piemonte con il 3,4%) la superficie a terra dei SIN è superiore all'1% del territorio regionale.

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

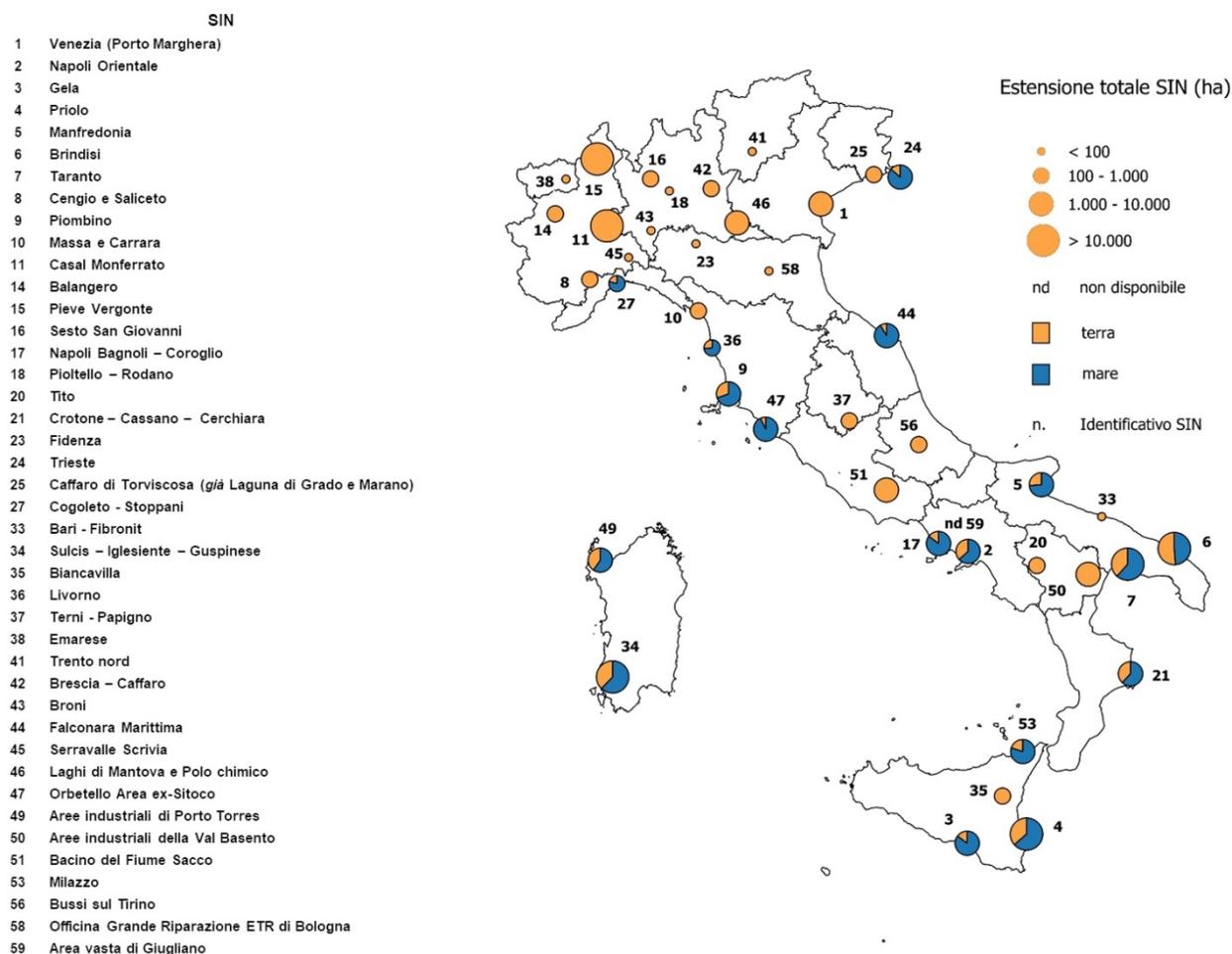


Figura 4-98: Localizzazione e classi di superficie totale dei Siti di Interesse Nazionale (Fonte: ISPRA, Annuario Dati Ambientali 2023)

Nella Tabella 4-37 è riportato l’elenco dei 42 Siti di Interesse Nazionale, la Regione/Provincia Autonoma di appartenenza, i riferimenti normativi di individuazione e perimetrazione e l’estensione (in ettari) delle superfici, divise in mare e terra per i siti in cui la perimetrazione comprenda anche aree marine. L’identificativo numerico dei SIN riportato nella tabella è lo stesso utilizzato in Figura 4-98 e rappresenta l’ordine di individuazione dei SIN. I numeri non riportati in tabella sono riferiti ai 17 siti la cui competenza amministrativa è passata alle rispettive Regioni con D.M. 11 gennaio 2013.

Tabella 4-37: Siti di Interesse Nazionale - Riferimenti normativi ed estensione (Fonte: Elaborazione ISPRA su dati Gazzetta Ufficiale, MiTE e ISTAT; Annuario Dati Ambientali 2023)

N. Sito	Denominazione Sito	Regione/ Provincia Autonoma	Riferimento normativo		Estensione a (ha)	
			Individuazione	Perimetrazione	mare	terra
1	Venezia (Porto Marghera)	Veneto	L. 426/1998	D.M. 23/02/2000 (G.U. 52 del 03/03/2000) D.M. 24/04/2013 (G.U. 111 del 14/05/2013)	-	1.618

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

N. Sito	Denominazione Sito	Regione/ Provincia Autonoma	Riferimento normativo		Estensione a (ha)	
			Individuazione	Perimetrazione	mare	terra
				D.M. 22/12/2016 (G.U. 28 del 03/02/2017)		
2	Napoli Orientale	Campania	L. 426/1998	O. C. 29/12/1999 (G.U. 56 del 08/03/2000)	1.433	834
3	Gela	Sicilia	L. 426/1998	D.M. 10/01/2000 (G.U. 44 del 23/02/2000)	4.583	795
4	Priolo	Sicilia	L. 426/1998	D.M. 10/01/2000 (G.U. 44 del 23/02/2000) D.M. 10/03/2006 (G.U. 113 del 17/05/2006)	10.129	5.814
5	Manfredonia	Puglia	L. 426/1998	D.M. 10/01/2000 (G.U. 47 del 26/02/2000)	855	303
6	Brindisi	Puglia	L. 426/1998	D.M. 10/01/2000 (G.U. 43 del 22/02/2000)	5.597	5.851
7	Taranto	Puglia	L. 426/1998	D.M. 10/01/2000 (G.U. 45 del 24/02/2000)	7.006	4.383
8	Cengio e Saliceto <sup>a</sup>	Liguria Piemonte	L. 426/1998	D.M. 20/10/1999 (G.U. 303 del 28/12/1999)	-	331
9	Piombino	Toscana	L. 426/1998	D.M. 10/01/2000 (G.U. 46 del 25/02/2000) D.M. 07/04/2006 (G.U. 147 del 27/06/2006)	2.117	931
10	Massa e Carrara	Toscana	L. 426/1998	D.M. 21/12/1999 (G.U. 25 del 01/02/2000) D.M. 29/10/2013 (G.U. 274 del 22/11/2013)	0	116
11	Casal Monferrato	Piemonte	L. 426/1998	D.M. 10/01/2000 (G.U. 43 del 22/02/2000)	-	73.895
14	Balangero	Piemonte	L. 426/1998	D.M. 10/01/2000 (G.U. 41 del 19/02/2000)	-	314
15	Pieve Vergonte	Piemonte (11.385 ha) Lombardia (4.302 ha)	L. 426/1998	D.M. 10/01/2000 (G.U. 46 del 25/02/2000)	-	15.687
16	Sesto San Giovanni	Lombardia	L. 388/2000	D.M. 31/08/2001 (G.U. 250 del 26/10/2001)	-	255
17	Napoli Bagnoli – Coroglio	Campania	L. 388/2000	D.M. 31/08/2001 (G.U. 250 del 26/10/2001) D.M. 08/08/2014 (G.U. 195 del 23/08/2014)	1.453	249
18	Pioltello e Rodano	Lombardia	L. 388/2000	D.M. 31/08/2001 (G.U. 252 del 29/10/2001)	-	85
20	Tito	Basilicata	D.M. 468/2001	D.M. 08/07/2002 (G.U. 231 del 02/10/2002)	-	315
21	Crotone – Cassano – Cerchiara	Calabria	D.M. 468/2001	D.M. 26/11/2002 (G.U. 17 del 22/01/2003)	1.448	884

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

N. Sito	Denominazione Sito	Regione/ Provincia Autonoma	Riferimento normativo		Estensione a (ha)	
			Individuazione	Perimetrazione	mare	terra
				D.M. 09/11/2017 (G.U. 281 del 01/12/2017)		
23	Fidenza	Emilia-Romagna	D.M. 468/2001	D.M. 16/10/2002 (G.U. 286 del 06/12/2002)	-	25
24	Trieste	Friuli-Venezia Giulia	D.M. 468/2001	D.M. 24/02/2003 (S.O. alla G.U. 121 del 27/05/2003) D.M. 02/02/2018 (G.U. 41 del 19/02/2018) D.M. 16/03/2021 (GU 77 del 31/03/2021)	1.196	190
25	Caffaro di Torviscosa (già Laguna di Grado e Marano)	Friuli-Venezia Giulia	D.M. 468/2001	D.M. 24/02/2003 (S.O. alla G.U. 121 del 27/05/2003) D.M. 12/12/2012 (G.U.2 del 03/01/2013) D.M. 31/03/2017 (G.U. 110 del 13/05/2017)	-	201
27	Cogoleto - Stoppani	Liguria	D.M. 468/2001	D.M. 08/07/2002 (G.U. 230 del 01/10/2002)	167	45
33	Bari - Fibronit	Puglia	D.M. 468/2001	D.M. 08/07/2002 (G.U. 230 del 01/10/2002)	-	15
34	Sulcis – Iglesias – Guspinese	Sardegna	D.M. 468/2001	D.M. 12/03/2003 (S.O. alla G.U. 121 del 27/05/2003) Deliberazione Giunta Regione Sardegna n. 27/13 del 01/06/2011 (BURAS 05/07/2011) D.M. 28/10/2016 (G.U. 267 del 15/11/2016)	32.416	19.751
35	Biancavilla	Sicilia	D.M. 468/2001	D.M. 18/07/2002 (G.U. 231 del 02/10/2002)	-	330
36	Livorno	Toscana	D.M. 468/2001	D.M. 24/02/2003 (S.O. alla G.U. 121 del 27/05/2003) D.M. 22/05/2014 (G.U. 163 del 16/07/2014)	577	206
37	Terni - Papigno	Umbria	D.M. 468/2001	D.M. 08/07/2002 (G.U. 234 del 05/10/2002)	-	655
38	Emarese	Valle d'Aosta	D.M. 468/2001	D.M. 26/11/2002 (G.U. 20 del 25/01/2003) D.M. 06/10/2006 (G.U. 20 del 25/01/2007) D.M. 20/06/2016 (G.U. 162 del 13/07/2016)	-	23
41	Trento nord	Trento	D.M. 468/2001	D.M. 08/07/2002 (G.U. 232 del 03/10/2002)	-	24
42	Brescia – Caffaro	Lombardia	L. 179/2002	D.M. 24/02/2003 (S.O. alla G.U. 121 del 27/05/2003) D.M.16/03/2021 (G.U. 110 del 10/05/2021)	-	262
43	Broni	Lombardia	L. 179/2002	D.M. 26/11/2002 (G.U. 23 del 29/01/2003)	-	15

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

N. Sito	Denominazione Sito	Regione/ Provincia Autonoma	Riferimento normativo		Estensione a (ha)	
			Individuazione	Perimetrazione	mare	terra
				D.M. 01/02/2018 (G.U. 41 del 19/02/2018)		
44	Falconara Marittima	Marche	L. 179/2002	D.M. 26/02/2003 (S.O. alla G.U. 121 del 27/05/2003)	1.165	108
45	Serravalle Scrivia	Piemonte	L. 179/2002	D.M. 07/02/2003 (G.U. 86 del 12/04/2003)	-	74
46	Laghi di Mantova e Polo chimico	Lombardia	L. 179/2002	D.M. 07/02/2003 (G.U. 86 del 12/04/2003)	-	1.027
47	Orbetello Area ex-Sitoco	Toscana	L. 179/2002	D.M. 02/12/2002 (G.U. 72 del 27/03/2003) D.M. 26/11/2007 (G.U. 46 del 23/02/2008) O.P.C.M. 3841 del 19/01/2010 (G.U. 20 del 26/01/2010)	2.645	204
49	Aree industriali di Porto Torres	Sardegna	L. 179/2002	D.M. 07/02/2003 (G.U. 94 del 23/04/2003) D.M. 03/08/2005 (G.U. 219 del 20/09/2005) D.M. 21/07/2016 (G.U. 191 del 17/08/2016)	2.748	1.874
50	Aree industriali della Val Basento	Basilicata	L. 179/2002	D.M. 26/02/2003 (S.O. alla G.U. 121 del 27/05/2003)	-	3.330
51	Bacino del Fiume Sacco	Lazio	L. 248/2005	D.M. 31/01/2008 (G.U. 100 del 29/04/2008) D.M. 22/11/2016 (G.U. 293 del 16/12/2016)	-	7.235
53	Milazzo	Sicilia	L. 266/2005	D.M. 11/08/2006 (G.U. 256 del 03/11/2006)	2.198	549
56	Bussi sul Tirino	Abruzzo	D.M. 28/05/2008	D.M. 29/05/2008 (G.U. 172 del 24/07/2008) D.M. 10/08/2016 (G.U. 204 del 01/09/2016) D.M. 27/01/2021 (GU 43 del 20/02/2021)	-	236
58	Officina Grande Riparazione ETR Bologna	Emilia-Romagna	L. 205/2017	D.M.29/01/2019 (G.U. 39 del 15/02/2019)	-	13
59	Area vasta di Giugliano	Campania	L. 120/2020		-	nd
					<b>77.733</b>	<b>149.052</b>

a - il dato ufficiale fornito dal MiTE sulla perimetrazione del SIN Cengio e Saliceto è in corso di verifica da parte del MASE. In attesa della revisione ISPRA utilizza un dato stimato sulla base della geometria della perimetrazione pubblicata in GU

Lo stato di avanzamento delle attività di caratterizzazione e messa in sicurezza/bonifica del suolo e delle acque sotterranee nei siti contaminati riconosciuti d'interesse nazionale è estremamente disomogeneo nei vari SIN. Nella Tabella 4-38 è illustrato l'avanzamento delle attività di caratterizzazione e messa in sicurezza/bonifica riferito esclusivamente alle aree a terra; tale avanzamento è generalmente espresso in termini percentuali di

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

superficie rispetto alla superficie perimetrata del SIN a terra, ad eccezione di alcuni SIN per i quali è riferito solo a una porzione della superficie perimetrata a terra.

*Tabella 4-38: Stato di avanzamento degli interventi di caratterizzazione e messa in sicurezza/bonifica del suolo e delle acque sotterranee nei Siti di Interesse Nazionale (SIN) (Fonte: Elaborazione ISPRA su dati MiTE; Annuario Dati Ambientali 2023)*

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Identificativo Sito <sup>a</sup>	Denominazione Sito	Estensione		Stato di avanzamento delle attività di caratterizzazione e di messa in sicurezza/bonifica nei SIN					
		Mare	Terra	Suolo			Acque sotterranee		
				Piano di caratterizzazione eseguito	Progetto di bonifica/messa in sicurezza approvato con decreto	Procedimento concluso	Piano di caratterizzazione eseguito	Progetto di bonifica/messa in sicurezza approvato con decreto	Procedimento concluso
		(ha)							
1	Venezia (Porto Marghera)	-	1.618	95%	71%	17%	95%	66%	11%
2	Napoli Orientale	1.433	834	56%	20%	6%	56%	3%	5%
3	Gela	4.583	795	99%	13%	0%	100%	54%	0%
4	Priolo	10.129	5.814	48%	13%	7%	48%	18%	7%
5	Manfredonia <sup>1</sup>	855	303	100%	34%	18%	100%	78%	0%
6	Brindisi	5.597	5.851	89%	12%	7%	89%	16%	8%
7	Taranto	7.006	4.383	46%	8%	8%	46%	8%	7%
8	Cengio e Saliceto <sup>2</sup>	-	331	100%	100%	0%	100%	100%	0%
9	Piombino	2.117	931	100%	13%	49%	100%	2%	4%
10	Massa e Carrara	-	116	100%	39%	10%	100%	15%	3%
11	Casal Monferrato <sup>3</sup>	-	73.895	<u>N.A.</u>	<u>NA</u>	<u>N.A.</u>	<u>N.A.</u>	<u>NA</u>	<u>N.A.</u>
14	Balangero <sup>3</sup>	-	314	100%	21%	0%	100%	100%	0%
15	Pieve Vergonte <sup>4</sup>	-	15.687	100%	100%	0%	100%	100%	0%
16	Sesto San Giovanni	-	255	100%	44%	33%	100%	100%	0%
17	Napoli Bagnoli – Coroglio	1.453	249	97%	97%	0%	97%	97%	0%
18	Pioltello – Rodano	-	85	98%	33%	13%	98%	0%	0%
20	Tito	-	315	14%	8%	4%	14%	8%	4%
21	Crotone – Cassano – Cerchiara <sup>5</sup>	1.448	884	51%	27%	13%	51%	13%	11%
23	Fidenza	-	25	100%	91%	10%	100%	91%	10%
24	Trieste	1.196	190	99%	53%	3%	99%	12%	3%

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Identificativo Sito <sup>a</sup>	Denominazione Sito	Estensione		Stato di avanzamento delle attività di caratterizzazione e di messa in sicurezza/bonifica nei SIN					
		Mare	Terra	Suolo			Acque sotterranee		
				Piano di caratterizzazione eseguito	Progetto di bonifica/messa in sicurezza approvato con decreto	Procedimento concluso	Piano di caratterizzazione eseguito	Progetto di bonifica/messa in sicurezza approvato con decreto	Procedimento concluso
		(ha)							
25	Caffaro di Torviscosa (già Laguna di Grado e Marano)	-	201	100%	5%	1%	100%	4%	1%
27	Cogoleto - Stoppani	167	45	100%	22%	0%	100%	22%	0%
33	Bari - Fibronit	-	15	100%	75%	0%	100%	75%	15%
34	Sulcis – Iglesiente – Guspinese <sup>6</sup>	32.416	19.751	50%	9%	9%	50%	12%	6%
35	Biancavilla <sup>3</sup>	-	330	100%	100%*	1%	100%	0%	0%
36	Livorno	577	206	100%	5%	0%	100%	0%	0%
37	Terni - Papigno	-	655	94%	1%	30%	94%	0%	2%
38	Emarese <sup>3</sup>	-	23	68%	68%	0%	68%	0%	68%
41	Trento nord	-	24	90%	46%	0%	90%	46%	0%
42	Brescia – Caffaro <sup>7</sup>	-	262	31%	17%	2%	8%	1%	0%
43	Broni	-	15	66%	65%	1%	65%	0%	65%
44	Falconara Marittima	1.165	108	90%	3%	0%	90%	66%	1%
45	Serravalle Scrivia	-	74	19%	9%	0%	19%	9%	0%
46	Laghi di Mantova e Polo chimico <sup>8</sup>	-	1.027	60%	10%	4%	60%	14%	1%
47	Orbetello Area ex-Sitoco	2.645	204	31%	0%	0%	31%	20%	0%
49	Aree industriali di Porto Torres	2.748	1.874	71%	8%	12%	72%	65%	2%

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Identificativo Sito <sup>a</sup>	Denominazione Sito	Estensione		Stato di avanzamento delle attività di caratterizzazione e di messa in sicurezza/bonifica nei SIN					
		Mare	Terra	Suolo			Acque sotterranee		
				Piano di caratterizzazione eseguito	Progetto di bonifica/messa in sicurezza approvato con decreto	Procedimento concluso	Piano di caratterizzazione eseguito	Progetto di bonifica/messa in sicurezza approvato con decreto	Procedimento concluso
		(ha)							
50	Aree industriali della Val Basento	-	3.330	100%	1%	88%	100%	1%	88%
51	Bacino del Fiume Sacco	-	7.235	nd	nd	nd	nd	nd	nd
53	Milazzo	2.198	549	62%	38%	20%	62%	39%	19%
56	Bussi sul Tirino	-	236	60%	0%	1%	60%	0%	0%
58	Officine Grande Riparazione ETR di Bologna	-	13	nd	nd	nd	nd	nd	nd
59	Area vasta di Giugliano	-	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

a - l'identificativo numerico rappresenta l'ordine di individuazione dei SIN. I numeri non riportati in tabella sono riferiti ai 17 siti la cui competenza amministrativa è passata alle rispettive Regioni con DM 11 gennaio 2013. Il numero è utilizzato in Figura 2 per identificare i 42 SIN

1 - lo stato di avanzamento delle attività di caratterizzazione e di messa in sicurezza/bonifica non è riferito all'estensione dell'intero SIN ma a 216 ha

2 - lo stato di avanzamento delle attività di caratterizzazione e di messa in sicurezza/bonifica non è riferito all'estensione dell'intero SIN ma solo a quella dello stabilimento (77 ha)

3 - per le caratteristiche della contaminazione in questi SIN le attività sono relative principalmente alla caratterizzazione e messa in sicurezza di amianto, fluoroedenite e/o materiali contenenti amianto (MCA)

4 - lo stato di avanzamento delle attività di caratterizzazione e di messa in sicurezza/bonifica non è riferito all'estensione dell'intero SIN ma solo a quella dello stabilimento (42 ha)

5 - lo stato di avanzamento delle attività di caratterizzazione e di messa in sicurezza/bonifica non è riferito all'estensione dell'intero SIN ma solo a quella delle aree ricomprese nel Comune di Crotona (543 ha)

6 - lo stato di avanzamento delle attività di caratterizzazione e di messa in sicurezza/bonifica non è riferito all'estensione dell'intero SIN costituito di aree minerarie e aree industriali, ma solo a quella delle aree industriali (10.639 ha)

7 - per il SIN Brescia-Caffaro sono state individuate due differenti perimetrazioni per suolo e falda rispettivamente pari a 262 ha e 2109 ha. Gli stati di avanzamento sono riferiti ciascuno alla estensione della matrice interessata. L'estensione del SIN riportata, invece, è quella relativa al suolo

8 - lo stato di avanzamento delle attività di caratterizzazione e di messa in sicurezza/bonifica è riferito all'estensione del SIN a meno delle aree fluviali e lacuali e quindi ad un'estensione di 614 ha

\*percentuale riferita agli interventi di MISE per le aree in cui è stata riscontrata presenza di fluoroedenite e potenziali sorgenti di contaminazione nel SIN. La percentuale potrebbe variare in caso dovessero essere riscontrate ulteriori potenziali sorgenti di contaminazione ad oggi non evidenziate

Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

N.A. - non applicabile. Approvato il progetto definitivo di bonifica, relativo all'intero SIN, per tipologia di amianto (coperture e polverino). Il sito è incluso in un censimento soggetto ad aggiornamenti periodici

n.d. - dato non disponibile

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

In termini di avanzamento complessivo delle procedure a terra per 35 SIN (ad eccezione di 4 SIN con contaminazione prevalente da amianto e dei SIN Bacino del Fiume Sacco, Officina Grande Riparazione ETR di Bologna e per i quali non sono disponibili dati relativi all'avanzamento), dai dati resi disponibili dal MiTE sul proprio sito web, si osserva che la caratterizzazione è stata eseguita in oltre il 60% della superficie sia per i suoli che per le acque sotterranee, gli interventi di bonifica/messa in sicurezza sono stati approvati con decreto in più del 14% delle superfici (18% nel caso delle acque sotterranee) e il procedimento si è concluso nel 16% della superficie complessiva per i suoli e nel 12% per le acque sotterranee.

La Figura 4-99 e la Figura 4-100 descrivono, rispettivamente per il suolo e per le acque sotterranee, l'avanzamento delle procedure riferito alla somma delle estensioni a terra dei SIN per le quali sono disponibili dati relativi all'avanzamento. Sono pertanto esclusi i SIN Area vasta di Giugliano, Officina Grande Riparazione ETR di Bologna e Bacino del Fiume Sacco. Sono esclusi dalla rappresentazione anche i SIN di Balangero, Casale Monferrato, Emarese e Biancavilla per la specificità della contaminazione prevalente (amianto, materiali contenenti amianto, fluoroedenite) e della tipologia di interventi che riguardano la messa in sicurezza di tali materiali. Gli "n.a." che, sia per i suoli sia per le acque sotterranee, ammontano a circa il 38% dell'estensione totale, tengono conto delle aree ricomprese nel perimetro di alcuni SIN che non sono state considerate ai fini della valutazione dello stato di avanzamento (ad esempio le aree minerarie nel Sulcis-Iglesiente Guspinese, le aree esterne allo stabilimento per il SIN di Pieve Vergonte, ecc.). Dall'analisi complessiva emerge un quadro analogo per i suoli e le acque sotterranee, ovvero caratterizzazione eseguita per il 64% della superficie (66% nel caso dei suoli), bonifica/MIS approvata con decreto nel 14% (18% nel caso delle acque sotterranee) e procedimento concluso per il 16% della superficie complessiva per i suoli, 12% nel caso delle acque sotterranee.

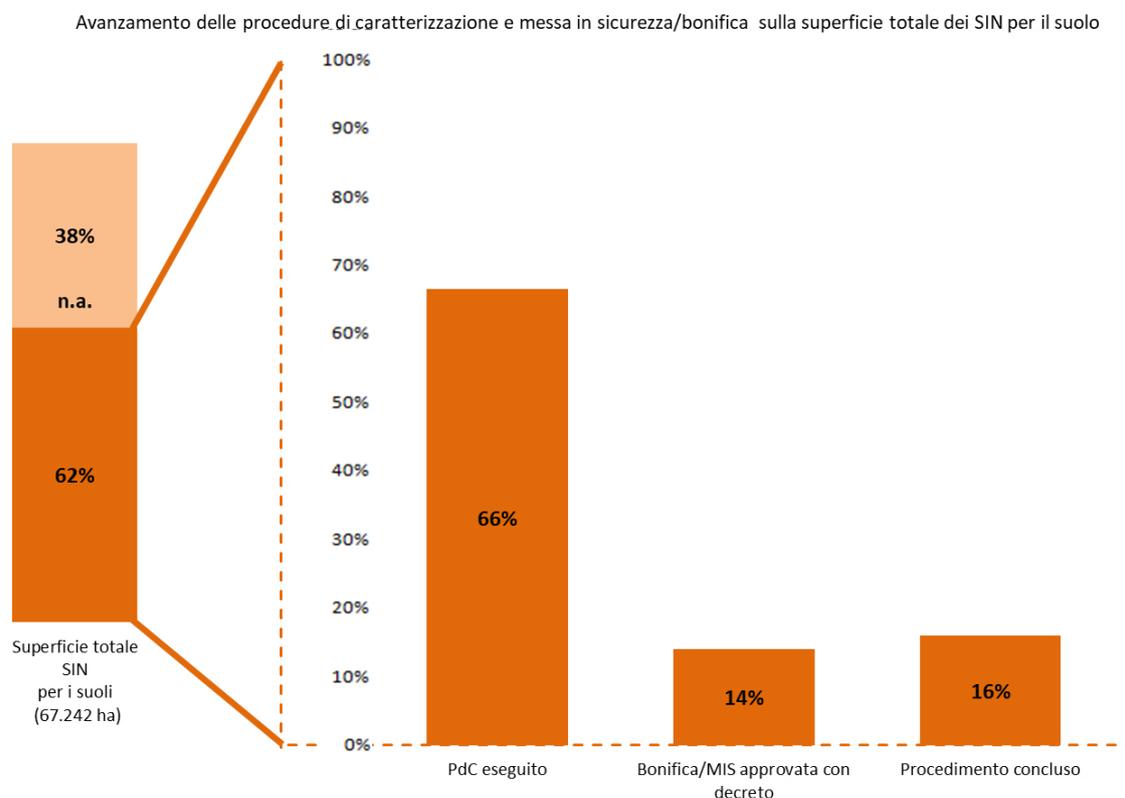


Figura 4-99: Avanzamento delle procedure di caratterizzazione e messa in sicurezza/bonifica sulla superficie totale dei SIN per il suolo (Fonte: ISPRA – Annuario Dati Ambientali 2023)

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

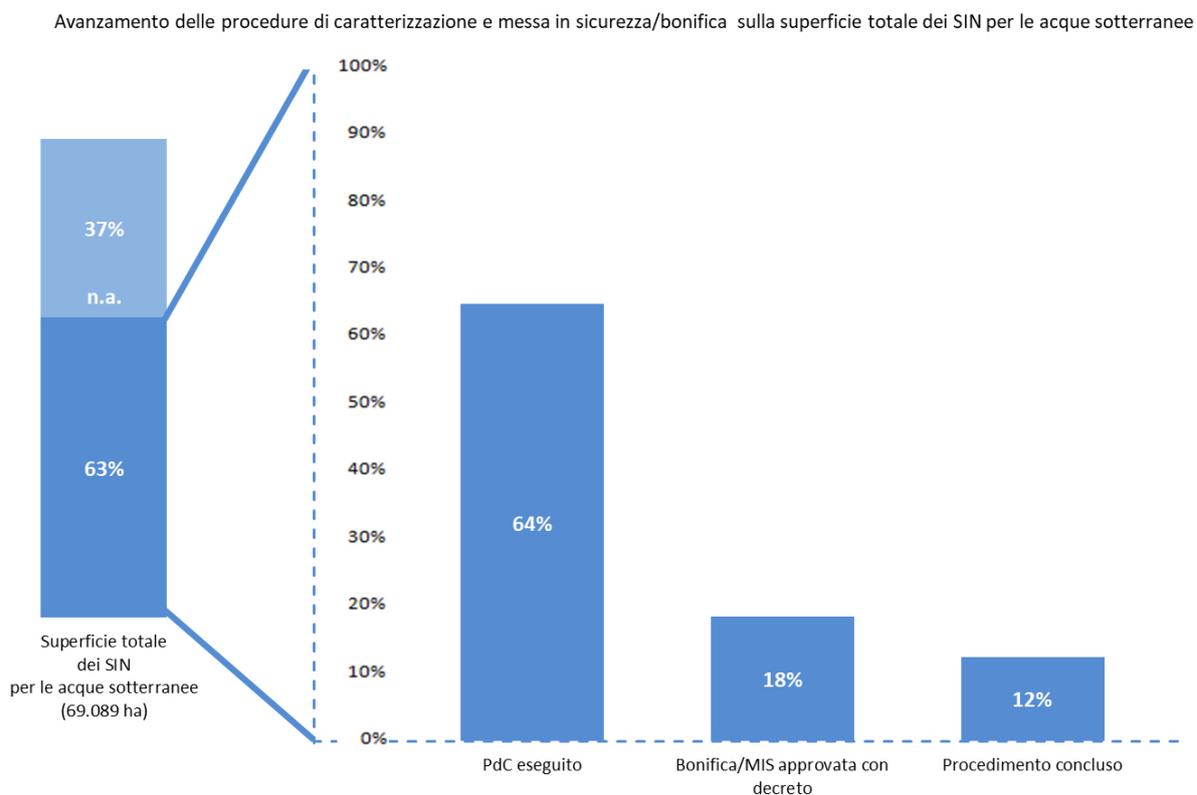


Figura 4-100: Avanzamento delle procedure di caratterizzazione e messa in sicurezza/bonifica sulla superficie totale dei SIN per le acque sotterranee (Fonte: ISPRA – Annuario Dati Ambientali 2023)

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Siti regionali oggetto di procedimento di bonifica

I siti regionali oggetto di procedimento di bonifica sono aree interessate da procedimento di bonifica in corso o concluso, non ricomprese nei Siti di Interesse Nazionale e il cui procedimento è in capo alla Regione o ad ente territoriale da essa delegato.

L'anagrafe dei siti oggetto di procedimento di bonifica è uno strumento, previsto dalle norme sui siti contaminati (articolo 251 del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii.) e predisposto dalle Regioni e dalle Province Autonome.

Le informazioni sui siti oggetto di procedure di bonifica sono quindi reperibili nelle anagrafi/banche dati delle Regioni/Province Autonome/ARPA/APPA. Le informazioni sul numero di siti registrati in ciascuna anagrafe/banca dati, distinti tra quelli con procedimento in corso e quelli con procedimento concluso, riguardano il progresso della gestione dei procedimenti, la modalità con cui si sono conclusi i procedimenti (con o senza intervento di bonifica), le superfici interessate dai procedimenti, lo stato di contaminazione nonché le tipologie di intervento adottate (bonifica, messa in sicurezza permanente (MISP), messa in sicurezza operativa (MISO), intervento misto).

Il progresso nella gestione dei siti con procedimento di bonifica in corso è rappresentato secondo tre fasi: notifica, modello concettuale (caratterizzazione ed eventuale analisi di rischio), intervento comprendente progetti approvati, interventi in corso e interventi conclusi in attesa di certificazione o con certificazione parziale.

L'informazione relativa alla superficie è stata fornita come superficie "amministrativa" e/o come superficie "tecnica". La superficie "amministrativa" è intesa come la superficie afferente all'intera area oggetto del procedimento amministrativo (si intende quindi come la sommatoria delle particelle catastali coinvolte). La superficie "tecnica" (inferiore o tutt'al più pari alla superficie amministrativa) rappresenta, invece, l'area della superficie potenzialmente impattata dal punto di vista ambientale. La superficie tecnica può variare, generalmente diminuire, con l'avanzamento del procedimento in virtù di un miglioramento del quadro conoscitivo.

Lo stato di contaminazione è rappresentato secondo quattro categorie: siti in attesa di accertamenti, siti potenzialmente contaminati, siti contaminati, siti non contaminati. Le prime due si riferiscono a una fase "conoscitiva" in itinere, lo stato di contaminazione "sito contaminato" indica l'effettiva e cogente necessità di un intervento di bonifica, mentre sono siti non contaminati quelli risultati tali a seguito delle indagini o a seguito di interventi di bonifica.

Il numero di siti registrati in ciascuna anagrafe/banca dati regionale non rimane costante ma generalmente aumenta nel tempo con l'attivazione di nuovi procedimenti. In generale, rispetto ai dati precedenti relativi al periodo 2016-2021 si osserva un aumento del numero di siti e delle informazioni collegate (stato di avanzamento dei siti con procedimento in corso, stato della contaminazione) che interessa la maggior parte delle regioni, ad eccezione del dato relativo alle superfici che risulta ridotto in termini quantitativi ma migliorato in termini qualitativi. Alcune differenze sono imputabili alla modifica della modalità di raccolta dati in particolare al passaggio da una raccolta dati aggregata a livello comunale a quella del singolo procedimento a seguito della messa in esercizio di *MOSAICO*, avvenuta nel 2021.

*Inoltre, i siti con procedimento concluso continuano a rimanere inseriti nell'anagrafe/banca dati. Il totale dei siti registrati nelle anagrafi/banche dati regionali è costituito dai procedimenti in corso e da quelli conclusi. I siti con procedimento amministrativo in corso sinora censiti sono ubicati prevalentemente in Campania (18%), Lombardia (17%) e Toscana (12%). Le percentuali più alte (superiori al 70%) di siti con procedimento amministrativo concluso si riscontrano nella provincia autonoma di Bolzano e Umbria (89%), in Valle d'Aosta*

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

(83%) in Friuli-Venezia Giulia (81%), in Lombardia (75%) e nella provincia autonoma di Trento (74%) (Tabella 4-39).

Tabella 4-39: Siti registrati nelle anagrafi/banche dati regionali dei siti oggetto di procedimento di bonifica, aggiornamento al 31/12/2021 e 31/12/2019 (Elaborazione ISPRA su dati SNPA, Regioni, Province Autonome -Annuario Dati Ambientali 2023)

Regione/Provincia Autonoma	Siti con procedimento amministrativo in corso		Siti con procedimento amministrativo concluso		Totale siti oggetto di procedimento amministrativo di bonifica
	n.	% rispetto al totale della Regione/PA	n.	% rispetto al totale della Regione/PA	n.
Abruzzo	840	85%	150	15%	990
Basilicata	167	51%	162	49%	329
Calabria	760	87%	117	13%	877
Campania	3.175	84%	597	16%	3.772
Emilia-Romagna	461	39%	718	61%	1.179
Friuli Venezia Giulia	265	19%	1.105	81%	1.370
Lazio	1.022	76%	326	24%	1.348
Liguria <sup>a</sup>	270	50%	272	50%	542
Lombardia	2.891	25%	8.585	75%	11.476
Marche	556	50%	561	50%	1.117
Molise	37	36%	65	64%	102
Piemonte	826	43%	1.103	57%	1.929
Puglia	302	57%	228	43%	530
Sicilia	1.195	97%	43	3%	1.238
Sardegna <sup>b</sup>	592	56%	463	44%	1.055
Toscana	2.056	43%	2.723	57%	4.779
<i>Bolzano</i>	36	11%	292	89%	328
<i>Trento</i>	141	26%	396	74%	537
Umbria <sup>a</sup>	8	11%	67	89%	75
Valle d'Aosta	40	17%	192	83%	232
Veneto	1700	56%	1309	44%	3009
<b>Italia</b>	<b>17.340</b>	<b>47%</b>	<b>19.474</b>	<b>53%</b>	<b>36.814</b>

a - dati parziali

b - dati aggiornati al 31-12-2019

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Le informazioni sul progresso della gestione dei siti con procedimento di bonifica in corso sono disponibili per l'intero territorio nazionale. Dai dati disponibili aggiornati al 31-12-2021 risulta che il 59,5% è in fase di notifica, il 19,4% è in fase di modello concettuale e il 17,7% è in fase di intervento (Figura 4-101).

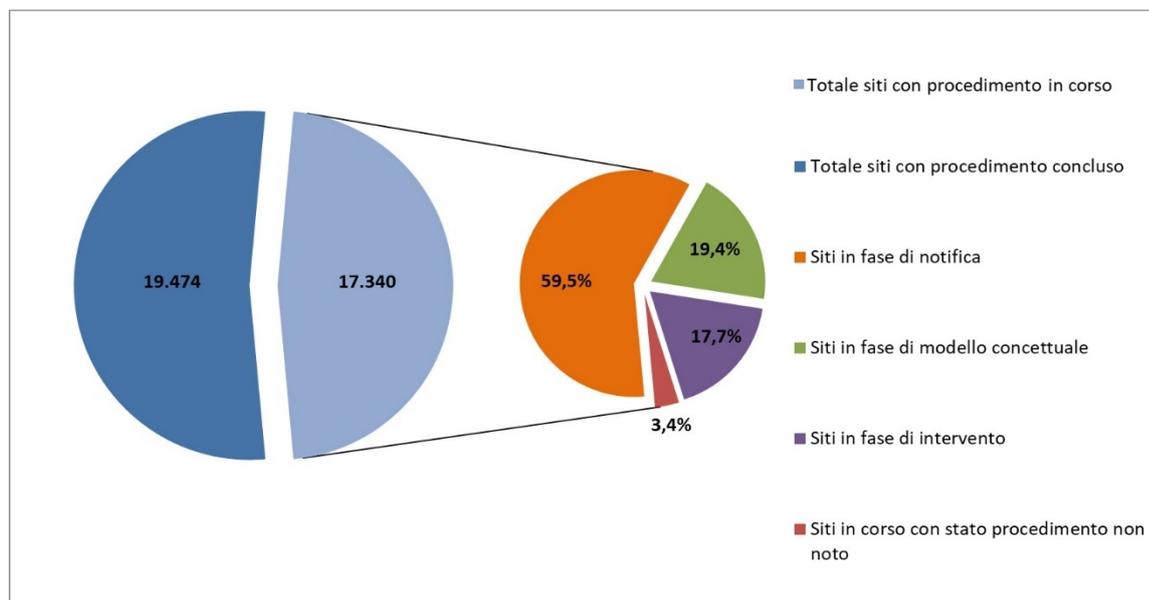


Figura 4-101: Numero dei siti oggetto di procedimento di bonifica (in corso e conclusi) e progresso nella gestione dei siti con procedimento di bonifica in corso Fonte: ISPRA - Annuario Dati Ambientali 2023)

Le percentuali più alte riscontrabili a livello regionale con riferimento allo stato più avanzato del procedimento, cioè i cosiddetti "siti in fase di intervento", si osservano nella provincia autonoma di Bolzano (69%), in Emilia-Romagna (52%), in Liguria (47%) ed in Piemonte (46%).

La superficie amministrativa nota interessata da procedimenti di bonifica è pari a 43.398 ettari ed è relativa al 52% dei procedimenti. La superficie tecnica è pari a 14.337 ettari ed è relativa al 27% dei procedimenti. Per il 56% dei procedimenti è stato fornito almeno un dato di superficie (amministrativa o tecnica) (Tabella 2). Esaminando i dati dei procedimenti in corso la superficie amministrativa interessata è pari a 23.442 ettari ed è pari al 48% dei procedimenti in corso mentre la superficie tecnica dei procedimenti in corso è nota solo nel 15%. Sui procedimenti conclusi la percentuale dei siti per i quali è nota la superficie amministrativa sale al 55% ed è pari a 19.956 ettari; la superficie tecnica, pari a 5.239 ettari, è nota per il 39% dei siti con procedimento concluso.

Lo stato della contaminazione è definito per l'84% dei siti con procedimento in corso e per il 93% di quelli con procedimento concluso. Di tali siti (32.568), il 16,6% (5.425) è in attesa di accertamenti, il 16,9% (5.505) è potenzialmente contaminato, l'11% (3.568) è contaminato e il 55,5% è non contaminato (18.070). Per i procedimenti rimanenti (4.246, pari all'11,5% dei procedimenti totali) lo stato di contaminazione è non noto (10,5%) o non coerente con lo stato del procedimento (1%, pari a 374 procedimenti). I procedimenti di bonifica si sono conclusi a seguito di indagini nel 67,3% dei casi e nel 32,7% a seguito di interventi di bonifica (Tabella 4-40).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Tabella 4-40: siti con procedimento amministrativo concluso con e senza intervento di bonifica, aggiornamento 31/12/2021 e 31/12/2019 (Elaborazione ISPRA su dati SNPA, Regioni, Province Autonome - Annuario Dati Ambientali 2023)

Regione/Provincia Autonoma	Siti con procedimento di bonifica concluso		
	Con intervento	Senza Intervento	Totali
	n.	n.	n.
Abruzzo	51	99	150
Basilicata	16	146	162
Calabria	24	93	117
Campania	49	548	597
Emilia-Romagna	375	343	718
Friuli Venezia Giulia	56	1.049	1.105
Lazio	92	234	326
Liguria <sup>a</sup>	111	161	272
Lombardia	2.885	5.700	8.585
Marche	82	479	561
Molise	18	47	65
Piemonte	376	727	1.103
Puglia	21	207	228
Sicilia	0	43	43
Sardegna <sup>b</sup>	78	385	463
Toscana	507	2.216	2.723
<i>Bolzano</i>	280	12	292
<i>Trento</i>	82	314	396
Umbria <sup>a</sup>	39	28	67
Valle d'Aosta	22	170	192
Veneto	1.199	110	1.309
<b>Italia</b>	<b>6.363</b>	<b>13.111</b>	<b>19.474</b>

a - dati parziali

b - dati aggiornati al 31-12-2019

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Le informazioni di dettaglio sulla tipologia di intervento adottata (bonifica, MISP, MISO, intervento misto) sono disponibili per il 74% dei siti con progetto approvato (2.499), dalle quali risulta che nel 76,9% dei casi si tratta di intervento di bonifica, nel 12,1% di MISP e nel 6,2% di MISO. Nel caso dei siti con intervento concluso (6.363), tali informazioni di dettaglio sono disponibili per il 70% dei siti da cui risulta che nel 91,4% dei casi si tratta di bonifica e nel 3,5% di MISP e nello 0,4% di MISO.

## 4.8 Risorse idriche

### 4.8.1 Elementi di caratterizzazione quali - quantitativa a scala distretto idrografico

La Direttiva quadro sulle acque 2000/60 (DQA) mira ad una gestione idrica sostenibile a lungo termine basata su un elevato livello di protezione dell'ambiente acquatico mediante il raggiungimento di un buono stato ambientale in tutti i corpi idrici (ecologico e chimico).

La normativa di riferimento per la tutela delle acque attualmente in vigore è contenuta nel Testo Unico Ambientale D. lgs 152/2006 "Norme in materia ambientale" e successive modifiche, che recepisce in Italia, fra le altre, anche la DQA; inoltre, riguardo alle acque sotterranee, alla DQA si affiancano le Direttive 2006/118 CE e 2014/80/UE.

I "corpi idrici" sono l'unità di base necessaria per la costruzione del quadro conoscitivo e quindi della pianificazione e gestione, in cui si misurano la qualità e quantità dello stato delle acque, l'effetto delle pressioni e degli impatti sulle stesse, i costi e i benefici delle misure. È, inoltre, l'unità a cui fare riferimento per il raggiungimento degli obiettivi ambientali della DQA.

Le informazioni riportate di seguito derivano dall'elaborazione dei dati contenuti nei Piani di gestione dei bacini distrettuali terzo ciclo 2021-2027 svolta nell'ambito del reporting *Ambiente in Italia: uno sguardo di insieme, Annuario dei dati ambientali 2022*<sup>21</sup>.

In Italia sono stati identificati 8.581 corpi idrici significativi (che corrispondono al 5,5% di tutti i corpi idrici europei), così suddivisi:

- fluviali (nel 2° PdG 7.493 CI fluviali)
- 348 lacustri (nel 2° PdG 347 CI lacustri)
- 146 acque di transizione
- 561 marino costiere
- 8 territoriali
- 1009 sotterranei

### Stato ecologico delle acque superficiali interne

Lo stato ecologico si basa sulla valutazione degli Elementi di Qualità Biologica (EQB), da monitorare nei corpi idrici (CI), selezionati in base all'analisi delle pressioni e degli impatti, supportati dalle caratteristiche fisico-chimiche della colonna d'acqua, dagli elementi chimici (inquinanti specifici) e dalle caratteristiche idromorfologiche del corpo idrico. Lo stato ecologico dei corpi idrici viene rappresentato in 5 classi: Elevato, Buono, Sufficiente, Scarso e Cattivo.

A livello nazionale, lo stato ecologico delle acque superficiali interne, fiumi e laghi, raggiunge l'obiettivo buono e superiore per il 43 % dei corpi idrici, il 10% dei corpi idrici è ancora in stato sconosciuto. Il Distretto della

---

<sup>21</sup> <https://indicatoriambientali.isprambiente.it/it/idrosfera-0>

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

Sardegna presenta una percentuale di corpi idrici che raggiunge l’obiettivo di qualità ecologica pari al 75%. I Distretti della Sicilia e dell’Appennino meridionale hanno ancora un elevato numero di corpi idrici in stato sconosciuto, rispettivamente il 44% e il 33%. Con la Legge 221/2015 sono stati ridefiniti i limiti dei Distretti Idrografici, pertanto, per operare il confronto tra 2° e 3° ciclo del PdG, i corpi idrici del 2° ciclo sono stati assegnati ai Distretti secondo la nuova perimetrazione. I dati di classificazione del sessennio 2016-2021 mostrano che lo stato ecologico dei fiumi non si differenzia di molto rispetto al 2° PdG, per tutti i Distretti tranne che per la Sardegna, dove si ha un aumento della percentuale di corpi idrici in stato buono che passa dal 55% al 76%. Per quanto riguarda i laghi, invece, si rileva un aumento dei corpi idrici che hanno raggiunto l’obiettivo buono e superiore in quasi tutti i Distretti, anche se le percentuali sono ancora basse, tranne per il Distretto Alpi orientali (68%) e il Distretto Sardegna che passa dal 9% del 2° PdG al 52% del 3° PdG.

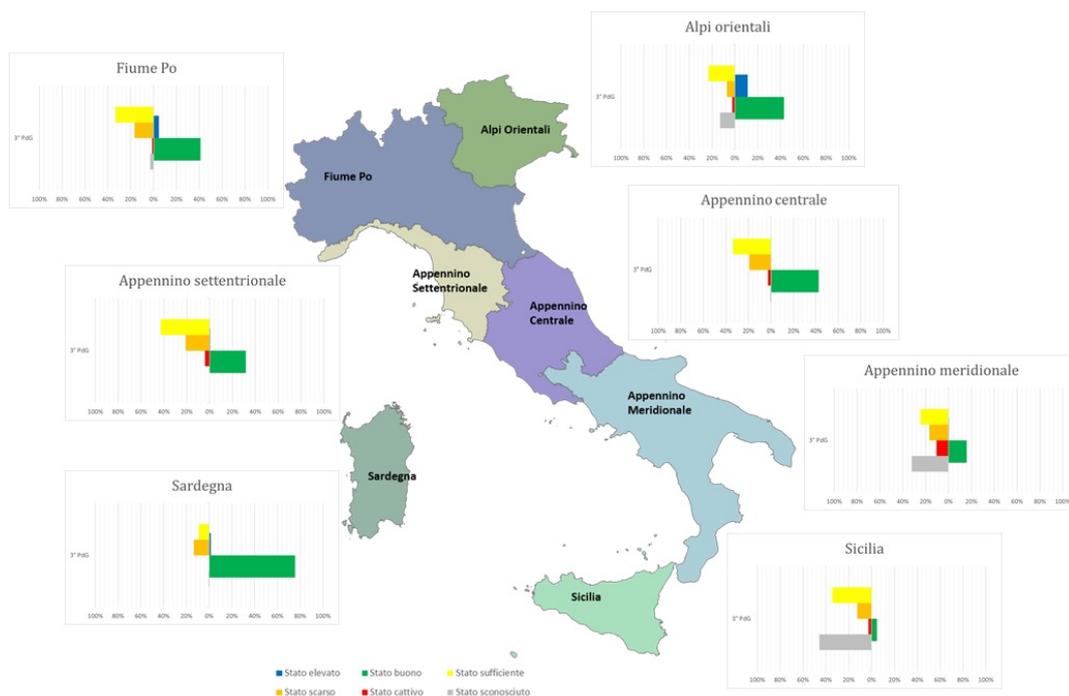


Figura 4-102: Stato ecologico dei corpi idrici acque superficiali – fiumi - 3° ciclo (2016-2021) dei Piani di Gestione delle Acque. Elaborazione ISPRA su dati Reporting WISE 2022 (aggiornamento ottobre 2022) Fonte: Annuario dati Ambientali ISPRA

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

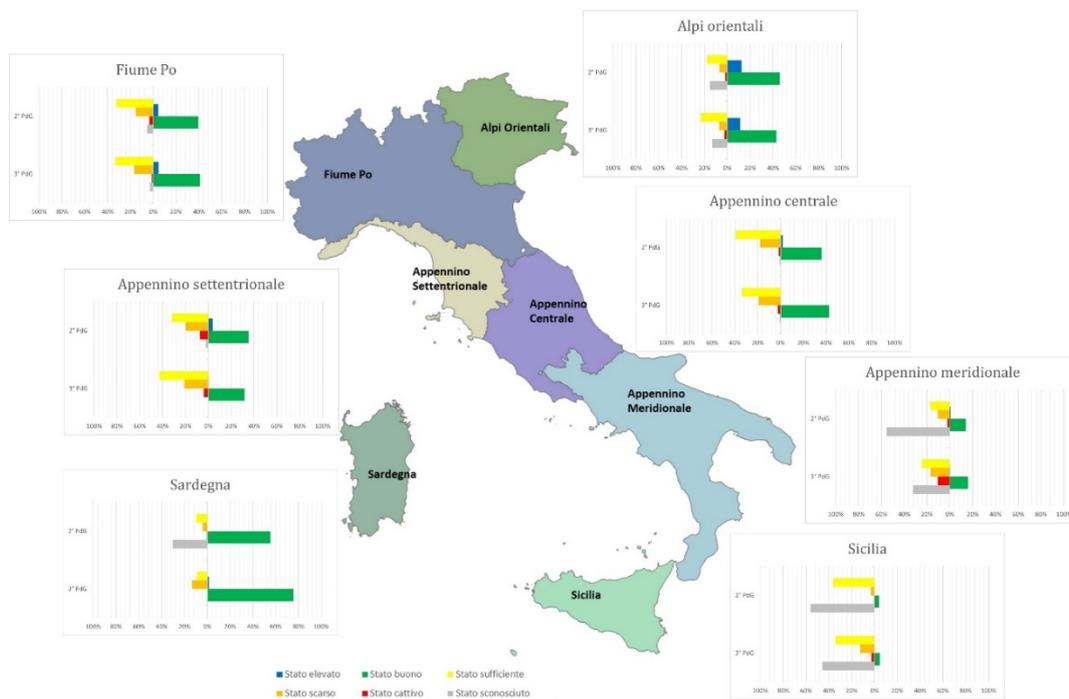


Figura 4-103: Stato ecologico dei corpi idrici superficiali - fiumi - ISPRA su dati reporting Confronto 2° ciclo (2010-2015) e 3° ciclo (2016-2021) dei Piani di Gestione delle Acque. Elaborazione WISE 2022 (aggiornamento ottobre 2022) Fonte: Annuario dati Ambientali ISPRA

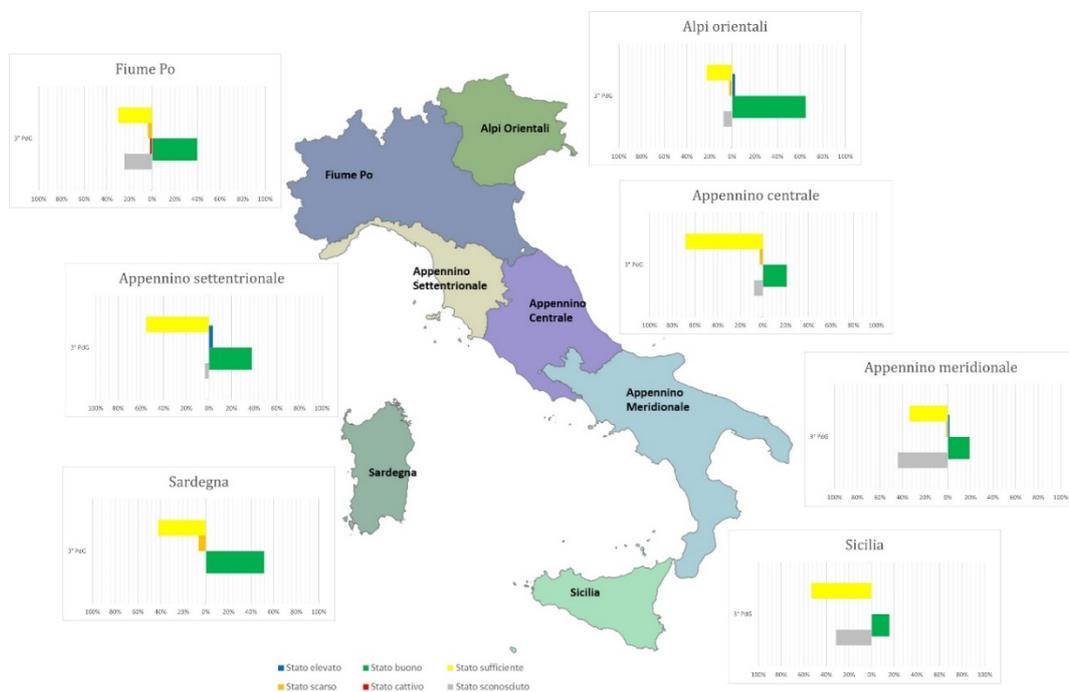


Figura 4-104: Stato ecologico dei corpi idrici acque superficiali - laghi - 3° ciclo (2016-2021) dei Piani di Gestione delle Acque. Elaborazione ISPRA su dati reporting WISE 2022 (aggiornamento ottobre 2022) Fonte: Annuario dati Ambientali ISPRA

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

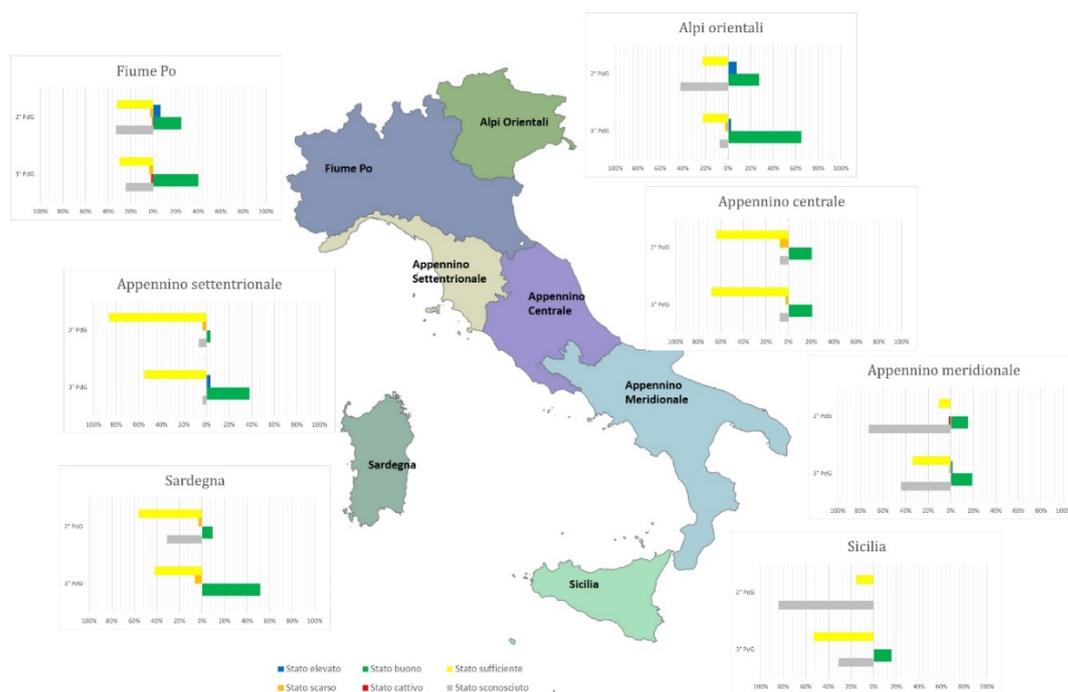


Figura 4-105: Stato ecologico dei corpi idrici superficiali - laghi- Confronto 2° ciclo (2010-2015) e 3° ciclo (2016-2021) dei Piani di Gestione delle Acque. Elaborazione ISPRA su dati reporting WISE 2022 (aggiornamento ottobre 2022) Fonte: Annuario dati Ambientali ISPRA

#### Stato chimico delle acque superficiali interne

Lo stato chimico dei corpi idrici viene valutato attraverso la determinazione del livello di concentrazione di sostanze inquinanti e dannose per l'ambiente (tab. 1/A – Standard di qualità ambientale nella colonna d'acqua e nel biota del D. Lgs. 172/2015). In tale elenco figurano le sostanze indicate, a livello comunitario, come Prioritarie o Pericolose Prioritarie ai sensi della Direttiva 2008/105/CE, aggiornata dalla 2013/39/UE, e le altre sostanze individuate dalle “direttive figlie” della Direttiva 76/464/CE concernente l'inquinamento provocato da alcune sostanze pericolose scaricate nelle acque. L'elenco delle sostanze è periodicamente aggiornato ai sensi dell'art 16 della DQA. Per ciascuna sostanza la norma fissa Standard di Qualità Ambientali (SQA) per le concentrazioni nelle matrici ambientali dove la sostanza stessa può essere rilevata (acqua o biota). Gli SQA sono espressi in termini di concentrazione media annua (SQA-MA) o concentrazione massima ammissibile (SQA-CMA) della sostanza. Le sostanze monitorate e considerate ai fini dello stato chimico sono selezionate in base alle analisi delle pressioni e degli impatti svolte dal Sistema agenziale ambientale. In base al rispetto o al superamento degli SQA, un corpo idrico superficiale è classificato in stato chimico “buono” e “non buono”. In caso di superamento degli SQA, anche per una sola sostanza monitorata, in base al principio “one-out-all-out”, il corpo idrico è classificato in stato chimico non buono.

Lo stato chimico concorre, assieme allo stato ecologico, alla valutazione dello “stato ambientale” complessivo di ogni corpo idrico.

A livello nazionale, per quanto riguarda i fiumi, si registra un aumento nel 3° PdG (2016-2021), rispetto al 2° PdG (2010-2015), dei corpi idrici classificati in stato chimico buono, che salgono al 78%, mentre i corpi idrici in stato non buono si attestano al 13%. Dimezzata, invece, la percentuale di corpi idrici non classificati, che scende al 9%.

Per i laghi si evidenzia una crescita netta dei corpi idrici in stato buono, che raggiunge il 69%, mentre la percentuale di corpi idrici in stato non buono resta sostanzialmente invariata, e i corpi idrici non classificati scendono al 20%.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Nel confronto tra i dati del 3° PdG e del 2° PdG si assiste, nella maggior parte dei distretti, ad un aumento dei corpi idrici fluviali in stato chimico buono rispetto al precedente sessennio, pur con percentuali di raggiungimento dell'obiettivo molto diverse tra loro. Un leggero calo si registra nei Distretti Fiume Po e Appennino Centrale, per i quali tuttavia le percentuali di corpi idrici che raggiungono l'obiettivo risultano comunque superiori alla media nazionale attestandosi, rispettivamente, all'83% e 87%. Il miglioramento più marcato si registra nel Distretto Sardegna, dove il 91% dei fiumi raggiunge lo stato chimico buono con la totalità dei corpi idrici classificati. Nei Distretti Appennino Meridionale e Sicilia, le percentuali dei corpi idrici in stato buono restano inferiori alla media nazionale, 23% e 51%, ma si evidenzia un significativo aumento dei corpi idrici classificati rispetto al precedente ciclo di gestione.

Per quanto riguarda i laghi, aumentano sensibilmente i corpi idrici in stato chimico buono in quasi tutti i distretti, con percentuali che raggiungono l'87% nel Distretto Sardegna e il 98% in quello delle Alpi Orientali. Invece nei Distretti Sicilia e Appennino Meridionale i corpi idrici che raggiungono l'obiettivo non superano il 40-45%, ma si è comunque ridotta significativamente la percentuale di laghi non classificati, in linea con quanto si è verificato, in minore e maggiore misura, in tutti i distretti.

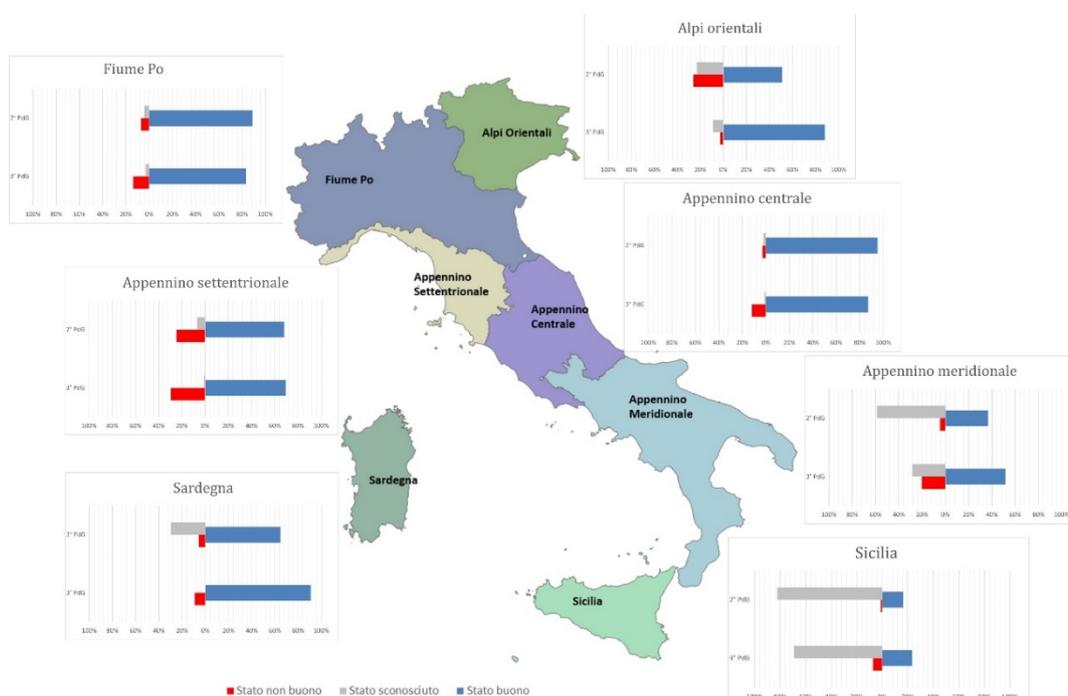


Figura 4-106: Stato Chimico dei corpi idrici superficiali - fiumi - confronto 2° ciclo (2010-2015) e 3° ciclo (2016-2021) dei Piani di Gestione delle Acque. Elaborazione ISPRA su dati reporting WISE 2022 (aggiornamento ottobre 2022) Fonte: Annuario dati Ambientali ISPRA

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

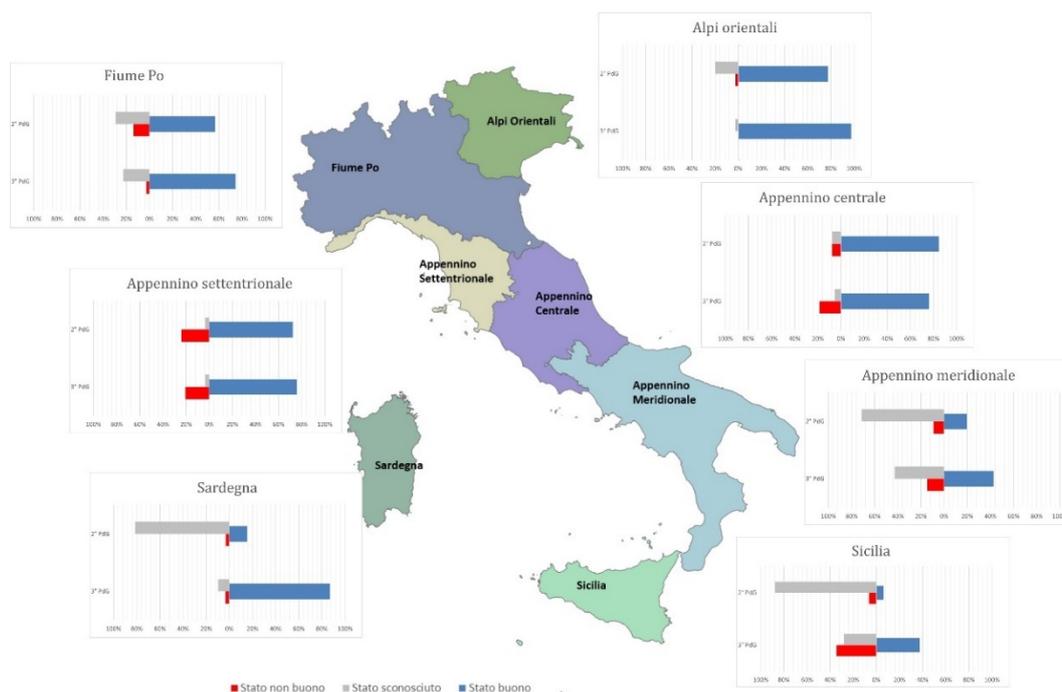


Figura 4-107: Stato chimico dei corpi idrici superficiali – laghi - confronto 2° ciclo (2010-2015) e 3° ciclo (2016-2021) dei Piani di Gestione delle Acque. Elaborazione ISPRA su dati reporting WISE 2022 (aggiornamento ottobre 2022) Fonte: Annuario dati Ambientali ISPRA

### Stato chimico delle acque sotterranee (SCAS)

Lo Stato Chimico delle Acque Sotterranee (SCAS) fornisce una valutazione della qualità chimica dei corpi idrici sotterranei italiani in base al confronto delle concentrazioni di alcuni inquinanti rispetto agli Standard di Qualità Ambientale e ai Valori Soglia delle tabelle 2 e 3 del DM 6/7/2016. A seconda se vengono rispettati o meno i limiti di concentrazione tabellari, lo stato chimico di un corpo idrico può risultare in stato buono o scarso e concorre, insieme allo stato quantitativo, a definire lo stato complessivo delle acque sotterranee.

I limiti dei Distretti Idrografici sono stati ridefiniti dalla Legge 221/2015, per operare un confronto dello stato chimico tra 2° e 3° ciclo, i corpi idrici del 2° ciclo sono stati assegnati ai Distretti secondo la nuova perimetrazione. A livello nazionale, nel sessennio di classificazione 2016-2021 inerente il 3° PdG, l'obiettivo del buono stato chimico è raggiunto da 708 corpi idrici sotterranei su 1.009 totali. Rispetto al ciclo precedente, si evidenzia un aumento dei corpi idrici sotterranei classificati in stato chimico buono, che raggiungono il 70% del totale (rispetto al 58% del 2° PdG), con una percentuale di corpi idrici in stato scarso del 27% e un'esigua percentuale di corpi idrici ancora non classifica. A livello di distretto le percentuali di corpi idrici sotterranei che raggiungono lo stato chimico buono variano dal 56%, registrato nel Distretto Sicilia, all'85% nel Distretto Alpi Orientali. Nei Distretti Alpi Orientali, Fiume Po, Appennino Meridionale e Sardegna si rilevano percentuali di raggiungimento dell'obiettivo pari o superiori alla media nazionale. La percentuale di corpi idrici sotterranei in stato chimico scarso è variabile tra distretti ed è compresa tra il 15% e il 33% del totale, a eccezione del Distretto Sicilia dove risulta pari al 44%. Si evidenzia tuttavia che la classificazione è stata estesa alla maggior parte dei corpi idrici sotterranei, con percentuali di corpi idrici non classificati in netta riduzione in quasi tutti i distretti.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

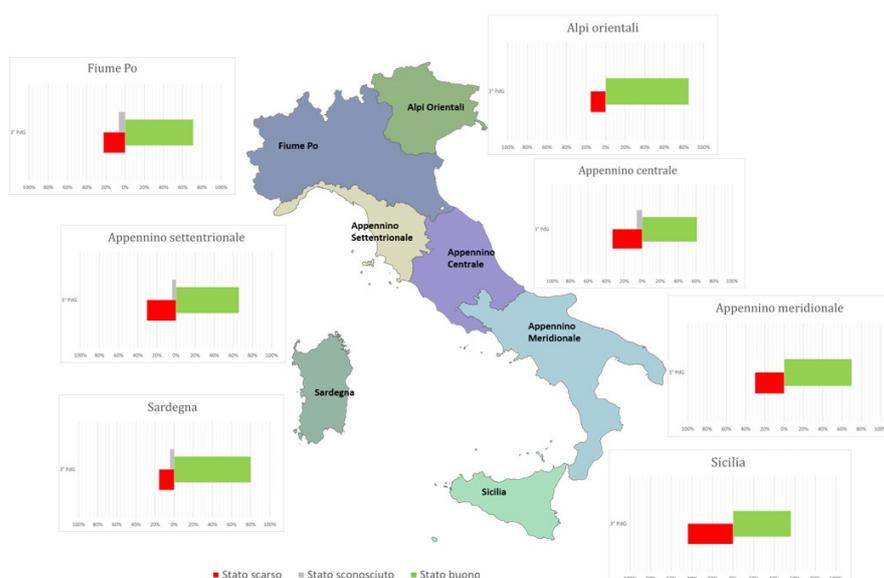


Figura 4-108: Stato chimico dei corpi idrici sotterranei - 3° ciclo (2016-2021) dei Piani di Gestione delle Acque. Elaborazione ISPRA su dati Reporting WISE 2022 (aggiornamento ottobre 2022) Fonte: Annuario dati ambientali ISPRA

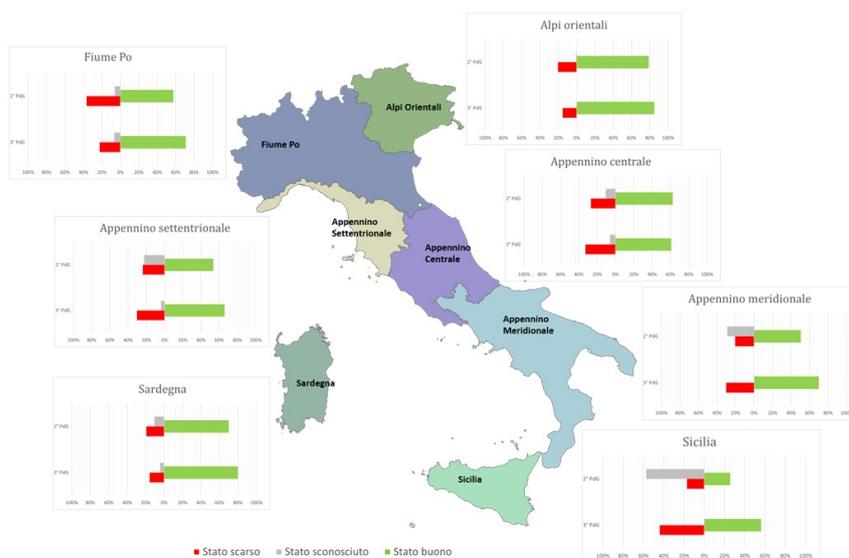


Figura 4-109: Stato chimico dei corpi idrici sotterranei - confronto 2° ciclo (2010-2015) e 3° ciclo (2016-2021) dei Piani di Gestione delle Acque. Elaborazione ISPRA su dati Reporting WISE 2022 (aggiornamento ottobre 2022) Fonte: Annuario dati ambientali ISPRA

### Stato quantitativo delle acque sotterranee (SQUAS)

Lo stato quantitativo delle acque sotterranee descrive lo stato di equilibrio di un corpo idrico in termini di bilancio tra estrazione e ravvenamento naturale della risorsa idrica ed è finalizzato alla valutazione dello stato di sfruttamento e della disponibilità delle risorse idriche sotterranee. Individua, pertanto, come critici i corpi idrici nei quali la quantità di acqua prelevata sul lungo periodo è maggiore di quella che naturalmente si infiltra nel sottosuolo a ricaricare i medesimi. Un corpo idrico sotterraneo è definito in stato quantitativo buono se il livello delle acque sotterranee è tale che la media annua dei prelievi per attività antropiche a lungo termine non esaurisca le risorse idriche sotterranee disponibili, non vi siano danni alle acque superficiali e agli ecosistemi connessi e non si verifichi intrusione salina o contaminazione di altro genere.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

A livello nazionale, nel sessennio di classificazione 2016-2021 inerente al 3° PdG, si evidenzia un aumento dei corpi idrici sotterranei classificati in stato quantitativo buono, che raggiungono il 79% dei totali (rispetto al 61% del 2° PdG), con una percentuale di corpi idrici in stato scarso del 19% e un residuo di corpi idrici non classificati pari al 2%. A livello di distretto le percentuali di corpi idrici che raggiungono lo stato quantitativo buono variano dal 98% nel Distretto Alpi Orientali al 58% nel Distretto Appennino Meridionale.

Si evidenzia un incremento dei corpi idrici che raggiungono l'obiettivo rispetto al precedente PdG in quasi tutti i distretti con eccezione del Distretto Sicilia. Nei Distretti Alpi Orientali, Fiume Po e Sardegna si hanno percentuali di raggiungimento dell'obiettivo superiori alla media nazionale. Nel 3° PdG rimangono percentuali di corpi idrici sotterranei in stato quantitativo scarso che variano significativamente tra distretti e sono comprese tra il 2% nel Distretto Alpi Orientali e il 42% nel Distretto Appennino Meridionale. Si evidenzia tuttavia che la classificazione è stata estesa alla maggior parte dei corpi idrici sotterranei, con percentuali di corpi idrici non classificati in netta riduzione in quasi tutti i distretti e la totalità di corpi idrici classificati nei Distretti Alpi Orientali, Appennino Settentrionale, Appennino Meridionale e Sicilia.

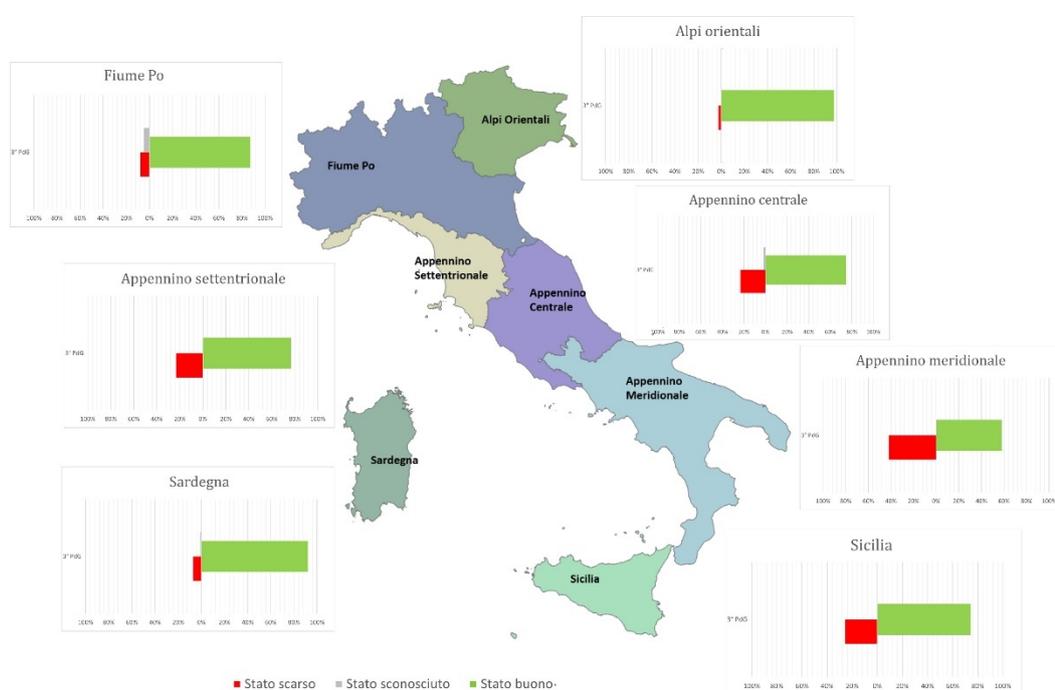


Figura 4-110: Stato quantitativo dei corpi idrici sotterranei - 3° ciclo (2016-2021) dei Piani di Gestione delle Acque. Elaborazione ISPRA su dati Reporting WISE 2022 (aggiornamento ottobre 2022) Fonte: Annuario dati Ambientali ISPRA

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

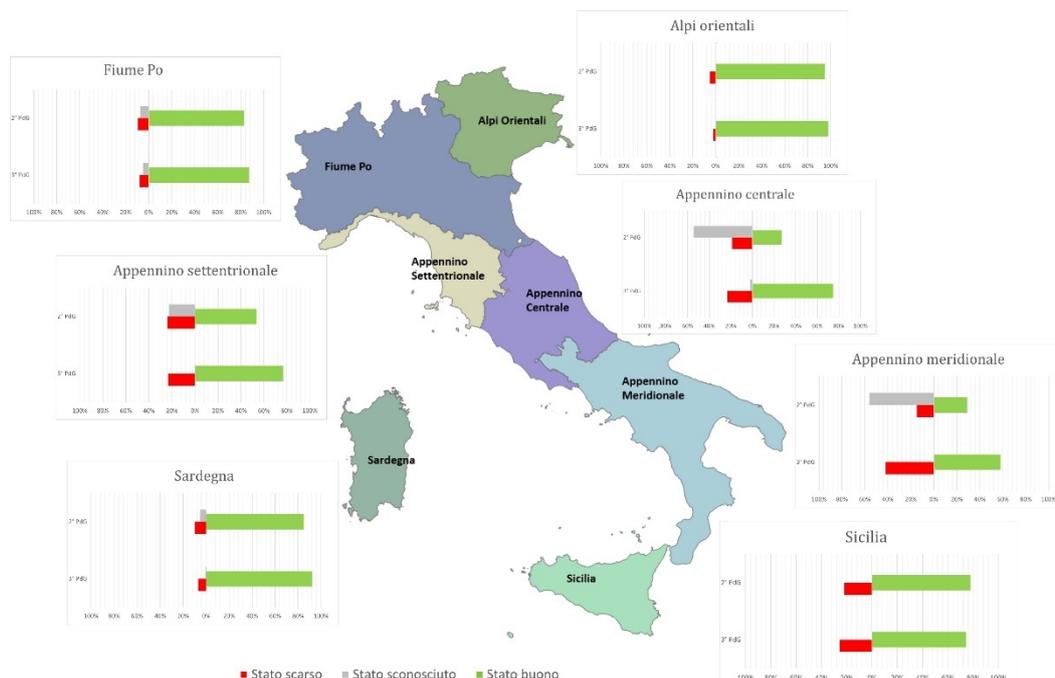


Figura 4-111: Stato quantitativo dei corpi idrici sotterranei - confronto 2° ciclo (2010-2015) e 3° ciclo (2016-2021) dei Piani di Gestione delle Acque. Elaborazione ISPRA su dati Reporting WISE 2022 (aggiornamento ottobre 2022) Fonte: Annuario dati Ambientali ISPRA

#### 4.8.2 La disponibilità della “risorsa idrica naturale”

##### La stima del bilancio idrologico in Italia

Considerando il volume medio annuale delle piogge, l'Italia appare come un paese potenzialmente ricco d'acqua. In riferimento al trentennio 1991-2020, in Italia si è stimato un apporto di acqua piovana di circa 285 miliardi di m<sup>3</sup> all'anno, corrispondente ad un'altezza di precipitazione media annuale di 943 mm (ISTAT REPORT ACQUA 2022).

L'ISPRA ha stimato nel 2021, con il modello di simulazione Bigbang 4.0 (Bilancio Idrologico GIS Based a scala Nazionale su Griglia regolare, Braca et al. Rapporto ISPRA 339/2021) le componenti del bilancio idrologico. La stima ha considerato gli anni compresi fra il 1951 e il 2019. Alcuni dei risultati ottenuti sono confrontabili con quelli calcolati dalla Conferenza Nazionale delle Acque (CNA) del 1971. Dal confronto emerge una significativa differenza sui valori delle perdite. Nella stima ISPRA queste risulterebbero pari a 493,5 mm. Esse superano quindi del 10,8 % quelle della stima CNA (51,8 % dell'afflusso totale rispetto al 44,4 %). Tale differenza potrebbe essere dovuta sia all'aumento della temperatura media mensile sia all'utilizzo di un modello concettuale diverso per la stima del bilancio idrologico. Dall'analisi ISPRA emerge quindi come, al deflusso totale, rimarrebbe solo il 48,2 % dell'afflusso. Se si prende in considerazione l'ultimo trentennio (1991-2019) si nota come le perdite per evapotraspirazione siano ancora maggiori (500,6 mm, Braca et al. 2021). L'aumento delle perdite, accanto alla sostanziale costanza delle precipitazioni totali annue (Braca et al. Rapporto ISPRA 388/2023), comporta conseguentemente una riduzione della disponibilità media annua della risorsa idrica naturale (Utilitalia, 3° Rapporto generale sulle acque: obiettivo 2030, ed. 2017).

Le considerazioni innanzi esposte si riferiscono al bilancio idrologico annuale. Il territorio italiano è tuttavia caratterizzato da una distribuzione temporale disomogenea delle precipitazioni. Questa caratteristica viene evidenziata dal bilancio idrologico mensile (Figura 4-112). Esso mostra come la risorsa idrica sia mediamente

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

più abbondante nei mesi autunnali e invernali. Nei mesi primaverili ed estivi avviene solitamente una riduzione della disponibilità di acqua. Essa si manifesta con scarse precipitazioni, scarso ruscellamento e scarsa ricarica degli acquiferi. I mesi estivi sono tuttavia quelli in cui i valori di evapotraspirazione, e quindi la necessità di risorsa idrica, risultano maggiori. Conseguentemente la disponibilità di risorsa idrica risulta essere mediamente scarsa nei periodi di necessità e abbondante nei periodi in cui essa viene meno sfruttata.

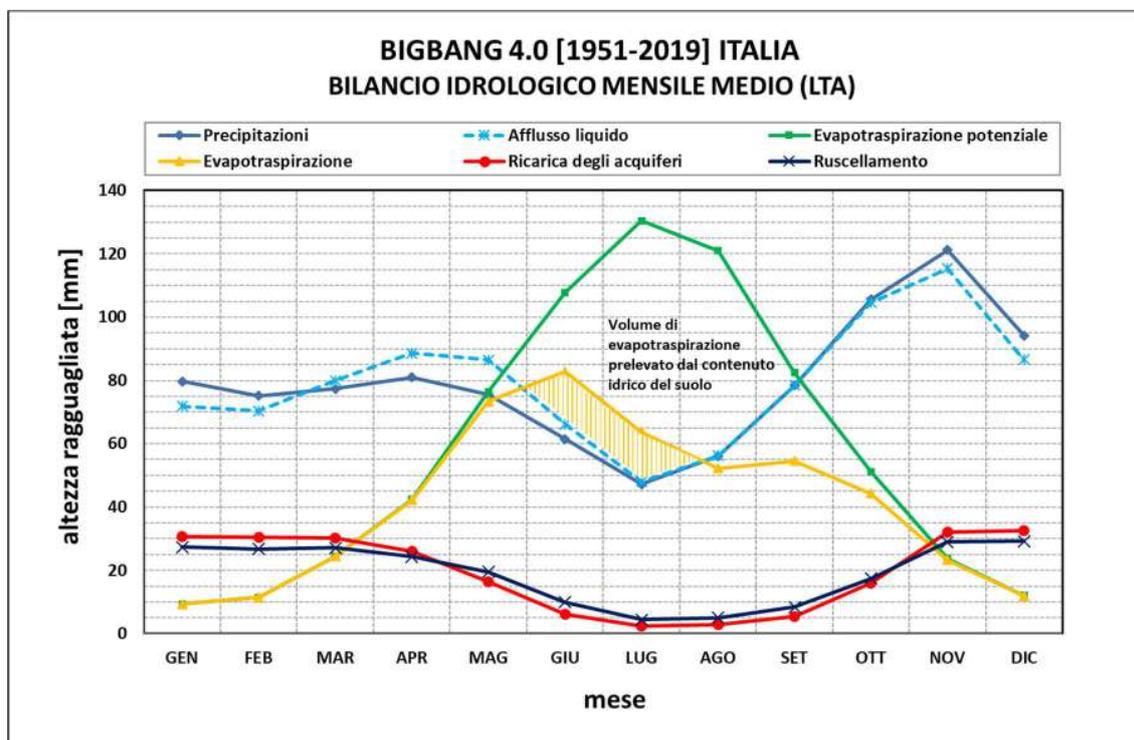


Figura 4-112: bilancio idrologico nazionale mensile medio (Braca et al Rapporto ISPRA 339/2021).

### Siccità idrologica

La siccità è un fenomeno naturale determinato da una condizione di temporanea riduzione della disponibilità idrica rispetto alle condizioni climatiche medie di un determinato luogo di interesse (Schmidt et al., 2012 Working definitions of Water scarcity and Drought). L'impatto sull'ambiente della siccità dipende dall'intensità e dalla durata della stessa. Una carenza di piogge di alcuni mesi (i.e., 6-12 mesi) ha effetti prevalentemente sulla portata dei fiumi; una carenza di piogge che si prolunga per un periodo maggiore (i.e., 1 o più anni) ha effetti anche sulla disponibilità di acqua nelle falde. Lo Standardized Precipitation Index (SPI) è l'indice comunemente usato a livello nazionale e internazionale per quantificare il deficit o il surplus di precipitazioni nelle aree di interesse rispetto al valore medio. Così come le precipitazioni reali, anche l'indice SPI varia in maniera significativa tra un anno e l'altro.

Applicando l'indice SPI al 2022 si evidenzia una situazione di siccità su una significativa parte del territorio italiano (Braca et al. 2023). I mesi maggiormente critici sono stati luglio e novembre (Figura 4-113), quando un quinto del territorio nazionale era caratterizzato da condizioni di siccità estrema. Complessivamente, l'analisi dell'SPI ha indicato che circa la metà dell'Italia è stata colpita dalla siccità durante il 2022. L'evento di siccità non è stato limitato esclusivamente al 2022. Esso ha avuta origine negli ultimi mesi del 2021 e non si è concluso prima del mese di maggio 2023. Una valutazione dell'SPI degli ultimi settant'anni ha evidenziato come il 2022 sia stato il terzo anno più siccitoso (dopo il 2002 e il 1990). La siccità del 2022 ha causato una diminuzione delle portate dei fiumi e del livello idrico degli invasi artificiali, conseguentemente dell'acqua disponibile per il raffreddamento delle centrali termoelettriche e per la produzione di energia idroelettrica. Quindi essa ha avuto impatti importanti pure sul settore energetico. Si evidenzia inoltre che nel mese di

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

febbraio 2024 la Sicilia ha dichiarato lo stato di calamità naturale a causa della siccità. Conseguentemente il territorio italiano si trova nuovamente, a distanza di breve tempo dalla siccità del 2022, ad affrontare problemi rilevanti di scarsità di risorse idriche.

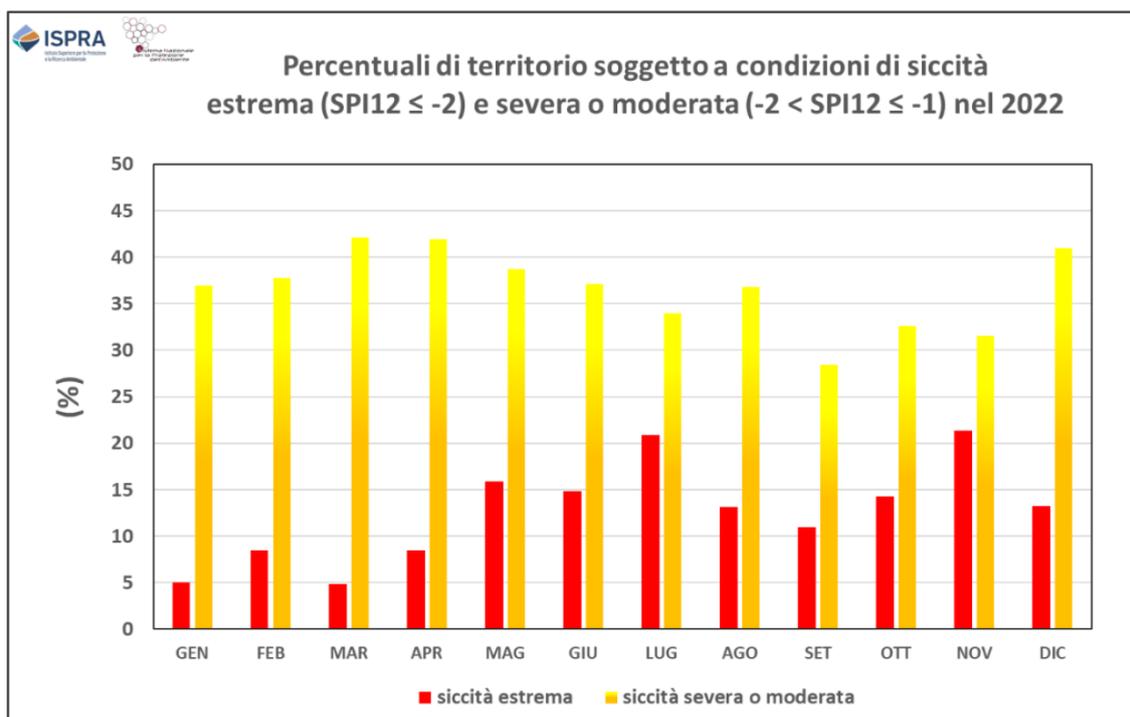


Figura 4-113: frazione di territorio italiano soggetto a siccità estrema, severa o moderata durante il 2022 (Braca et al. Rapporto ISPRA 388/2023).

### Bilancio idrico

Il bilancio idrico, insieme a quello idrologico, risulta fondamentale per le valutazioni sulle disponibilità idriche relative ai diversi usi della risorsa.

Sia i dati per uso agricolo che quelli per uso industriale continuano a risentire della carenza di un sistema informativo adeguato. Rispetto alla situazione descritta nel Rapporto Ambientale (RA) del PNIEC 2019, vari studi e diverse fonti bibliografiche confermano che i maggiori usi di acqua avvengono in agricoltura, in quanto le ultime tendenze climatiche e le caratteristiche del suolo in Italia, richiedono una significativa quantità d'acqua per scopi irrigui.

In particolare, dalle stime Istat<sup>22</sup> risulta un volume medio annuo di acqua prelevata in Italia per i principali comparti d'uso (civile, irriguo, industriale) pari a 30,4 miliardi di metri cubi nel quinquennio 2015-2019<sup>23</sup>. Per l'uso irriguo, c'è stato un prelievo medio annuo di 17 miliardi di metri cubi (il 56% del totale), sia da consorzi di bonifica ed enti irrigui sia direttamente dalle aziende agricole (autoapprovvigionamento). Per quanto riguarda, invece, la quantità di acqua prelevata a scopo industriale, l'Istat ha stimato, per lo stesso periodo 2015-2019, un quantitativo medio annuo di circa 4 miliardi di metri cubi (il 13% del totale).

Per l'uso civile, che pesa per circa il 31% del prelievo complessivo nel 2015-2019, dall'ultimo Censimento delle acque per uso civile dell'Istat risulta che il volume di acqua potabile prelevato per impieghi domestici, pubblici, commerciali, artigianali, industriali e agricoli che rientrano nella rete comunale, si attesta su 9,14

<sup>22</sup> Istat, Uso delle risorse idriche (Codice Psn IST-02191)

<sup>23</sup> <https://www.utilitatis.org/my-product/blue-book-2024/>

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

miliardi di metri cubi nel 2022<sup>24</sup>. Il maggiore prelievo di acqua per uso potabile avviene nel distretto idrografico del Fiume Po: 2,80 miliardi di metri cubi (30,7% del totale nazionale), segue il distretto idrografico dell'Appennino meridionale (2,32 miliardi di metri cubi d'acqua per uso potabile, 25,4% del volume nazionale).

#### 4.8.3 Analisi delle pressioni sui corpi idrici

##### Pressioni sui Corpi Idrici

Per l'analisi delle pressioni sui corpi idrici il riferimento è il secondo aggiornamento - III ciclo di pianificazione - dei Piani di Gestione delle acque PdG 2021-2027 dei Distretti idrografici, approvati nel 2023. Tutte le attività svolte dai Distretti tengono conto di quanto indicato nella versione più recente del documento di riferimento europeo, il WFD Reporting Guidance 2022, che costituisce l'aggiornamento del precedente WFD Reporting Guidance 2016. Altresì per il III ciclo di pianificazione, l'individuazione delle tipologie di pressione da considerare a livello nazionale è stata effettuata seguendo le indicazioni delle linee guida europee, partendo dai dati dei precedenti due cicli di pianificazione (2009-2015 e 2015-2021). Dalla valutazione integrata dei dati relativi alla significatività della pressione, con i dati di stato e di impatto, correlati agli obiettivi ambientali, è possibile definire criteri guida nel rilascio delle nuove autorizzazioni e nella individuazione di eventuali prescrizioni. Nell'ambito della gestione integrata delle acque, la valutazione delle pressioni sui corpi idrici deve anche considerare che i volumi di acqua effettivamente utilizzati nei diversi settori si riducono a causa delle perdite registrate durante il trasporto e la distribuzione. Con riferimento al settore civile, non tutta l'acqua prelevata per uso potabile è immessa nelle reti di distribuzione: nel 2022 sono immessi in rete 8,0 miliardi di metri cubi, di questi 4,6 miliardi di metri cubi arrivano agli utenti finali per gli usi autorizzati sul territorio, corrispondenti a un'erogazione giornaliera di 214 litri per abitante.

L'erogazione giornaliera pro capite di acqua potabile è più elevata nei comuni del distretto idrografico del Fiume Po, che presenta un valore di 240 litri per abitante al giorno, 26 litri giornalieri in più rispetto al dato nazionale. Il distretto idrografico della Sicilia, di contro, presenta il minore volume di acqua erogata pro capite (181 litri per abitante al giorno).

La differenza tra i volumi immessi in rete e quelli erogati agli utenti finali mostra che il livello complessivo di dispersioni d'acqua in distribuzione, molto più accentuato nel settore civile, si mantiene elevato: da dati Istat risulta una percentuale di perdite totali in distribuzione del 42,4% nel 2022.

Sebbene le perdite presentino un differenziale territoriale piuttosto evidente, le situazioni più critiche si trovano nelle aree ricadenti nei distretti idrografici della fascia appenninica e insulare.

Nel 2022, in 4 distretti idrografici le perdite totali in distribuzione sono superiori al dato nazionale: le maggiori perdite sono nei distretti della Sardegna (52,8%), della Sicilia (51,6%) e dell'Appennino meridionale (50,4%), segue l'Appennino centrale (45,5%). L'indicatore raggiunge, invece, il valore minimo nel distretto idrografico del Fiume Po (32,5 e risulta di poco inferiore al dato nazionale nei distretti delle Alpi orientali (40,9%) e Appennino settentrionale (40,6%).

Una ulteriore pressione da considerare è associata alle attività di depurazione delle acque reflue. Con riferimento, in particolare, alle acque trattate provenienti dagli impianti di depurazione delle acque reflue urbane, dai dati dell'Istat risulta che il volume totale di acqua reflua confluito negli oltre 18 mila impianti in esercizio nel 2020 è pari a 6,7 miliardi di metri cubi; tale valore è nettamente superiore (il 43% in più) a quello dell'acqua potabile erogata agli utenti finali (4,7 miliardi di metri cubi) e scaricato, nella maggior parte dei

---

24 <https://www.istat.it/it/archivio/295148>

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

casi, nella rete fognaria pubblica. Ciò è dovuto al fatto che nella fognatura comunale confluiscono anche una parte degli scarichi industriali, diversi corsi d'acqua tombati nelle aree urbane e le acque parassite. Il 70% di questo volume, corrispondente complessivamente a 4,7 miliardi di metri cubi, subisce un trattamento di tipo avanzato, producendo acque di scarico con un miglior livello di qualità rispetto agli altri tipi di trattamento, per il maggiore abbattimento dei carichi inquinanti. La quota maggiore di volume (38%) è generata dai depuratori di tipo avanzato presenti nel Nord-ovest, il 24% nel Nord-est e il 21% nel Centro. Nelle Isole viene trattato il 4% dei volumi nazionali.

Tale volume può essere considerato una risorsa potenzialmente disponibile per successivi riutilizzi ed equivale a poco meno di un quarto (22%) dei prelievi complessivi effettuati in media nel periodo 2015-2019 per gli usi irrigui e industriali. Il riuso delle acque reflue urbane, pur essendo poco diffuso in Italia, rappresenta una preziosa pratica per il recupero di risorsa non convenzionale, che potrebbe quindi contribuire a ridurre il prelievo di risorsa primaria e fronteggiare le criticità derivanti dai sempre più frequenti periodi di scarsità idrica, risultato dei cambiamenti climatici in atto, e dal perdurare di storiche inefficienze in diverse infrastrutture idriche del nostro Paese.

Produzione idroelettrica - Dati di Sintesi

Attualmente, la potenza installata complessiva degli impianti idroelettrici in Italia è stimata a 19,2 GW, rappresentando un aumento del 9% rispetto al 2008. Tuttavia, la produzione elettrica ha visto un andamento piuttosto discontinuo, legato soprattutto alle variazioni annuali delle precipitazioni. Ad esempio, nell'anno 2022 la produzione idroelettrica è risultata pari a circa 28,3 TWh, mostrando una significativa diminuzione rispetto all'anno precedente (*pari a circa il 38%*). In particolare, si sono registrate notevoli variazioni negative a livello mensile, raggiungendo punte del 50% di diminuzione nei mesi più critici (*GSE, Rapporto - Energia e Clima in Italia – 05/2023*). Attualmente, in Italia sono operativi 4.646 impianti idroelettrici, con un aumento di 143 unità rispetto al 2020. Di questi, 3.408 sono classificati come impianti di piccole dimensioni con una potenza di classe  $P \leq 1$  MW (Figura 4-114). In termini di potenza installata, oltre l'80% del totale (15.510 MW) è rappresentato dagli impianti di classe  $P > 10$  MW (*Terna - Dati di sintesi sugli impianti idroelettrici nel 2021*). Tra il 2007 e il 2021, è stata osservata un'installazione predominante di impianti idroelettrici di piccole dimensioni ( $P \leq 1$  MW), che ha portato a una progressiva diminuzione della taglia media degli impianti, passando da 8,2 MW nel 2007 a 4,1 MW nel 2021. Di conseguenza, la potenza installata in Italia è cresciuta a un tasso medio annuo del +0,7%, nonostante un numero di impianti più che raddoppiato nello stesso periodo (Figura 4-115) (*GSE, Rapporto - Fonti Rinnovabili - Evoluzione del numero e della potenza degli impianti idroelettrici*).

Classi di potenza	Numero	Potenza (MW)	Produzione (GWh)
$P \leq 1$ MW	3.408	897	3.012
$1 \text{ MW} < P \leq 10$ MW	928	2.765	8.542
$P > 10$ MW	310	15.510	33.833
Totale	4.646	19.172	45.388

Figura 4-114: Fonte Terna. Dati di sintesi sugli impianti Idroelettrici nel 2021

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

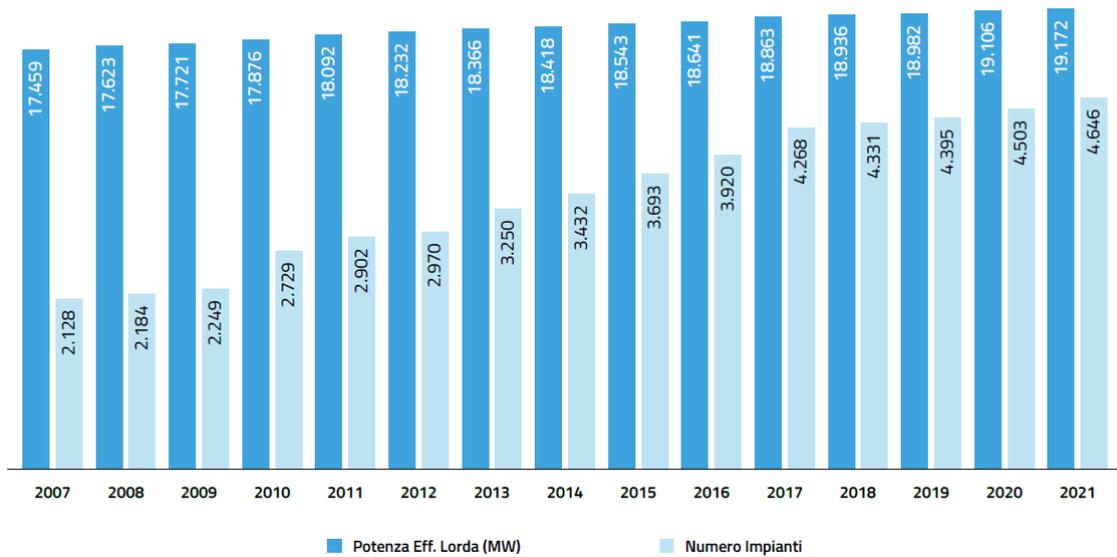


Figura 4-115: Fonte GSE su dati Terna. Evoluzione del numero e della potenza degli impianti Idroelettrici

La maggior parte degli **impianti idroelettrici** (pari all'81,2%) è localizzata nelle regioni settentrionali, in particolare Piemonte, Trentino-Alto Adige e Lombardia, che presentano rispettivamente 1.018, 867 e 721 impianti. In queste regioni sono localizzati alcuni degli impianti idroelettrici più grandi del Paese e, di conseguenza, si osserva anche la maggiore concentrazione della potenza installata (76,1%), i.e., Lombardia (5.190 MW), Piemonte (2.799 MW) e nelle province di Trento e di Bolzano (1.642 MW e 1.767 MW, rispettivamente); Le regioni del Centro–Sud che si distinguono per maggiore diffusione di impianti sono l’Abruzzo e la Calabria con 1.023 MWe 789 MW di potenza installata, rispettivamente. La **produzione idroelettrica**, di conseguenza, si concentra principalmente nelle regioni settentrionali ed in particolare la Lombardia, le province di Trento e Bolzano, il Piemonte e il Veneto coprono assieme, poco meno del 68% della produzione idroelettrica totale del 2021. Nel Centro Italia la regione con maggiore produzione è l’Umbria (3,7% del totale nazionale); nelle regioni meridionali e nelle Isole i contributi alla produzione sono inferiori all’1% con le eccezioni di Abruzzo (3,5%) e Calabria (2,3%). (Figura 4-116), (GSE, Rapporto statistico 2021 - Fonti Rinnovabili).

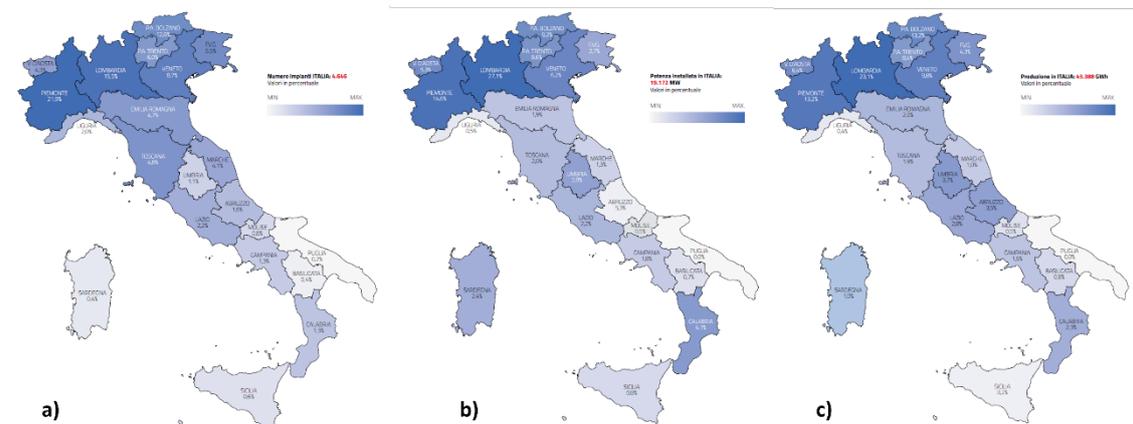


Figura 4-116: a) Distribuzione regionale del numero degli impianti idroelettrici; b) Distribuzione regionale della potenza installata degli impianti idroelettrici; c) Distribuzione regionale della produzione idroelettrica.

Gli invasi artificiali esistenti

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

All'inizio del 2022, il numero di invasi classificati come grandi dighe in Italia ammonta a 528, rappresentando una diminuzione di tre dighe rispetto al 2019 (Annuario ISPRA – INVASI ARTIFICIALI). Le grandi dighe, definite dalla Legge 21 ottobre 1994 n. 584 e la successiva Circolare del Ministero delle LL.PP. 482/1995, sono strutture di sbarramento con un'altezza superiore a 15 metri o con un volume di invaso superiore a 1.000.000 di metri cubi. Per dimensioni inferiori o uguali a queste soglie, si classificano come piccole dighe. Escludendo le dighe in fase di costruzione o fuori uso, la distribuzione delle grandi dighe, in termini di uso dominante, è suddivisa come segue: idroelettriche (303), irrigue (122), per uso potabile (34), industriali (14), di laminazione (10) e con utilizzi misti (5) (Figura 4-117), (fonte: *DG per le dighe e le infrastrutture idriche, MIT*).

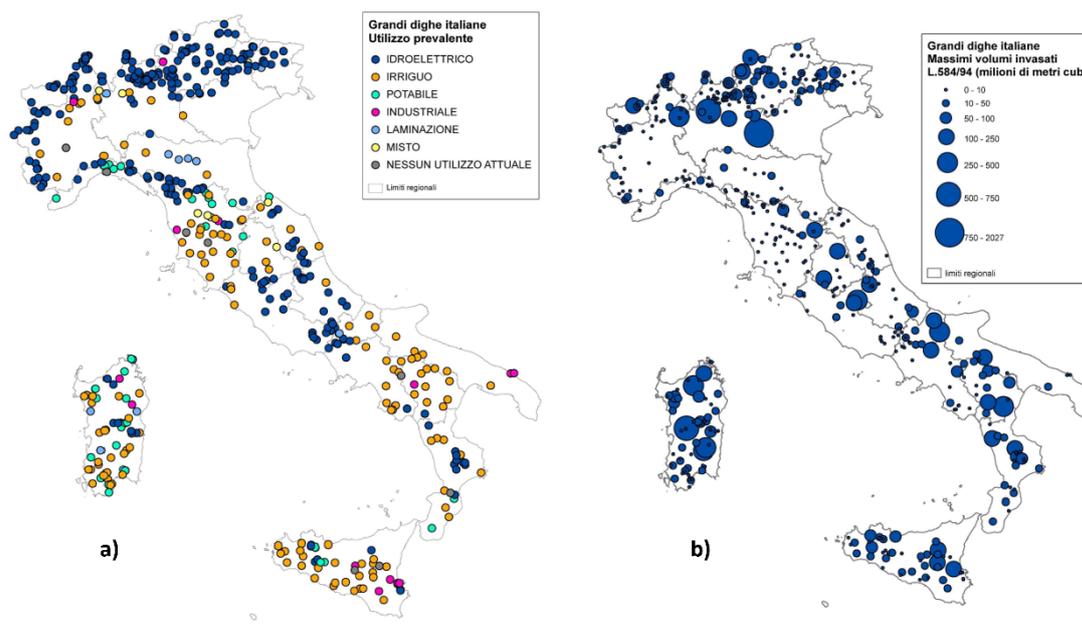


Figura 4-117: Mappa delle grandi dighe italiane: a) uso prevalente.; b) rappresentazione del massimo volume invasato. (fonte: Rapporto “Le risorse idriche nel contesto geologico del territorio italiano. Disponibilità, grandi dighe, rischi geologici, opportunità”. ISPRA 2020)

Le piccole dighe (al di sotto della soglia per ambedue i parametri sopra citati) risultano essere, nel 2020 come da ultimo censimento ISPRA, pari a 26.288, ma il numero complessivo potrebbe essere sottostimato poiché la competenza per la loro gestione è generalmente attribuita alle singole regioni, ed in molti casi non esistono banche dati dettagliate ed in grado di descriverne le dimensioni, caratteristiche e utilizzi in tutte le regioni italiane.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

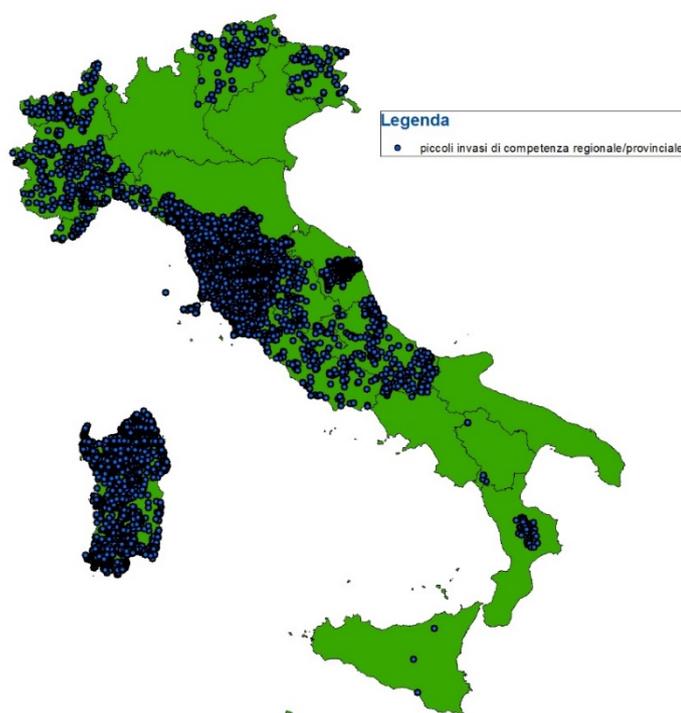


Figura 4-118: Distribuzione dei Piccoli Invasivi di competenza regionale (fonte: Anuario ISPRA – INVASI ARTIFICIALI)

Attualmente, la georeferenziazione dei piccoli invasivi (Figura 4-118) è disponibile per il Piemonte, la Valle d'Aosta, la Provincia di Bolzano, il Friuli-Venezia Giulia, la Toscana, l'Umbria, le Marche, l'Abruzzo, il Molise, il Lazio, la Calabria-Parco della Sila, la Sardegna e la Sicilia (Dati *Anuario ISPRA – INVASI ARTIFICIALI*).

#### Impianti di pompaggio

Tra le infrastrutture cruciali per raggiungere gli obiettivi di decarbonizzazione, i pompaggi idroelettrici rivestono un ruolo di primaria importanza. Questi sistemi di accumulo energetico svolgono svariate funzioni fondamentali. In primo luogo, assorbono l'eccesso di produzione energetica, fornendo un servizio essenziale di bilanciamento tra l'energia prodotta e quella consumata. Inoltre, sono in grado di coprire la domanda energetica durante le ore di picco e contribuiscono a ridurre la congestione delle reti elettriche. Nel contesto italiano del 2023, si contano 22 impianti di pompaggio, con una capacità massima di assorbimento di circa 6,5 GW e una capacità massima di produzione di circa 7,6 GW. Complessivamente, la capacità di stoccaggio raggiunge i 53 GWh (Figura 4-119).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

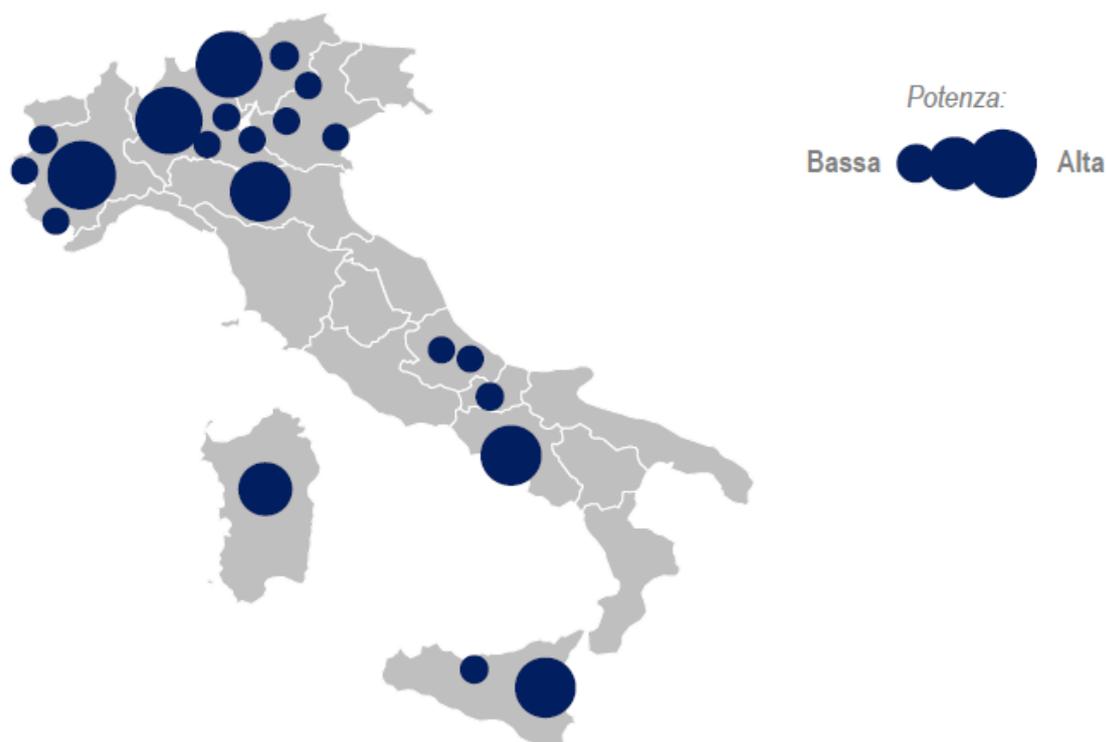


Figura 4-119: Distribuzione territoriale degli impianti di pompaggio idroelettrico (illustrativo). Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati Terna, 2023

Tuttavia, è importante notare che, nonostante il loro potenziale, i pompaggi idroelettrici in Italia sono ancora scarsamente sfruttati. Negli ultimi anni, la loro importanza è progressivamente diminuita rispetto al picco registrato nel 2002, quando venivano utilizzati per 1.000 ore all'anno, corrispondenti a 8 TWh di produzione annuale. Nel 2022, nonostante un aumento del 5% nella potenza installata rispetto al 2000, la produzione è diminuita di oltre quattro volte. Negli ultimi anni la potenza installata si è attestata in un intervallo tra 1-2 TWh annui (Elaborazione The European House – Ambrosetti basata sui dati di Terna del 2023). Sul fronte geografico, su un totale di 22 impianti di pompaggio, 14 si trovano nel Nord Italia. Inoltre, l'84% della capacità di stoccaggio è concentrato nei sei pompaggi idroelettrici di maggiori dimensioni, di cui quattro sono situati nel Nord e due nel Mezzogiorno (Il Ruolo Strategico Dei Pompaggi Idroelettrici Nella Transizione Energetica. Position Paper, Marzo 2023 - Edison) (Figura 4-120).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

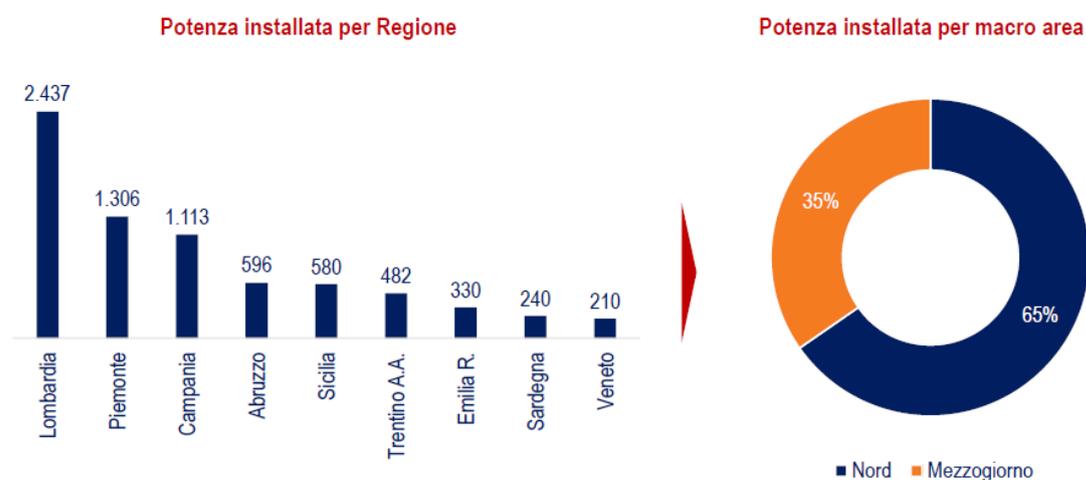


Figura 4-120: Potenza installata da impianti di pompaggio idroelettrico per Regione (MW) e potenza installata da impianti di pompaggi idroelettrico per macro-area (valori %), 2021. Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti su dati Terna, 2023.

I pompaggi idroelettrici, tuttavia, ad oggi risultano ancora poco sfruttati, e, dal 2000 ad oggi, nonostante un leggero aumento della potenza installata per quanto riguarda gli impianti di pompaggio (+5% vs 2000), si è registrata una riduzione di oltre 4 volte loro produzione.

#### Variazione della produzione di energia idroelettrica causata dal cambiamento climatico

Negli ultimi decenni sono stati effettuati diversi studi volti a stimare gli effetti del cambiamento climatico sulla capacità produttiva delle centrali idroelettriche. Alcuni di essi prevedono che vi sia una diminuzione del potenziale produttivo di energia idroelettrica. Ad esempio Lehner et al. 2005 (Lehner, B., Czisch, G., Vassolo, S.: The impact of global change on the hydropower potential of Europe: a model-based analysis. Energy Policy 33 (7), 839-855 (2005)) hanno stimato una riduzione del potenziale produttivo del 25 % per l'Europa meridionale. Ad analoghi risultati sono giunti Turner et al. 2017 (Turner S.W.D., Yi J., Galelli S.: Examining global electricity supply vulnerability to climate change using a high-fidelity hydropower dam model. Science of the Total Environment 591, 663-675 (2017)), i quali prevedono una diminuzione del potenziale produttivo del 5 - 20 %.

Per quanto concerne nello specifico i soli impianti ad acqua fluente delle Alpi italiane, Patro et al. 2018 indicano una perdita di produzione di circa il 3 % entro il 2065 (Patro, E.R., De Michele, C., Avanzi, F.: Future perspectives of run-of-the-river hydropower and the impact of glaciers' shrinkage: The case of Italian Alps. Applied Energy 231, 699-713 (2018)). Tali impianti appaiono quindi abbastanza resilienti al cambiamento climatico. Gli stessi autori prevedono tuttavia che la fusione dei ghiacciai alpini, la diminuzione della ricarica invernale dei ghiacciai e l'incremento delle precipitazioni piovose rispetto a quelle nevose porteranno dopo il 2050 a una significativa riduzione delle portate dei fiumi. Tale riduzione potrebbe avere impatti pure sul potenziale produttivo delle centrali idroelettriche a bacino delle Alpi italiane.

Studi effettuati sulle Alpi svizzere (Schäfli, B., Manso, P., Fischer, M., Huss, M., Farinotti, D.: The role of glacier retreat for Swiss hydropower production. Renewable Energy 132, 615-627 (2019)) hanno permesso di rilevare che, a partire dagli anni '80 del secolo scorso, la fusione dei ghiacciai ha aumentato la disponibilità di risorsa idrica e quindi ha consentito un incremento della produzione idroelettrica. Tale incremento è stato tuttavia reso possibile dall'utilizzo di risorsa di fatto non rinnovabile, in quanto i ghiacciai hanno perduto volume nel corso del tempo. Conseguentemente si suppone che la produzione stia iniziando una fase decrescente, i cui effetti saranno evidenti già prima del 2050.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

## 4.9 Patrimonio culturale

### Introduzione

Il contesto territoriale italiano presenta un'altissima diversità di beni culturali e paesaggistici intesi quali elementi strutturanti dell'ambiente di vita della popolazione e dell'identità di un territorio e che pertanto rappresentano un elemento chiave del benessere individuale e sociale, come riconosciuto dalla Convenzione europea del Paesaggio (Firenze, 2000). La principale norma di riferimento nazionale per la tutela del paesaggio e dei beni culturali è il D.lgs. 42/2004 "Codice dei beni culturali e del paesaggio" e s.m.i., che attribuisce al Ministero della Cultura il compito di tutelare, conservare e valorizzare il patrimonio culturale nazionale. Tale patrimonio culturale è infatti composto, secondo l'art. 2 del suddetto Decreto, dai **beni culturali** ossia le cose immobili e mobili che, ai sensi degli articoli 10 e 11, presentano interesse artistico, storico, archeologico, etnoantropologico, archivistico e bibliografico e le altre cose individuate dalla legge o in base alla legge quali testimonianze aventi valore di civiltà, e dai **beni paesaggistici** ossia gli immobili e le aree indicati all'articolo 134, costituenti espressione dei valori storici, culturali, naturali, morfologici ed estetici del territorio, e gli altri beni individuati dalla legge o in base alla legge. Inoltre, ad integrazione del D.lgs. 42/2004, il D.lgs. 63/2008 all'art. 2 co. 1 interpreta il paesaggio come *"il territorio espressivo di identità, il cui carattere deriva dall'azione di fattori naturali, umani e dalle loro interrelazioni"* e stabilisce che *"la valorizzazione del paesaggio concorre a promuovere lo sviluppo della cultura"* ed *"è attuata nel rispetto delle esigenze della tutela"* e quindi *"lo Stato, le regioni, gli altri enti pubblici territoriali nonché tutti i soggetti che, nell'esercizio di pubbliche funzioni, intervengono sul territorio nazionale, informano la loro attività ai principi di uso consapevole del territorio e di salvaguardia delle caratteristiche paesaggistiche e di realizzazione di nuovi valori paesaggistici integrati e coerenti, rispondenti a criteri di qualità e sostenibilità"*.

Una stima dello stato del patrimonio culturale italiano, seppur qualitativa, risulta complessa anche solo limitandosi ad un'analisi dei beni sottoposti a tutela secondo il D. Lgs. 42/2004.

Tali valutazioni sono infatti caratterizzate da una forte componente soggettiva e interpretativa e l'uso di indicatori quantitativi può rappresentare solo un supporto parziale alla descrizione e caratterizzazione dei fenomeni.

### Strumenti di tutela dei beni culturali e paesaggistici

L'individuazione degli elementi del patrimonio culturale spetta sia al Ministero competente mediante appositi Decreti ministeriali, sia alle Regioni mediante appositi atti amministrativi, leggi regionali ovvero mediante la predisposizione dei Piani territoriali quali i Piani paesaggistici regionali ed i Piani territoriali regionali. La tutela del paesaggio e il relativo vincolo sono stati introdotti in Italia dalla Legge n. 1497/1939 e sono oggi disciplinati dal D.lgs. 42/2004 e s.m.i. "Codice dei beni culturali e del paesaggio", principale riferimento legislativo che attribuisce al Ministero della Cultura il compito di<sup>25</sup>:

- Garantire la conservazione degli elementi costitutivi e delle morfologie dei beni paesaggistici;
- Minimizzare la visibilità delle opere, con particolare riferimento ai punti di maggiore fruizione;
- Garantire la migliore integrazione paesaggistica delle opere.

---

<sup>25</sup> I compiti attribuiti al MIC costituiscono soltanto una lista ristretta rispetto alla più ampia attività di tutela prevista dal D.Lgs. 42/2004 e s.m.i., per la quale si rimanda al Capo I - Disposizioni generali

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Ai fini della *tutela del patrimonio culturale e paesaggistico*, il D.lgs. 42/2004 prevede norme per l'individuazione e la tutela per i seguenti beni, la cui valenza è riconosciuta con dichiarazione di notevole interesse pubblico:

- i beni culturali che presentano interesse artistico, storico, archeologico o etnoantropologico (art. 10, co. 2,3,4 e comma 1 nel combinato disposto con l'art.12);
- i beni paesaggistici (art. 134) quali:
  - o gli immobili e le aree di cui all'articolo 136<sup>26</sup>, individuati ai sensi degli articoli da 138 a 141;
  - o le aree di cui all'articolo 142<sup>27</sup>;
  - o gli ulteriori immobili ed aree specificamente individuati a termini dell'articolo 136 e sottoposti a tutela dai piani paesaggistici previsti dagli articoli 143 e 156;
- gli oggetti archeologici e storici rinvenuti nei fondali della zona di mare estesa dodici miglia marine a partire dal limite esterno del mare territoriale (art. 94);
- le zone di rispetto del vincolo (tutela indiretta) con l'obiettivo di evitare che sia messa in pericolo l'integrità dei beni culturali immobili, ne sia danneggiata la prospettiva o la luce o ne siano alterate le condizioni di ambiente e di decoro (art. 45/46/47);
- le zone di rispetto del vincolo (tutela indiretta) volte ad assicurare la conservazione dei valori espressi dai beni protetti nel caso di aperture di strade e di cave, di posa di condotte per impianti industriali e civili e di palificazioni nell'ambito e in vista delle aree indicate alle lettere c) e d) del comma 1 dell'articolo 136 ovvero in prossimità degli immobili indicati alle lettere a) e b) del comma 1 dello stesso articolo (art. 152);
- le espressioni di identità culturale collettiva contemplate dalle Convenzioni UNESCO per la salvaguardia del patrimonio culturale immateriale e per la protezione e la promozione delle diversità culturali (art. 7). Tali aree sono dotate di specifico Piano di gestione che ha come obiettivo primario quello di assicurare un'efficace protezione del bene, per garantirne la trasmissione alle future generazioni.

Inoltre, vanno annoverati tra i beni la cui particolare valenza è riconosciuta da *provvedimenti di tutela*, anche:

- i Siti UNESCO (vedi tabella seguente), distinti per Area Core e Buffer, in valore assoluto e in percentuale rispetto all'estensione del sito tutelati attraverso appositi Piani di gestione (Fonte: MiC);
- le Aree soggette a disposizioni di tutela dei Piani paesaggistici e/o altri strumenti di pianificazione territoriale (Fonte: Pianificazione territoriale, paesaggistica, urbanistica);
- il Patrimonio monumentale (Fonte: Carta del Rischio – ICR);
- i Centri storici (Fonte: Pianificazione territoriale, paesaggistica, urbanistica);
- le Aree a rischio paesaggistico (Fonte: Carta del Rischio – ICR);

---

<sup>26</sup> Sono sottoposti a vincolo paesaggistico, ai sensi dell'art. 136 del D.lgs. 42/2004 e s.m.i.: "a) le cose immobili che hanno cospicui caratteri di bellezza naturale, singolarità geologica o memoria storica, ivi compresi gli alberi monumentali; b) le ville, i giardini e i parchi, non tutelati dalle disposizioni della Parte seconda del presente codice, che si distinguono per la loro non comune bellezza; c) i complessi di cose immobili che compongono un caratteristico aspetto avente valore estetico e tradizionale, inclusi i centri ed i nuclei storici; d) le bellezze panoramiche e così pure quei punti di vista o di belvedere, accessibili al pubblico, dai quali si goda lo spettacolo di quelle bellezze".

<sup>27</sup> Sono sottoposti a vincolo paesaggistico, ai sensi dell'art. 142 del D.lgs. 42/2004 e s.m.i.: "a) i territori costieri compresi in una fascia della profondità di 300 metri dalla linea di battigia, anche per i terreni elevati sul mare; b) i territori contermini ai laghi compresi in una fascia della profondità di 300 metri dalla linea di battigia, anche per i territori elevati sui laghi; c) i fiumi, i torrenti, i corsi d'acqua iscritti negli elenchi ..., e le relative sponde o piedi degli argini per una fascia di 150 metri ciascuna; d) le montagne per la parte eccedente 1.600 metri sul livello del mare per la catena alpina e 1.200 metri sul livello del mare per la catena appenninica e per le isole; e) i ghiacciai e i circhi glaciali; f) i parchi e le riserve nazionali o regionali, nonché i territori di protezione esterna dei parchi; g) i territori coperti da foreste e da boschi, ancorché percorsi o danneggiati dal fuoco, e quelli sottoposti a vincolo di rimboschimento...; h) le aree assegnate alle università agrarie e le zone gravate da usi civici; i) le zone umide incluse nell'elenco previsto dal d.P.R. 13 marzo 1976, n. 448; l) i vulcani; m) le zone di interesse archeologico".

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

- le Aree di riqualificazione paesaggistica (Fonte: Pianificazione territoriale, paesaggistica, urbanistica).

Tabella 4-41: Siti UNESCO presenti in Italia ( Fonte: MiC - ViR Vincoli in Rete)

Codice	Denominazione	Localizzazioni	Culturale	Naturale
1	Arte Rupestre In Valcamonica	Italia Lombardia Brescia	Si	No
2	Chiesa e convento domenicano di Santa Maria delle Grazie con l'"Ultima cena" di Leonardo Da Vinci	Italia Lombardia Milano	Si	No
3	Centro storico di Roma, le proprietà extraterritoriali della Santa Sede nella città e San Paolo fuori le mura	Italia Lazio Roma	Si	No
4	Centro storico di Firenze	Italia Toscana Firenze	Si	No
5	Piazza del Duomo, Pisa	Italia Toscana Pisa	Si	No
6	Venezia e la sua laguna	Italia Veneto Venezia	Si	No
7	Centro storico di San Gimignano	Italia Toscana Siena	Si	No
8	I Sassi e il Parco delle Chiese rupestri di Matera	Italia Basilicata Matera	Si	No
9	La città di Vicenza e le Ville del Palladio nel Veneto	Italia Veneto Rovigo	Si	No
10	Crespi d'Adda	Italia Lombardia Bergamo	Si	No
11	Ferrara, città del Rinascimento e il delta del Po	Italia Emilia-Romagna Ferrara	Si	No
12	Centro storico di Napoli	Italia Campania Napoli	Si	No
13	Centro storico di Siena	Italia Toscana Siena	Si	No
14	Castel del Monte	Italia Puglia Bari Corato	Si	No
15	I monumenti paleocristiani di Ravenna	Italia Emilia-Romagna Ravenna	Si	No
16	Centro storico della città di Pienza	Italia Toscana Siena	Si	No
17	I Trulli di Alberobello	Italia Puglia Bari	Si	No
18	Il Palazzo Reale del XVIII secolo di Caserta con il Parco, l'Acquedotto vanvitelliano ed il Complesso di S. Leucio	Italia Campania Benevento	Si	No
19	Area archeologica di Agrigento	Italia Sicilia Caltanissetta	Si	No
20	Aree archeologiche di Pompei, Ercolano e Torre Annunziata	Italia Campania Napoli	Si	No
21	Orto Botanico di Padova	Italia Veneto Padova	Si	No
22	Modena: Cattedrale, Torre Civica e Piazza Grande	Italia Emilia-Romagna Modena	Si	No
23	Costiera Amalfitana	Italia Campania Salerno	Si	No
24	Portovenere, Cinque Terre e le isole (Palmaria, Tino e Tinetto)	Italia Liguria La Spezia	Si	No
25	Residenze Sabaude	Italia Piemonte Torino	Si	No
26	Su Nuraxi di Barumini	Italia Sardegna Sud Sardegna	Si	No
27	Villa Romana del Casale	Italia Sicilia Enna	Si	No
28	Area archeologica di Aquileia e basilica Patriarcale	Italia Friuli-Venezia Giulia Udine	Si	No
29	Parco Nazionale del Cilento e del Vallo di Diano con i siti archeologici di Paestum e Velia e la Certosa di Padula	Italia Campania Salerno	Si	No
30	Urbino	Italia Marche Pesaro e Urbino Pesaro	Si	No
31	Villa Adriana (Tivoli)	Italia Lazio Roma	Si	No

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Codice	Denominazione	Localizzazioni	Culturale	Naturale
32	Assisi, la Basilica di San Francesco e altri siti francescani	Italia Umbria Perugia	Si	No
33	Città di Verona	Italia Veneto Verona	Si	No
34	Isole Eolie	Italia Sicilia Messina	No	Si
35	Villa d'Este a Tivoli	Italia Lazio Roma	Si	No
36	Le città tardo-barocche del Val di Noto (Sicilia sud-orientale)	Italia Sicilia Ragusa	Si	No
37	Sacri Monti di Piemonte e Lombardia	Italia Lombardia	Si	No
38	Monte San Giorgio	Svizzera	No	Si
39	Le necropoli etrusche di Cerveteri e Tarquinia	Italia Lazio Roma	Si	No
40	Val d'Orcia	Italia Toscana Siena	Si	No
41	Siracusa e la necropoli rupestre di Pantalica	Italia Sicilia Siracusa	Si	No
42	Genoa: Le Strade Nuove and the system of the Palazzi dei Rolli	Italia Liguria Genova	Si	No
43	Foreste di faggio antiche e primordiali dei Carpazi e di altre regioni d'Europa	Austria	No	Si
44	Mantova e Sabbioneta	Italia Lombardia Mantova	Si	No
45	La Ferrovia Retica nel paesaggio dell'Albula e del Bernina	Italia	Si	No
46	Le Dolomiti	Italia	No	Si
47	"I Longobardi in Italia. I luoghi del potere (568-774 d.C.)"	Italia	Si	No
48	I siti palafitticoli preistorici dell'arco alpino	Italia	Si	No
49	Ville e Giardini medicei della Toscana	Italia	Si	No
50	Monte Etna	Italia	No	Si
51	Paesaggi vitivinicoli del Piemonte: Langhe-Roero e Monferrato	Italia	Si	No
52	Palermo arabo-normanna e le cattedrali di Cefalù e Monreale	Italia Sicilia Palermo	Si	No
53	Opere di difesa veneziane tra XVI e XVII secolo: Stato da Terra Stato da Mar occidentale	Montenegro	Si	No
54	Ivrea	Italia Piemonte Torino Ivrea	Si	No
55	Le colline del Prosecco di Conegliano e Valdobbiadene	Italia Veneto Treviso Conegliano	Si	No
56	Le Grandi Città Termali d'Europa	Italia Toscana Pistoia Montecatini-Terme	Si	No
57	I cicli affrescati del XIV secolo a Padova	Italia Veneto Padova	Si	No
58	I Portici di Bologna	Italia Emilia-Romagna Bologna	Si	No

Ai sensi dell'art. 143 del D. Lgs. 42/2004, anche i *Piani paesaggistici regionali* o i *Piani territoriali regionali a valenza paesaggistica* prevedono specifiche norme prescrittive di tutela e di utilizzo dei suddetti beni e di altri beni e contesti sottoposti a forme di tutela ai sensi di leggi regionali.

#### 4.9.1 Beni culturali

La nozione di "bene culturale" è desumibile dall'art. 2, comma 2, e dagli artt. 10 e 11 del "Codice dei beni culturali e del paesaggio" (D.lgs. 42/2004). In particolare, l'art. 10, più volte modificato, individua le categorie

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

di beni culturali assoggettati alle disposizioni di tutela contenute nel Titolo I della Parte II dello stesso Codice, tra le quali sono ricomprese, in particolare, misure di protezione (artt. 21 e ss., che stabiliscono, tra l'altro, le tipologie di interventi vietati o soggetti ad autorizzazione), misure di conservazione (artt. 29 e ss., che includono anche obblighi conservativi), nonché misure relative alla circolazione dei beni (artt. 53 e ss.) e misure di tutela concernenti i beni inalienabili (artt. 54 e ss.). Tra le categorie di cui all'art. 10 rientra quella dei beni culturali ex lege che, in quanto tali, non necessitano di alcun tipo di accertamento (comma 2).

Vi sono, poi, i beni culturali appartenenti a soggetti pubblici o a persone giuridiche private senza fine di lucro (comma. 1 e 4), per tali beni, per il combinato disposto dell'art. 10, commi 1 e 4 e dell'art. 12, comma 1 del Codice, sono sottoposti alle disposizioni di tutela ivi dettate fino a quando per essi non sia intervenuta la procedura di verifica dell'interesse culturale, come chiaramente indicato dall'art. 12, comma 1 del D. Lgs. 42 del medesimo Codice, restando sottoposti a tutte le disposizioni di tutela previste dal Codice dei beni culturali e paesaggistici, anche in assenza di provvedimento espresso di tutela ed i beni culturali appartenenti a privati, o a chiunque appartenenti (comma. 3 e 4), che diventano tali solo a seguito della dichiarazione di interesse culturale di cui all'art. 13. L'art. 11 individua, invece, i beni oggetto solo di specifiche disposizioni di tutela, indicate di volta in volta.

Con riferimento all'individuazione dei beni culturali, ai differenti livelli di tutela e ai procedimenti per l'emanazione delle dichiarazioni di interesse culturale, sono di seguito i riferimenti salienti:

- ai sensi del D.Lgs 42/2004, sono beni culturali sottoposti a tutela *ope legis* tutti i beni appartenenti a enti pubblici o equiparati (art. 10, co.1), aventi oltre 70 anni (art. 10, co. 5) fino a verifica dell'interesse culturale ai sensi dell'art. 12.
- Sono beni culturali i beni a chiunque appartenenti (art. 10, co. 3-4), qualora sia intervenuta la dichiarazione di interesse culturale, di cui all'art. 13.
- Le aree di rispetto dei beni culturali sono definite ai sensi dell'art. 45, con provvedimento espresso.
- Al di fuori di quanto previsto dai sopracitati articoli del Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio, il concetto di vincolo monumentale, che tradizionalmente rimanda a un provvedimento amministrativo di esclusiva competenza dello Stato, è opportuno fare riferimento ad aree di interesse e di attenzione, le quali talvolta, come nel caso dei Siti Unesco, possono essere soggette a norme di gestione che vanno al di là della normativa nazionale, così come definita dal sopracitato D.Lgs 42/2004.

La tabella seguente riporta, a livello regionale, il numero dei beni culturali immobili relativamente alle categorie architettura, complessi archeologici, monumenti archeologici, parchi/giardini, siti archeologici (Fonte: ViR Vincoli in Rete <http://vincoliinrete.beniculturali.it/vir/vir/vir.html>)<sup>28</sup>.

Le regioni che presentano il maggior numero di beni archeologici e architettonici immobili, ciascuna poco sopra al 10% del totale, sono Veneto ed Emilia-Romagna.

Tabella 4-42: Beni archeologici e architettonici immobili. Fonte: MiC - ViR Vincoli in Rete

Regione	Totale beni immobili	%
Piemonte	16.685	7,2
Valle d'Aosta	348	0,2
Lombardia	20728	9,0
Trentino-Alto Adige	1.757	0,8
Veneto	27.833	12,1
Friuli-Venezia Giulia	7.278	3,2

<sup>28</sup> Con riferimento alla mappatura dei beni di interesse culturale si rileva che lo strumento - portale "ViR - Vincoli in Rete" costituisce un riferimento generale, non esaustivo e che per alcune Regioni i dati disponibili potrebbero essere fortemente incompleti.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Liguria	12.797	5,6
Emilia-Romagna	25.505	11,1
Toscana	19.915	8,6
Umbria	6.228	2,7
Marche	22.832	9,9
Lazio	14.355	6,2
Abruzzo	4.787	2,1
Molise	5.939	2,6
Campania	12.167	5,3
Puglia	9.535	4,1
Basilicata	2.380	1,0
Calabria	5.082	2,2
Sicilia	8.498	3,7
Sardegna	5.785	2,5
Italia	230.434	100,0

In riferimento alla *Valutazione dello Stato di conservazione dei beni storico-architettonici*, poiché il carattere qualitativo e sito-specifico di tali beni è fondamentale e rilevante, risulta complessa una caratterizzazione esaustiva dei beni culturali italiani. Per i beni culturali possono costituire una indicazione utile, anche in relazione alla definizione del "Codice dei beni culturali e del paesaggio", le considerazioni relative alla rilevanza e all'integrità del bene. La *rilevanza* può essere valutata in prima istanza secondo un approccio giuridico-amministrativo come verifica di sussistenza di vincoli provvedimenti o ope legis che definiscano un livello di attenzione formalmente accertato; mentre per tutto il territorio ci si può avvalere di criteri definibili tecnico-disciplinari, che indicano percorsi di valutazione non automatici che definiscano un giudizio complessivo circa la rilevanza di un bene secondo differenti modi di valutazione che tengano conto dell'aspetto morfologico-strutturale, visivo e simbolico. Per valutare il livello di *integrità* di un bene occorre prioritariamente definirne la struttura originaria e successivamente individuare le permanenze di elementi e caratteri identitari (o la loro eventuale perdita). In tale contesto non è sufficiente avvalersi di strumenti che permettano una valutazione automatica ed univoca ma è possibile effettuare una verifica obiettiva dell'entità delle trasformazioni avvenute nel corso del tempo, attivando un processo critico valutativo di maggiore complessità per formulare un giudizio di valore delle trasformazioni rilevate, simile alle valutazioni sito-specifiche compiute nella pianificazione locale e nella progettazione attuativa.

#### 4.9.2 Beni paesaggistici

Il contesto territoriale italiano presenta un'altissima diversità di paesaggi rappresentativi di una identità il cui carattere deriva dall'azione di fattori naturali, umani e dalle loro interrelazioni (art. 131 D. Lgs. 42/2004 "Codice dei beni culturali e del paesaggio"). Il *paesaggio* è quindi inteso come manifestazione delle organizzazioni spaziali e strutturali del territorio così come viene percepito dall'uomo; tale manifestazione è l'espressione sensibile di segni antropici, modificazioni di sistemi naturali, strutture geomorfologiche ed ecosistemi. Sono beni culturali tutte le testimonianze, materiali e immateriali, aventi valore di civiltà, che hanno un valore storico, artistico, di memoria, mentre per beni paesaggistici si intendono gli immobili e le aree che costituiscono espressione dei valori storici, culturali, naturali, morfologici ed estetici di un territorio.

La componente ambientale paesaggio comprende, oltre al patrimonio storico - culturale, architettonico, archeologico, anche gli agro ecosistemi, gli ambiti ad alta vocazione agricola, gli ambiti destrutturati e marginali, gli ambiti agricoli periurbani, le aree di accertata rilevante consistenza archeologica, le aree interessate da bonifiche storiche, i capisaldi collinari montani, le aree di collina, costa, crinale, i dossi, i paleodossi, le zone di tutela degli elementi della centuriazione, le zone di interesse storico testimoniale, le zone di particolare interesse naturale, paesaggistico e ambientale, le zone di tutela agro naturalistica.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

A tale sistema ne corrisponde un altro altrettanto articolato di gestione, conservazione e tutela del patrimonio culturale e dei paesaggi di maggior interesse identitario, che spazia dagli obiettivi di tutela ricadenti sotto il D. Lgs. 42/2004 agli indirizzi in materia di paesaggio derivanti dalla Convenzione Europea del Paesaggio del 2000, che aprono la strada a forme di tutela attiva. La normativa sulla tutela dei beni paesaggistici è stata aggiornata dal Decreto legislativo di cui sopra, sulla base della delega contenuta nell'articolo 10 della legge n. 137/2002, che ha introdotto il "Codice dei beni culturali e del paesaggio", meglio noto come "Codice Urbani". Detto Codice costituisce la diretta attuazione dell'articolo 9 della Costituzione, ai sensi del quale la Repubblica Italiana tutela il paesaggio e il patrimonio storico e artistico della nazione, la cui espressione deve essere interpretata in una accezione più generale, con il significato di forma visibile dell'ambiente.

La centralità del paesaggio e la rilevanza della sua tutela tra i valori costituzionalmente garantiti sono principi riconosciuti nell'ordinamento giuridico della Repubblica. Detta centralità è riconosciuta anche da un consolidato orientamento della Corte costituzionale, ai sensi del quale, la tutela del bene paesaggistico è elevata a valore primario dell'ordinamento, non è suscettibile di essere subordinata ad altri interessi e costituisce un interesse pubblico fondamentale, primario ed assoluto che va salvaguardato nella sua interezza. Recentemente, tali principi sono stati riaffermati in una importante sentenza della sesta Sezione del Consiglio di Stato, secondo la quale l'articolo 9 della Costituzione erige il valore estetico-culturale del bene paesaggistico a valore primario dell'ordinamento e la tutela del paesaggio, che sovrintende a superiori interessi pubblici, deve realizzarsi a prescindere da ogni valutazione dei singoli interessi privati. La modifica dell'articolo 9 della Costituzione, approvata dal Parlamento il 9 febbraio 2021, è andata in questa direzione affiancando all'impegno a tutelare "il paesaggio e il patrimonio storico e artistico della Nazione" quello rivolto verso "l'ambiente, la biodiversità e gli ecosistemi, anche nell'interesse delle future generazioni".

Per quanto concerne l'edificato, dovranno essere considerati i paesaggi urbani sottoposti a tutela ai sensi dell'art. 136 del D. Lgs. 42/04, come già esaminato negli ambiti "rinnovabili" ed "efficienza".

Le aree vincolate ai sensi del "Codice dei beni culturali e del paesaggio" (art. 136 e 142 del D. Lgs. 42/2004) sono ripartite a livello regionale al netto delle sovrapposizioni come da tabella seguente.

Tabella 4-43: Beni paesaggistici vincolati (art. 142 lett. a, b, c, d, l e art. 136). Fonte ISPRA, ADA 2021-2022

Regione	Suolo soggetto a vincoli (ha)
Piemonte	1.004.554
Valle d'Aosta	263.408
Lombardia	750.908
Trentino-Alto Adige	1.155.689
Veneto	686.102
Friuli-Venezia Giulia	213.963
Liguria	274.926
Emilia-Romagna	543.448
Toscana	599.668
Umbria	189.114
Marche	358.759
Lazio	580.552
Abruzzo	594.085
Molise	256.642
Campania	381.463
Puglia	297.107
Basilicata	345.565

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Calabria	422.752
Sicilia	789.390
Sardegna	652.211
Italia	10.360.306

Un'ulteriore fonte di documentazione istituzionale è costituita dal SITAP - Sistema Informativo Territoriale Ambientale e Paesaggistico, la Banca dati a riferimento geografico su scala nazionale per la tutela dei beni paesaggistici che contiene il catalogo di tutte le aree sottoposte a vincolo paesaggistico, dichiarate di notevole interesse pubblico dalla Legge n. 1497/1939 e dalla Legge n. 431/1985 (oggi ricomprese D.lgs. n. 42/2004). Detto sistema, aperto alla consultazione pubblica, sebbene sia uno strumento di indubbia utilità, non è dotato di una banca dati dei vincoli paesaggistici completamente esaustiva, così come indicato nella nota introduttiva allo stesso sito, raccoglie i dati relativi ai livelli informativi cartografici di base (limiti amministrativi di regioni, province e comuni basati sui dati ISTAT rilevati con il censimento del 2001; idrografia completa acquisita dall'IGM in scala 1:25.000; infrastrutture di trasporto; cartografia IGM in scala 1:25.000) e le informazioni identificativo-descrittive dei vincoli paesaggistici originariamente emanati ai sensi della Legge n. 77/1922 e della legge n. 1497/1939 o derivanti dalla Legge n. 431/1985 ("Aree tutelate per legge"), e normativamente riconducibili alle successive disposizioni del Testo unico in materia di beni culturali e ambientali (D.lgs. n. 490/99) prima, e del D.lgs. n. 42/2004 e ss.mm.ii (Codice dei beni culturali e del paesaggio).

Per i Beni culturali e paesaggistici negli spazi di interazione terra-mare e per localizzare i contesti subacquei di interesse archeologico, le fonti informative di riferimento sono la banca dati della Carta del rischio dei beni culturali (<http://www.cartadelrischio.beniculturali.it>), i dati di archivio forniti dagli Uffici territoriali del MiC e le ordinanze delle Capitanerie di Porto.

#### Paesaggi rurali storico-culturali

All'interno dell'accezione di paesaggio culturale storico (urbano, produttivo, patrimonio immateriale), con riferimento alla conservazione e valorizzazione delle identità culturali e produttive locali, va ricordato il *paesaggio rurale storico e tradizionale* che connota fortemente il territorio italiano definito come *"quell'attività che l'uomo, nel corso ed ai fini delle sue attività produttive agricole, coscientemente e sistematicamente imprime al paesaggio naturale"* (Sereni E., (1961). *Storia del paesaggio agrario italiano*, Laterza, Bari). Per l'identificazione e la valutazione dei paesaggi rurali tradizionali storici, di norma, vengono adottati i criteri di *significatività, persistenza e unicità*. Più nello specifico, per la selezione delle aree e degli elementi del paesaggio di interesse tradizionale e storico, tale concetto di significatività tiene conto del rispettivo eccezionale valore universale (UNESCO World Heritage Convention, <http://whc.unesco.org/en/>).

Il concetto di paesaggio rurale storico viene collegato soprattutto alla nozione di persistenza storica della struttura degli ordinamenti culturali. In particolare, si tiene conto di caratteristiche di storicità del paesaggio associate anche alla permanenza di pratiche tradizionali che li determinano.

Il concetto di *significatività storica* ha valore a livello nazionale e viene definito con riferimento a:

- le caratteristiche di configurazione e composizione dell'uso del suolo;
- l'assetto vegetazionale;
- le colture praticate e le forme di allevamento caratterizzate da un ridotto impiego di energie sussidiarie esterne;
- la presenza, anche parziale, di ordinamenti culturali economici locali tradizionali;
- la stabilità o l'evoluzione molto lenta nel tempo.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

La *persistenza* riguarda la possibilità di individuare nel paesaggio contemporaneo assetti paesaggistici riconducibili ad epoche precedenti, con ordinamenti colturali caratterizzati da una presenza continua e da forti legami con i sistemi sociali ed economici locali che li hanno prodotti, la persistenza storica sia dell'assetto insediativo che delle forme:

- autenticità e integrità dei paesaggi presenti in un determinato territorio da lungo tempo;
- significativa armonia tra aspetti culturali, produttivi e ambientali;
- caratteristiche delle tessere (parcelle) dei campi;
- sistemazioni idraulico agrarie riconoscibili, oltre che dall'uso del suolo, dalle tecniche di coltivazione e di appoderamento;
- elementi lineari del paesaggio quali la viabilità, la rete idrica artificiale, le sistemazioni vegetazionali;
- caratteristiche di organizzazione insediativa del territorio e tipologie di edilizia rurale.

Il Decreto n. 17070 del 19 novembre 2012, relativo all'istituzione dell'*Osservatorio Nazionale del Paesaggio rurale, delle pratiche agricole e conoscenze tradizionali* (ONPR), ha contestualmente previsto, all'articolo 4, l'istituzione del "*Registro nazionale dei paesaggi rurali di interesse storico, delle pratiche agricole e delle conoscenze tradizionali*".

L'Osservatorio:

- Identifica e cataloga nel Registro i paesaggi rurali tradizionali o di interesse storico, le pratiche e le conoscenze tradizionali correlate presenti sul territorio nazionale, definendo la loro significatività, integrità e vulnerabilità, tenendo conto sia di valutazioni scientifiche, sia dei valori che sono loro attribuiti dalle comunità, dai soggetti e dalle popolazioni interessate;
- Organizza e gestisce la raccolta, l'analisi e la classificazione dei dati assicurando la loro conservazione per le generazioni future e l'accessibilità, anche attraverso un apposito sito internet, ai potenziali fruitori;
- Seleziona dal Registro le eventuali candidature di paesaggi rurali per l'iscrizione nella Lista Rappresentativa del Patrimonio Mondiale dell'Umanità dell'UNESCO nonché le pratiche agricole e le conoscenze tradizionali da candidare nella Lista Rappresentativa del Patrimonio Immateriale dell'UNESCO. Ove ne sussistano le condizioni, l'Osservatorio seleziona dal Registro i paesaggi rurali da inserire nella Rete UNESCO delle Riserve di Biosfera nell'ambito del Programma MAB, nel rispetto delle procedure internazionali vigenti.

Il Registro nazionale è stato costituito al fine di raccogliere le candidature provenienti dagli Enti interessati su tutto il territorio nazionale, che soddisfino determinati requisiti di ammissibilità, quest'ultimi approvati in sede di Conferenza permanente Stato-Regioni.

Ad oggi sono stati identificati 123 paesaggi distribuiti in tutte le regioni italiane, raccolti in schede descrittive che prendono in considerazione il loro valore storico, i prodotti tipici e le criticità che minacciano la loro integrità, proponendo indirizzi per la loro valorizzazione.

Infine, si segnalano i siti GIAHS, ovvero i sistemi agricoli tradizionali, iscritti appunto al Programma "Globally Important Agricultural Heritage Systems" (GIAHS) ovvero alla cosiddetta "Lista del Patrimonio mondiale dell'agricoltura" della FAO.

#### 4.10 Pericolosità geologica e idraulica

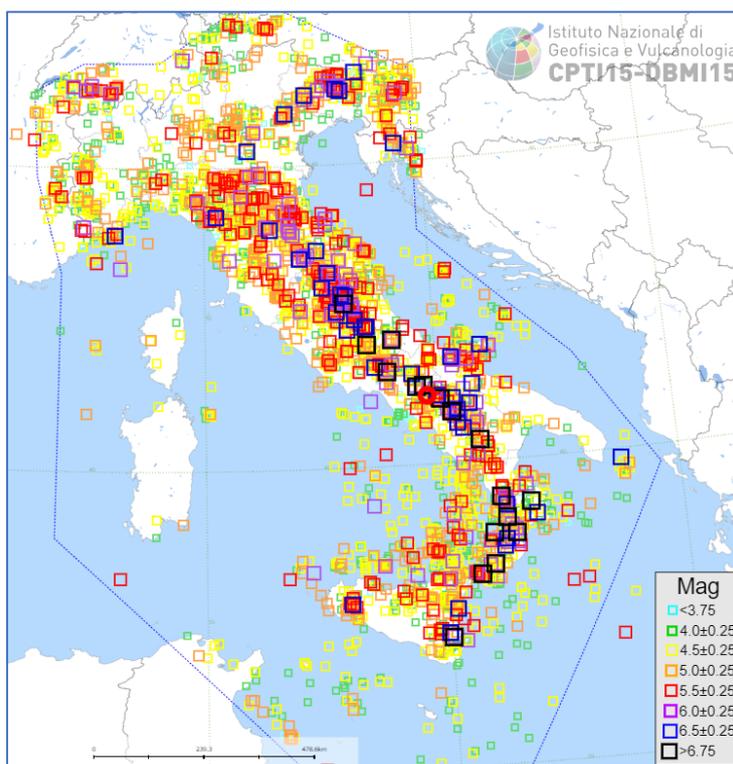
Le caratteristiche geodinamiche, geologiche e geomorfologiche del territorio italiano rendono quest'ultimo particolarmente esposto a un gran numero di pericolosità geologiche e idrauliche. Tutte le attività propedeutiche all'attuazione del PNIEC dovranno tenere conto di tale contesto. In particolare, si dovrà tenere conto della pericolosità sismica, da fagliazione superficiale e da tsunami, della pericolosità vulcanica, della

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

pericolosità geologico-idraulica (frane, alluvioni), dei fenomeni di subsidenza areale e locale (sinkholes) e della possibile loro combinazione.

#### 4.10.1 Pericolosità sismica e da fagliazione superficiale

L'Italia è caratterizzata da un'intensa attività geodinamica dovuta al sovrascorrimento della placca europea su quella africana. Tale attività si manifesta attraverso terremoti ed eruzioni vulcaniche. In Europa solo la Grecia presenta una pericolosità sismica superiore a quella italiana. La maggior parte della sismicità è distribuita lungo i due principali orogeni, gli Appennini e le Alpi. Gli Appennini sono relativamente più giovani e sono più attivi sismicamente. Essi si spostano con velocità dei centimetri all'anno verso Est – Nordest. Lungo il loro fronte orientale si generano terremoti compressivi, come quello dell'Emilia-Romagna del 2012, mentre alle spalle della catena si generano terremoti distensivi come quelli di L'Aquila del 2009 e del Centro Italia del 2016-2017. La rilevante sismicità del territorio italiano è confermata dalle fonti scritte relative ai terremoti avvenuti in epoca storica. L'Italia possiede uno dei cataloghi sismici a livello mondiale più ricco di informazioni e che si estende più indietro negli anni (fin dal 461 a.C.). Oltre duemila anni di informazioni sismiche disponibili comprovano che terremoti di magnitudo 7 della scala Richter sono piuttosto comuni nel territorio italiano e che alcune zone sono più soggette ad essere colpite da tali eventi, come mostra la mappa del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani - CPTI15 (Rovida et al., 2020) riportata in Figura 4-121. Ricordiamo i forti eventi del 1693 in Val di Noto, del 1703 in Centro Italia, del 1783 in Calabria, del 1857 in Basilicata, del 1905 in Calabria, del 1908 nello Stretto di Messina, del 1930 in alta Irpinia, del 1968 in valle del Belice, del 1976 in Friuli, del 1980 in Irpinia-Basilicata, del 2016 in Centro Italia. Inoltre, esistono evidenze paleosismologiche che dimostrano che su gran parte del nostro Paese si sono verificati forti eventi sismici durante le ultime migliaia di anni. Tali informazioni sono particolarmente significative ai fini della valutazione della pericolosità sismica di un'area poiché il tempo di ritorno dei terremoti può essere dell'ordine di grandezza delle migliaia di anni.



## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Figura 4-121: Mappa dei terremoti con intensità massima  $\geq 5$  o magnitudo  $\geq 4.0$  nella finestra temporale 1000-2020. Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani - CPTI15 (Rovida et al., 2020)

La distribuzione geografica degli eventi sismici sul territorio nazionale risulta concentrata essenzialmente lungo tutto l'arco appenninico, la Calabria, la Sicilia settentrionale e orientale e, in minor misura, lungo l'arco alpino, in particolare, quello orientale. Comunque, l'intero territorio nazionale va considerato a rischio sismico, in quanto ogni sua parte può essere investita dalle onde sismiche prodotte da terremoti anche con epicentro distante. Una rappresentazione della pericolosità sismica è fornita dalla Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale – MPS04 (GdL MPS, 2004; rif. Ordinanza PCM del 28 aprile 2006, n. 3519, All. 1b), riportata in Figura 4-122, a cui fanno riferimento le Norme tecniche per le costruzioni per determinare l'azione sismica da considerare nelle progettazioni. La Mappa di pericolosità è attualmente in fase di revisione.

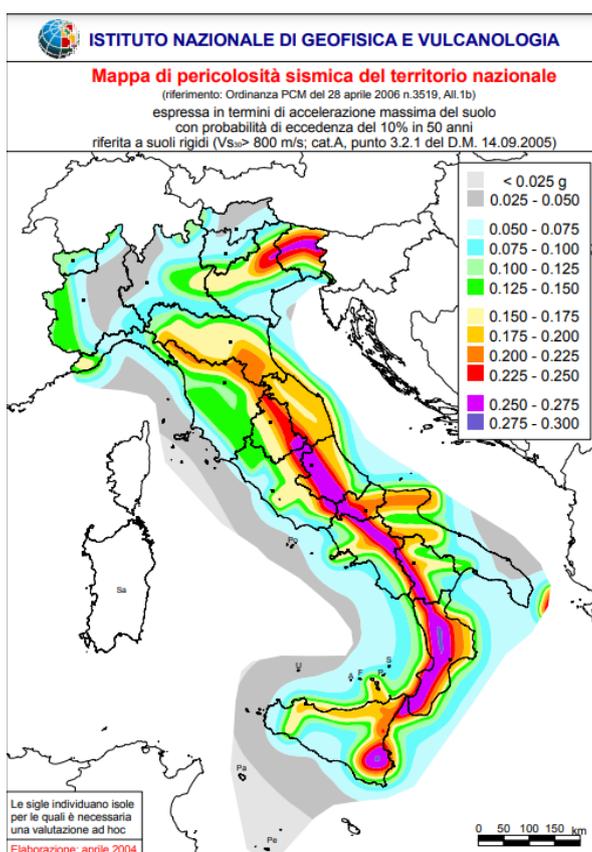


Figura 4-122: Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale – MPS04 (GdL MPS, 2004; rif. Ordinanza PCM del 28 aprile 2006, n. 3519, All. 1b)

Purtroppo, i terremoti catalogati rappresentano solo un'infinitesima parte di quelli avvenuti nella storia geologica. Inoltre, i cataloghi sismici di cui disponiamo coprono un intervallo di tempo spesso troppo breve rispetto ai tempi di ritorno dei terremoti, che possono essere anche di migliaia di anni. Il terremoto di Avezzano del 1915 è un esempio di forte terremoto (magnitudo 7) avvenuto in un'area dove storicamente non si erano verificati eventi di uguale grandezza e di cui risultasse menzione nei cataloghi sismici. Nelle stime di pericolosità sismica è pertanto importante utilizzare anche altri strumenti da affiancare alle conoscenze di sismicità storica e strumentale. I recenti progressi in campo paleosismologico possono sicuramente aiutarci a "retrodatare" i cataloghi sismici individuando terremoti avvenuti in tempi pre-storici. Anche la geomorfologia quantitativa può rappresentare uno strumento importante per riconoscere un "paesaggio sismico" frutto di un'evoluzione condizionata dal susseguirsi di terremoti. Infine, lo sviluppo di tecniche sempre più sofisticate di indagine geofisica e geochimica, oltre che da satellite, può consentirci di giungere alla stima sempre più attendibile delle zone a maggiore pericolosità.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Analizzando la storia sismica degli ultimi 20 anni, si può notare come in media in Italia, si verifica un terremoto distruttivo ogni 4-5 anni. La Figura 4-123, tratta dall'Annuario dei dati ambientali dell'ISPRA, mostra la sequenza degli eventi di Magnitudo superiore a 5,5 e di Magnitudo superiore a 4 a partire dal 2000.

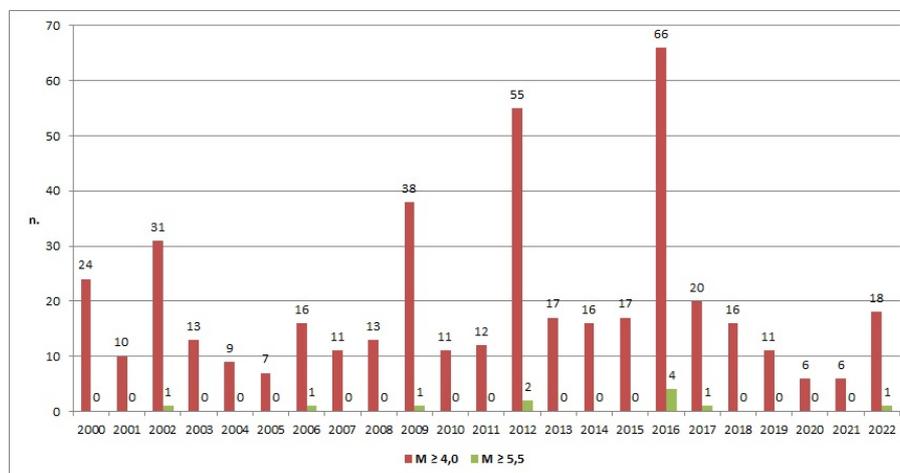


Figura 4-123: Serie annuale di terremoti di Magnitudo maggiore o uguale a 4 e a 5,5 avvenuti sul territorio italiano dal 2000 al 2022. Elaborazione ISPRA di dati INGV. Annuario dati ambientali ISPRA 2023

Inoltre, nel territorio italiano sono presenti una serie di apparati vulcanici attivi dove possono verificarsi terremoti con ipocentri molto superficiali. Tali eventi possono indurre danneggiamenti rilevanti anche se caratterizzati da Magnitudo non elevate (vedi il caso di Ischia nel 2017 o l'ultimo di una lunga serie sull'Etna del 2018).

Oltre allo scuotimento sulle strutture antropiche, gli eventi sismici possono indurre fenomeni sull'ambiente naturale che poi possono danneggiare i manufatti antropici, come le frane sismoindotte, gli tsunami, i sinkhole e la liquefazione. Tale ultimo fenomeno ha interessato la zona epicentrale del terremoto del 2012 in Emilia. La liquefazione si verifica quando un terreno sabbioso saturo perde la sua resistenza al taglio per effetto dell'incremento delle pressioni interstiziali. Quando la resistenza al taglio si annulla, il terreno si comporta come un fluido. Le zone suscettibili di liquefazione sono, in genere, le pianure costiere marine o lacustri e le pianure alluvionali, dove sono presenti sedimenti sabbiosi non consolidati e una falda acquifera poco profonda.

Un'altra pericolosità associata alla tettonica è quella dovuta alla fagliazione e/o deformazione della superficie topografica per l'attivazione di faglie definite "capaci". In Italia sono presenti faglie in grado di rompere o deformare il terreno così come, ad esempio, avvenuto durante la sequenza del 2016-2017 in Centro Italia, quando una faglia ha dislocato il versante occidentale del Monte Vettore con rigetti che hanno addirittura raggiunto i 2 metri (anche per il contributo della gravità) (Figura 4-124). In quell'occasione anche la galleria San Benedetto, lungo la S.S. 685 "delle Tre Valli Umbre" è stata dislocata e danneggiata da una faglia del sistema del Monte Vettore.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima



*Figura 4-124: Fagliazione superficiale lungo il versante occidentale del Monte Vettore verificatasi in occasione del terremoto di magnitudo 6,5 del 30/10/2016 in Centro Italia.*

Eventi di fagliazione superficiale si sono verificati anche in molti altri casi, come in occasione dei terremoti del 1703 in centro Italia, del 1783 in Calabria, del 1857 in Basilicata, del 1915 nel Fucino, del 1980 in Irpinia, del 1997 in Umbria, del 2009 a L'Aquila. Il fenomeno diviene comune per terremoti crostali a partire da magnitudo intorno a 5,5-6, con rigetti e lunghezze di rottura sempre maggiori all'aumentare della magnitudo. La fagliazione superficiale può indurre seri danni agli edifici e alle infrastrutture e quindi rappresentare una rilevante fonte di pericolosità, particolarmente nelle numerose aree densamente popolate ed industrializzate del territorio italiano. Di conseguenza, la conoscenza approfondita e la precisa collocazione spaziale delle faglie in grado di produrre una significativa deformazione tettonica permanente in superficie, assume un ruolo chiave per la mitigazione del rischio.

ISPRA gestisce il catalogo ITHACA (ITaly HAZard from CAPable faults), pubblicato per la prima volta nel 2000, che contiene informazioni, desunte nella maggior parte dei casi da letteratura, sulle faglie capaci che interessano il territorio nazionale e sulle faglie quaternarie che necessitano di essere ulteriormente indagate sulla loro possibile riattivazione nel contesto geodinamico attuale. Il Geoviewer del catalogo (Figura 4-125) è consultabile all'indirizzo: <https://sgi.isprambiente.it/ithaca/viewer/>

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

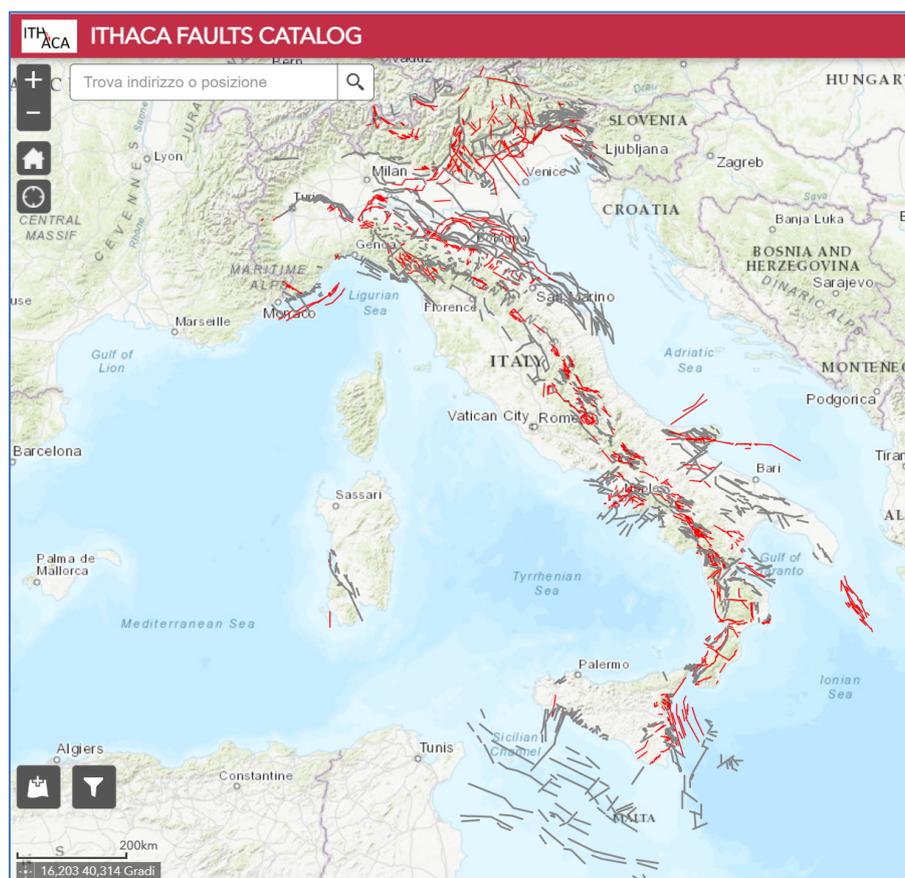


Figura 4-125: Geoviewer del Catalogo ITHACA (ITaly HAZard from Capable faults) gestito da ISPRA. <https://sgi.isprambiente.it/ithaca/viewer/>

E' opportuno sottolineare che una faglia capace del catalogo ITHACA, definita secondo i criteri descritti nella specifica Guida alla consultazione ([http://portalesgi.isprambiente.it/sites/default/files/doc/Linee\\_Guida\\_ITHACA.pdf](http://portalesgi.isprambiente.it/sites/default/files/doc/Linee_Guida_ITHACA.pdf)) non corrisponde necessariamente ad una Faglia Attiva e Capace (FAC) così come definita nelle Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da faglie attive e capaci (FAC) (<https://governancerischio.protezionecivile.gov.it/documents/20182/206005/MS+Linee+Guida+Faglie+Attive+e+Capaci/48b6a905-df3b-4212-a618-651c4771d5c9>), propedeutiche agli studi di Microzonazione sismica.

A livello locale è importante considerare i risultati degli studi di Microzonazione Sismica (MS), attraverso i quali è possibile individuare e caratterizzare le zone stabili, le zone stabili suscettibili di amplificazione locale e le zone soggette a instabilità, quali frane, rotture della superficie per faglie e liquefazioni dinamiche del terreno. Tali studi sono sviluppati a livello comunale secondo tre livelli di approfondimento (il livello 3 restituisce una carta di MS con approfondimenti su tematiche o aree particolari) e sono importanti nella pianificazione territoriale per definire gli interventi ammissibili in una data area, programmare le indagini e i livelli di approfondimento necessari, stabilire modalità di intervento nelle aree urbanizzate, ecc.

#### 4.10.2 Tsunami

Le coste italiane sono caratterizzate da elevata pericolosità da tsunami, come è evidente dalla presenza nel bacino del Mediterraneo di molte sorgenti con significativo potenziale tsunamigenico e come confermato dalle fonti storiche e testimonianze degli eventi avvenuti nel passato, con effetti rilevanti soprattutto lungo le coste delle regioni meridionali (Sicilia, Calabria, Puglia).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Il maggior potenziale tsunamigenico è associato alle aree sismiche sottomarine e costiere dell'area ionica, Arco Calabro, dell'Arco Ellenico, dell'Arco di Cipro e dei fronti situati nell'offshore nordafricano, Algeria in particolare (Figura 4-126). Queste aree sono caratterizzate da processi compressivi con forte accumulo energetico e strutture tettoniche in grado di generare forti terremoti, soprattutto se in relazione ai sistemi di subduzione/slab (magnitudo 7-8, e anche superiore ad 8), con innesco di tsunami potenzialmente distruttivi a scala di bacino. A queste vanno aggiunte le sorgenti sismiche crostali più vicine alle coste italiane (Fronte Calabro, Sicilia orientale, Stretto di Messina, Fronti Liguri, Fronti Dinaridi-Albanidi-Nord-Ellenidi, etc.), che, sebbene abbiano un potenziale minore, possono dare origine ad eventi di tsunami di forte impatto nelle regioni costiere, come già avvenuto, per esempio, a seguito del terremoto del 28 dicembre 1908 Mw 7.2 per le coste dello Stretto di Messina.

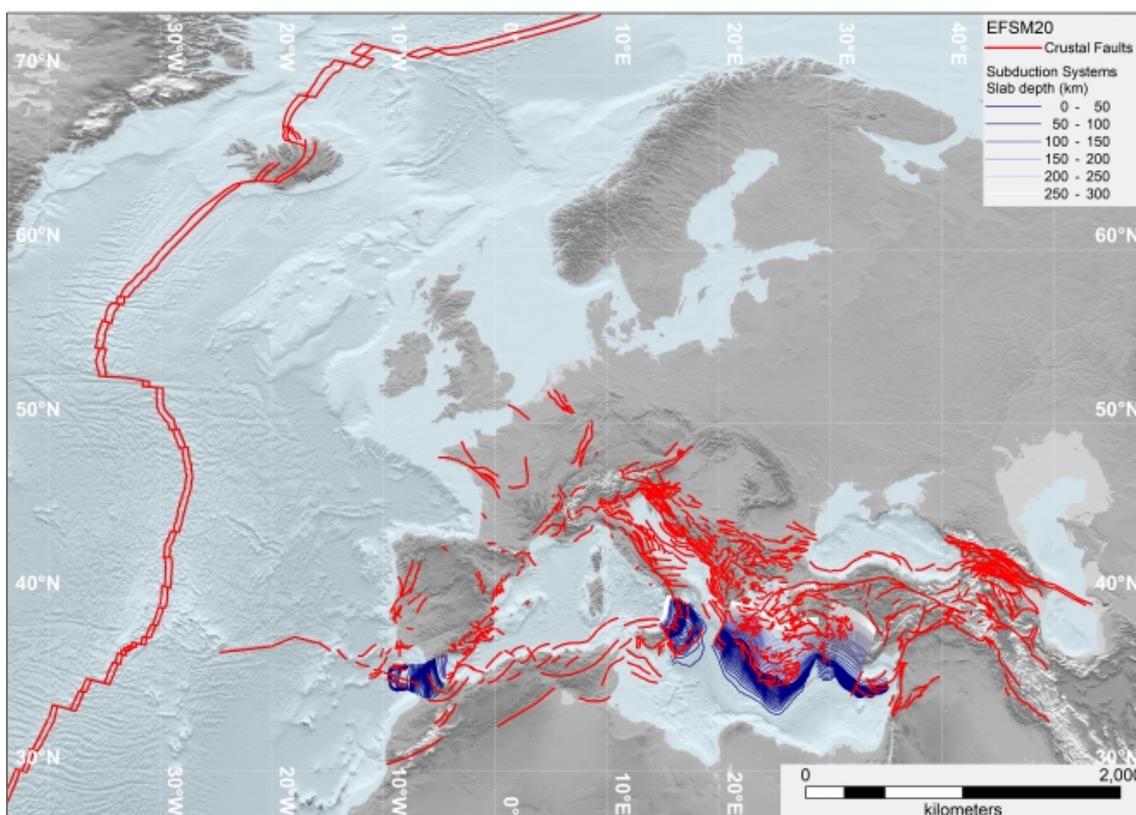


Figura 4-126: European Fault Source Model 2020 con indicazione delle strutture crostali e dei sistemi di subduzione/slab attivi nel bacino del Mediterraneo. Basili et al., 2022 – <https://www.seisfaults.eu/efsm20>.

I terremoti sono la sorgente più ricorrente di tsunami (circa 80% sul totale a scala globale), tuttavia anche le altre potenziali sorgenti non vanno trascurate e non mancano nel Mediterraneo. L'attività vulcanica può generare maremoti, come conseguenza di eruzioni esplosive, per ricadute dei flussi piroclastici in mare, per fenomeni di collasso dei fianchi, come conseguenza delle variazioni di pressione indotte dal flusso delle nubi di gas e ceneri, etc. I settori a maggiore attività vulcanica sono gli archi vulcanici associati ai sistemi di subduzione/slab, come l'Arco Vulcanico Eolico e l'Arco Ellenico, a questi si aggiungono altri settori con vulcanismo attivo, come Campi Flegrei-Vesuvio, l'area Etna e il Canale di Sicilia (Figura 4-127).

L'attività di Stromboli è un chiaro esempio di sorgente di tsunami, i flussi e le ricadute di materiale piroclastico e brandelli lavici lungo la Sciara del Fuoco, talvolta associato anche a condizioni di instabilità del materiale già presente, possono impattare in mare generando onde di maremoto con effetti significativi lungo le coste dell'isola di Stromboli e delle altre Eolie. Almeno 5 eventi sono avvenuti dal 1944, con quello più significativo e più vicino nel tempo registrato il 30 dicembre 2002. Tuttavia, in relazione all'attività del vulcano,

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

periodicamente, si verificano condizioni molto critiche nel settore della Sciara del Fuoco, al punto da rendere necessario l’installazione di uno specifico sistema di allerta tsunami per l’attività del vulcano.



Figura 4-127: Vulcani attivi e/o con attività durante l’Olocene, nel bacino del Mediterraneo. <https://volcano.si.edu>

Aree sottomarine e costiere caratterizzate da condizioni di instabilità gravitativa con potenziale impatto/evoluzione in mare possono essere le aree sorgenti di tsunami anche di grande energia. Nel Mediterraneo sono note e mappate aree sottomarine interessate da fenomeni gravitativi (depositi, forme, processi) ed aree con elevata suscettività, evidenziando come gli tsunami da frana siano un fenomeno assolutamente da non trascurare in termini di hazard (Figura 4-128).

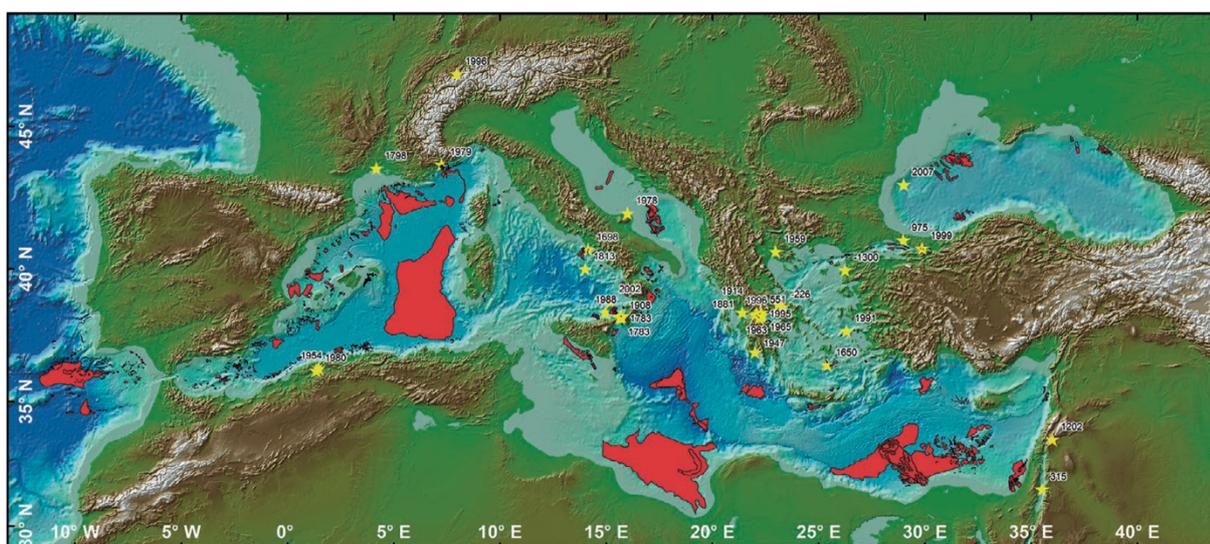


Figura 4-128: Distribuzione delle frane sottomarine (poligoni in rosso) nel Mar Mediterraneo. Le stelle gialle indicano le sorgenti di tsunami storici relazionati a frane e l’anno dell’evento (Urgeles, 2022)

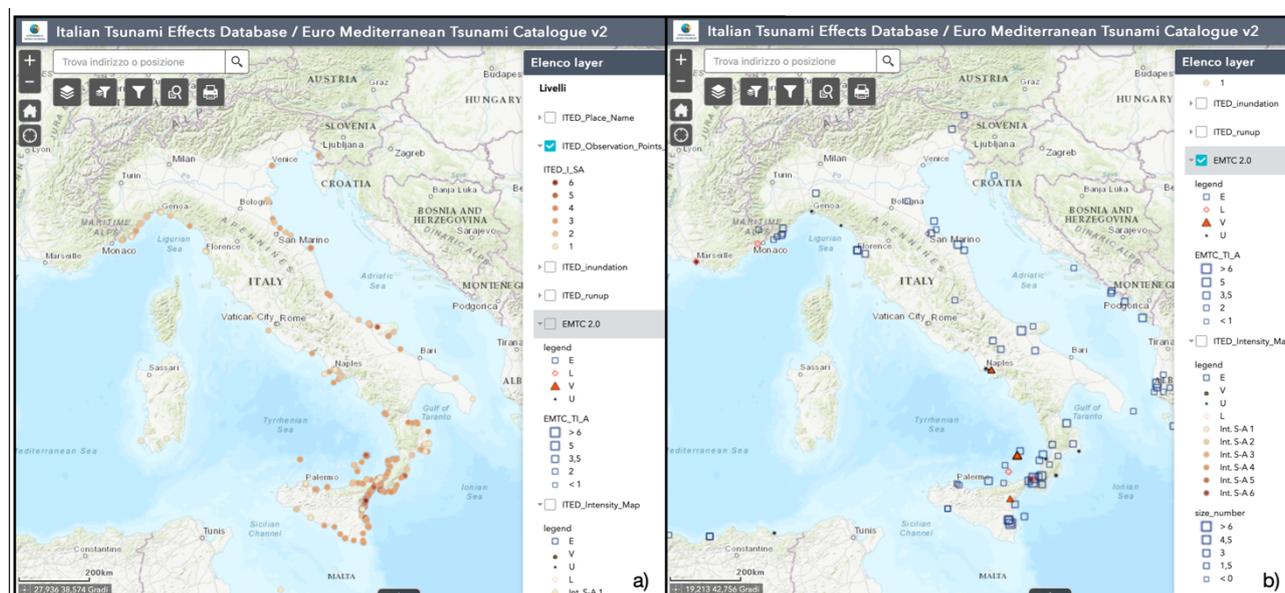
## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Lo stesso si può dire per molti settori costieri (soprattutto costa alta) dove si possono verificare fenomeni gravitativi con deflusso/impatto in mare e conseguente tsunami. Gli tsunami generati da frane possono produrre effetti di run-up ed inondazione, che, localmente, possono anche essere maggiori di quelli associati ad eventi indotti dai terremoti; tuttavia, la loro energia tende a dissiparsi più rapidamente con la distanza dalla sorgente, con una conseguente attenuazione degli effetti. Le condizioni peggiori si possono raggiungere quando agli effetti di tsunami originati da terremoto si aggiungono quelli dovute a frane sismoindotte, innescate dalla stessa sequenza sismica. Uno dei casi più noti per l'Italia è il maremoto di Scilla (Calabria) del 6 febbraio 1783, avvenuto a seguito del collasso ed impatto in mare di un settore del versante del Monte Campalla, innescato da un evento sismico. Eventi di tsunami possono avvenire anche nei bacini lacustri, è tragicamente noto il caso della Diga del Vajont, avvenuto il 9 ottobre 1963; la frana del Monte Toc ha riversato alcuni milioni di metri cubi di roccia nel lago formato dallo sbarramento della Diga del Vajont, provocandone l'immediata tracimazione a valle.

Possibili ma estremamente rari sono gli eventi dovuti ad impatto di meteoriti in mare; mentre, non trascurabili sono da considerare i meteo-tsunami, dovuti a particolari e repentine variazioni di pressione atmosferica in aree marine, con conseguente perturbazione della massa d'acqua e generazione di onde lunghe. Fenomeni di tale tipo sono noti e ricorrono soprattutto in Mare Adriatico, nel Canale di Sicilia (definiti Marrobbio), nel Mediterraneo occidentale (Isole Baleari).

I cataloghi degli eventi storici di tsunami confermano il potenziale delle sorgenti che scaratterizzano l'area del Mediterraneo. Il recente Euro-Mediterranean Tsunami Catalogue (EMTC - Maramai et al., 2014; 2019) riporta 290 eventi avvenuti nell'area euro-mediterranea a partire dal 6150 a.C. (evento legato alla frana di Storegga, Norvegia), fino al 2014. Nella sola area del Mediterraneo sono catalogati 215 eventi, legati prevalentemente a sorgenti sismiche. Il Catalogo differenzia gli eventi in base alla sorgente e fornisce la descrizione dell'evento, informazioni sul tipo di effetti e la stima dell'intensità degli stessi. L'Italian Tsunami Effects Database (ITED - Maramai et al., 2021) include 318 punti di osservazioni di effetti prodotti sulle coste italiane da circa 70 eventi di maremoto, a partire dal 79 a.C., fino ai nostri giorni (Figura 4-129). Si tratta, prevalentemente, di eventi di origine sismica con pochissimi eventi di connessi ad attività vulcanica e/o a frane.

Gli eventi con maggiori effetti hanno interessato la Sicilia e la Calabria, e tra questi spiccano i certamente gli tsunami del 1908, con run-up fino a 13 metri a Pellaro (Calabria) e 11,70 m a Sant'Alessio Siculo (Sicilia), quello del 1693, sempre lungo la costa orientale della Sicilia, gli eventi del 1783,1832 e 1836 per la Calabria, il 1627 per l'area del Gargano.



## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Figura 4-129: Schermata del web-gis dell'ITED; a) 318 punti di osservazioni degli effetti di tsunami lungo le coste italiane, con tonalità da più chiare a più scure in funzione dell'Intensità Sieberg-Ambraseys; b) localizzazione delle sorgenti degli eventi di tsunami, distinte per tipologia e per intensità degli effetti, scala Sieberg-Ambraseys. Maramai et al 2021; <https://ingv.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=a14231712588470ea1c4454301b8294c&showLayers=EMTC%202.0>.

Riguardo alle sorgenti sismiche, il modello di pericolosità adottato per le regioni NEAM (Nord Est Atlantico, Mediterraneo e bacini collegati) è il NEAM Tsunami Hazard Model 2018 (NEAMTHM18), elaborato nell'ambito del progetto TsuMapsNEAM, finanziato dalla DG-ECHO (European Union - Directorate-General Humanitarian Aid and Civil Protection) e coordinato da INGV (<https://tsumaps-neam.eu>; Basili et al., 2021). Si tratta di un modello probabilistico che fornisce le curve di hazard ai POI (Point of Interest) alla batimetria -50m slmm, lungo costa. Le curve di hazard indicano i valori attesi di MIH – Maximum Inundation Height ai POI e la probabilità di eccedenza nel tempo di esposizione di 50 anni, in funzione dei tempi di ritorno degli eventi e delle incertezze epistemiche associate (Figura 4-130).

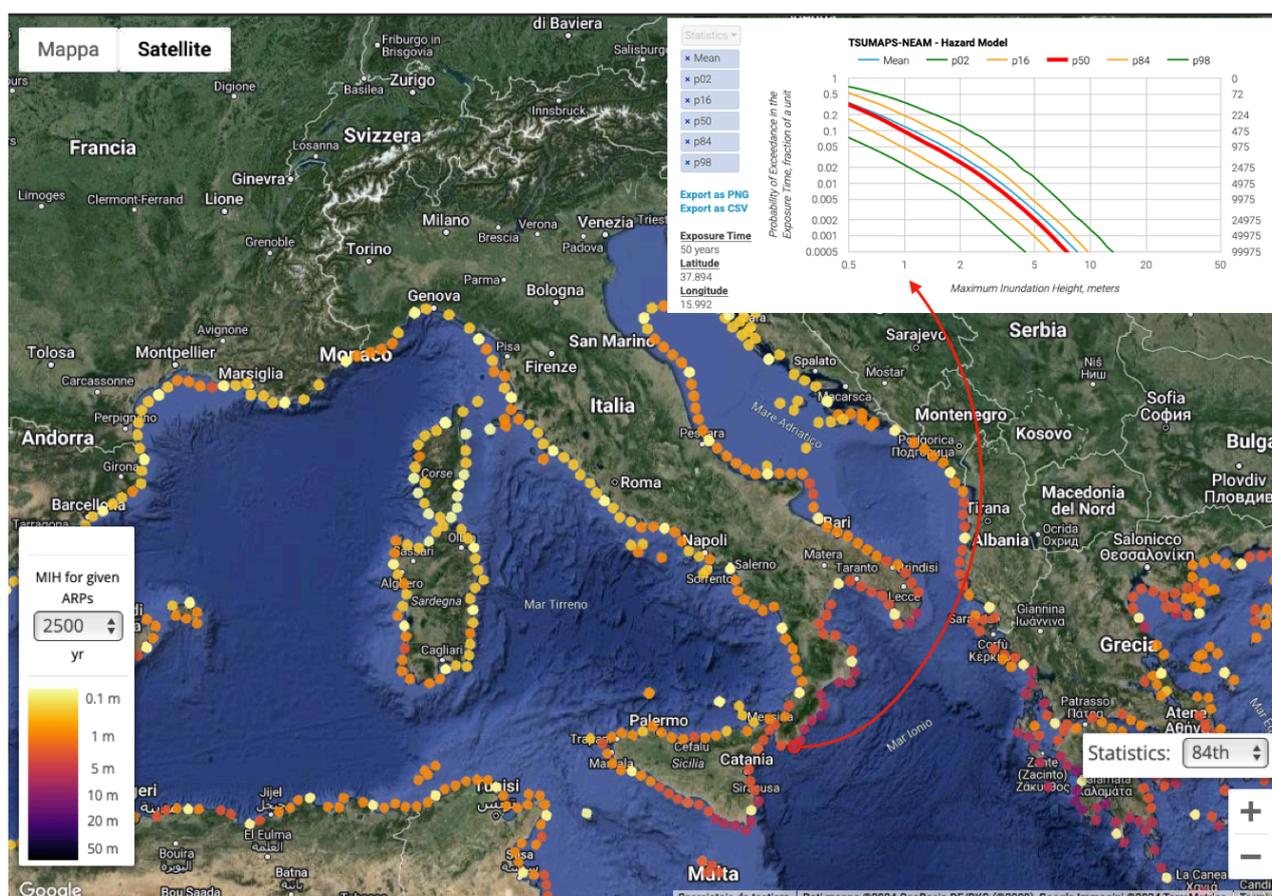


Figura 4-130: Schermata dello TSUMAPS-NEAM Interactive Hazard Curve Tool, con un esempio di curve di hazard per un POI in Calabria meridionale. <https://tsumaps-neam.eu>

Tale modello probabilistico di pericolosità è stato adottato in ambito del SiAM – Sistema nazionale di Allertamento per i Maremoti generati da sisma, istituito con la Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri del 17 febbraio 2017 (Direttiva SiAM).

Il NEAMTHM18 rappresenta, quindi, il modello di pericolosità regionale di riferimento rispetto al quale sono state elaborate le zone di inondazione connesse a potenziali eventi di tsunami e le relative zone di

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

allertamento, corrispondenti ai livelli di allerta Advisory e Watch, definiti in ambito SiAM. Infatti, gli scenari, in termini di valori di run-up attesi corrispondenti ai due livelli di allerta, sono definiti dalla direttiva SiAM e dalle scelte sulla severità e probabilità di accadimento dell'evento (tempi di ritorno 2.500 anni; 84° percentuale della distribuzione di probabilità), operate dal DPC sulla base del suddetto modello probabilistico di pericolosità. In particolare, la direttiva SiAM definisce il livello di allerta advisory (arancione) per eventi in grado di produrre a costa run-up fino a 1 metro, mentre il livello di allerta watch è in relazione ad eventi che possono produrre a costa run-up superiori a 1 metro, il cui valore sarà in relazione alla pericolosità locale.

Le zone di allerta SiAM sono consultabili e scaricabili attraverso lo Tsunami Map Viewer (<https://sgi2.isprambiente.it/tsunamimap/>; Figura 4-131). Esse forniscono indicazioni delle aree esposte a potenziali eventi di tsunami, almeno nell'ambito degli scenari eventi delimitati dalle scelte delle condizioni di tempi di ritorno e distribuzione delle incertezze epistemiche adottate dal SiAM. La metodologia adottata nella loro elaborazione, la stima dei limiti e la validazione dei risultati sono riportati in Tonini et al. (2021), a cui si rimanda per gli approfondimenti.

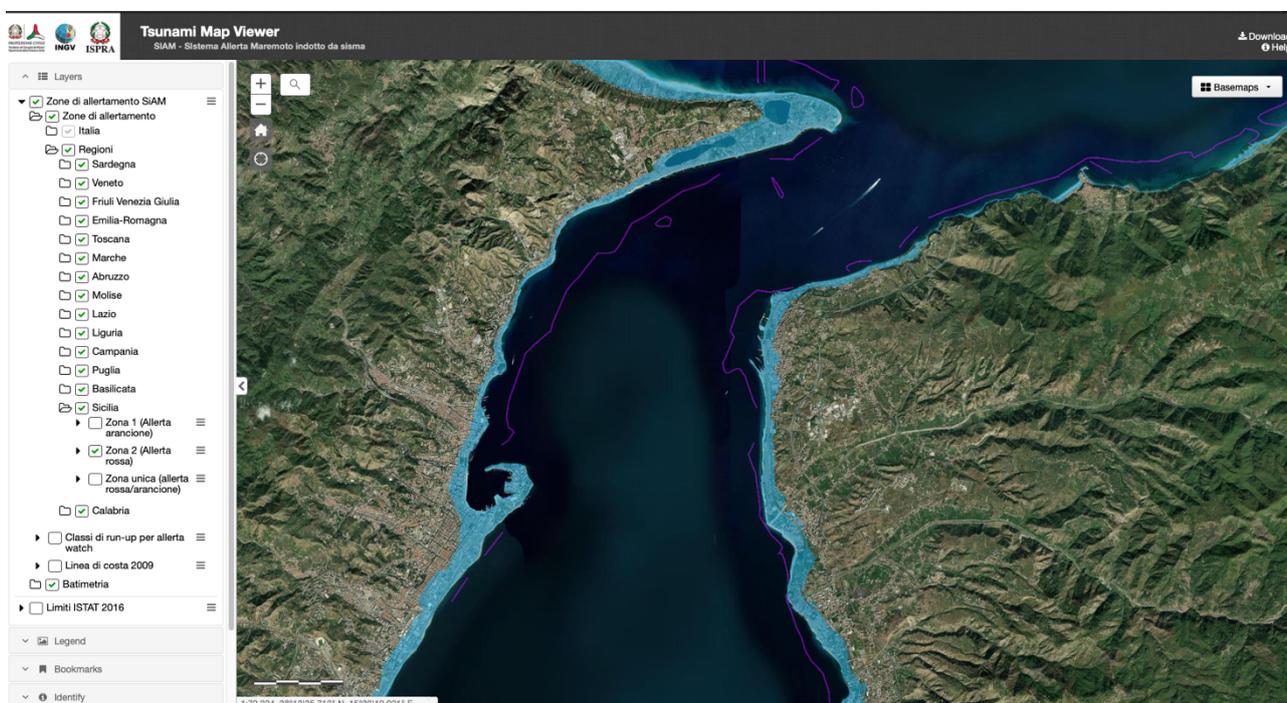


Figura 4-131: Schermata dello Tsunami Map Viewer centrata sull'area dello Stretto di Messina. In azzurro sono indicate le aree da evacuare in caso di allerta rossa (livello di allerta watch). <https://sgi2.isprambiente.it/tsunamimap/>

#### 4.10.3 Pericolosità vulcanica

Il vulcanismo che interessa il territorio italiano è legato, in linea generale, al processo di subduzione della placca africana al di sotto di quella euroasiatica. L'interazione tra le due placche ha generato, in tempi diversi, le catene montuose delle Alpi e degli Appennini, l'apertura del bacino tirrenico e la progressiva chiusura del bacino adriatico determinando un quadro geodinamico estremamente complesso in cui coesistono aree stabili, in compressione ed in distensione. Tale complessità geodinamica si riflette nella variabilità degli stili eruttivi dei vulcani italiani che hanno dato origine, nel tempo, ad uno spettro di eruzioni che va da eventi a bassa/nulla esplosività sino ad eventi ad altissima esplosività.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Oltre ad Etna e Stromboli, in permanente attività negli ultimi secoli, i vulcani italiani che possono essere ritenuti attivi, per i quali, cioè, l'intervallo di tempo trascorso dall'ultima eruzione ad oggi è minore del massimo intervallo di quiescenza conosciuto, sono il Vesuvio (ultima eruzione nel 1944), Ischia (1302), Campi Flegrei (1538), Vulcano (1888-1890), Lipari (729), i Colli Albani (36.000 b.p.) e l'area del Canale di Sicilia - Pantelleria (Isola Ferdinandea, 1831; Pinne marine, 1867; mare di Pantelleria 1891). Tra i numerosi vulcani sottomarini del Tirreno e del Canale di Sicilia si hanno evidenze di attività recente anche per il Marsili e Palinuro, mentre mancano dati certi per gli altri edifici vulcanici sommersi (Figura 4-132).

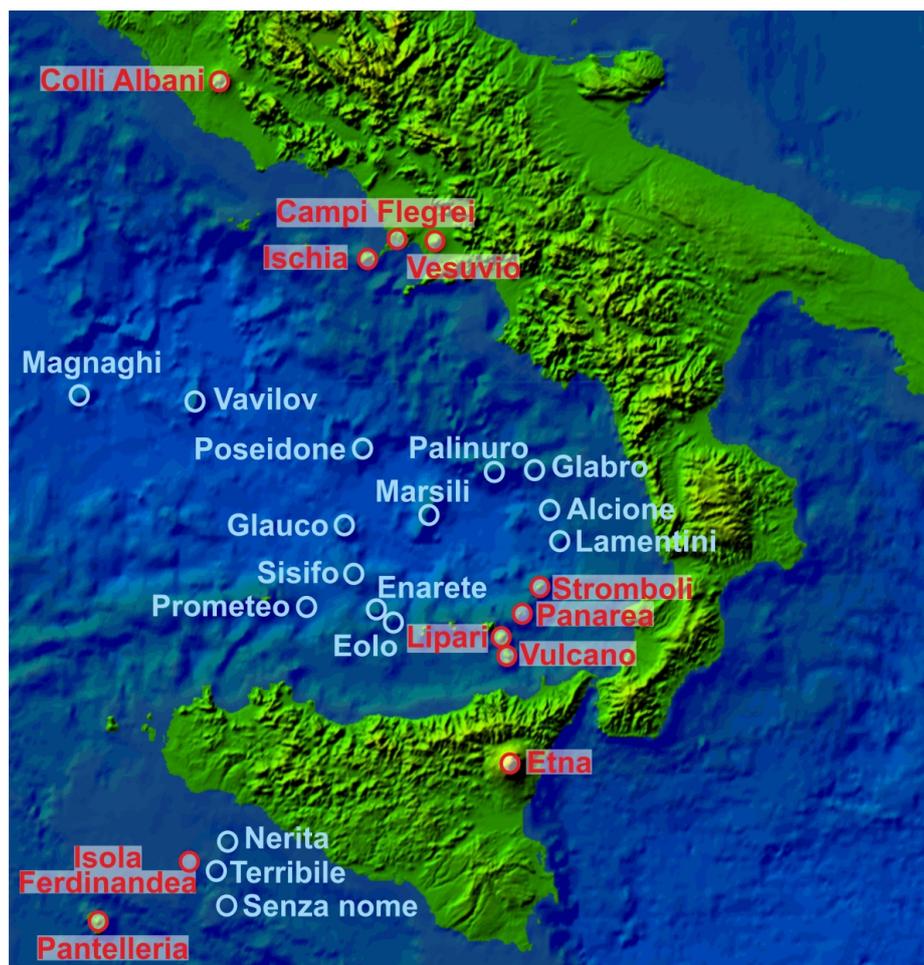


Figura 4-132: b) Vulcani attivi (cerchi rossi) e principali vulcani sottomarini (cerchi celesti) in Italia. Fonti: Elaborazione ISPRA su dati INGV.

L'attività vulcanica produce una serie di fenomeni che possono rappresentare un serio pericolo per l'uomo, le sue attività e l'ambiente. Tali fenomeni sono direttamente (colate di lava, flussi piroclastici, eiezione di materiali) o indirettamente (colate di fango, terremoti, tsunami) legati alle eruzioni. Generalmente il loro grado d'intensità - e quindi la pericolosità di un vulcano attivo - è strettamente correlato con il tempo di quiescenza. Più questo è prolungato, più aumenta la probabilità di una ripresa dell'attività con eruzioni ad alta esplosività, a causa del continuo accumulo di magma e gas all'interno della camera magmatica. Le forze in gioco sono enormi e sfuggono alla possibilità di mitigazione da parte dell'uomo.

Parti localizzate del territorio italiano sono pertanto affette da un elevato grado di pericolosità vulcanica. A differenza del rischio idrogeologico per il quale è spesso possibile ridurre la pericolosità attraverso opere di mitigazione, oppure nel caso del rischio sismico per il quale si può invece intervenire sulla vulnerabilità degli

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

elementi esposti (interventi antisismici edifici), nel caso del rischio vulcanico è possibile intervenire solo sulla riduzione dei beni esposti (delocalizzazione). È evidente, ed esempio, come la crescita dell'urbanizzazione nell'area vulcanica campana, spintasi sui fianchi dell'apparato (Vesuvio, Ischia) e all'interno del campo vulcanico flegreo, abbia accresciuto esponenzialmente il rischio, ponendo enormi problematiche di gestione delle future fasi emergenziali, anche in caso di eruzioni di modesta intensità.

L'attuale attività dei vulcani italiani

Attualmente in tutti i centri eruttivi attivi in Italia vengono costantemente monitorati da INGV i parametri significativi dell'attività vulcanica, quali quello sismico, geochimico, delle deformazioni del suolo, gravimetrico, termico e visivo, attraverso l'emissione di bollettini di monitoraggio periodici (che possono intensificarsi fino a raggiungere una cadenza giornaliera a seconda dello stato di allerta)

Lo stato di attività dei vulcani italiani è categorizzato in una scala di colori a quattro elementi con livelli di allerta progressivamente maggiori (verde, giallo, arancione e rosso). Sono individuati sulla base della combinazione di parametri di monitoraggio e di dati relativi a eventuali eventi in corso e sono indicativi della possibile evoluzione dello stato di attività del vulcano verso scenari di evento "di rilevanza nazionale", che richiedono cioè di essere fronteggiati con mezzi e poteri straordinari, attraverso l'intervento coordinato di una pluralità di soggetti (Legge 225/92).

I vulcani campani e laziali

Per quanto riguarda il Vesuvio, il livello di allerta attuale, dichiarato dal Dipartimento della Protezione Civile (DPC) sulla base dei risultati del monitoraggio dell'INGV è verde: non si segnalano fenomeni anomali rispetto all'ordinaria attività del vulcano.

Livello di allerta attualmente verde anche ad Ischia dove il sistema di sorveglianza non evidenzia variazioni significative nello stato di attività.

L'area flegrea invece, oltre al rischio vulcanico (inteso come probabilità di invasione dei flussi piroclastici e/o dall'apertura di nuove bocche) è da sempre interessata anche dal fenomeno del bradisismo, caratterizzato da continui cicli di abbassamento e innalzamento del terreno, il *trend* di deformazione attuale, è di innalzamento. Nel corso del 2023-24 inoltre la zona è stata interessata anche da una elevata sismicità ( $n^{\circ}\text{max}$  eventi/mese = 1118 ad agosto;  $M_{\text{dmax}}=4.2\pm 0.3$ ; evento del 27/09/2023). Il sollevamento registrato da novembre 2005 ad aprile 2024 assomma a circa 125cm nel Rione Terra a Pozzuoli (punto di massima deformazione della caldera) di cui 92 cm da gennaio 2016.

I parametri geochimici confermano i *trend* pluriennali di riscaldamento e pressurizzazione del sistema idrotermale con un elevato degassamento nell'area della Solfatara. L'insieme dei risultati scientifici rafforza l'evidenza della presenza di magma in profondità quale causa scatenante dell'attuale crisi bradisismica, ma non vi sono evidenze di risalita magmatica.

La situazione non è, quindi, tale da suggerire significative evoluzioni a breve termine, ed il livello di allerta è giallo, cioè medio-basso. L'attività è costantemente monitorata dall'Osservatorio Vesuviano-INGV che produce un report settimanale<sup>29</sup> (Figura 4-133).

---

<sup>29</sup> [Osservatorio Vesuviano - Settimanali Campi Flegrei \(ingv.it\)](https://www.ingv.it/osservatorio-vesuviano-settimanali-campi-flegrei)

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

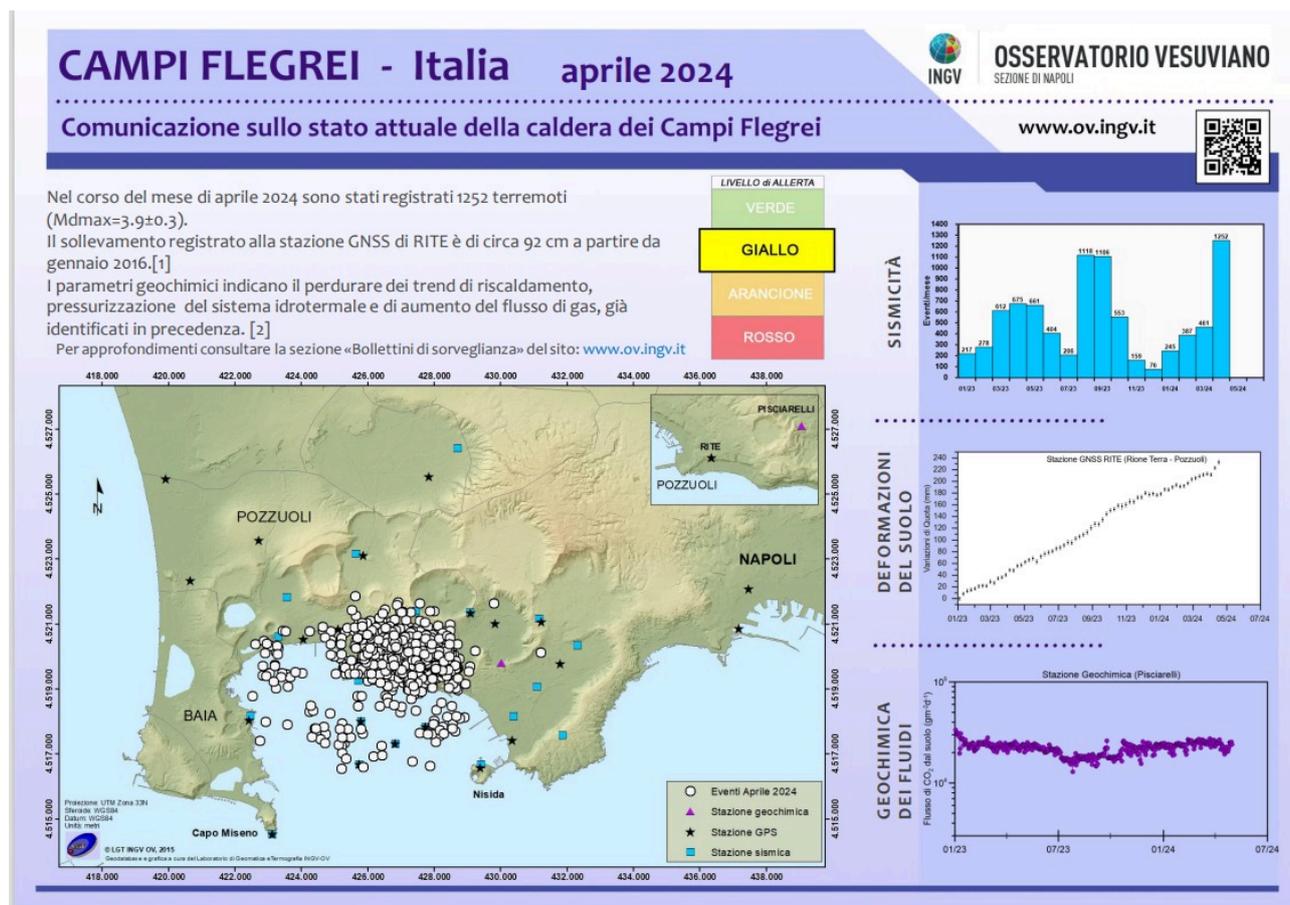


Figura 4-133: Attuale livello di allerta dei Campi Flegrei. Fonte: INGV-Osservatorio vesuviano

Lo stato di condotto chiuso, unito alla storia vulcanica degli apparati, con molteplici eventi ad elevata ed elevatissima esplosività, e all'elevata urbanizzazione delle aree campane rende l'area napoletana-ischitana una delle zone a più elevato rischio vulcanico dell'intero pianeta.

Tenuti sotto controllo anche i Colli Albani alla luce del costante sollevamento del suolo degli ultimi anni e dalle ricerche di alcuni autori che ipotizzano una lenta ricarica della camera magmatica che potrebbe essere preludio, **a lungo termine** (migliaia di anni), di una nuova fase eruttiva. Attualmente il rischio maggiore è rappresentato dalla fuoriuscita di gas tossici lungo fratture.

#### I vulcani siciliani, Eoliani e sottomarini

Livello di allerta attualmente verde anche per l'Etna dove, comunemente, la pericolosità è decisamente inferiore al vulcanismo campano anche per l'attuale stato di condotto aperto, con libera fuoriuscita dei gas, che riduce la possibilità di eruzioni ad alta esplosività. L'attività registrata è prevalentemente stromboliana con fontane di lava che raggiungono centinaia di metri di altezza durante i parossismi, con ricadute dei prodotti grossolani nelle aree sommitali o limitrofe del vulcano. Le problematiche più significative sono legate alle dense nubi eruttive che possono raggiungere diversi chilometri di altezza con disturbo del traffico aereo e alle ceneri di ricadute che possono raggiungere le aree urbane. Il pericolo maggiore per i beni esposti è legato alle colate di lava che possono raggiungere i centri abitati etnei lasciando comunque il tempo per l'evacuazione della popolazione. Molto più pericolose possono essere le eruzioni laterali dell'Etna, fortunatamente meno frequenti. Quando si verificano, le bocche eruttive si aprono a quote più basse e quindi più vicine agli insediamenti urbani sulle pendici del vulcano, con un conseguente aumento del rischio ed un minor spazio temporale di intervento. Nel 1699 l'apertura di un campo vulcanico a quote basse determinò colate di lava che distrussero totalmente 9 paesi e una parte di Catania, arrivando sino a mare (Figura 4-134).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima



Figura 4-134: L'eruzione dell'Etna del 1699 con distruzione di una parte del settore occidentale di Catania.  
Fonte: INGV.

Livello di allerta giallo per Stromboli, un vulcano in perenne attività, capace di violente, improvvise e non prevedibili eruzioni che possono coinvolgere anche parte dei centri abitati isolani. Durante le fasi parossistiche, oltre alle problematiche relative ai prodotti di ricaduta, possono verificarsi movimenti franosi lungo i fianchi (in particolare sul versante della Sciara del Fuoco), subaerei e sottomarini, di dimensioni tali da innescare tsunami, anche di entità molto superiore a quello verificatosi nel 2002. In quella occasione fu generato da una frana sottomarina di circa 16 milioni di m<sup>3</sup>, raggiungendo le coste delle altre isole dell'arcipelago e le coste di Calabria e Sicilia.

All'isola di Vulcano, dopo la crisi vulcanica del 2021-2022 con aumento di lievi terremoti e incremento della concentrazione e della temperatura dei gas vulcanici che aveva spostato il livello d'allerta verso il giallo, da dicembre 2023 il livello d'allerta è tornato verde.

Rischio decisamente inferiore, ma non del tutto trascurabile, è connesso ai vulcani sottomarini del Tirreno. La pericolosità di tali vulcani non è legata solo all'attività endogena, ma anche alla possibile attivazione di movimenti gravitativi lungo il versante del vulcano, che potrebbero generare onde di tsunami.

Un discorso a parte è necessario per l'area del Canale di Sicilia-Pantelleria anche a causa della concentrazione di permessi di ricerca per idrocarburi presenti nell'area.

Negli ultimi anni diversi studi hanno evidenziato la presenza di numerosi cono vulcanici con evidenza di attività recente con l'eruzione subaerea e l'emersione dell'isola Ferdinandea (Graham) nel 1831, probabilmente parte di un vasto apparato vulcanico sommerso, e le eruzioni sottomarine dei *seamounts* Terribile e Pinne nel settore nordorientale e del mare di Pantelleria (1890) nel settore meridionale. Oltre ai cono vulcanici sono diffusamente presenti *Pockmarks*, depressioni circolari legate al degassamento, anche violento, dei fluidi, in sedimenti non consolidati. Le indagini geofisiche stanno mettendo in luce una realtà molto più complessa di quanto conosciuto in precedenza con apparati vulcanici anche a poca distanza dalla costa agrigentina. Una violenta eruzione sottomarina potrebbe innescare pericolose onde di tsunami che raggiungerebbero in breve tempo le coste siciliane.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Negli ultimi decenni solo Etna e Stromboli hanno dato luogo ad eruzioni di rilievo con conseguenti disagi al traffico aereo e, purtroppo, anche con coinvolgimento della popolazione. Ferimenti si sono registrati durante le eruzioni etnee del 2002 e 2017, mentre una vittima è stata provocata dalla eruzione parossistica dello Stromboli del 3 luglio 2019.

I piani di emergenza

Nel caso di Vesuvio e Campi Flegrei, il DPC ha predisposto appositi piani di emergenza, volti a gestire le fasi di eventuali eruzioni anche tramite l'evacuazione delle aree ritenute a rischio sulla base degli scenari eruttivi di riferimento. I piani nazionali vengono anche testati periodicamente, come fatto nell'ottobre 2019 con l'esercitazione Exe Flegrei, che ha coinvolto tutti i Centri di Competenza del DPC.

Sarebbe, comunque, necessario e auspicabile che tale pianificazione fosse accompagnata sia da un'azione di decongestionamento di una situazione urbanistica inconciliabile con la presenza di strutture vulcaniche attive, sia da un'opera di corretta sensibilizzazione della popolazione che prenda coscienza dell'ineluttabilità dell'evento, della possibilità di lunghi tempi d'attesa e di falsi allarmi, e la possibilità che l'eruzione si manifesti con intensità e modalità diverse da quelle previste.

Piani di emergenza per il rischio vulcanico sono stati predisposti anche per Vulcano e Stromboli, con veloce evacuazione della popolazione mentre ancora non è stato rilasciato il complesso piano di emergenza di Ischia.

Alla luce dell'impatto delle eruzioni vulcaniche è evidente la necessità di tener ben presente il livello di pericolosità vulcanica e le mappe di rischio nella pianificazione di impiantistica ai fini energetici.

#### 4.10.4 Subsidenza

Nel contesto del PNIEC le azioni previste per la crescente decarbonizzazione del sistema energetico e per garantirne la stabilità prevedono la realizzazione di una serie di impianti ed infrastrutture fisiche che possono avere un impatto sul territorio per quanto riguarda il fenomeno della subsidenza.

Il fenomeno della subsidenza consiste in un lento abbassamento della superficie del terreno che può interessare sia territori di estensione regionale, sia aree limitate, e trae origine sia da fenomeni naturali sia da cause indotte da attività antropiche.

La subsidenza è generalmente causata da fattori geologici (compattazione dei sedimenti, tettonica, isostasia) e interessa prevalentemente i terreni compressibili, ma negli ultimi decenni essa è stata localmente aggravata dall'azione dell'uomo e ha raggiunto dimensioni superiori a quelle di origine naturale.

La subsidenza naturale, di origine geologica, è controllata da numerosi fattori che possono agire a profondità diverse. I principali tra essi sono la tettonica e le deformazioni del substrato profondo a causa del carico dei sedimenti sovrastanti, a questi fattori, inoltre, si può aggiungere la consolidazione dei terreni di recente deposizione, in particolare nei sistemi costieri. Nelle fasce costiere, inoltre, questo fenomeno può contribuire ad accentuare gli effetti dei fenomeni di erosione costiera e ingressione marina.

Il fenomeno naturale è generalmente caratterizzato da movimenti lenti in genere pari a qualche millimetro l'anno, pertanto, le sue conseguenze sono relativamente ridotte, manifestandosi perlopiù in tempi lunghi o molto lunghi, sebbene in alcune aree di sedimentazione recente, come ad esempio i delta fluviali, gli abbassamenti possono superare i 10 mm l'anno. Infine, improvvise accelerazioni, con abbassamenti fino a qualche decimetro, si possono determinare nel caso di eventi sismici.

La subsidenza, come detto, può anche essere indotta e/o accelerata dalle attività antropiche, quali ad esempio l'estrazione di idrocarburi o lo sfruttamento di acquiferi profondi, il prelievo di solidi dal sottosuolo, lo sfruttamento geotermico, le attività di bonifica, gli scavi di gallerie o interventi di urbanizzazione. In tali casi

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

le deformazioni possono raggiungere valori da dieci a oltre cento volte maggiori della subsidenza naturale e i suoi effetti si possono manifestare anche in tempi brevi, determinando, in alcuni casi, la compromissione delle opere e delle attività umane coinvolte dal fenomeno. L'interazione di processi naturali e antropici rende complesso il suo studio e pertanto anche la sua mitigazione.

Sono numerose le aree del territorio italiano in cui si osserva questo fenomeno. L'area italiana maggiormente coinvolta dal fenomeno della subsidenza è la Pianura Padana, all'interno della quale i casi più noti sono: Venezia, il delta del Po e l'area costiera dell'Alto Adriatico; Ravenna e il territorio costiero della Riviera Romagnola; Bologna e ampie porzioni della pianura dell'Emilia-Romagna. Nelle regioni del centro e del sud Italia i settori coinvolti da fenomeni di subsidenza sono presenti in aree più limitate, in genere pianure costiere, ma non per questo meno importanti come conseguenze.

Lo studio e l'analisi dell'evoluzione di questo fenomeno avviene attraverso indagini specifiche di monitoraggio, che possono essere effettuate tramite differenti metodologie (livellazioni geometriche di alta precisione, reti GNSS, tecniche interferometriche differenziali).

Sebbene siano presenti reti di monitoraggio strumentali in alcune aree del territorio nazionale, ad esempio nella Pianura Padana, la conoscenza del fenomeno è ancora parziale e disomogenea.

Attualmente non è stata determinata l'effettiva estensione del fenomeno e l'entità della subsidenza nelle varie aree del territorio italiano a causa della disomogeneità nei metodi di monitoraggio e della complessità del fenomeno medesimo. Solo in alcune aree esistono sistemi di monitoraggio regionale o locale attraverso i quali è possibile ottenere informazioni sull'andamento nel tempo del fenomeno, come ad esempio accade in Emilia-Romagna. In questa regione, infatti, da alcuni decenni il fenomeno viene controllato periodicamente, grazie alla disponibilità di una gran mole di misure di livellazione e GPS, alle quali si sono aggiunte negli ultimi anni le informazioni desumibili dall'interferometria radar da satellite. Anche in altre regioni il fenomeno è stato studiato utilizzando l'interferometria radar da satellite, come ad esempio la Campania, il Veneto, la Toscana e la Lombardia, tuttavia esso non è monitorato con regolarità. Attualmente l'unica regione che periodicamente produce carte di iso-subsidenza e di iso-variazione è l'Emilia-Romagna.

Sulla base delle informazioni raccolte da studi ed analisi sul fenomeno della subsidenza, effettuate a varia scala e con finalità diverse da Regioni, Enti di ricerca, Università, Province Autonome, ISPRA ha stimato che il fenomeno della subsidenza coinvolge circa il 17% dei comuni italiani (Figura 4-135). Si tratta prevalentemente di comuni situati nelle regioni del Nord Italia, in particolare nell'area della Pianura Padana. Nell'Italia centrale e meridionale il fenomeno interessa prevalentemente le pianure costiere. Le regioni più esposte sono il Veneto e l'Emilia-Romagna, con oltre il 50% dei comuni interessati dal fenomeno, seguite dalla Toscana (30% dei comuni), Lombardia e Friuli-Venezia Giulia (22% dei comuni), Campania (19%), ma non è trascurabile anche in altre regioni come Calabria, Lazio, Puglia, Umbria e Sicilia (Figura 4-136). Per le regioni in cui non sono segnalati comuni interessati dal fenomeno, non significa che esso non sia presente: probabilmente se esiste è limitato arealmente o nella sua intensità.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

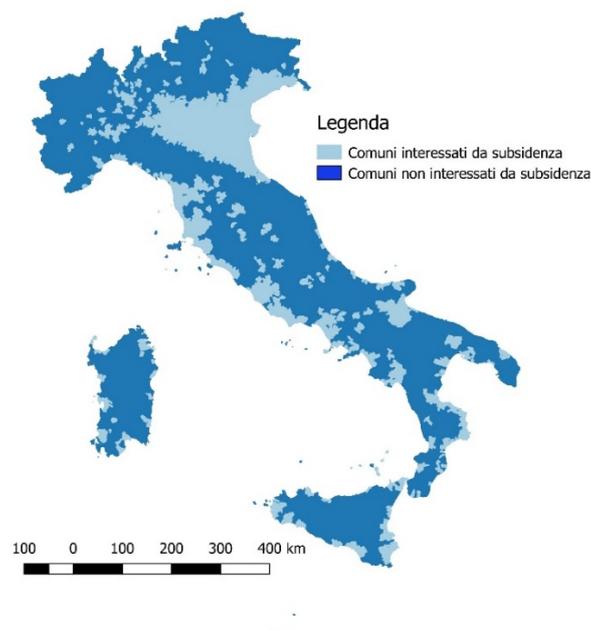


Figura 4-135: Comuni interessati da subsidenza (da *Annuario dei Dati Ambientali 2022*)

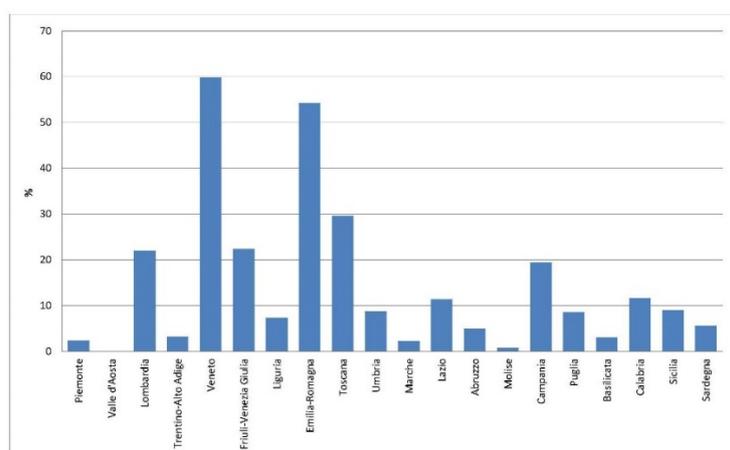


Figura 4-136: Distribuzione percentuale dei Comuni interessati da subsidenza per ciascuna Regione (da *Annuario dei Dati Ambientali 2022*)

#### 4.10.5 Pericolosità da sinkhole

Nelle pianure italiane sono frequenti i fenomeni di sprofondamento naturale (sinkholes naturali) connessi a substrati carsici, ma anche non strettamente correlati a carsismo (*deep piping sinkholes*), a causa di una potente copertura di terreni sedimentari semi-permeabili al tetto del bedrock (roccia dura e solida al di sotto di materiali superficiali quali terra e ghiaia).

Queste voragini, sinkholes naturali, possono essere correlate a fenomeni di liquefazione (*piping*), a *suffosione profonda*, a oscillazioni della falda originate per cause diverse. Tali fenomeni di sprofondamento dei terreni sono più diffusi di quanto si possa pensare. Le fonti storiche confermano che sinkholes catastrofici erano già noti in epoca romana, e con frequenza centennale hanno interessato le medesime aree, laddove i primi fenomeni erano stati obliterati artificialmente o naturalmente. I sinkholes attualmente conosciuti si

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

concentrano su conche intramontane, in valli alluvionali e in pianure costiere; subordinatamente alcuni fenomeni sono stati rinvenuti su fasce pedemontane di raccordo con aree di pianura e in piccole depressioni intra-collinari. È stata ipotizzata la connessione di molti dei fenomeni censiti con meccanismi di risalita di fluidi aggressivi. Le aree suscettibili si concentrano sul medio versante tirrenico e in particolare nelle regioni Lazio, Abruzzo, Campania e Toscana. Il versante adriatico, a causa del proprio assetto geologico-strutturale, non è interessato da questo tipo di sinkholes, così come l'arco Alpino e le Dolomiti. Nelle pianure del Veneto e in Emilia-Romagna, soprattutto in Pianura Padana alla confluenza del Po con l'Adige, sono presenti, poi, numerosi laghetti di forma sub-circolare la cui formazione è imputabile a processi di *evorsione* (fenomeni erosivi legati a turbolenze ad asse verticale connessi alla liquefazione dei terreni). Nella Pianura Padana e nelle pianure lombarde sono inoltre diffusi sinkholes di piccolo diametro e modesta profondità (denominati dalle popolazioni locali *occhi pollini*) i cui meccanismi genetici di innesco, probabilmente dovuti a fenomeni di *suffosione superficiale*, sono attualmente in fase di studio. Nelle pianure e conche interne del Veneto, del Friuli-Venezia Giulia, della Provincia autonoma di Bolzano i fenomeni di sprofondamento sono strettamente controllati dalla dissoluzione di litotipi evaporitici e carbonatici che si rinvengono al di sotto di una copertura generalmente di modesto spessore, riconducibili pertanto a tipologie di processi connessi al carsismo (*cover-collapse sinkhole*). I fenomeni segnalati in Calabria, invece, sono riconducibili a piccole cavità, oggi ricolmate, di difficile ubicazione, originatesi nella totalità dei casi durante eventi sismici e connesse a fenomeni di liquefazione dei terreni. Il contesto geologico appare sostanzialmente differente in Sicilia e in Puglia, in cui i casi di sprofondamento sono condizionati dalla presenza di terreni evaporitici (gesso e sale) o calcarei e da coperture argillose o sabbiose di spessore più modesto.

Nelle aree urbane del territorio italiano al di sotto del tessuto urbano sono presenti per lo più sinkhole antropogenici connessi prevalentemente alla presenza di cavità sotterranee (gallerie e cunicoli di cava, ipogei di culto e necropoli, cunicoli idraulici, cisterne etc.). Le città maggiormente interessate dal fenomeno sono le grandi aree metropolitane il cui substrato è stato interessato da coltivazioni minerarie a scopo edilizio.

#### 4.10.6 Pericolosità da frana

Le nuove Mosaicature nazionali di pericolosità, realizzate sulla base dei Piani di Assetto Idrogeologico – PAI Frane e delle mappe di pericolosità idraulica, e aggiornate al 2021 (ultima versione disponibile) secondo gli scenari del D. Lgs. 49/2010 di recepimento della Direttiva Alluvioni (2007/60/CE), tengono conto degli aggiornamenti forniti dalle Autorità di Bacino Distrettuali. Complessivamente il 18,4% (55.609 km<sup>2</sup>) del territorio nazionale è classificato a pericolosità frane elevata, molto elevata e/o a pericolosità idraulica media (tempo di ritorno tra 100 e 200 anni). Rispetto all'edizione precedente, emerge un incremento percentuale del 3,8% della superficie classificata a pericolosità da frana elevata e molto elevata e del 18,9% della superficie a pericolosità idraulica media. L'incremento è legato principalmente a un miglioramento del quadro conoscitivo effettuato dalle Autorità di Bacino Distrettuali con studi di maggior dettaglio e mappatura di nuovi fenomeni franosi o di eventi alluvionali recenti. La superficie complessiva, in Italia, delle aree a pericolosità da frana PAI e delle aree di attenzione è pari a 60.481 km<sup>2</sup> (20% del territorio nazionale). Come riportato in Tabella 4-44 la superficie delle aree a pericolosità da frana molto elevata è pari a 9.495 km<sup>2</sup> (3,1%), quella a pericolosità elevata è pari a 16.891 km<sup>2</sup> (5,6%), a pericolosità media a 14.551 km<sup>2</sup> (4,8%), a pericolosità moderata a 12.556 km<sup>2</sup> (4,2%) e quella delle aree di attenzione è pari a 6.988 km<sup>2</sup> (2,3%). Se prendiamo in considerazione le classi a maggiore pericolosità (elevata P3 e molto elevata P4), assoggettate ai vincoli di utilizzo del territorio più restrittivi, le aree ammontano a 26.385 km<sup>2</sup>, pari all'8,7% del territorio nazionale.

Tabella 4-44: Aree a pericolosità da frana PAI in Italia – Mosaicatura 2020-2021

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Aree a pericolosità da frana			
		km <sup>2</sup>	% su territorio nazionale
P4	<b>Molto elevata</b>	9.495	3,1%
P3	<b>Elevata</b>	16.891	5,6%
P2	<b>Media</b>	14.551	4,8%
P1	<b>Moderata</b>	12.556	4,2%
AA	<b>Aree di Attenzione</b>	6.988	2,3%
<b>Totale Italia</b>		<b>60.481</b>	<b>20%</b>

La mappa nazionale delle aree a pericolosità da frana PAI – Mosaicatura 2020-2021, è riportata in Figura 4-137.

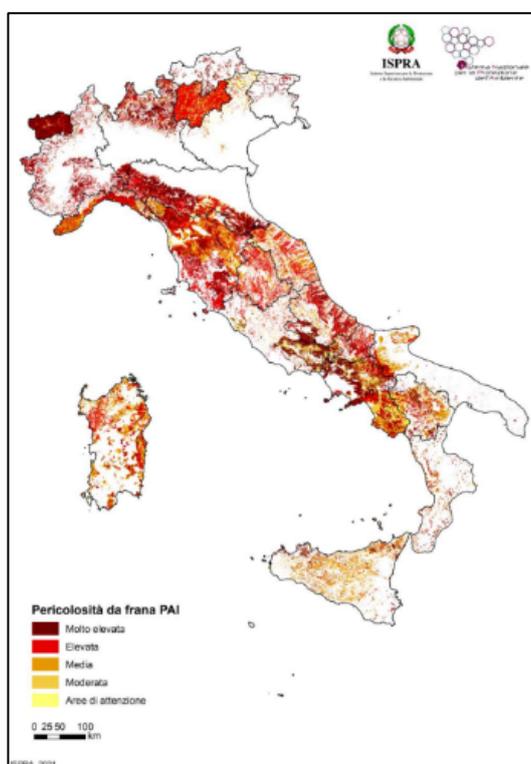


Figura 4-137: Aree a pericolosità da frana PAI – Mosaicatura 2020-2021. Fonte Rapporto ISPRA 2021 su Dissesto idrogeologico in Italia: pericolosità e indicatori di rischio (356-2021)

Per la valutazione e mappatura della pericolosità da frana, le Autorità di Bacino, le Regioni e le Province Autonome hanno utilizzato diverse metodologie, tra cui il metodo qualitativo a matrici, il metodo geomorfologico, i metodi quantitativi statistici o approcci di tipo misto, caratterizzati dalla combinazione di più metodi. Si ha quindi che i metodi di perimetrazione adottati possono talvolta differire generando, a livello nazionale, significative disomogeneità di mappatura e classificazione. Le maggiori differenze si riscontrano tra le mappature di pericolosità che hanno classificato solo i poligoni di frana (es. Bacini idrografici dell'Alto Adriatico, Provincia Autonoma di Bolzano) e quelle che hanno classificato l'intero territorio (es. Regione Valle d'Aosta, Provincia Autonoma di Trento, Bacino dell'Arno). Se analizziamo infatti la distribuzione delle frane dell'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia si riscontra una omogeneità decisamente superiore. Per tale motivo, è sempre buona norma la consultazione dell'inventario IFFI. L'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

(Progetto IFFI), realizzato dall'ISPRA e dalle Regioni e Province Autonome, censisce le frane verificatesi sul territorio nazionale secondo modalità standardizzate e condivise (APAT, 2007a). L'Inventario IFFI è la banca dati sulle frane più completa e di dettaglio esistente in Italia, per la scala della cartografia adottata (1:10.000) e per il numero di parametri ad esse associati. Le frane censite nell'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia sono oltre 625.000 e interessano un'area di quasi 24.000 km<sup>2</sup>, pari al 7,9% del territorio nazionale. I dati sono aggiornati al 2021 per la Provincia Autonoma di Bolzano; al 2018 per la Regione Umbria; al 2016 per le regioni Emilia-Romagna, Friuli-Venezia Giulia, Liguria, Piemonte, Sicilia e Valle d'Aosta; al 2015 per la Toscana; al 2014 per la Basilicata e la Lombardia. Per le restanti regioni i dati sono aggiornati al 2007.

L'inventario è consultabile on-line sulla piattaforma IdroGEO (<https://idrogeo.isprambiente.it>) di cui si riporta un'interfaccia in Figura 4-138.

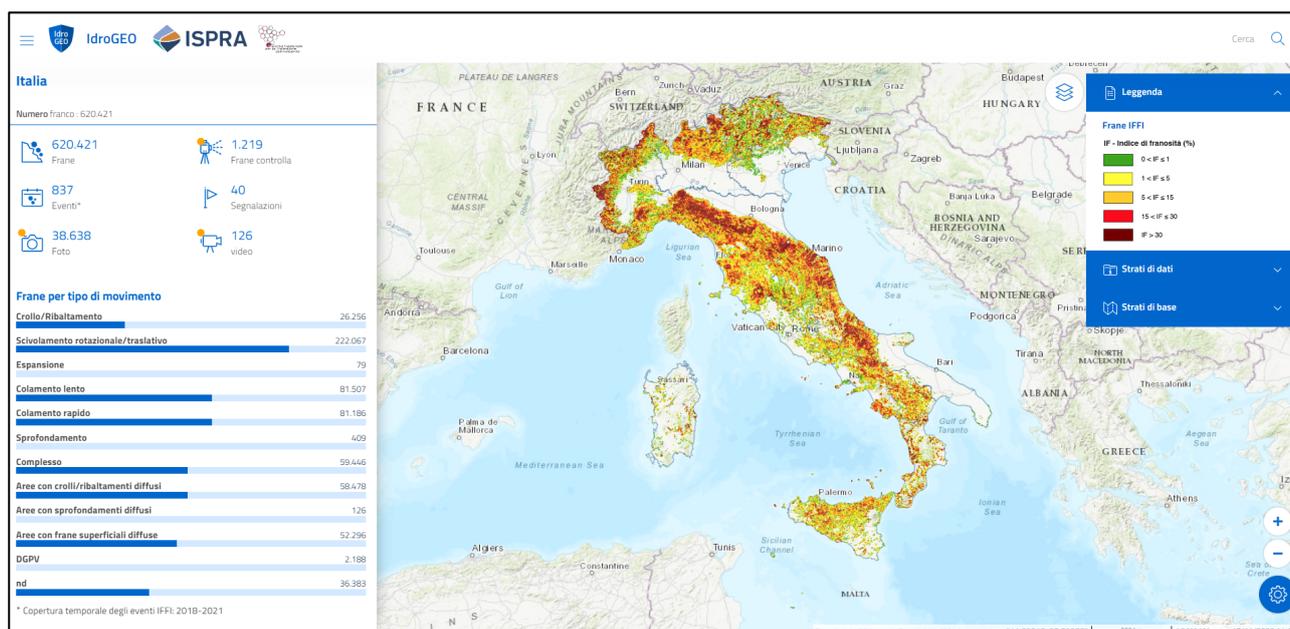


Figura 4-138: Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia – IFFI; Piattaforma IdroGEO (<https://idrogeo.isprambiente.it>).

### Beni culturali a rischio frane in aree a pericolosità PAI.

I Beni Culturali complessivi a rischio frane in Italia sono oltre 38.000 pari al 17,9% del totale (213.360 Beni Culturali; banca dati VIR al 7 giugno 2021). Se consideriamo le classi di pericolosità elevata P3 e molto elevata P4 i Beni Culturali esposti sono oltre 12.500 pari al 5,9% (dicembre 2021). Il dettaglio sui Beni Culturali a rischio nelle singole classi di pericolosità da frana è riportato in Figura 4-139. Per la salvaguardia dei Beni Culturali, è particolarmente importante valutare tutte le classi di pericolosità, tenuto conto che, in caso di evento, i danni prodotti al patrimonio culturale potrebbero essere inestimabili e irreversibili fino alla perdita totale del bene; quelli architettonici, monumentali e archeologici, a differenza dei beni mobili (es. quadri, sculture), non sono inoltre delocalizzabili e necessitano quindi di adeguate misure strutturali di salvaguardia.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

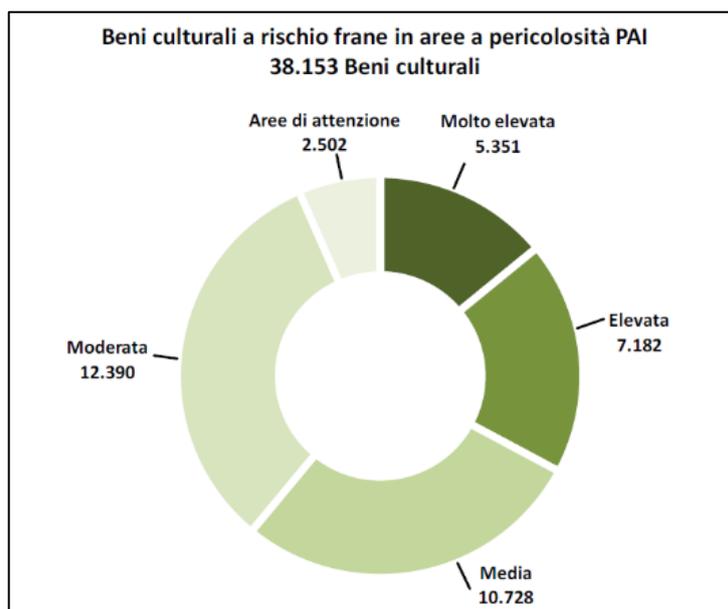


Figura 4-139. Beni Culturali a rischio frane in aree a pericolosità PAI in Italia – elaborazione 2021

#### 4.10.7 Pericolosità idraulica

I cambiamenti climatici in atto, come confermato dall'ultimo rapporto IPCC2023 (AR6 - Sesto Rapporto di valutazione), incidono in maniera determinante sulle modalità di distribuzione spazio-temporale delle precipitazioni. In riferimento al tema del dissesto idrogeologico, e nello specifico, al tema delle alluvioni, gli effetti dei cambiamenti climatici si traducono in un aumento delle portate e dei volumi di piena che si possono osservare in un determinato tempo e spazio lungo tutte le principali aste fluviali del nostro territorio Nazionale.

Relativamente alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvione (Direttiva Alluvioni 2007/60/CE), occorre considerare un ulteriore effetto di criticità dovuto all'impatto delle attività antropiche sull'incremento della pericolosità e del rischio associato alle alluvioni. L'aumento della probabilità di accadimento e di aggravamento delle condizioni dei fenomeni alluvionali, per effetto delle pratiche antropiche, avvengono a seguito di modificazioni permanenti della naturale capacità di espansione delle piene per una diffusa riduzione delle aree di drenaggio e del significativo consumo di suolo (Report SNPA n. 37/2023). La Direttiva Alluvioni pone delle basi concrete per l'analisi delle suddette problematiche attraverso la conoscenza del territorio, la prevenzione, la protezione, la preparazione e la ricostruzione/analisi post evento, al fine di concorrere alla riduzione del rischio di alluvioni. Nello specifico dispone che specifici piani di gestione siano predisposti nell'ambito delle attività di pianificazione di bacino e che questi prendano in considerazione i seguenti aspetti quantitativi:

- la portata della piena e l'estensione dell'inondazione;
- le vie di deflusso delle acque e le zone con capacità di espansione naturale delle piene;
- gli obiettivi ambientali (parte terza, titolo II, del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii);
- la gestione del suolo e delle acque;
- la pianificazione e le previsioni di sviluppo del territorio;
- l'uso del territorio;
- la conservazione della natura.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

ISPRA all'interno del Rapporto sulle condizioni di pericolosità da alluvioni in Italia (*Report ISPRA n. 353/2021*), delinea un quadro conoscitivo dettagliato sulle condizioni di pericolosità e di rischio alluvioni in Italia. Le informazioni sono fornite alla scala di Distretto Idrografico e nello specifico i risultati proposti, aggregati a scala nazionale, forniscono l'estensione e localizzazione delle aree potenzialmente allagabili e la popolazione esposta a rischio per i diversi scenari di probabilità (i.e., High Probability Hazard - HPH, Medium Probability Hazard - MPH e Low Probability Hazard - LPH).

Aree soggette a rischio potenziale di alluvione

Alla luce dei risultati derivanti dalla mosaicatura delle aree allagabili realizzata dall'ISPRA (*Report ISPRA n. 353/2021*), aggiornata al 2020, per i 3 scenari di pericolosità da alluvione previsti dalla Direttiva Alluvione (HPH, MPH e LPH), le aree:

- a pericolosità elevata (HPH) raggiungono il 5,4% del territorio nazionale;
- a pericolosità media (MPH) sono il 10,0%;
- a pericolosità bassa (LPH) raggiungono il 14,0%;

Interessante è osservare l'incremento delle diverse percentuali se confrontate con la precedente mosaicatura ISPRA 2017. Questa mostra, per gli stessi scenari di pericolosità, valori inferiori rispetto al dato aggiornato più recente. Nello specifico si osservano valori del 4,1%, 8,4% e 10,9% per HPH, MPH e LPH, rispettivamente, e quindi una tendenza di crescita in termini di aree critiche esposte a pericolosità da alluvioni.

Strumenti di mitigazione del rischio alluvione

In termini di contrasto e mitigazione degli effetti del rischio alluvioni, la Direttiva Alluvioni sostiene la necessità di prediligere iniziative di tipo non strutturali rivolte alla riduzione della probabilità di inondazione (i.e., promozione di pratiche sostenibili di uso del suolo, miglioramento della capacità di ritenzione delle acque e la conservazione della natura). Questi tipi di intervento consistono nell'applicazione di vincoli all'uso del suolo, rimozioni o delocalizzazioni, misure atte a ridurre il deflusso nei sistemi di drenaggio naturali o artificiali, migliorando la naturale capacità di infiltrazione e di invaso e agendo quindi sui meccanismi di formazione e propagazione dei deflussi. Tutti interventi che sostanzialmente cercano di contrastare da un lato gli effetti negativi potenzialmente indotti da attività antropiche, e contestualmente mettere in atto interventi che possano rendere più resiliente il nostro territorio agli effetti dei cambiamenti climatici.

Piani per l'assetto idrogeologico

I distretti idrografici sono dotati di *Piani per l'assetto idrogeologico* P.A.I. Essi sono solitamente redatti a scala di bacino idrografico. I P.A.I. sono stati redatti per mappare la pericolosità idraulica del territorio. In alcuni distretti essi sono dotati di *Norme tecniche di attuazione* N.T.A., le quali vincolano la trasformabilità del territorio sulla base della pericolosità idraulica. Conseguentemente sarà necessario verificare che eventuali interventi previsti nelle successive fasi attuative di questo piano siano compatibili con le N.T.A. dei P.A.I. vigenti.

#### 4.11 Rifiuti

Nel contesto del PNIEC il settore dei rifiuti rappresenta un comparto che fornisce un importante contributo al processo di decarbonizzazione in termini di emissioni gas serra e produzione di energia. Se da un lato, infatti, gli impianti di gestione dei rifiuti contribuiscono alla produzione di energia elettrica/termica, di biogas e biometano dall'altro rappresentano una fonte di emissione di gas climalteranti (discariche, inceneritori, ecc.) Alcune misure di attuazione del PNIEC, allo stesso tempo, comportano potenziali pressioni sul ciclo di gestione

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

dei rifiuti in termini di produzione di rifiuti (veicoli fuori uso, impianti fotovoltaici, materiali da costruzione-demolizione, apparecchiature elettriche ed elettroniche, pile e accumulatori).

Di seguito si riporta la situazione impiantistica nazionale degli impianti sopra indicati con riferimento ai dati aggiornati disponibili.

Discariche - I rifiuti urbani smaltiti in discarica, nel 2021, ammontano a 5,6 milioni di tonnellate, facendo registrare, rispetto alla rilevazione del 2020, una riduzione del 3,4%, pari a 198 mila tonnellate di rifiuti. Con riferimento invece al periodo 2002-2021, i dati rilevati evidenziano che lo smaltimento in discarica presenta una progressiva diminuzione del 70% tra il 2002 ed il 2021 e del 52% tra il 2012 ed il 2021. (Figura 4-140)

Analizzando l'andamento della percentuale di raccolta differenziata, che nel 2021 raggiunge il 64% (63% nel 2020), rispetto alla percentuale di smaltimento in discarica, negli anni, si evidenzia che al crescere di quest'ultima si riduce proporzionalmente lo smaltimento in discarica (Figura 4-141).

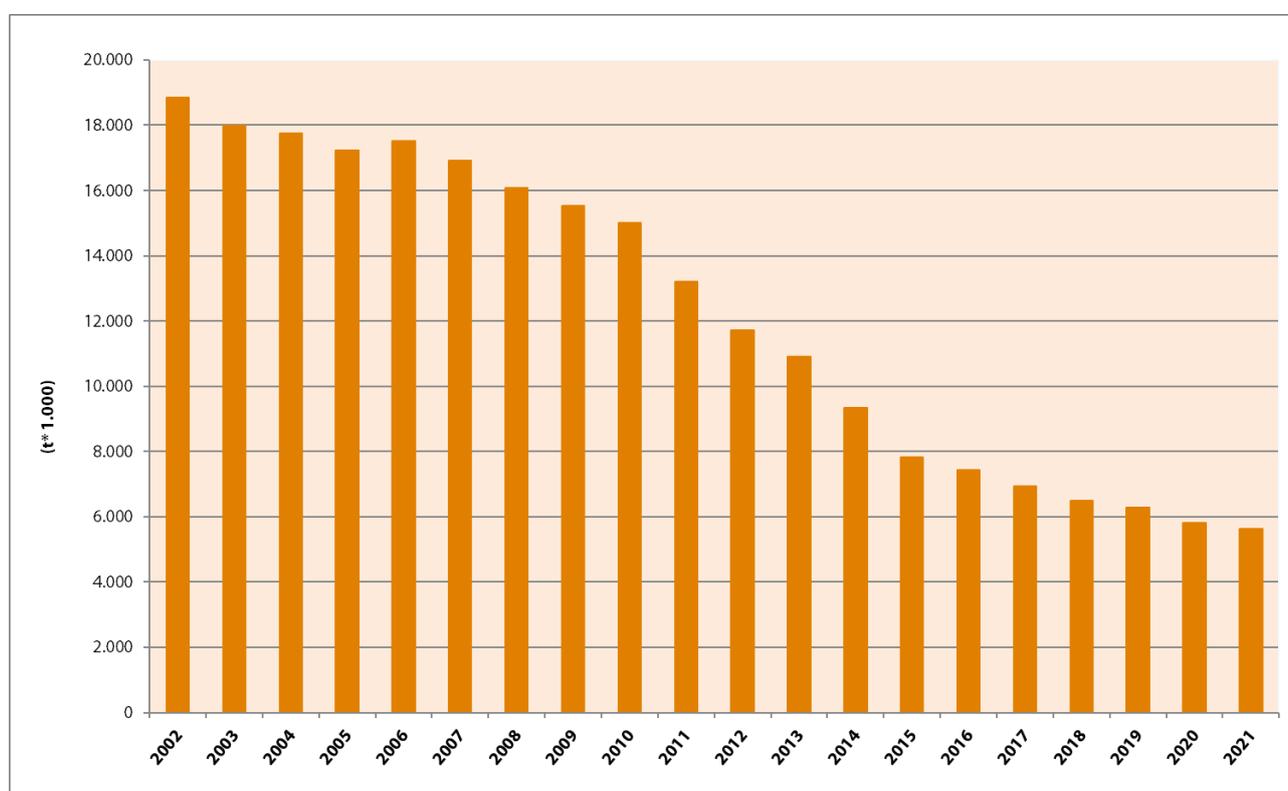


Figura 4-140: Smaltimento in discarica dei rifiuti urbani (tonnellate\*1.000), anni 2002 – 2021

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

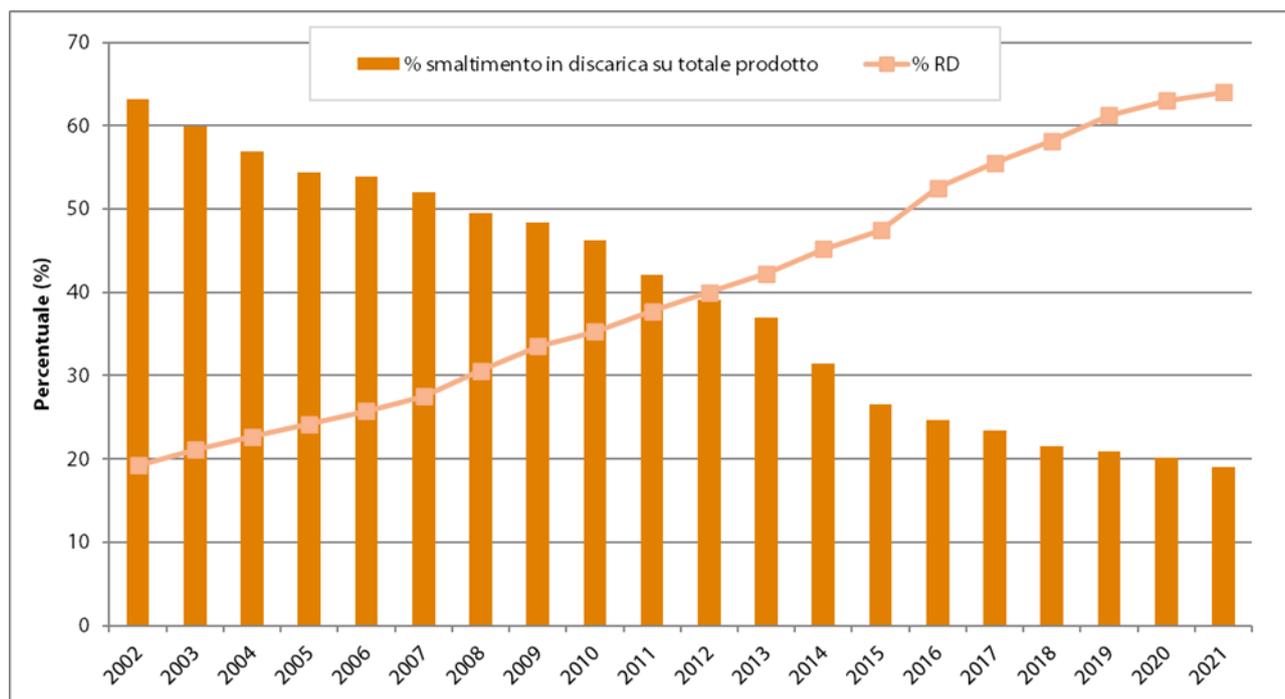


Figura 4-141: Andamento della percentuale di smaltimento in discarica rispetto alla percentuale di RD, anni 2002 – 2021 Fonte: ISPRA

Nelle discariche operative nell'anno 2021 sono stati smaltiti i rifiuti urbani tal quali ed i rifiuti provenienti dal trattamento dei rifiuti urbani, identificati con i codici dell'Elenco Europeo dei rifiuti 190501 (parte di rifiuti urbani e simili non compostata), 190503 (compost fuori specifica), 190599 (rifiuti non specificati altrimenti), 190604 (digestato prodotto dal trattamento anaerobico dei rifiuti urbani), 190699 (rifiuti non specificati altrimenti), 191210 (rifiuti combustibili) e 191212 (materiali misti prodotti dal trattamento meccanico dei rifiuti).

Il 91,5% dei rifiuti urbani smaltiti in discarica sono preliminarmente sottoposti ad operazioni di trattamento sia di tipo meccanico che meccanico biologico, mentre i rifiuti urbani smaltiti in discarica senza trattamento preliminare, nel 2021, ammontano a circa 480 mila tonnellate pari all'8,5% del totale smaltito. Rispetto al 2020, questi ultimi registrano un incremento del 30,8% (+113 mila tonnellate; passando da circa 367 mila tonnellate a circa 480 mila tonnellate).

Nel 2021, sono risultate operative 126 discariche per rifiuti non pericolosi e pericolosi che hanno ricevuto rifiuti di origine urbana. Nel quinquennio analizzato nella Tabella 4-45, si osserva che il numero di discariche si è mantenuto piuttosto stabile e le variazioni registrate non sono riconducibili alla realizzazione di nuovi impianti, ma alle discariche per rifiuti non pericolosi che, nell'anno in esame, a differenza dei precedenti, hanno ricevuto rifiuti di origine urbana. D'altra parte, la flessione dei quantitativi dei rifiuti smaltiti mostra la riduzione del ricorso allo smaltimento in discarica (Tabella 4-45).

Tabella 4-45: Discariche per rifiuti non pericolosi che smaltiscono rifiuti urbani per macroarea geografica, anni 2017 – 2021

Macroarea geografica	N. impianti					Quantità smaltita RU (t/a * 1.000)				
	2017	2018	2019	2020	2021	2017	2018	2019	2020	2021
Nord	51	56	54	54	53	1.719	1.541	1.527	1.479	1.468
Centro	27	25	30	26	28	1.533	1.599	1.910	1.751	1.714

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Macroarea geografica	N. impianti					Quantità smaltita RU (t/a * 1.000)				
	2017	2018	2019	2020	2021	2017	2018	2019	2020	2021
Sud	45	46	47	51	45	3.675	3.356	2.846	2.587	2.436
ITALIA	123	127	131	131	126	6.927	6.496	6.283	5.817	5.619

La riduzione dello smaltimento in discarica dei rifiuti urbani rilevata negli ultimi 10 anni (-52%) è dovuta, oltre che all'incremento della raccolta differenziata evidenziata nella Figura 4-141, anche alla maggiore diffusione del trattamento preliminare che, pur non costituendo un trattamento definitivo, contribuisce alla riduzione del peso e del volume dei rifiuti avviati a smaltimento.

Il d.lgs. n. 36/2003, che recepisce la Direttiva 1999/31/UE, definisce gli obiettivi per una riduzione progressiva dello smaltimento in discarica dei rifiuti urbani biodegradabili (RUB) confermati anche dal così detto "Pacchetto rifiuti". Tali obiettivi sono a breve (173 kg/anno per abitante entro il 2008), medio (115 kg/anno per abitante entro il 2011) e lungo termine (81 kg/anno per abitante entro il 2018). La Direttiva 2018/850/UE che modifica la Direttiva 1999/31/CE, nell'art. 1 comma 5, ha introdotto inoltre un nuovo obiettivo che stabilisce che gli Stati membri adottano le misure necessarie per assicurare che entro il 2035 la quantità di rifiuti urbani collocati in discarica sia ridotta al 10%, o a una percentuale inferiore, del totale dei rifiuti urbani prodotti (per peso).

La normativa italiana è di gran lunga più restrittiva di quella europea, non solo in termini quantitativi ma soprattutto perché impone il raggiungimento degli obiettivi a livello di ambito territoriale ottimale. Il decreto d.lgs. n. 36/2003, nel recepire la direttiva 1999/31/CE, ha infatti modificato l'obiettivo di riduzione dello smaltimento in discarica della frazione biodegradabile dei rifiuti urbani prevedendo un obiettivo di riduzione calcolato attraverso il pro capite. La direttiva invece stabilisce un target nazionale basato sulla riduzione percentuale dello smaltimento rispetto ai rifiuti biodegradabili prodotti nell'anno 1995 fissato come anno di riferimento.

Applicando le disposizioni della direttiva 99/31/CE (art. 5, comma 2) e tenendo conto che la stessa prevede la possibilità di rinviare il raggiungimento degli obiettivi per gli Stati membri che nel 1995 smaltivano in discarica oltre l'80% dei rifiuti urbani raccolti, tra cui l'Italia, il target di riduzione per il 2016 al 35% dei RUB prodotti nel 1995 è così stabilito: i RUB smaltiti in discarica al 2016 devono essere inferiori a 5.864.950 tonnellate. Nel 2021, il totale dei rifiuti urbani biodegradabili smaltiti in discarica in Italia è pari a 3.371.184 tonnellate, corrispondente al 20,1% dei RUB prodotti nel 1995, quindi molto al disotto dell'obiettivo fissato per il 2016 dalla normativa europea (Figura 153). D'altra parte, nello stesso 2021, i quantitativi di rifiuti urbani complessivamente smaltiti in discarica ammontano a 5,6 milioni di tonnellate, pari al 19% del quantitativo dei rifiuti prodotti, percentuale ancora lontana dall'obiettivo del 10%.

Per quanto attiene al target previsto dalla normativa nazionale (d.lgs. 36/2003) indicato sopra, il pro capite nazionale di frazione biodegradabile in discarica risulta, nel 2021, pari a 57 kg per abitante, al di sotto dell'obiettivo a lungo termine stabilito dalla normativa italiana per il 2018 (81 kg/anno per abitante).

Nella Figura 4-142 è riportato l'andamento del pro capite regionale di smaltimento dei rifiuti urbani, con l'indicazione della quota corrispondente ai rifiuti biodegradabili.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

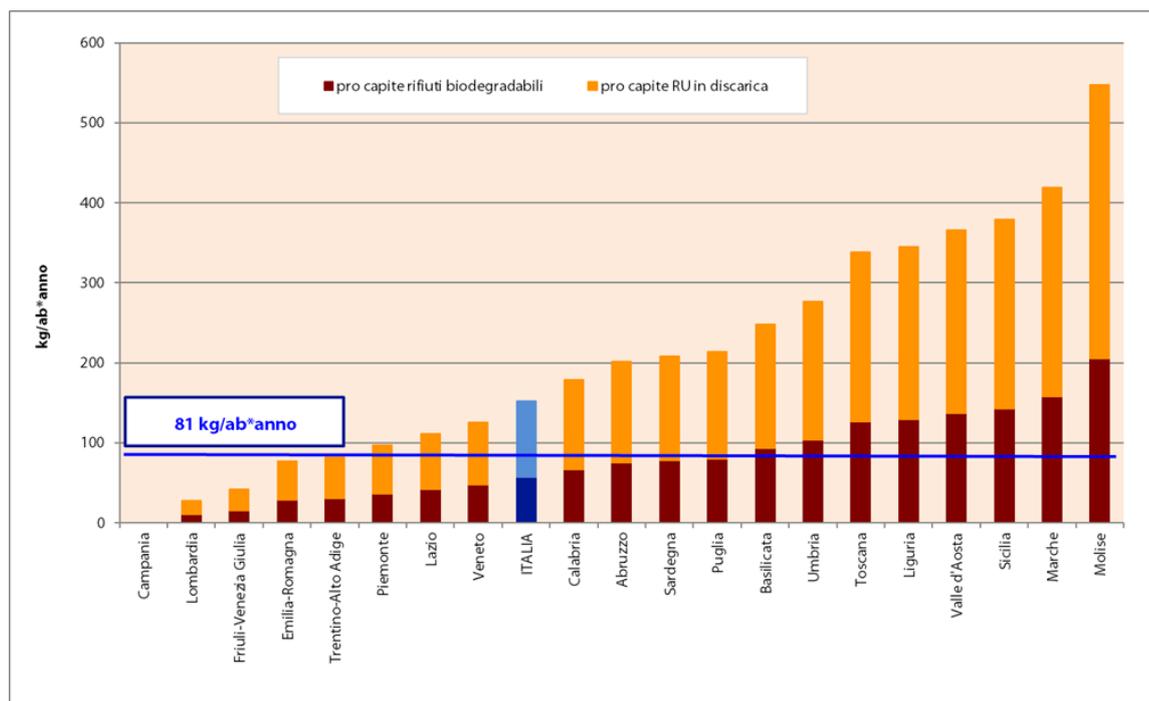


Figura 4-142: Smaltimento pro capite di rifiuti urbani biodegradabili (RUB) per Regione, anno 2021 Fonte: ISPRA

**Impianti di incenerimento dei rifiuti urbani** - Nel 2021, sul territorio nazionale, sono risultati operativi 37 impianti di incenerimento che hanno trattato prevalentemente rifiuti urbani e rifiuti derivanti dal trattamento meccanico biologico dei rifiuti urbani stessi. Il parco impiantistico è localizzato in particolare nelle regioni del Nord (26 impianti) ed in maggior parte in Lombardia e in Emilia-Romagna dove sono presenti 13 e 7 impianti rispettivamente.

Gli impianti di incenerimento hanno trattato termicamente, nell'anno 2021, 5,4 milioni di tonnellate (+1,6% rispetto al 2020; +2,7% rispetto al 2017) di cui poco più della metà (oltre 2,7 milioni di tonnellate) è rappresentata da rifiuti derivanti dal trattamento dei rifiuti urbani (rifiuti combustibili, frazione secca e, in minor misura, bioessiccato) mentre la restante quota è costituita da rifiuti urbani tal quali (identificati con i codici del capitolo EER 20). Negli stessi impianti, inoltre, vengono inceneriti rifiuti speciali per un totale di quasi 657 mila tonnellate (di cui circa 64 mila sono rifiuti pericolosi).

A partire dal 2013 si osserva la progressiva diminuzione del numero degli impianti di incenerimento che da 48 si sono ridotti a 37 unità; tale riduzione ha interessato in particolare, le regioni del centro Italia dove 7 impianti hanno cessato l'attività. D'altra parte, nello stesso intervallo temporale, il quantitativo di rifiuti inceneriti si presenta abbastanza stabile sia a livello nazionale che per macroarea geografica (Tabella 4-46). Tale situazione trova giustificazione nel fatto che, laddove le condizioni tecniche lo hanno consentito, gli impianti hanno incenerito una quantità di rifiuti tale da approssimarsi o giungere alla saturazione del carico termico.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Tabella 4-46: Numero di impianti di incenerimento e quantità di rifiuti totali inceneriti per macroarea geografica, anni 2017– 2021

Macroarea	N. impianti					Quantità RU incenerita (t/a)				
	2017	2018	2019	2020	2021	2017	2018	2019	2020	2021
Nord	26	26	26	26	26	3.683.270	3.946.880	3.905.723	3.739.077	3.869.124
Centro	7	6	5	5	5	598.891	584.745	566.711	532.399	526.804
Sud	6	6	6	6	6	984.618	1.039.848	1.049.216	1.053.166	1.013.556
Italia	39	38	37	37	37	5.266.779	5.571.472	5.521.650	5.324.641	5.409.484

Fonte: ISPRA

Dal confronto della percentuale della raccolta differenziata e quella di incenerimento si può osservare che tale forma di trattamento non costituisce un disincentivo all'aumento della raccolta differenziata (Figura 4-143).

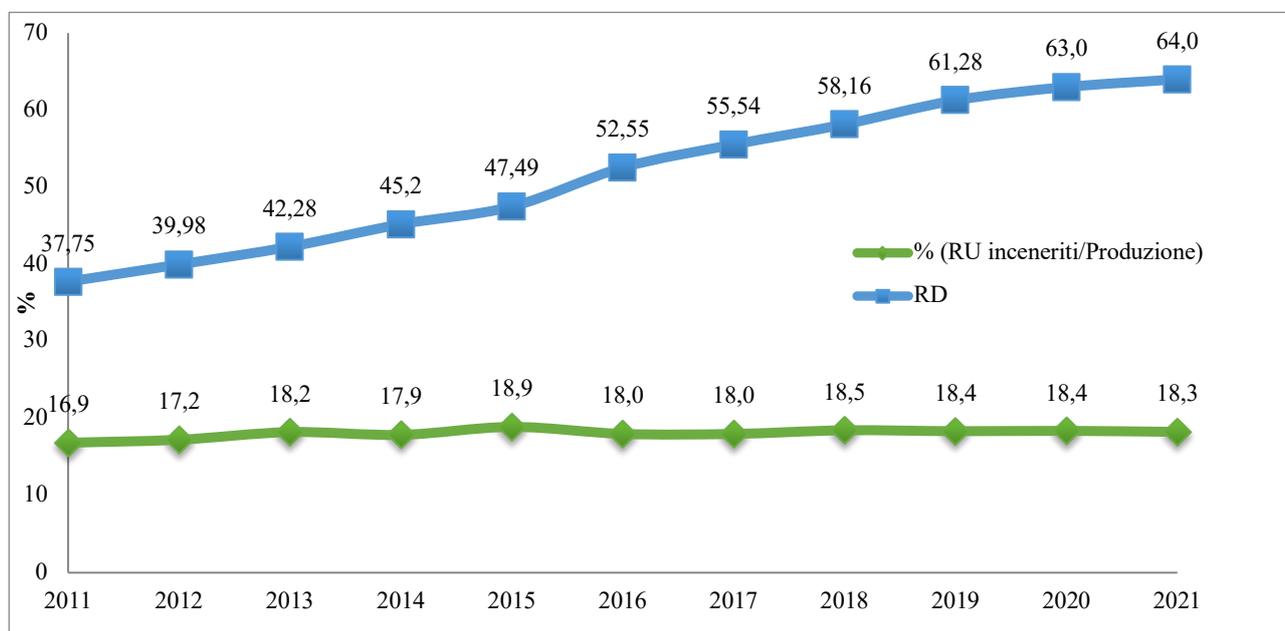


Figura 4-143: Andamento della percentuale di incenerimento di rifiuti urbani e della percentuale di raccolta differenziata, anni 2011– 2021

Gli impianti di incenerimento di rifiuti urbani sul territorio nazionale, ad eccezione di un unico caso, recuperano energia elettrica e/o termica. Tale recupero è ascrivibile al totale dei rifiuti trattati dai singoli impianti non essendo possibile distinguere la quota parte relativa all'incenerimento dei soli rifiuti urbani.

Nel periodo 2012-2021, si osserva che il quantitativo di energia elettrica prodotta nel periodo 2012-2021 presenta un progressivo aumento portandosi da 4 milioni di MWh nel 2012 ad oltre 4,5 milioni di MWh nel 2021. L'energia termica, prodotta esclusivamente da impianti ubicati al Nord, passa da circa 1,3 milioni di MWh nel 2012 ad oltre 2,3 milioni di MWh nel 2021.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

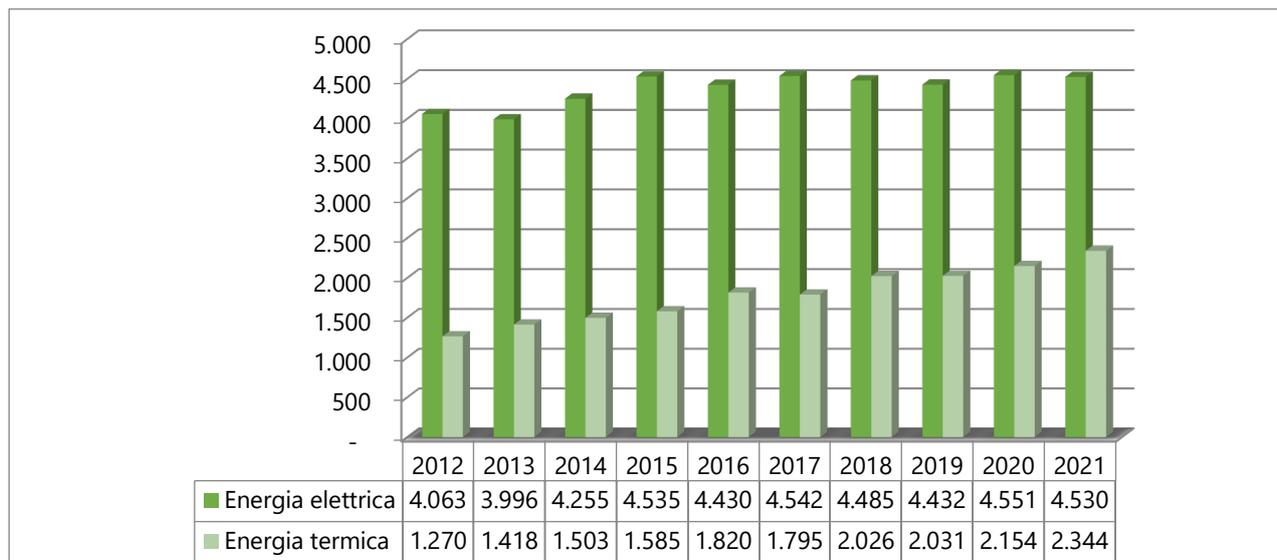


Figura 4-144: Recupero energetico in impianti di incenerimento (1.000\*MWh), anni 2012 – 2021 Fonte: ISPRA

Coincenerimento dei rifiuti urbani - Nel 2021, 401 mila tonnellate di rifiuti provenienti dal circuito urbano sono state utilizzate in alternativa ai combustibili tradizionali in 14 impianti produttivi. In particolare, tali impianti sono rappresentati da cementifici, in maniera prevalente, e da impianti di produzione di energia elettrica/termica. Tali rifiuti sono costituiti quasi esclusivamente da rifiuti combustibili (CSS – codice EER 191210) e/o frazione secca (FS – codice EER 191212) prodotti, per la maggior parte, in impianti di trattamento meccanico biologico. Gli impianti di coincenerimento dei RU sono complessivamente 14 e sono presenti prevalentemente nelle regioni del Nord (Tabella 4-47).

Tabella 4-47: Coincenerimento dei rifiuti urbani per macroarea geografica, anno 2021

Macroarea	N. impianti	RU	FS, CSS	TOT RU
Nord	8	-	164.182	164.182
Centro	1	-	10.419	10.419
Sud	5	-	340.808	340.808
TOTALE	14	-	515.409	515.409

Fonte: ISPRA

Coincenerimento dei rifiuti speciali - Gli impianti che hanno utilizzato i rifiuti speciali come fonte di energia in sostituzione dei combustibili convenzionali, nel 2021, hanno trattato quasi 1,9 milioni di tonnellate, quantitativo di poco superiore rispetto al 2020 (Tabella 4-48). Nel 2021 risultano operativi 302 impianti, di questi 255 trattano una quantità di rifiuti superiore a 100 t/anno, mentre i restanti 47 utilizzano piccoli quantitativi di rifiuti esclusivamente per il recupero di energia termica funzionale al proprio ciclo produttivo.

Tabella 4-48– Quantità di rifiuti speciali utilizzati come fonte di energia (R1) in Italia, per macroarea (tonnellate), anni 2020-2021

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Regione	Rifiuti Speciali Pericolosi		Rifiuti Speciali non Pericolosi		Totale rifiuti speciali		(%)
	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2021
Nord	81.026	91.197	1.253.503	1.314.811	1.334.529	1.406.008	75,9
Centro	-	-	237.887	248.544	237.887	248.544	13,4
Sud	31.508	29.847	224.714	167.654	256.222	197.501	10,7
TOTALE	112.534	121.044	1.716.104	1.731.009	1.828.638	1.852.053	100

Fonte: ISPRA

Incenerimento dei rifiuti speciali - Nel 2021 gli impianti di incenerimento in esercizio che hanno trattato rifiuti speciali sono 74 ed hanno trattato 1,1 milioni di tonnellate di rifiuti facendo registrare, rispetto all'anno 2020, una flessione di 212 mila tonnellate (-16,1%).

Tabella 4-49– Rifiuti speciali inceneriti, per regione (tonnellate), anni 2020 – 2021

Regione	Rifiuti Speciali Pericolosi		Rifiuti Speciali non Pericolosi		Totale rifiuti speciali		Totale rifiuti speciali (%)		Numero impianti
	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021	
Nord	298.309	322.008	851.505	579.097	1.149.814	901.105	87,4	81,7	46
Centro	7.341	8.001	6.422	21.096	13.763	29.097	1	2,6	7
Sud	110.787	119.853	41.439	53.385	152.226	173.238	11,6	15,7	21
TOTALE	416.437	449.862	899.366	653.578	1.315.803	1.103.440	100	100	74

Fonte: ISPRA

Digestione anaerobica – L'introduzione di specifici obiettivi e di obblighi di immissione in consumo di biocarburanti nel settore dei trasporti (DM 16 marzo 2023) fa sì che la produzione di biogas e biometano da digestione anaerobica rivesta un ruolo importante nel territorio nazionale.

Negli ultimi anni si osserva che gli impianti di trattamento integrato, che prevedono la combinazione dei due processi anaerobico e aerobico, rappresentano la tipologia di gestione che ha fatto registrare la maggiore crescita nel trattamento delle frazioni organiche selezionate avviate a recupero.

Nel 2022 i quantitativi dei rifiuti complessivamente gestiti sono stati pari a circa 3,7 milioni di tonnellate ed hanno evidenziato, rispetto all'anno precedente, un aumento di circa 250 mila tonnellate. Gli impianti operativi sono 51 con una quantità autorizzata complessiva di circa 4,8 milioni di tonnellate e sono localizzati per il 66,7% nelle regioni del Nord (34 impianti), per il 15,7% al Centro (8 impianti) e per il restante 17,6% nel Meridione (9 impianti).

La frazione organica proveniente dalla raccolta differenziata costituisce il 92,4% del totale dei rifiuti avviati al processo di trattamento integrato. L'analisi di dettaglio relativa alle tre macroaree geografiche del Paese ha mostrato come, nel 2022, lo sviluppo del settore si concentri soprattutto nelle regioni del Sud, caratterizzate dall'ammodernamento della dotazione impiantistica.

Il biogas complessivamente prodotto da tali impianti, pari ad oltre 331 milioni di Nm<sup>3</sup> (oltre 324 milioni di Nm<sup>3</sup> nel 2021), evidenzia un incremento del 2,2% e viene prevalentemente impiegato ai fini energetici, per la produzione di energia elettrica, termica o cogenerativa, sia per i fabbisogni interni degli impianti, sia per l'immissione in rete. L'energia elettrica prodotta è pari ad oltre 264 mila MWh/anno e quella termica è di circa

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

94 mila MWh/anno. La produzione di biometano, effettuata da 23 impianti integrati, risulta pari ad oltre 153 milioni di Nm<sup>3</sup> ed evidenzia, rispetto al 2021, un'ulteriore crescita di circa 30 milioni di Nm<sup>3</sup>, corrispondente al 24,2%. Il 91,9% del totale prodotto viene destinato all'impiego in autotrazione (circa 141 milioni di Nm<sup>3</sup>), mentre percentuali pari al 5% (circa 7,7 milioni di Nm<sup>3</sup>) ed al 3,1% (circa 4,8 milioni di Nm<sup>3</sup>) sono destinate, rispettivamente, alla rete di distribuzione e alla rete di trasporto.

Gli impianti che effettuano la sola digestione anaerobica, nell'anno 2022 sono 22 (21 nel 2021) con una quantità autorizzata complessiva di circa 1,2 milioni di tonnellate. Tale settore, anche se interessa quantitativi di rifiuti decisamente ridotti rispetto a quelli gestiti attraverso il trattamento integrato anaerobico/aerobico, contribuisce anche al recupero delle frazioni organiche della raccolta differenziata. Il quantitativo complessivo di rifiuti avviato a digestione anaerobica è pari ad oltre 884 mila tonnellate.

Il biogas complessivamente generato da tali impianti, pari a 71,2 milioni di Nm<sup>3</sup> (76 milioni di Nm<sup>3</sup> nel 2021), evidenzia una riduzione del 6,8% ed è prevalentemente impiegato ai fini energetici, per la produzione di energia elettrica, termica o cogenerativa, sia per i fabbisogni interni degli impianti, sia per l'immissione in rete. L'energia elettrica prodotta è pari a 141 mila MWh/anno e quella termica è di 73 mila MWh/anno. La produzione di biometano, distribuita in 6 impianti si attesta a 13,8 milioni di Nm<sup>3</sup>, segnando, rispetto al 2021, un ulteriore incremento di 600 mila Nm<sup>3</sup>, pari al 4,6%. L'82,7% del totale prodotto è stato destinato all'impiego in autotrazione ed il restante 17,3% immesso nella rete di distribuzione.

Veicoli fuori uso - Gli impianti dedicati al trattamento dei veicoli fuori uso, che includono gli autodemolitori, i rottamatori ed i frantumatori presenti sul territorio nazionale, tra il 2020 e il 2021, passano da 1.417 a 1.430, dei quali 613 sono situati al Nord (43% del totale).

Gli impianti di rottamazione, che rappresentano una fase intermedia del ciclo di gestione dei veicoli fuori uso effettuando il solo trattamento (demolizione e smontaggio) per la promozione del riciclaggio; nel 2021 sono 97 ed hanno ricevuto oltre 98 mila tonnellate di veicoli bonificati o componenti di veicoli.

Gli impianti di frantumazione, che rappresentano l'ultimo anello della filiera di gestione del veicolo fuori uso, non sono diffusi in maniera capillare sul territorio, ma appaiono concentrati in alcuni contesti territoriali in vicinanza degli impianti industriali di recupero del rottame ferroso e nelle zone in cui il tessuto industriale è più strutturato. Quasi la totalità del materiale recuperato in questi impianti è, infatti, costituito da rottame metallico da destinare alle acciaierie. Nel 2021 sono risultati operativi sul territorio nazionale 29 impianti, (16 al Nord, 6 al Centro e 7 al Sud.).

La Tabella 4-50 mostra i dati nazionali, relativi alle diverse operazioni di gestione dei veicoli fuori uso, nell'anno 2021. L'analisi degli stessi mostra livelli di riciclaggio/recupero in leggero calo rispetto a quelli rilevati nel 2020.

Complessivamente, la filiera raggiunge una percentuale di reimpiego e riciclaggio pari all'84,3% del peso medio del veicolo, leggermente sotto il target dell'85% previsto per il 2015 dall'art. 7 comma 2 del d.lgs. n. 209/2003. Analogamente, il recupero totale si attesta all'84,3%; appare quindi decisamente lontano il raggiungimento dell'obiettivo fissato dalla stessa norma al 95%, da imputarsi in particolare all'assenza delle forme di recupero energetico.

Il fluff prodotto dagli impianti di frantumazione viene avviato quasi totalmente a smaltimento (quasi 219 mila tonnellate). La difficoltà di individuare valide destinazioni di utilizzazione di questi rifiuti costituisce uno tra i maggiori problemi dell'intera filiera. Va rilevato che una corretta decontaminazione degli autoveicoli, visto l'elevato potere calorifico che caratterizza il fluff, costituito essenzialmente da materiali organici, ne consentirebbe un efficace recupero energetico.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Tabella 4-50: Destinazione dei rifiuti ottenuti dalla bonifica e dalla gestione dei veicoli fuori uso, anno 2021

Reimpiego (t)	Riciclaggio (t)	Recupero di energia (t)	Recupero totale (t)	Smaltimento (t)
132.379	1.051.942	0	1.184.321	219.834

Fonte: ISPRA

Dall'analisi dell'andamento delle percentuali di reimpiego, riciclaggio e recupero, a partire dal 2006, anno in cui ISPRA ha effettuato il primo monitoraggio, emerge che, dopo l'iniziale miglioramento dovuto forse ad una risposta positiva dell'intera filiera alla nuova legislazione e ai target europei, nonché ad una fase di adattamento rispetto al metodo di dichiarazione delle informazioni, negli anni successivi si assiste ad una sostanziale stabilità. Le carenze strutturali registrate si sono, dunque, perpetuate negli anni e nessun progresso si è registrato, in particolare per il recupero energetico che viene diffusamente utilizzato negli altri Stati Membri (Figura 3.2.3).

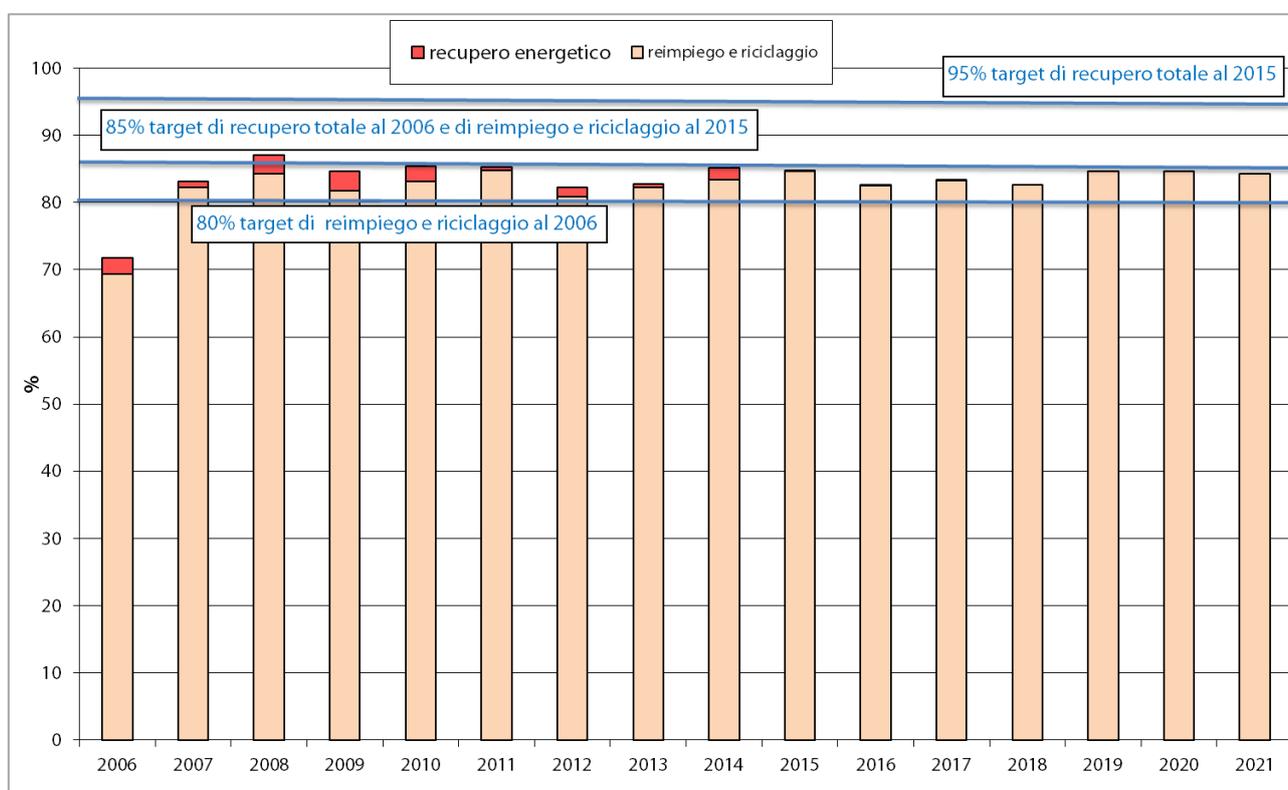


Figura 4-145: Percentuale di recupero veicoli fuori uso, anni 2006 – 2021 Fonte: ISPRA

**Rifiuti da costruzione demolizione** - Nel 2021, il 47,4% del totale dei rifiuti speciali prodotti (78,2 milioni di tonnellate) è costituito dai rifiuti identificati dai codici del capitolo 17 dell'elenco europeo, ossia da rifiuti speciali provenienti dalle operazioni di costruzione e demolizione, compreso il terreno derivante dalle operazioni di bonifica; nel 2020, la percentuale si attestava al 44,7% (65,7 milioni di tonnellate). In particolare, nel 2021, oltre 17,7 milioni di tonnellate (23% del totale di rifiuti del capitolo 17 prodotti nell'anno) sono costituiti da terre e rocce non pericolose (codice EER 170504).

Tra il 2020 ed il 2021, la produzione di rifiuti da operazioni di costruzione e demolizione aumenta in ciascuna macroarea geografica; in particolare al Nord del 21,6%, (8,1 milioni di tonnellate in più rispetto al 2020), al Centro del 14,5% e al Sud del 16,8% (Figura 4-146).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

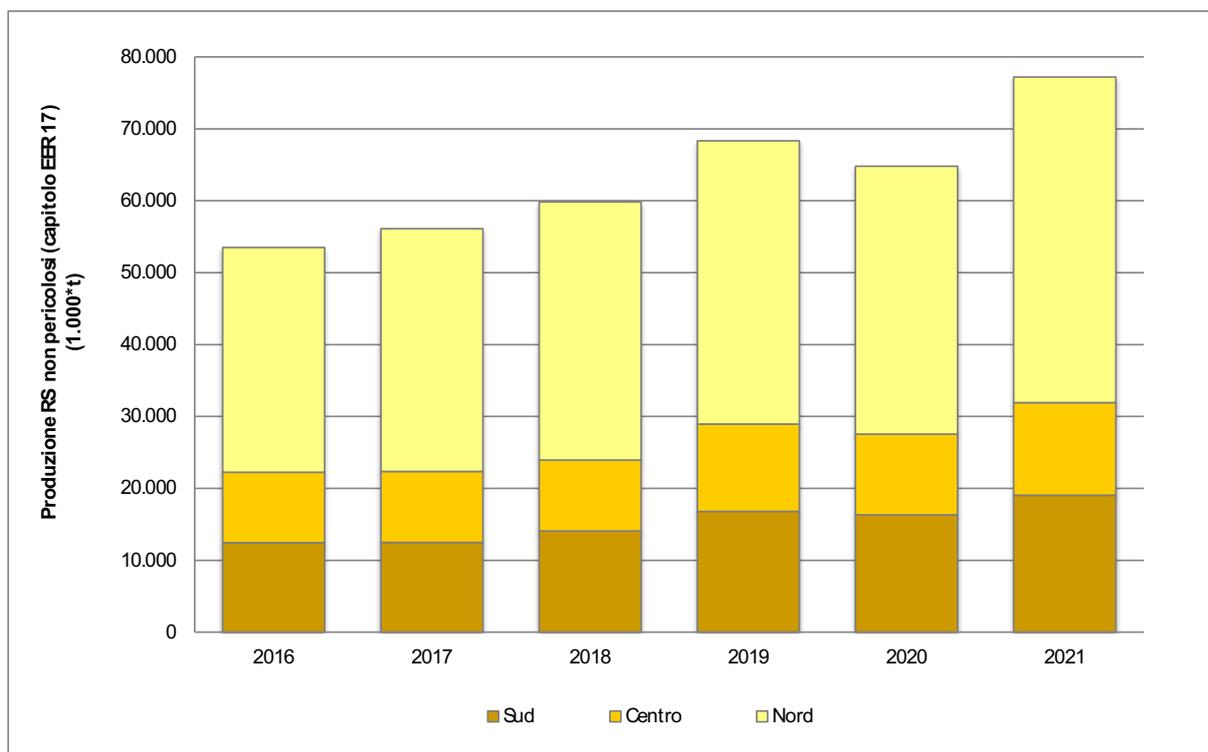


Figura 4-146: Andamento della produzione di rifiuti da costruzione e demolizione (capitolo 17 dell'Elenco Europeo dei Rifiuti), per macroarea geografica, anni 2016 – 2021 Fonte: ISPRA

Riguardo alla produzione regionale dei rifiuti speciali non pericolosi da operazioni di costruzione e demolizione (capitolo 17 dell'Elenco Europeo dei Rifiuti), stimata da ISPRA, si può rilevare una discreta correlazione, con una regressione di tipo lineare, tra la stessa e l'andamento del valore aggiunto per il settore delle costruzioni a prezzi correnti (dati ISTAT aggiornati a dicembre 2022). Infatti, come emerge dalla Figura 4-147, mettendo in relazione i due indicatori misurati su scala regionale nel 2021, si ottiene un valore di  $R^2$  pari a 0,9677.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

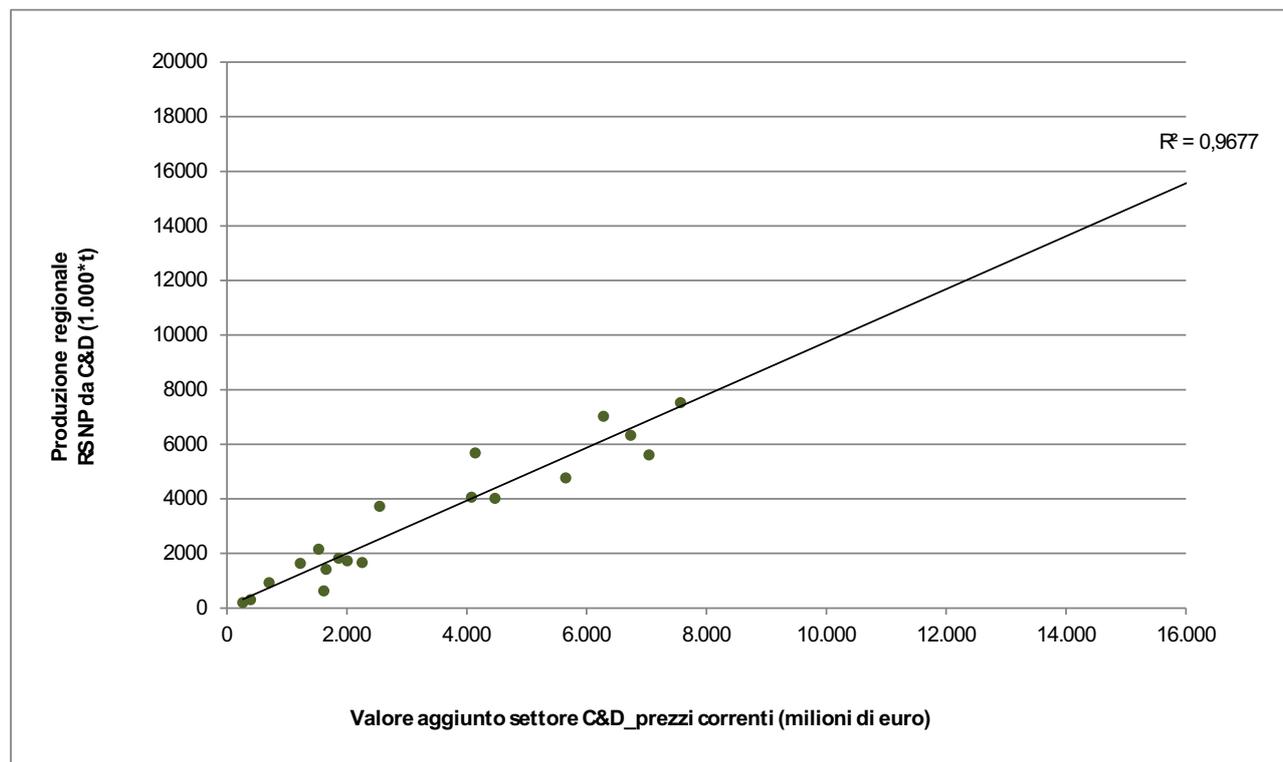


Figura 4-147: Relazione tra produzione regionale dei RS da C&D non pericolosi e valore aggiunto per il settore delle costruzioni a prezzi correnti, anno 2021. Fonti: ISPRA, elaborazioni ISPRA su dati ISTAT aggiornati a dicembre 2022

Al fine di tendere verso una società europea del riciclaggio con un alto livello di efficienza delle risorse, la Commissione Europea ha ritenuto necessario inserire il flusso di rifiuti generato da tale settore tra quelli prioritari da monitorare, fissando, all'articolo 11 della direttiva 2008/98/CE relativa ai rifiuti, uno specifico obiettivo di preparazione per il riutilizzo, riciclaggio e altri tipi di recupero di materiale, incluse le operazioni di colmatazione che utilizzano i rifiuti in sostituzione di altri materiali. Tale obiettivo di riciclaggio, recepito nell'ordinamento nazionale all'articolo 181 del d.lgs. n. 152/2006, è posto pari al 70% da raggiungere entro il 2020, e non include il materiale allo stato naturale definito dal codice 170504 dell'elenco europeo dei rifiuti (terra e rocce, diverse da quelle di cui alla voce 170503). La direttiva 2018/851/UE facente parte del cosiddetto pacchetto economia circolare, ha disposto, inoltre, che entro il 31 dicembre 2024 la Commissione valuterà l'introduzione di obiettivi in materia di preparazione per il riutilizzo e il riciclaggio dei rifiuti da costruzione e demolizione e le relative frazioni di materiale specifico. A seguito del recepimento del pacchetto, nell'ottica di migliorare la gestione di questo flusso di rifiuti, il Legislatore ha previsto la promozione della demolizione selettiva, previa consultazione con le associazioni di categoria, al fine di consentire la rimozione e il trattamento sicuro delle sostanze pericolose e facilitare il riutilizzo e il riciclaggio di alta qualità dei rifiuti delle attività di costruzione e demolizione, nonché di garantire l'istituzione di sistemi di selezione per tale tipologia di rifiuti almeno per legno, frazioni minerali (cemento, mattoni, piastrelle e ceramica, pietre), metalli, vetro, plastica e gesso (art. 205, comma 6-quinquies del d.lgs. n.152/2006).

L'allegato III alla decisione 2011/753/UE definisce quale tasso di recupero dei rifiuti da costruzione e demolizione, il rapporto tra la "quantità recuperata di rifiuti da costruzioni e demolizioni" e la "quantità totale di rifiuti prodotti da costruzioni e demolizioni".

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Nel calcolo dell'obiettivo non sono presi in considerazione i quantitativi di terre e rocce da scavo e materiali di dragaggio (codici EER 170504 e 170506), complessivamente pari a quasi 14 milioni di tonnellate nel 2018, a 16,3 milioni di tonnellate nel 2019, a 14,6 milioni di tonnellate nel 2020 e a 17,8 milioni di tonnellate nel 2021.

Il tasso di recupero, calcolato sulla base dei dati di produzione e gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione, si attesta, nel 2021, all'80,1%, al di sopra dell'obiettivo del 70% fissato dalla Direttiva 2008/98/CE per il 2020 (Tabella 4-51, Figura 4-148).

Tabella 4-51: Tasso di recupero di materia dei rifiuti da costruzioni e demolizioni, anni 2018 – 2021

2018	2019	2020	2021
77,4%	78,1%	77,9%	80,1%

Fonte: ISPRA

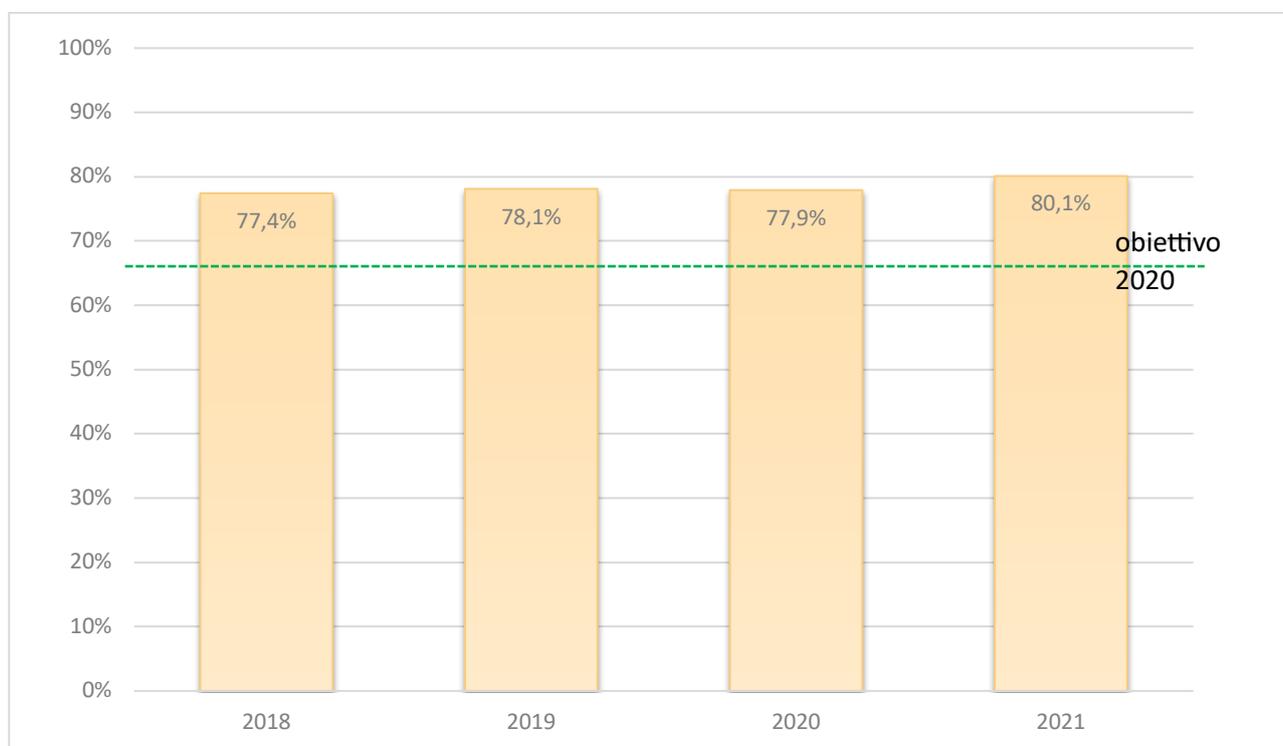


Figura 4-148: Andamento della percentuale di preparazione per il riutilizzo, riciclaggio e delle altre forme di recupero di materia dei rifiuti da costruzione e demolizione, escluso il backfilling, anni 2018 – 2021 Fonte: ISPRA

Le percentuali di recupero, attestate al 2021, subiranno un ulteriore incremento se si considera inoltre che nel 2022 è stato emanato il D.lgs. 152 che stabilisce i criteri specifici nel rispetto dei quali i rifiuti inerti dalle attività di costruzione e di demolizione e gli altri rifiuti inerti di origine minerale, sottoposti a operazioni di recupero, cessano di essere qualificati come rifiuti ai sensi dell'articolo 184-ter del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 per divenire aggregati recuperati. Questi, ai sensi dell'Allegato 2 dello stesso decreto End of Waste, possono essere utilizzati come rilevati per opere di ingegneria civile, sottofondi stradali e ferroviari, aeroportuali, per recuperi ambientali, riempimenti e colmate ed altri utilizzi. In via preferenziale, il decreto stabilisce che i rifiuti ammessi alla produzione di aggregati recuperati provengono da manufatti sottoposti a demolizione selettiva.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche - Il Dlgs. 49/2014 attua la Direttiva 2012/19/UE sui rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE).

Il decreto ha introdotto diversi modelli di finanziamento della raccolta differenziata e del riciclo dei RAEE, distinguendo tra "storici" e "nuovi" e tra "provenienza domestica" e "provenienza professionale". I produttori di pannelli fotovoltaici possono far fronte ai propri obblighi sia individualmente che collettivamente tramite un Consorzio, senza fini di lucro, riconosciuto dal Ministero dell'Ambiente. Il campo di applicazione del decreto ha due periodi di applicazione, uno "chiuso" vigente dal 12 aprile 2014, data entrata in vigore del Dlgs, che riguarda gli Aee attualmente contemplati cui si aggiungono i pannelli fotovoltaici, e un secondo periodo, "aperto", decorrente dal 15 agosto 2018 che riguarda tutte le apparecchiature elettriche ed elettroniche immesse sul mercato (riportate in allegato III del Dlgs, ed esemplificate in allegato IV).

Le disposizioni si applicano dunque, dal 15 agosto 2018, alle seguenti categorie di AEE di cui all'Allegato III del D.lgs. 49/2014:

1. Apparecchiature per lo scambio di temperatura.
2. Schermi, monitor ed apparecchiature dotate di schermi con superficie > 100 cm<sup>2</sup>
3. Lampade
4. Apparecchiature di grandi dimensioni (con almeno una dimensione esterna > 50 cm), compresi, ma non solo: elettrodomestici; apparecchiature informatiche e per telecomunicazioni; apparecchiature di consumo; lampadari; apparecchiature per riprodurre suoni o immagini; apparecchiature musicali; strumenti elettrici ed elettronici; giocattoli e apparecchiature per il tempo libero e lo sport; dispositivi medici; strumenti di monitoraggio e controllo; distributori automatici; apparecchiature per la generazione della corrente elettrica. Questa categoria non include le apparecchiature rientranti nelle categorie 1, 2 e 3.
5. Apparecchiature di piccole dimensioni (con nessuna dimensione esterna > 50 cm), compresi ma non solo: elettrodomestici; apparecchiature di consumo; lampadari; apparecchiature per riprodurre suoni o immagini; apparecchiature musicali; strumenti elettrici ed elettronici; giocattoli e apparecchiature per il tempo libero e lo sport; dispositivi medici; strumenti di monitoraggio e controllo; distributori automatici; apparecchiature per la generazione della corrente elettrica. Questa categoria non include le apparecchiature rientranti nelle categorie 1, 2, 3 e 6.
6. Piccole apparecchiature informatiche e per telecomunicazioni (con nessuna dimensione esterna > 50 cm).

A norma dell'articolo 7 della Direttiva 2012/19/UE, a partire dal 2019 il tasso minimo di raccolta che ogni Stato membro deve conseguire ogni anno è pari al 65% del peso medio degli Aee immesse sul mercato nello Stato membro interessato nei tre anni precedenti o, in alternativa, all'85% del peso dei Raee prodotti nel territorio di tale stato membro.

L'art. 11 della Direttiva stabilisce che riguardo a tutti i RAEE raccolti separatamente (art. 5) ed inviati per il trattamento (art. 8, 9 e 10) gli Stati membri provvedono affinché i produttori raggiungano gli obiettivi minimi indicati nell'allegato V, disposizione recepita dal D.lgs. 49/2014. Il raggiungimento degli obiettivi è calcolato, per ciascuna categoria, dividendo il peso dei RAEE che entrano nell'impianto di recupero o riciclaggio/preparazione per il riutilizzo, dopo il trattamento appropriato conformemente all'articolo 8, paragrafo 2, con riguardo al recupero o al riciclaggio, per il peso di tutti i RAEE raccolti separatamente per ciascuna categoria, espresso come percentuale.

Obiettivi di recupero minimi di cui all' Allegato V del D.lgs. 49/2014 - Direttiva 2012/19/UE come modificata dalla Direttiva 2018/849/UE

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

	TIPOLOGIA RAEE	RECUPERO	RICICLAGGIO
Obiettivi minimi applicabili per categoria dal 15 agosto 2018 con riferimento alle categorie elencate nell'allegato III	Categorie 1 o 4 dell'allegato III	85%	80%
	Categoria 2 dell'allegato III	80%	70%
	Categorie 5, 6 dell'allegato III	75%	55%
	Categoria 3 dell'allegato III		80% riciclaggio

Al 2021 risulta ancora non rispettato l'obiettivo di raccolta differenziata, attestandosi al 34% della media dell'immesso. Sono stati invece raggiunti tutti gli obiettivi di riciclaggio per tutte le categorie. Per il recupero solo la categoria 6 non ha raggiunto l'obiettivo del 75% attestandosi al 66,6%.

Rifiuti di pile e accumulatori- Il D.lgs. 20 novembre 2008, n. 188 ha recepito la direttiva 2006/66/Ce relativa a pile e accumulatori e ai relativi rifiuti. Tale decreto disciplina l'immissione sul mercato delle pile e degli accumulatori, nonché la raccolta, il trattamento, il riciclaggio e lo smaltimento dei rifiuti di pile e di accumulatori promuovendo un elevato livello di raccolta e di riciclaggio. L'obiettivo dichiarato dal Legislatore è quello di una maggiore efficienza ambientale da realizzarsi:

- attraverso la promozione della ricerca e di miglioramenti dell'efficienza, in termini ambientali, delle pile e degli accumulatori lungo l'intero ciclo di vita;
- favorendo lo sviluppo e la commercializzazione di pile e accumulatori contenenti minori quantità di sostanze pericolose ovvero contenenti sostanze meno inquinanti in sostituzione del mercurio, del cadmio e del piombo;
- attraverso la promozione da parte del MASE di politiche di sostegno e di incentivazione.
- attraverso il calcolo della percentuale di raccolta delle pile e degli accumulatori.

Il d.lgs. 188/08 al comma 3 dell'art. 8 definisce gli obiettivi relativi al tasso di raccolta da raggiungersi anche su base regionale:

- pari al 25% del quantitativo immesso sul mercato entro il 26 settembre 2012;
- pari al 45% del quantitativo immesso sul mercato entro il 26 settembre 2016.

Nel 2021 il tasso di raccolta delle pile e degli accumulatori portatili è del 37,04%, in diminuzione rispetto al 40,56% registrato nel 2020.

Il nuovo Regolamento (UE) 2023/1542 del parlamento europeo e del consiglio del 12 luglio 2023 relativo alle batterie e ai rifiuti di batterie, che modifica la direttiva 2008/98/CE e il regolamento (UE) 2019/1020 e abroga la direttiva 2006/66/C, oltre a stabilire determinati requisiti di prodotto, quali ad esempio prestazioni, durabilità, removibilità e sostituibilità, individua, inoltre, specifici obiettivi di riciclaggio per le diverse tipologie di batterie (es batterie industriali, batterie per veicoli elettrici, batterie per mezzi di trasporto leggeri e nelle batterie per autoveicoli ecc).

#### 4.12 Ambiente marino costiero

Per la descrizione dello stato dell'ambiente marino costiero sono stati presi in considerazione le informazioni ed i dati derivanti dalle attività di monitoraggio effettuate ai sensi della Direttiva Habitat, illustrati nei "Rapporti Direttive Natura (2013-2018); dal processo di attuazione della Direttiva Quadro sulla Strategia per l'Ambiente Marino (MSFD-2008/56/CE), con particolare riferimento ai Descrittori 1 (biodiversità), 2 (specie non indigene), 3 (popolazioni ittiche), 4 (elementi della rete trofica marina), 6 (integrità del fondo marino), 7 (condizioni idrografiche della colonna d'acqua), 8 (contaminanti), 9 (contaminanti nei pesci e in altri prodotti della pesca destinati al consumo umano), 10 (rifiuti marini), 11 (rumore sottomarino); dai Reporting alla

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Commissione Europea relativi all'attuazione del D. Lgs. 152/06 (recepimento della Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE), sintetizzate negli Annuari dei Dati Ambientali elaborati da ISPRA. Gli indicatori dell'Annuario dei Dati Ambientali per le acque marino-costiere riguardano la qualità ecologica e chimica dei corpi idrici dei diversi Distretti Idrografici.

È stato inoltre preso in considerazione quanto descritto nel "Rapporto annuale sullo stato del Capitale Naturale in Italia" che fornisce un quadro aggiornato dello stato del capitale naturale del paese, fornendo dati e informazioni ambientali e fornendo una valutazione ex ante ed ex post degli effetti delle politiche pubbliche sul capitale naturale stesso.

#### 4.12.1 Fisiografia dei fondali e batimetria

La progettazione ed esecuzione di un'opera in mare quali impianti eolici e fotovoltaici offshore e rigassificatori è possibile solo localizzando gli impianti in aree marine dotate di requisiti necessari a garantire la sostenibilità economica. A tal fine è fondamentale conoscere le caratteristiche geofisiche del sito con particolare riferimento alla geomorfologia del fondale marino.

Il Mar Mediterraneo è diviso in due principali bacini semichiusi dalla particolare morfologia della nostra Penisola; ad occidente il Mediterraneo è delimitato dal canale di Sicilia ed è caratterizzato da ampie piane abissali, ad oriente è molto più irregolare ed è dominato dal sistema della dorsale mediterranea.

In Mediterraneo l'intervallo dei valori di batimetria è molto ampio, poiché si alternano aree di piattaforma continentale come il Mare Adriatico e la piattaforma tunisina, con una profondità inferiore ai 100 m, con aree di maggiore profondità come il Mar Tirreno, il Mar Ionio e alcune aree del Mar di Levante dove le profondità raggiungono i 4000-5000 m.

Le informazioni relative alla fisiografia e batimetria dei fondali suddivisi in tre sotto-regioni ("Mediterraneo occidentale", "Mar Ionio e Mediterraneo centrale" e "Mar Adriatico") provengono dalla valutazione delle caratteristiche fisiche del mare effettuata dall'ISPRA per la compilazione dei report sulle valutazioni iniziali della Strategia Marina (MSFD, 2012).

#### ***Mediterraneo occidentale***

In prossimità della costa della Liguria la piattaforma continentale è molto ristretta (di ampiezza pari a circa 8 km) e presenta caratteristiche geomorfologiche che ricalcano quelle della catena montuosa retrostante. La scarpata è solcata da una serie di canyon sottomarini, che confluiscono verso un canyon orientato principale a SO verso il Mar della Corsica, dove il bacino raggiunge profondità di 2.200 m. Questi canyon veicolano grandi quantità di materiale proveniente dall'erosione delle terre emerse e dai processi di franamento sottomarino verso le profondità abissali. Il canyon di La Spezia, con il suo corso in direzione est-ovest, attraversa e incide fortemente la piattaforma che da qui verso sud diventa più estesa.

La parte orientale del mar Ligure, antistante le coste della Toscana settentrionale, è più articolata, con una piattaforma continentale più estesa e movimentata da una serie di alti fondali che talvolta emergono dando origine alle numerose isole dell'arcipelago toscano. Anche la parte superiore della scarpata continentale, poco acclive, è articolata in una serie di dorsali che seguono l'andamento della linea di costa. Attorno agli 800 m di profondità la scarpata diviene molto acclive e solcata da fitte incisioni parallele con direzione est-ovest, che arrivano direttamente nell'area bacinale.

La parte settentrionale del Tirreno è caratterizzata da un'estesa piattaforma continentale, che protende dalla costa peninsulare sino alle isole dell'arcipelago toscano (dorsale dell'Elba) ed è delimitata ad ovest dal bacino Corso, orientato N-S.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Il Tirreno centro-meridionale è caratterizzato da un'ampia zona batiale, suddivisa in due sottobacini (Vavilov e Marsili), che raggiunge profondità elevate sino a circa 4000 m. Qui sono presenti numerosi edifici vulcanici sottomarini: il Monte Marsili, il più grande apparato vulcanico del Mediterraneo (avente un diametro di oltre 50 km, ed altezza pari a circa 3.265 m, con la sommità a 540 m dalla superficie del mare), attorno al quale si elevano altri vulcani "satelliti" dalle dimensioni ragguardevoli come Alcione e Lametini. Tra Sardegna e Lazio si trovano, infine, altri vulcani sommersi di grandi dimensioni (come Magnaghi e Vavilov), alcuni di questi emersi nella parte apicale (isole Eolie, Isola di Ustica).

Tra queste zone batiali e la piattaforma continentale, la scarpata continentale è interessata da fenomeni di instabilità causati dalla presenza di una serie di bacini sedimentari di origine tettonica (es. bacino Sardo, di Cornaglia, di Cefalù, di Gioia, di Paola). La scarpata, inoltre, è solcata da importanti canyon, sia nella parte occidentale (canyon di Orosei, di Sarrabus, di Posada), sia nella parte sud-occidentale (canyon di Paola, dell'Angitola, di Gioia, di Milazzo, di Niceto, afferenti alla più profonda valle di Stromboli).

La piattaforma continentale peri-tirrenica è di ampiezza variabile, piuttosto estesa nella parte nord-orientale antistante le coste tosco-laziali, mediamente estesa in corrispondenza delle coste campane, sicule e sarde, fino ad assottigliarsi sensibilmente lungo le coste calabre. Si protende verso il bacino in corrispondenza delle principali isole tirreniche occidentali (arcipelago Campano, isole Pontine) e del promontorio del Cilento.

Il mar di Sardegna comunica con il mar Tirreno a nord attraverso le bocche di Bonifacio e a sud in prossimità di Capo Spartivento.

A nord un canale di mare stretto fino a 11 Km fra Sardegna e Corsica, con profondità di poco superiori ai 50 m, costituisce le Bocche di Bonifacio. La morfologia è quella tipica delle coste di sommersione, con forme ereditate da ambienti un tempo emersi. La piattaforma esterna è pianeggiante, ricoperta da sedimenti bioclastici ed è soggetta a importanti processi di trasporto da corrente (es. dune idrauliche, ripples e mega-ripples). La scarpata estesa verso il bacino provenzale è incisa da un canyon che suddivide la piattaforma del canale di Bonifacio da quella del golfo dell'Asinara. Nel versante occidentale sardo la parte settentrionale fra capo Caccia e l'Asinara comprende una piattaforma poco estesa e una ripida scarpata.

Il settore centrale del mar di Sardegna ospita una piattaforma continentale estesa che si raccorda attraverso una scarpata continentale piuttosto accidentata, anche se non molto inclinata, alla grande piana abissale delle Baleari, profonda tra i 2.600 m e i 2.800 m. La penisola del Sinis protende verso mare interrompendo la continuità della piattaforma. In questo punto la scarpata è incisa da importanti valli sommerse.

Nella parte meridionale la piattaforma continentale vira verso est mantenendo la sua estensione fino al golfo di Cagliari e interrompendosi in corrispondenza di capo Carbonara. Tutto il lato orientale del golfo di Cagliari presenta un versante molto acclive che costituisce la continuazione a mare del Graben del Campidano. Lungo il versante meridionale della Sardegna la scarpata è molto articolata e costituisce il versante settentrionale di un bacino allungato in direzione NO-SE, profondo fino a 1200 m, che si raccorda a NO con il mar Tirreno e a SE col canyon sardo-tunisino, drenando una massa di sedimenti che vanno a costituire il conoide sardo-maghebino. Una dorsale denominata "Ichnusa seamount" separa tale bacino dal canyon sardo-siculo, che si dirige verso il mare Tirreno con una profondità di circa - 2000 m.

***Mar Ionio e Mediterraneo centrale***

Il Mar Ionio è caratterizzato geologicamente dalla subduzione della placca africana sotto l'arco calabro e questo ne fa una delle aree geologicamente più attive del nostro Paese.

Il Mare Ionio orientale è costituito da un bacino profondo fino a 4000 m, con una piattaforma continentale variamente articolata. La piattaforma continentale è piuttosto ampia nel golfo di Taranto, dove raccoglie

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

l'apporto di numerosi corsi d'acqua dal versante lucano e calabro-settentrionale (il più importante è il fiume Crati). Per tale motivo essa è in accrescimento deposizionale e il suo limite esterno prograda lentamente verso il bacino.

Il raccordo con l'area bacinale più profonda del Mediterraneo centrale è costituito dall'ampia valle di Taranto. La scarpata continentale è generalmente acclive e piuttosto estesa e articolata e si raccorda alla valle di Taranto (o fossa Bradanica), che divide in due il golfo di Taranto in un settore apulo e un settore calabro-lucano. A sud-ovest la scarpata è solcata da un bacino sedimentario allungato parallelamente alla valle di Taranto. Sul versante calabro, dal golfo di Squillace fino a capo Spartivento, la piattaforma è molto ridotta e la scarpata è solcata da numerosi canyon e da canali erosivi che drenano l'imponente apporto sedimentario proveniente dall'entroterra verso il bacino di Crotone-Spartivento. Le testate dei canyon sono sede di fenomeni franosi e spesso sono suddivise in numerosi tributari che incidono la piattaforma continentale, spingendosi spesso a poche centinaia di metri dalla costa. La scarpata, inoltre, è interrotta dai rilievi di notevoli dimensioni della dorsale dell'Amendolara alto di Cirò.

Lungo la punta meridionale della Calabria, il versante siculo del mar Ionio presenta una piattaforma continentale molto ristretta, quasi inesistente, con l'eccezione dei golfi di Catania, di Augusta e di Noto. La scarpata continentale è molto ripida e sede di flussi gravitativi di sedimento grossolano. Il raccordo con la piana batiale è costituito dalla valle di Messina che ha origine dall'omonimo stretto, sede di forti correnti che mobilizzano grandi quantità di sedimento grossolano. Verso ovest, il Mar Ionio è delimitato da una profonda scarpata, la Scarpata di Malta, che con un salto di 3000 m separa il Mar Ionio dal Mediterraneo occidentale. Il versante siciliano del Mediterraneo centrale è costituito in gran parte da un'area di piattaforma molto vasta, in continuità con la piattaforma continentale africana a nord-ovest, e con la piattaforma di Malta a sud-ovest. La piattaforma è articolata nella porzione centrale in una serie di aree tabulari detti banchi (banco Graham, banco Avventura, banco di Pantelleria) con profondità intorno ai 400 m. Queste aree sono caratterizzate da forti correnti e dalla totale assenza di apporti terrigeni, favorendo quindi una sedimentazione prevalentemente biogenica.

Un bacino di origine tettonica, allungato in direzione della costa sicula, separa l'area a banchi dalla costa sicula con profondità che arrivano agli 800 m. Altri bacini di origine tettonica, con profondità più elevate dell'ordine dei 1500 m circa di profondità, separano la piattaforma sicula da quella tunisina (es. bacino di Pantelleria, bacino di Linosa, bacino di Malta).

Le isole Pelagie emergono dalla scarpata africana; anche la piattaforma che circonda l'isola di Linosa è collegata con un sottile istmo sommerso al versante africano.

### **Mar Adriatico**

Il Mare Adriatico è uno stretto bacino allungato in direzione NO-SE e compreso fra la penisola italiana e quella balcanica. Il mare Adriatico settentrionale è costituito esclusivamente da una zona di piattaforma continentale con basse profondità (l'intera area a nord della foce del Po è profonda meno di 35 metri) e un basso gradiente di acclività lungo il suo asse ( $0,01^\circ$ ). La fascia sommersa adiacente alla costa è morfologicamente uniforme fino alla profondità di -10 m ed è caratterizzata dalla presenza di diffuse emanazioni gassose biogeniche, dovute al rapido decadimento di materiale organico intrappolato nei sedimenti argillosi proveniente dai fiumi. La restante area è articolata in aree a rilievi irregolari di modesta altezza (pochi metri) interrotti da incisioni poco marcate e discontinue. Questa morfologia è in parte derivata dalla fase geologicamente recente di emersione dell'area. La caratteristica di questa sub-area è di essere la prosecuzione sommersa della vasta pianura padano-veneta a cui si raccorda attraverso un'area costiera caratterizzata dall'alternanza di lunghi litorali sabbiosi, importanti apparati deltizi e vaste aree lagunari.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

I fiumi del mar Adriatico sono responsabili del più alto deflusso fluviale che si riversa nel Mar Mediterraneo. Il fiume Po contribuisce per il 50%, apportando nel mare Adriatico settentrionale una massa d'acqua dolce ( $1500 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  media annua) meno densa che interferisce con il regime delle correnti ed ha effetti sull'intero bacino. Il sedimento fluviale, proveniente quasi esclusivamente dalla parte settentrionale e orientale del bacino Adriatico, trasporta alti carichi di materia organica, nutrienti e inquinanti dall'entroterra.

La morfologia e l'orientamento del mare Adriatico influenzano i regimi di marea, determinando le maggiori escursioni di marea nel Mediterraneo e la caratteristica ciclicità. Il mare Adriatico centrale è costituito da due zone di piattaforma continentale convergenti al centro verso un piccolo bacino intra-scarpata (la Depressione meso-adriatica) orientato NO-SE che, con la profondità di 225 m, rappresenta l'area più profonda dell'Adriatico centro-settentrionale.

La parte settentrionale della sub-area ha una pendenza media lungo l'asse dell'Adriatico di circa  $0,1^\circ$ , con una morfologia piuttosto irregolare derivante dall'ultima acme glaciale. Le pendenze in prossimità della costa, fino alla batimetrica dei 70 m, mostrano un andamento piuttosto costante. Un'estesa area compresa fra i 40 e 70 m di profondità, con una pendenza maggiore (ca  $1^\circ$ ), presenta ondulazioni parallele alla costa,

indici di instabilità gravitativa associata a fenomeni di espulsione di fluidi dovuti alla compattazione diagenetica del sedimento.

Il sedimento fluviale, proveniente per la maggior parte dai fiumi appenninici, viene distribuito dalle correnti, a costituire un cuneo sottocosta.

La parte meridionale della sub-area presenta una piattaforma e una scarpata continentale uniformi, separate da un ciglio poco marcato. La piattaforma continentale presenta un gradiente trasversale alla costa inferiore  $0,1^\circ$  fino a circa 25 m di profondità e un gradiente maggiore, fino a  $2,8^\circ$  dai 25 m ai 100 m di profondità.

A sud l'area è delimitata da una dorsale orientata ENE-OSO, che a tratti emerge a costituire l'arcipelago delle Tremiti, che forma una soglia morfologica fra l'Adriatico meridionale e la depressione meso-adriatica. A partire da questa dorsale, una valle sommersa, delimitata a NNO dal Dosso Gallignani - Soglia di Pelagosa, converge verso la depressione meso-adriatica.

Il mare Adriatico meridionale antistante le coste pugliesi comprende un bacino profondo 1200 m, allungato in direzione N-NO tra la costa italiana e quella balcanica, bordate dalle rispettive piattaforme continentali. La piattaforma continentale pugliese comprende aree di estensione e morfologia variabile conseguenti a deformazioni tettoniche geologicamente recenti. In corrispondenza del golfo di Manfredonia raggiunge la massima estensione ed è caratterizzata da un basso gradiente e da una morfologia uniforme. In corrispondenza del promontorio del Gargano è presente un alto morfologico con profondità inferiore ai -60 m, articolato in rilievi irregolari di pochi metri. La scarpata continentale pugliese si estende tra i -200 m e i -1000 m di profondità ed è caratterizzata da pendenze significative (anche fino a  $30^\circ$ ), sede di diffusi e ricorrenti processi di instabilità del fondale (frane e colate di sedimento). Questa area di scarpata rappresenta il settore in cui le due correnti (LIW - Levantine Intermediate Water, LIW) e NadDW - Nord Adriatic Deep Water, NAdDW) si incontrano e interagiscono. L'azione combinata della morfologia e delle correnti determina la formazione di depositi sul fondo da correnti (es. *sediment drifts*) alternati a forme di erosione quali truogoli allungati (*moats*) e solchi erosivi rettilinei (*furrows*).

Verso sud i fondali risalgono fino alla profondità di 800 m in corrispondenza del canale di Otranto, che separa l'Adriatico dal Mar Ionio.

#### 4.12.2 Stato fisico del mare

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Qualunque intervento in mare o in ambiente costiero non può prescindere da una solida conoscenza, a scala locale e regionale, dei processi fisici dello stato del mare (onde, maree, correnti e temperatura). A tal fine diventa di primaria importanza la disponibilità di questi dati da analizzare per supportare la progettazione e la manutenzione delle opere marittime, e l'esecuzione di studi di lungo periodo inerenti alla dinamica costiera, l'erosione, l'ingegneria costiera e la biologia marina.

Le informazioni sullo stato fisico del mare provengono dalla valutazione delle caratteristiche fisiche del mare effettuata dall'ISPRA per la compilazione dei report sulle valutazioni iniziali della Strategia Marina (MSFD, 2012) e dall'Annuario dei dati ambientali di ISPRA (2007, 2012, 2016, 2022).

**Caratteristiche ondametrichhe**

L'Ondosità è un indicatore che misura, in termini di altezza significativa d'onda, il moto ondoso dei mari italiani. Lo scopo è quello di descrivere le frequenze delle classi di moto ondoso individuate dalla Scala Douglas, di interesse per gli studi sui cambiamenti climatici, per il trasporto marittimo, per le attività legate alla pesca, per lo studio dell'erosione costiera e per la progettazione delle opere marittime nonché per il controllo della propagazione degli inquinanti in mare.

Il moto ondoso è provocato dalla spinta del vento sulla superficie marina. Le onde sono movimenti superficiali e irregolari che non producono spostamenti orizzontali di masse d'acqua, ma semplicemente un'oscillazione delle particelle lungo un'orbita circolare o ellittica (in prossimità della costa dove le onde si frangono).

La misura del moto ondoso è eseguita direttamente dall'ISPRA secondo standard e procedure conformi alle norme *World Meteorological Organization* (WMO). Vengono utilizzati dati Copernicus per la copertura dei periodi in cui non è stato effettuato il monitoraggio in-situ attraverso boe ondametrichhe e per le aree non monitorate da boe. I dati sono stati elaborati in funzione dell'ampiezza del moto ondoso, secondo una scala convenzionale per misurare la forza e lo stato del mare.

Le analisi più utili per lo studio del clima ondoso in un sito sono le distribuzioni statistiche dell'altezza significativa rispetto al periodo e alla direzione delle onde, che possono essere rappresentate graficamente come rose dei venti (Figura 4-149).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

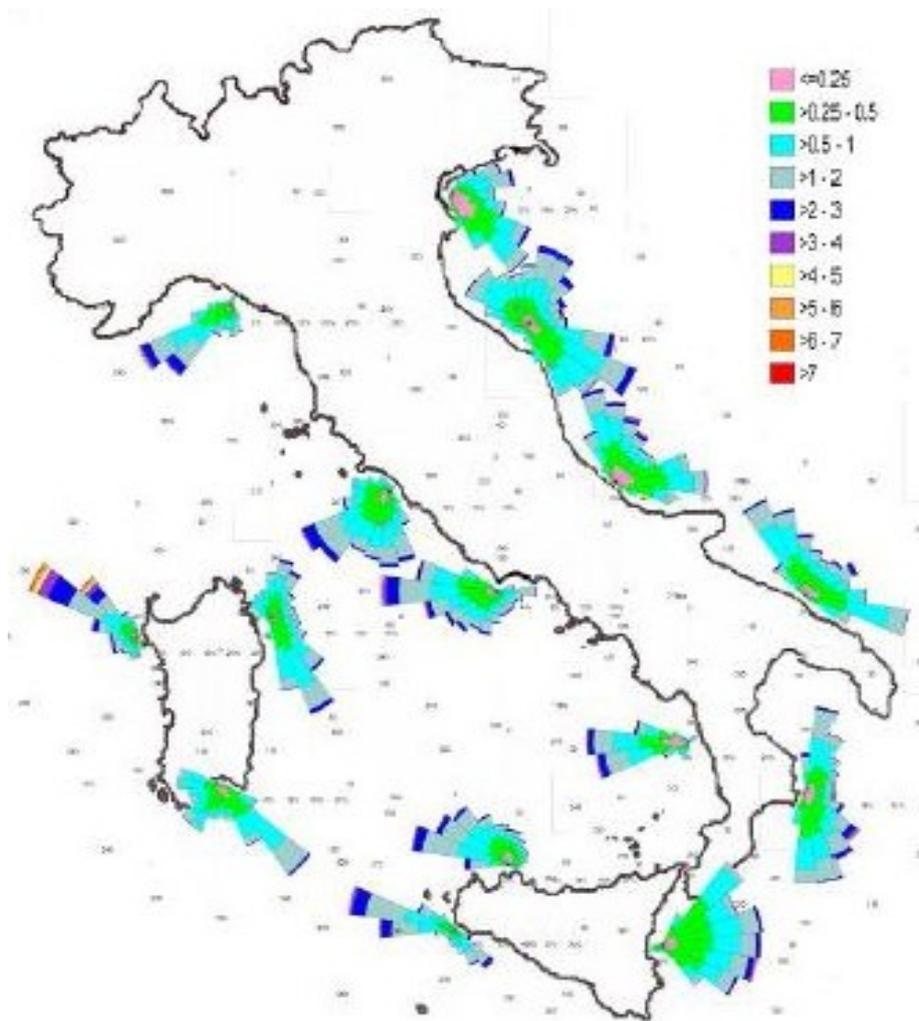


Figura 4-149: Clima ondoso lungo le coste italiane in corrispondenza delle boe RON – La distanza radiale indica la probabilità di un evento nel corrispondente settore direzionale, il colore indica l'altezza d'onda significativa.

Nei mari italiani si registra una prevalenza di stato di mare mosso e calmo. Nel 2021, come negli anni precedenti, la frequenza di mare agitato più elevata si rileva lungo le coste della Sardegna occidentale e della Sicilia occidentale. In generale, e maggiormente lungo le coste più esposte del Tirreno, si è registrata una riduzione delle frequenze di mare calmo e un aumento delle frequenze di mare mosso e agitato (Figura 4-150).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

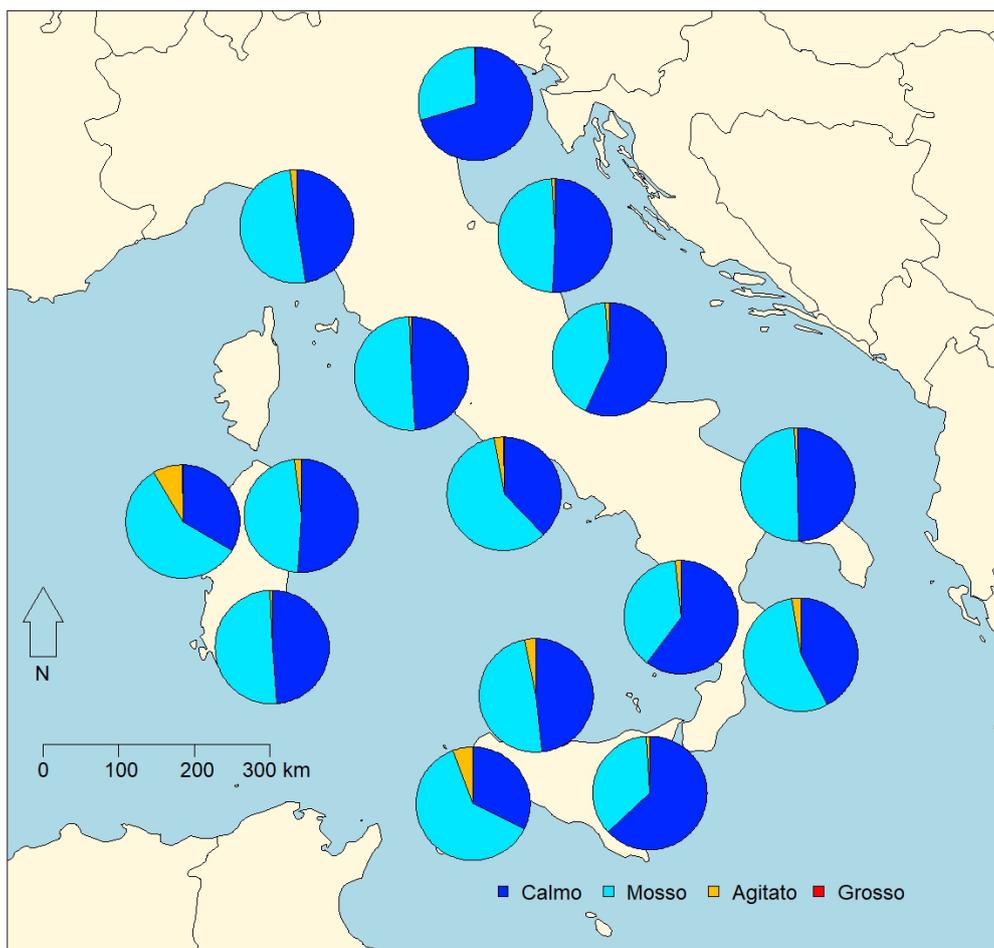


Figura 4-150: Frequenza degli stati di mare nei punti boa della RON (2022). Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ISPRA e Copernicus

Dall'analisi del clima ondoso il Mar Tirreno mostra una certa unidirezionalità degli eventi, mentre nello Ionio e nell'Adriatico sono sempre presenti dei climi almeno bimodali. Il Tirreno è soggetto, inoltre, ad altezze d'onda massime più alte di quelle presenti nell'Adriatico, questo trova ragione non soltanto nei regimi di vento intenso ma anche nella maggiore estensione delle aree in cui il vento è in grado di trasmettere energia alle onde. Le onde più alte sono registrate dalla boa di Alghero; si osserva, inoltre, che ad Alghero è più alto anche il numero di episodi con onde superiori ad almeno 3 m. Il vento che genera la quasi totalità delle mareggiate nella Sardegna occidentale è il Maestrale, e i suoi effetti sono evidenti anche nel Tirreno centrale e meridionale. Nell'Adriatico le mareggiate hanno spesso direzione da Nord o da Nord Est-Est, meno intense (massimo registrato 6,2 m), sebbene non siano rari casi con onde intorno a 3 m.

### **Mareggiate**

Le mareggiate sono originate da eventi anemometrici intensi e persistenti che agiscono su estese porzioni di mare aperto e generano impatti rilevanti sulle aree costiere. Per mareggiata, in questo contesto, si intende il massimo della altezza d'onda significativa di un gruppo di dati persistenti sopra soglia e separati da un altro set di dati sopra soglia per almeno 48 ore. In questo modo vengono selezionati i massimi delle diverse mareggiate che possono essere considerate indipendenti.

Il numero di mareggiate è influenzato dall'esposizione (fetch) e dalla stagionalità. Il fetch rappresenta la superficie di mare aperto a disposizione del vento che spirava con intensità e direzione costante e del moto

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

ondoso per generarsi e continuare a propagarsi; maggiore è il fetch, maggiori potranno essere le mareggiate sia in termini di quantità sia di intensità dei fenomeni. Il numero di mareggiate, in condizioni di esposizione date, dipende esclusivamente dalle condizioni meteorologiche. Nel periodo 2002-2020 sono state osservate in totale 2.224 mareggiate, registrate principalmente ad Alghero, Mazara, Palermo e Ponza. I mesi in cui si rilevano generalmente il maggior numero di mareggiate (quindi maggiormente energetici) sono quelli da novembre a marzo.

Nel corso del 2021, complessivamente sono state registrate mareggiate meno numerose rispetto la media del periodo di riferimento, solo presso La Spezia si è osservato un numero di mareggiate superiore.

Nel 2022 si sono verificate complessivamente 132 mareggiate, in aumento rispetto al 2021. Il numero maggiore di mareggiate si è avuto presso Alghero, Mazara del Vallo e Ponza, mentre i mesi in cui complessivamente si registra il maggior numero di mareggiate sono stati quelli di febbraio, novembre e aprile, che contano rispettivamente 30, 25 e 23 mareggiate.

L'analisi del numero di mareggiate nel 2022 conferma quello che si può desumere dal periodo di riferimento 2002-2021 e descritto fino al 2012 in Figura 4-151: nel versante occidentale (Mar Tirreno, Mediterraneo occidentale, Canale di Sicilia) si verifica un elevato numero di mareggiate, mentre, nel versante orientale Mar Adriatico e Mar Ionio si registra, generalmente, un minore numero di eventi. Nel corso del 2022, complessivamente sono state registrate mareggiate meno numerose rispetto la media del periodo di riferimento. Tuttavia, presso le stazioni di Crotona nel Mar Ionio, di Ponza nel Mar Tirreno e di Ortona nel Mar Adriatico si è osservato un numero di mareggiate superiore a quello del periodo di riferimento

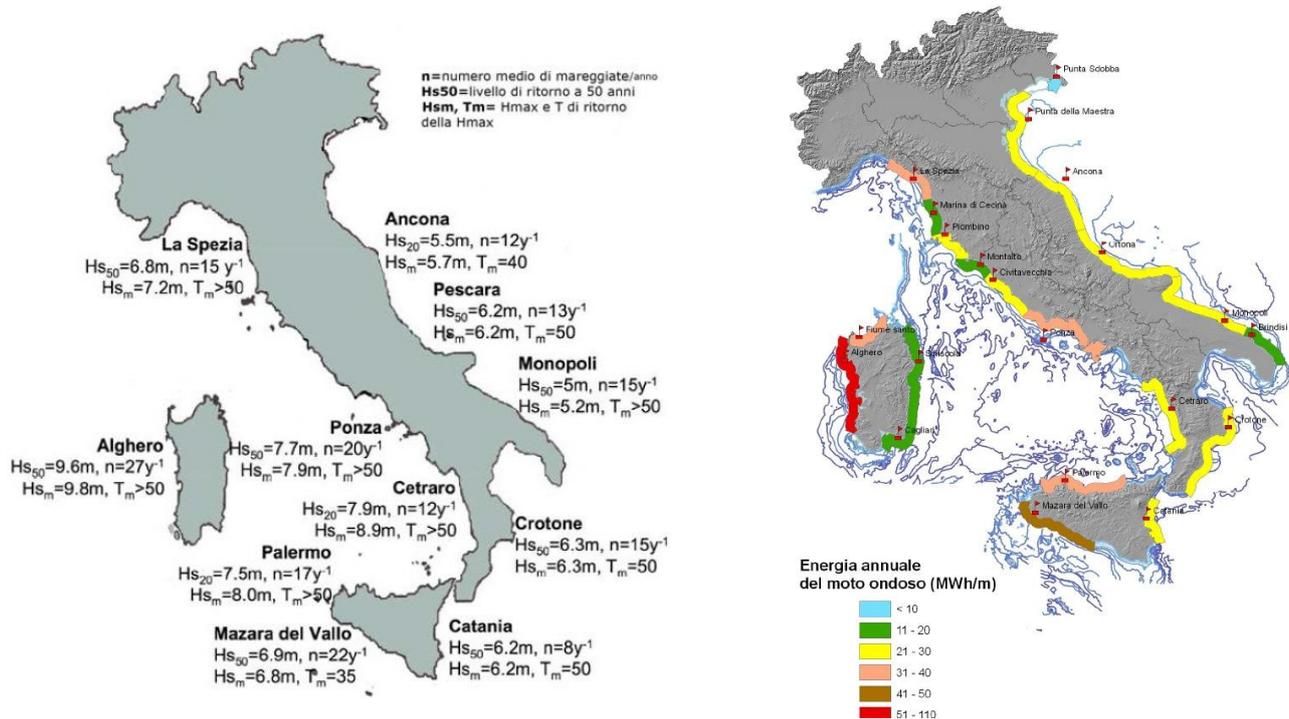


Figura 4-151: a) A sinistra: Distribuzione degli eventi estremi lungo le coste italiane. Nota: periodo di ritorno corrispondente al massimo valore osservato in 20 anni (Tm); livello di ritorno corrispondente a 35, 40, o 50 anni (Hs<sub>35</sub>, Hs<sub>40</sub>, Hs<sub>50</sub>), a seconda della estensione della serie temporale a disposizione Fonte ISPRA (2012). b) A destra: Mappa del potenziale energetico medio annuo del moto ondoso al largo delle coste italiane (Peviani et al., 2011).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

**Caratteristiche mareografiche**

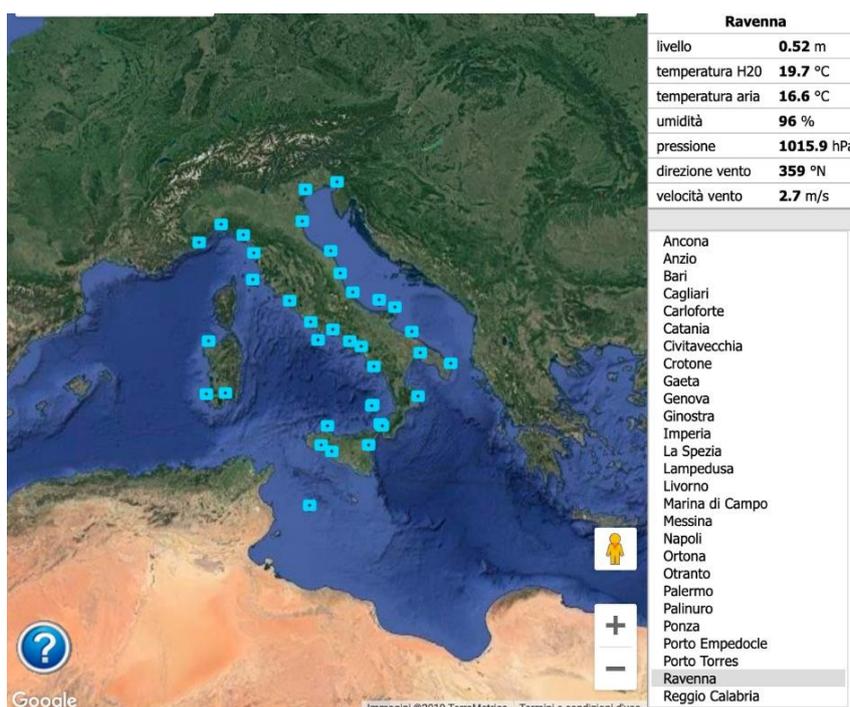
La marea è un fenomeno periodico di innalzamento e abbassamento della superficie del mare dovuto all'attrazione gravitazionale esercitata dalla Luna, dal Sole e dagli altri corpi celesti sulle masse di acqua presenti sulla Terra e secondariamente dovuto anche alle perturbazioni meteorologiche. I dati della Rete Mareografica Nazionale (RMN - ISPRA) forniscono informazioni a scala locale e regionale sulle variazioni di marea e sono stati utilizzati per caratterizzare l'ampiezza della componente astronomica del segnale di marea lungo le coste Italiane.

Si possono distinguere due componenti, una astronomica, periodica e prevedibile e una componente stocastica, meteorologica. La fase di innalzamento raggiunge il suo culmine nel momento di massima elevazione del livello marino ed è detta alta marea (o colmo), mentre la fase di minimo abbassamento è detta bassa marea (o cavo). La differenza tra alta e bassa marea viene denominata escursione o ampiezza di marea. Le escursioni mareali variano nel tempo in funzione della posizione relativa del sistema Terra-Sole-Luna e nello spazio, in funzione di caratteristiche morfologiche quali la profondità dei fondali marini, la forma delle coste e la superficie della massa d'acqua. Il livello del mare è registrato lungo le coste italiane dalle stazioni mareografiche, principalmente posizionate all'interno dei porti e gestite da ISPRA.

Le maree nel Mar Mediterraneo hanno una frequenza di 12 ore circa, legate al passaggio della Luna al di sopra di un punto di osservazione sulla Terra. La marea viene dunque influenzata in maniera diversa nel corso del mese a seconda delle fasi lunari. Questa componente, detta astronomica è quella che viene ricostruita e presentata. Il segnale misurato, sottratto della sua componente armonica, fornisce i residui, che contengono informazioni sui fenomeni meteorologici, stocastici, accaduti.

La marea astronomica presenta profonde differenze nei diversi mari italiani, raggiungendo la sua massima escursione nel Nord Adriatico e nella Laguna di Venezia, essendo fortemente influenzata anche dalla configurazione del bacino.

La Rete Mareografica Nazionale (RMN, Figura 4-152), con 36 stazioni uniformemente distribuite sul territorio, è oggi tra le più importanti reti di misura del livello del mare presente nel Mediterraneo.



## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Figura 4-152: Rete Mareografica Nazionale: siti di misura. Fonte: ISPRA (2019).

Il risultato dell'indicatore "Altezza della marea astronomica lungo le coste italiane" relativo al 2022 evidenzia valori decisamente più alti nel Nord Adriatico (Venezia e Trieste), con massimi e minimi di marea quasi tre volte quelli registrati in altre stazioni di misura (Mar Tirreno). È ben noto l'effetto intenso della marea nella Laguna di Venezia, che trova riscontro anche nei dati presentati in questo indicatore. Le serie temporali di circa 50 anni (1971-2022) consentono di studiare nel dettaglio le eventuali oscillazioni delle componenti astronomiche della marea, dovute prevalentemente a fenomeni stocastici, e di monitorare la loro sostanziale stabilità nel tempo, come atteso dal fenomeno fisico che le governa. Inoltre, la disponibilità di dati distribuiti lungo tutte le coste italiane consente una valutazione puntuale del fenomeno astronomico, di straordinario interesse e utilità anche in ambito operativo previsionale.

Nel Mar Mediterraneo l'ampiezza massima delle maree è mediamente 45 cm (con escursioni mediamente comprese tra i 30-70 cm) e le oscillazioni di marea sono di tipo semidiurno misto, con due massimi e due minimi durante la giornata, che si susseguono con valori diversi nel corso del mese con maree minori e maggiori.

La repentina variazione del livello del mare è fenomeno non usuale per le coste tirreniche dell'Italia centromeridionale, ma è abbastanza frequente in alcuni tratti delle coste italiane, ad esempio nel canale di Sicilia, dove è associato a particolari condizioni meteo-climatiche.

Nell'Adriatico, che è un bacino semichiuso, si registrano i valori più alti di marea del Mediterraneo. Nell'alto Adriatico le ampiezze di marea possono superare anche il metro e, in particolari condizioni astronomiche e meteorologiche, quali forte vento di scirocco, si possono avere innalzamenti eccezionali del livello del mare, che provocano nella laguna veneta, sia per l'orografia della zona sia per le note problematiche di subsidenza, l'invasione del mare di ampi spazi terrestri per alcune ore, dando luogo al noto fenomeno di acqua alta a Venezia (Figura 4-153).

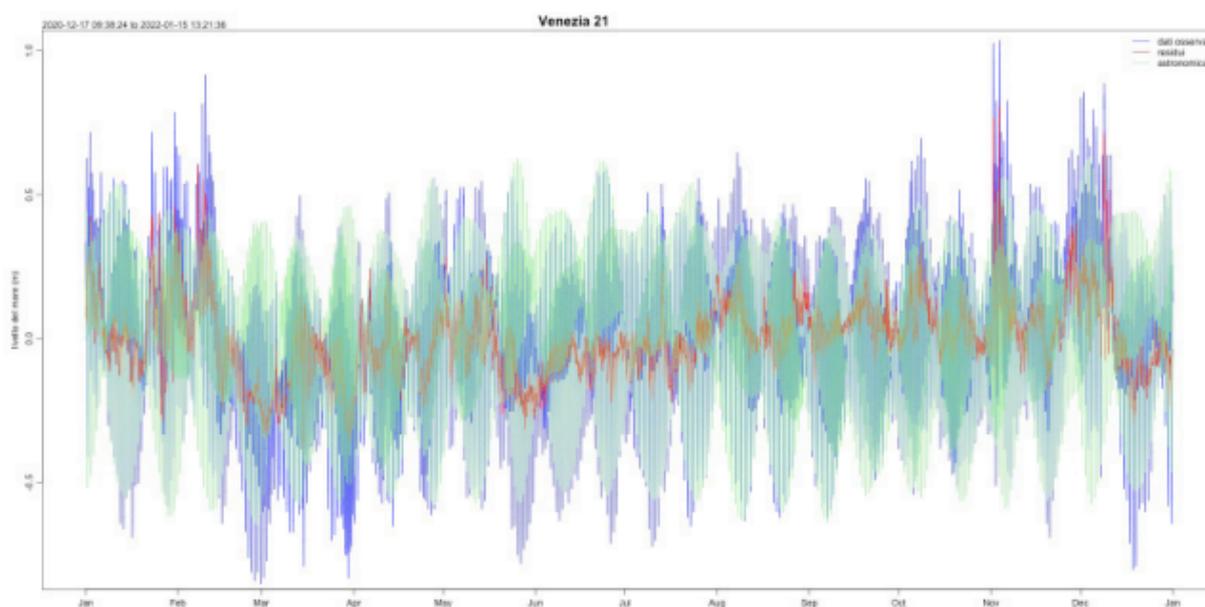


Figura 4-153: Marea astronomica stazione di Venezia (2021) (annuario). Fonte Ispra RMN

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

L'Altezza della marea astronomica in laguna di Venezia è un indicatore che misura le variazioni dell'altezza della marea astronomica nel tempo in diversi siti della laguna. L'onda di marea, risalendo l'Adriatico in senso antiorario, entra in laguna attraverso le sue tre bocche di porto (Lido, Malamocco, Chioggia) e si propaga al suo interno in modo diverso rispetto al comportamento in mare, adattandosi alla conformazione tortuosa e a fondo variabile dei canali. Questa configurazione morfologica, tipica delle lagune costiere, è in grado di rallentare l'avanzata e smorzare l'ampiezza dell'onda di marea. (Figura 4-154)

La sostanziale stabilità della marea astronomica dall'inizio degli anni '90 si interrompe in tutte le stazioni della laguna a partire dal biennio 2003-2004, con modifiche significative all'altezza della marea astronomica all'interno dello specchio lagunare. Tra il 2005 e 2010/11 si rileva una netta diminuzione dell'altezza della marea astronomica all'interno della laguna (ma non in mare). Nel corso degli ultimi anni si registra, invece, una sostanziale stabilità. Gli anni 2020 e 2021 presentano un leggero aumento nelle ampiezze di alcune stazioni interne alla laguna rispetto a quanto rilevato in mare, a Piattaforma.

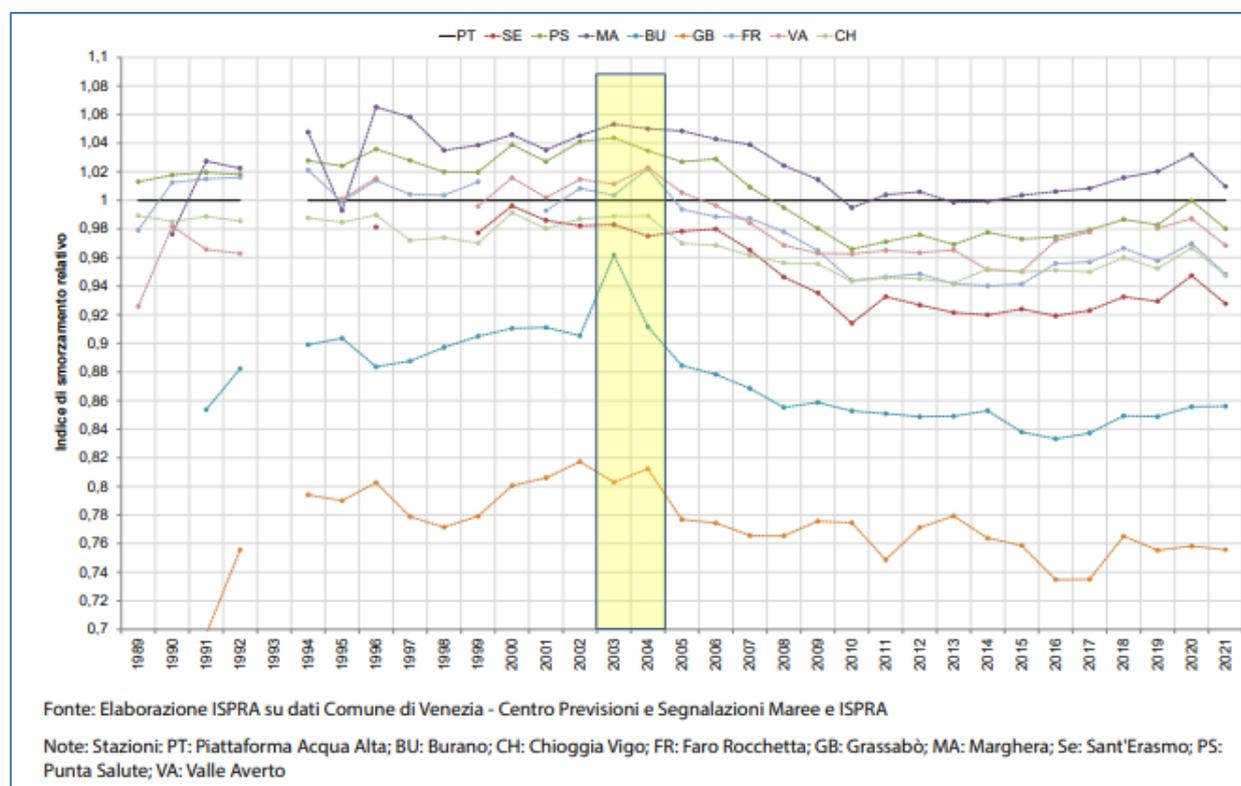


Figura 4-154: Altezza della marea astronomica in laguna di Venezia (2021 annuario)

### Circolazione generale

Il Mare Mediterraneo è un mare semi-chiuso, comunicante con l'Oceano Atlantico (ad Ovest) attraverso lo stretto di Gibilterra e con il Mare di Marmara e il Mar Nero (ad Est) attraverso lo stretto dei Dardanelli. I moti a grande scala si innescano principalmente a causa degli scambi con l'Oceano Atlantico per compensare le differenze di densità e dei livelli marini. Il Mare Mediterraneo, infatti, è considerato un bacino di concentrazione, poiché le perdite di acqua dovute all'evaporazione eccedono le entrate di acqua provenienti da fiumi e piogge. I due sottobacini principali, il Mediterraneo Occidentale e il Mediterraneo Orientale, sono collegati tra loro dallo Stretto di Sicilia e presentano un notevole dislivello batigrafico che ostacola la circolazione completa delle masse d'acqua.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Il bacino è caratterizzato da una circolazione anti-estuarina poiché, in corrispondenza dello stretto di Gibilterra, le acque superficiali atlantiche (*Atlantic Water – AW*) entrano nel Mediterraneo mentre acque profonde ne fuoriescono, con un'interfaccia posta a circa 150 m di profondità. Questo scambio porta all'interno del bacino acqua poco salata di origine atlantica, e verso l'oceano Atlantico acqua salata e ricca di nutrienti che ha origine nella zona orientale del bacino (*Levantine Intermediate Water – LIW*). L'acqua superficiale di origine atlantica, meno densa e più fredda, occupa lo strato superiore tra i 50 - 100 m e crea una corrente che si sposta da ovest verso est nel Mediterraneo. Ad Est dello Stretto di Gibilterra, a causa dell'evaporazione e del rimescolamento con le acque circostanti, l'acqua atlantica aumenta il suo valore di salinità migrando verso la parte orientale del bacino. All'altezza dello Stretto di Sicilia l'acqua atlantica prende il nome di acqua atlantica modificata (*Modified Atlantic Water – MAW*) poiché raggiunge maggiori valori di densità.

Nel Mar Mediterraneo si possono distinguere tre masse d'acqua sovrapposte, acque superficiali, intermedie e profonde, ognuna con diversi valori di temperatura e di salinità. Le acque intermedie e profonde derivano da fenomeni di trasformazione delle acque superficiali (*Deep Water Formation – DWF*) in determinati siti del bacino.

Le acque intermedie che si formano nel bacino Levantino, principalmente in corrispondenza di Rodi si formano tramite processi di convezione che avvengono nel periodo invernale e dal bacino levantino orientale si propagano verso il bacino occidentale a 200-300 m di profondità, mescolandosi gradualmente con le masse d'acqua circostanti.

Le principali acque profonde del Mediterraneo Occidentale e quelle del Mediterraneo Orientale si formano rispettivamente nell'area del Golfo del Leone e nel Mar Adriatico Meridionale.

Il Nord Atlantico ricopre un ruolo molto importante per quanto riguarda la circolazione termohalina, siccome è il principale sito di formazione delle acque profonde (e di fondo).

### **Upwelling**

L'upwelling è un fenomeno fisico dovuto all'azione di vento e correnti che possono generare una corrente di risalita, orientata verso il largo e ortogonale alla costa.

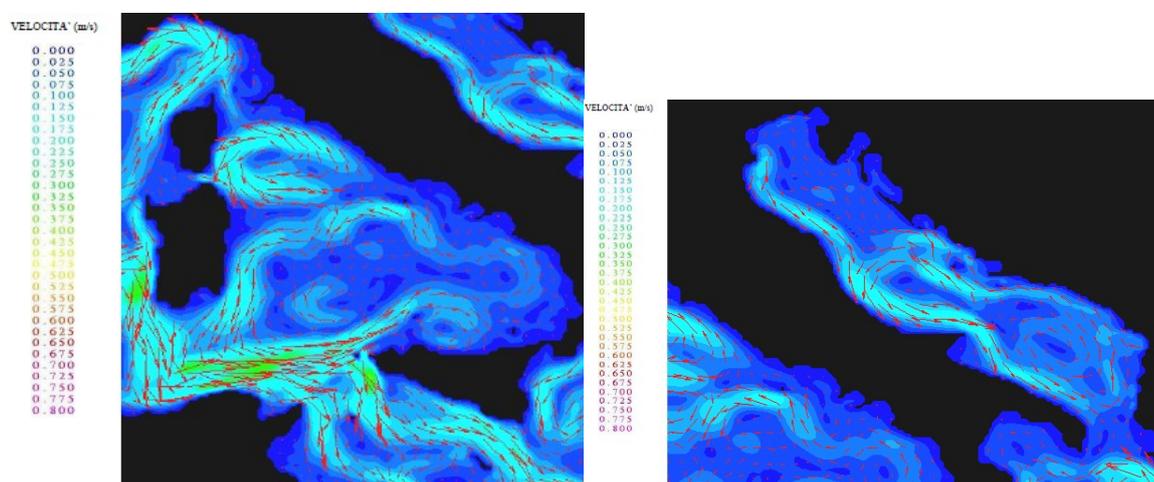
Questo fenomeno ha un notevole impatto sulla fauna ittica locale e per questo di grande interesse. L'individuazione delle aree più favorevoli al generarsi di questo fenomeno è stata realizzata utilizzando i dati di velocità e direzione del vento forniti dalla Rete Mareografica Nazionale (RMN) gestita da ISPRA. Questi dati opportunamente elaborati consentono di individuare le zone costiere che con più probabilità sono maggiormente esposte al fenomeno dell'upwelling come, ad esempio, la zona di Carloforte in Sardegna che si conferma essere tra le più favorevoli alla generazione di tale variabile.

L'upwelling costiero è un fenomeno di corrente fortemente influenzato oltre che dalle correnti marine, anche dall'intensità e dalla direzione del vento lungo la costa. Nella fattispecie, il vento che spira in direzione parallela alla costa può avere l'effetto, sotto alcune condizioni, di generare una corrente che viene deviata per effetto della forza di Coriolis, in direzione ortogonale alla costa e verso il largo. L'upwelling è proprio il fenomeno di corrente verticale che sposta acque più profonde e fredde che vanno a rimpiazzare l'acqua superficiale trascinata dal vento verso il largo. La corrente portante, che si origina soprattutto per variazioni di salinità, tende quindi a far risalire acqua dal fondo, acqua che risulta più fredda di quella presente in prossimità della superficie e ricca di nutrienti. Questo fenomeno ha un notevole impatto sulla fauna ittica locale. L'upwelling è un fenomeno estremamente interessante ai fini dell'individuazione di zone costiere con alta concentrazione di nutrienti e conseguente incremento della fauna ittica locale. I fenomeni di risalita

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

hanno infatti una notevole influenza nel ricircolo di acque ricche di plancton. Pesci e organismi marini ne traggono quindi ottimo giovamento; ne scaturisce un notevole aumento della diversità ittica e della pescosità del braccio di mare interessato dal fenomeno. A causa della forte influenza del vento nella generazione del fenomeno di *upwelling*, l'individuazione delle aree più favorevoli allo sviluppo di tale processo è stata realizzata attraverso il calcolo delle frequenze di eventi ventosi in direzione parallela alla costa utilizzando i dati provenienti dalle stazioni mareografiche della Rete Mareografica Nazionale. Nel dettaglio sono stati utilizzati i dati di vento orari per quelle stazioni che presentassero un numero sufficientemente alto di dati registrati; sono stati selezionati gli episodi di vento compresi in un arco di 30 gradi centrato attorno alla direzione parallela alla costa nel punto di interesse, e con intensità superiore ai 3 m/s.

Le informazioni relative all'andamento della circolazione generale del Mar Mediterraneo in fase di valutazione iniziale sono state articolate in tre sotto-regioni "Mediterraneo occidentale", "Mar Ionio e Mediterraneo centrale" e "Mar Adriatico". La *Figura 4-155* mostra le mappe dei valori medi annuali dell'intensità e della direzione delle correnti in corrispondenza della superficie, derivanti dal modello numerico per il Mar Mediterraneo del progetto MyOcean per il periodo 2001-2010 (MSWD, 2012).



*Figura 4-155: Velocità media sulla superficie libera (media dal 2001 al 2010) per i diversi sottobacini: Mediterraneo occidentale, Mar Ionio e Mediterraneo centrale; Mar Adriatico settentrionale. Fonte: MSFD (2012).*

#### Mediterraneo occidentale

Le stazioni considerate nell'area occidentale dei mari italiani presentano direzioni del vento favorevoli alla generazione di fenomeni di *upwelling* prevalentemente da Nord. Dalle percentuali si evince che il Mar Tirreno Settentrionale, in particolare nei tratti di costa intorno a Genova e Civitavecchia, è una delle aree più favorevoli al generarsi di fenomeni di *upwelling* (con una frequenza pari all'1,13%, e.g. Massetti, 2004, Inghilesi et al., 2012). In Sardegna, invece, Cagliari presenta una percentuale di eventi provenienti dal settore tra SW-W pari allo 0,39%, Porto Torres dal settore tra E-ESE pari al 1,53%, mentre Carloforte, con una frequenza dell'11,96%, è ancora la stazione con il maggior numero di eventi favorevoli riscontrati nel settore direzionale compreso tra NNW-NNE.

#### Mar Ionio e Mediterraneo centrale

Nel Mar Ionio, le classi di direzione individuate favorevoli all'innescarsi della generazione di *upwelling* sono W-NW in prossimità di Taranto e SSE-SSW in prossimità di Crotona. In Sicilia, per l'esposizione dei litorali, Catania presenta come classe direzionale favorevole alla generazione di *upwelling* quella proveniente da Sud,

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

mentre Palermo quella proveniente da Sud Est. Porto Empedocle, invece, è caratterizzato da forti venti che spirano da Nord-Ovest e che rendono questo tratto di costa maggiormente esposto al fenomeno dell'*upwelling*. L'area del canale di Sicilia, ed in particolare la costa sud della Sicilia, è interessata da venti prevalenti provenienti da Ovest che soffiano paralleli alla costa e che tendono a spostare le masse d'acqua verso Sud. Messina presenta come classe direzionale favorevole alla generazione di *upwelling* quella proveniente da SW. Tuttavia, nello Stretto di Messina, merita particolare rilievo il tratto di costa prospiciente Reggio Calabria, dove, nel settore direzionale di NW-NNW è stata ottenuta una frequenza pari a 6,02% di episodi favorevoli all'*upwelling*. Tutto questo tratto di mare rappresenta una zona interessata da forti fenomeni idrodinamici e, in particolare, lo Stretto di Messina è anche interessato fortemente da fenomeni di *upwelling* legati alle correnti locali.

Mar Adriatico

Il Mar Adriatico, nella parte settentrionale, è battuto dalla Bora, forte vento che soffia da Nord-Est e che genera *upwelling* lungo la linea costiera a Est del bacino. Inoltre, vi è il grande afflusso d'acqua fluviale proveniente dal Po e da altri fiumi maggiori dell'Italia Nord-Orientale, che ha la caratteristica di avere temperatura e salinità inferiore rispetto al mare ed essere ricca di nutrienti. Nell'alto Adriatico le direzioni favorevoli al fenomeno dell'*upwelling* sono provenienti da Sud, e le aree di Venezia, Ravenna e Ancona presentano alte percentuali di episodi favorevoli. Nel tratto di costa Adriatica meridionale la direzione di provenienza prevalente del vento favorevole all'*upwelling* può essere considerata quella da Sud-Est. Bari, nel tratto di costa dell'Adriatico meridionale, ha una frequenza più elevata e, in generale, una delle frequenze più elevate a livello nazionale (6.59%).

Utilizzando i dati di velocità e direzione del vento dal 1° gennaio 2022 al 31 dicembre 2022 rilevate presso ciascuna stazione della Rete Mareografica Nazionale (RMN) ISPRA, sono state realizzate le distribuzioni statistiche e le corrispondenti rose dei venti. In tal modo è stato possibile elaborare per l'anno 2022, l'indicatore di *upwelling*, considerando però il solo anno e non la serie storica pregressa poiché interrotta da un lungo periodo di mancanza di dati nella maggior parte delle stazioni di misura. La velocità e la direzione del vento sono state selezionate allo scopo di individuare le aree più favorevoli al verificarsi del fenomeno di *upwelling*. Per tenere conto della forza di Coriolis, le direzioni parallele alla costa sono state scelte nel settore Nord Ovest per il Mar Tirreno e nel settore Sud Est per il Mare Adriatico. Ciascun settore direzionale ha un'ampiezza di 30°. Inoltre, sono stati scelti solo i venti con intensità superiore ai 3 m/s. Per ciascuna stazione è stato calcolato il rapporto tra il numero di eventi selezionati (secondo la procedura sopra descritta) e il numero totale di dati registrati, ottenendo una frequenza di *upwelling* (espressa in percentuale) che consente di individuare le zone costiere più potenzialmente esposte al fenomeno.

L'indicatore permette la caratterizzazione delle aree favorevoli al verificarsi del fenomeno di *upwelling*, non indicandone, tuttavia, direttamente una quantificazione.

Secondo i risultati riportati dall'annuario dei dati ambientali 2021 le stazioni poste nell'area del Tirreno mostrano frequenze molto basse di venti favorevoli alla generazione dell'*upwelling*, mentre nel mare Adriatico, tali frequenze sono mediamente più elevate, grazie anche al contributo della Bora, forte vento che soffia da Nord-Est e che genera *upwelling* lungo la linea costiera a Est del bacino. Le stazioni poste nel Mar Ionio e nel Canale di Sicilia indicano tali aree come favorevoli alla generazione dell'*upwelling*. L'area dello Stretto di Messina si conferma, poiché noto anche da letteratura, un'area fortemente interessata dall'*upwelling* dovuto principalmente a fenomeni idrodinamici: le acque ioniche dello Stretto risultano infatti più fredde di quelle dei bacini circostanti. La stazione che indica la zona più favorevole alla generazione di fenomeni di *upwelling* è quella di Carloforte.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

L'aggiornamento dell'indicatore con i dati del 2022 ha evidenziato rispetto al 2021 una generale tendenza alla decrescita del numero di casi favorevoli allo sviluppo del fenomeno di upwelling, in particolare per le stazioni di Bari, Venezia e Carloforte anche se per quest'ultima si continuano a registrare le frequenze maggiori rispetto a tutte le altre stazioni. Fanno eccezione a questa tendenza le stazioni di Porto Torres e Porto Empedocle, rispetto alla situazione analizzata negli anni 2020 e 2021 (Figura 4-156).

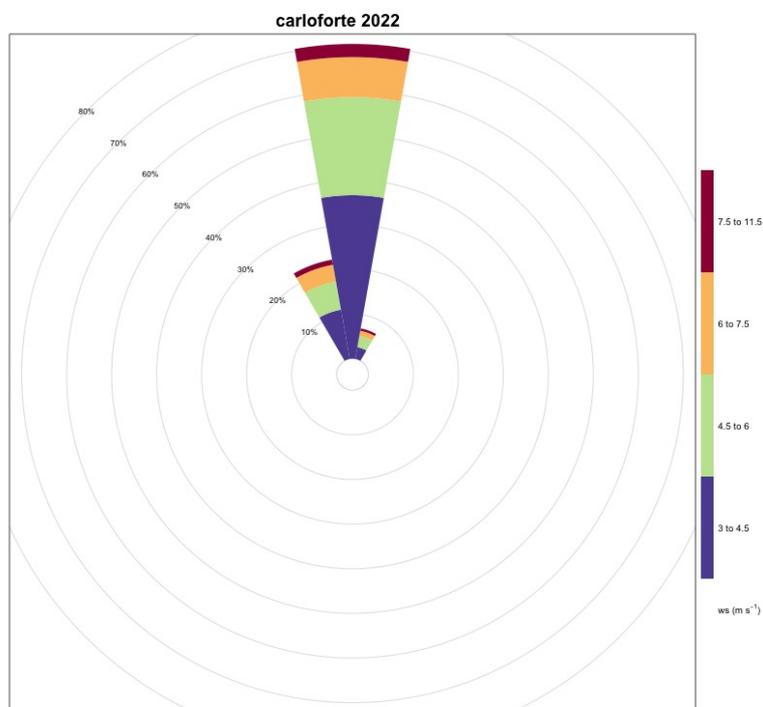


Figura 4-156: Vento stazione Carloforte Fonte ISPRA – Rete Mareografica Nazionale (RMN)

### Distribuzione della temperatura

Il mare svolge una funzione termoregolatrice che influenza il clima su scala globale. La Comunità Europea, tramite il progetto Copernicus, fornisce i valori di temperatura superficiale del mare per tutto il Mediterraneo.

La temperatura superficiale delle acque marine è estremamente variabile sia su scala spaziale sia temporale. Dipende essenzialmente dall'irraggiamento solare e in misura minore dalle caratteristiche chimico-fisiche delle acque e dalle condizioni di agitazione ondosa. Un'ulteriore causa di variabilità, che può avere effetti molto marcati in bacini chiusi, è l'immissione di acque continentali. Per questo motivo la media annua della temperatura superficiale delle acque del Mar Adriatico è generalmente più bassa rispetto a quelle del Mar Tirreno, confrontate a parità di latitudine. La temperatura superficiale delle acque del Mar Ionio è generalmente la più elevata a causa delle basse latitudini e per effetto della circolazione con valori medi che possono superare anche i 20°C.

La distribuzione della temperatura nelle acque marine è uno dei fattori essenziali per la generazione delle correnti oceaniche. In genere, l'escursione diurna media della temperatura dell'acqua marina non supera pochi decimi di grado in mare aperto, mentre in prossimità della costa si hanno valori maggiori, anche raddoppiati (con valori minimi raggiunti quando il cielo è coperto, l'acqua agitata, l'altezza solare minima e l'oscillazione termica diurna dell'aria supera notevolmente quella dell'acqua superficiale).

Dalle misure effettuate mediante la RON nei mari italiani la differenza termica fra la superficie del mare, che assorbe gran parte dell'energia radiata dal sole, e l'aria risulta in media di circa 1,7 °C (ISPRA, 2007; 2012; MSFD, 2012). In Figura 4-157 si osservano massime temperature delle acque marine fra luglio e ottobre, con

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

massime frequenze in settembre. Nei mari che circondano la Penisola, sottoposti a influenze continentali, le oscillazioni termiche annue raggiungono circa 16 °C nel Tirreno e 22 °C nell'Adriatico, a fronte di una temperatura media, rispettivamente, di 19,5 °C e di 18,2 °C. Con particolare riferimento al periodo 2010-2011, la massima escursione termica giornaliera nel Tirreno è stata dell'ordine di 0,3 °C per l'acqua superficiale e di circa 1,8 °C per l'aria soprastante.

Mare	Stazione	Anno	°C											
			gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Ligure	La Spezia	2006	12,7	10,7			18,3	21,9	26,4	23,5	21,1			
		1989/2005	14,0	13,1	13,3	14,1	18,6	22,3	24,0	24,2	22,8	21,1	18,3	15,7
Di Sardegna	Alghero	2006	13,5	13,1	13,2			22,6	25,6	22,7	22,8			
		1989/2005	13,9	13,5	14,0	14,7	17,6	20,6	22,6	24,7	23,0	21,3	18,1	15,6
Tirreno	Civitavecchia	2006	13,5	12,9	12,9	15,1	19,1	20,1	25,6	24,5	22,5			
		2002/2005	15,3	14,0	13,9	15,1	18,9	22,4	24,8	27,3	24,4	21,4	18,8	16,5
	Ponza	2006					20,6	21,8	26,7	25,8	24,1	22,8	19,9	
		1989/2005	15,0	14,3	14,4	15,1	18,9	22,9	24,6	26,0	24,3	22,1	19,3	16,9
	Siniscola	2006												
		2002/2005	15,0	13,6	14,0	14,8	17,7	24,7	26,3	27,8	25,6	22,0	19,0	16,2
Cetraro	2006	14,8	14,0	13,9	16,4	22,7	23,1	26,9	27,1	25,2	23,1	20,7		
	1999/2005	15,6	14,6	14,5	15,7	19,6	23,9	25,9	27,0	25,4	22,9	20,2	17,6	
Palermo	2006	14,5	14,0	14,0	15,9	19,7	22,0	27,1	27,0	25,7	24,4	20,7		
	2002/2005	15,2	14,3	14,5	15,6	19,8	24,9	27,9	28,6	28,0	22,5	20,2	17,5	
Canale di Sicilia	Mazara del Vallo	2006	14,6	14,0	14,1	15,3	18,6	19,4	22,7	21,7	21,9	21,8	21,5	
		1989/2005	14,9	14,3	14,4	15,0	17,4	19,7	21,0	21,9	22,5	21,2	19,2	16,7
Ionio	Catania	2006									24,8	24,0		
		1989/2005	14,8	14,2	14,5	15,0	17,7	21,6	25,0	26,4	25,1	22,9	19,8	16,8
Adriatico	Crotone	2006	13,3											16,2
		1989/2005	14,3	13,9	13,9	14,8	18,6	22,5	25,0	26,0	24,7	22,4	19,4	16,3
	Monopoli	2006	10,1	12,9		14,5	18,3	21,6	25,6	26,0				
		1989/2005	12,4	12,5	13,1	14,1	18,5	22,7	24,8	25,7	24,1	20,9	17,8	14,2
	Ortona	2006									22,3	21,0	17,8	14,9
		1989/2005	12,3	11,9	12,2	13,3	19,1	23,1	24,7	25,7	23,4	20,1	16,8	13,3
Ancona	2006													
	1999/2005	11,8	11,1	11,6	13,4	18,4	22,9	24,7	25,8	23,0	20,0	17,0	14,9	
Chioggia	2006													
	2002/2005	8,0	7,4	10,1	12,9	19,7	26,2	27,5	28,9	22,6	18,1	12,3	9,3	

Figura 4-157: Temperatura superficiale delle acque (medie mensili) e siti di misura. Fonte ISPRA (2007).

Di seguito (Figura 4-158) sono riportate, inoltre, le variazioni di temperatura superficiali stagionali caratteristiche delle diverse sottoregioni "Mediterraneo occidentale", "Mar Ionio e Mediterraneo centrale" e "Mar Adriatico" riprese, talvolta integralmente per comodità di trattazione, dai report sulla valutazione iniziale delle caratteristiche fisiche del mare (MSFD, 2012) redatti da ISPRA nell'ambito dei suoi incarichi istituzionali e di supporto al MATTM per l'applicazione della Direttiva 2008/CE/56.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

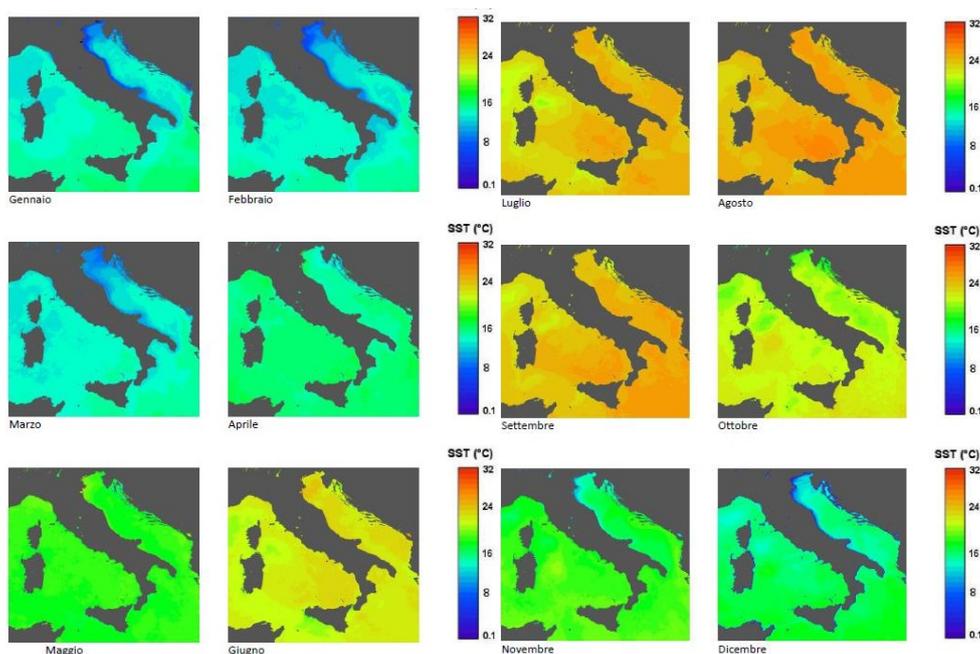


Figura 4-158: Temperatura superficiale stagionale delle acque nelle diverse sottoregioni. Analisi qualitativa preliminare del dataset dal 2007 al 2011 relativo al Programma di ricerca MARCOAST. Riportato in MSFD (2012).

#### Mediterraneo occidentale

In inverno la subregione tirrenica mostra un gradiente nord-sud che è il risultato della differente insolazione e delle severe condizioni metereologiche tipiche della parte settentrionale del Mediterraneo occidentale (MSFD, 2012). Alla latitudine del Tirreno meridionale si riscontrano acque termicamente più omogenee. Questo si traduce nelle temperature più fredde riscontrate nella parte occidentale del Mar Ligure e nel Tirreno centrale a largo delle Bocche di Bonifacio. Quest'ultimo viene denominato il *Cold Thyrrhenian Eddy* ovvero il vortice freddo tirrenico il cui centro è vicino allo stretto di Bonifacio e permette la fuoriuscita di una parte delle acque tirreniche verso il Mar Ligure (Astraldi, 1994).

La stagione primaverile mostra un indebolimento del gradiente di temperatura superficiale rilevato in inverno. Il gradiente si sposta nel Tirreno meridionale, dove è visibile un gradiente di temperatura superficiale est-ovest. Il vortice freddo tirrenico è visibile ancora in aprile come patch più freddo ad est di Bonifacio.

La stagione estiva è quella che presenta il più marcato gradiente di temperatura superficiale, la struttura a larga scala è dominata da numerose celle, la più grande delle quali si trova nel Mar Ligure. Nel Tirreno si identifica uno stretto gradiente di temperatura superficiale che indica la chiusura del bacino lungo la linea di connessione tra la Sardegna e la Sicilia (MSFD, 2012). Inoltre, nel bacino tirrenico possono ancora essere osservate due celle principali che sono il vortice freddo tirrenico ad Est delle Bocche di Bonifacio ed una cella calda a sud-est.

La stagione autunnale è una stagione di transizione e nel Mar Ligure è sempre presente la cella fredda nella parte occidentale del Mar Ligure. Nel Tirreno si nota l'apertura a sud vicino alla Sicilia e si nota anche come il vortice freddo tirrenico raggiunga in questo periodo la sua massima estensione zonale. Inoltre è visibile un fronte termico tirrenico che divide le acque relativamente omogenee del Tirreno centrale da quelle del vortice freddo tirrenico più a nord.

#### Mar Ionio e Mediterraneo centrale

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

La stagionalità è più marcata nel Mar Ionio (circa 6° C) che negli altri bacini del Mediterraneo orientale. La distribuzione della temperatura superficiale è fortemente zonale da Novembre ad Aprile. Durante i mesi invernali si riscontra un pattern di isoterme per lo più associato alla dinamica della *Atlantic-Ionian stream* (AIS) che entra nel Canale di Sicilia muovendosi principalmente verso la costa africana ad Est, dove diviene corrente africana settentrionale (Marullo et al., 1999).

Maggio è un mese di transizione tra i due estremi stagionali, mentre durante la stagione estiva la distribuzione zonale delle temperature svanisce ed i fronti di temperatura superficiale sono praticamente meridionali. In estate è presente un fronte termico distinto. Questo si sviluppa da nord-ovest a sud-est nelle zone interne ed orientali del Mar Ionio e separa lo Ionio stesso dal bacino levantino. Esso raggiunge la penisola italiana ed indica una circolazione anticiclonica superficiale nello Ionio interno (Marullo et al., 1999). Ottobre è un mese di transizione tra i due estremi stagionali.

Mar Adriatico

Durante i mesi invernali è possibile notare che le acque costiere del Nord Adriatico sono più fredde di quelle del restante del bacino. Le temperature più fredde sono associate alla fuoriuscita costiera di acque dal Po. Nel bacino adriatico meridionale è visibile la fredda corrente adriatica occidentale. L'acqua proveniente dal Mar Ionio è invece visibile sulla costa opposta come una vena calda nel periodo autunno-inverno. L'ingresso delle acque ioniche nel vortice (*gyre*) sud adriatico continua verso nord lungo la costa ed è visibile fino alla penisola istriana.

Durante i mesi primaverili è difficile discernere la circolazione nell'Adriatico settentrionale ad eccezione delle acque leggermente più calde vicino al delta del Po. Nel Medio Adriatico l'*upwelling* costiero causa temperature più fresche al largo della costa dalmata che si propagano al centro del bacino Medio adriatico formando una larga banda di acque più fresche rispetto alla temperatura superficiale media.

Durante la stagione estiva l'acqua proveniente dal Mar Ionio in ingresso nel bacino adriatico meridionale è visibile come vena fredda. L'ingresso delle acque ioniche continua verso nord lungo la costa ed è visibile fino alla penisola istriana.

In autunno diviene visibile nel Nord Adriatico una vena costiera molto fredda (generalmente visibile nelle mappe di temperatura superficiale da novembre a marzo). L'acqua proveniente dal Mar Ionio è visibile come una vena calda nel periodo autunno-inverno. L'ingresso delle acque ioniche continua verso nord lungo la costa ed è visibile fino alla penisola istriana (Böhm et al., 2003).

Nel corso del 2022, per i mari italiani, le medie delle temperature superficiali del mare sono risultate sostanzialmente in linea con i valori caratteristici del periodo di osservazione precedente (Figura 4-159), con modesti valori di anomalia (Figura 4-160) tendenzialmente localizzati nel Canale di Sicilia.

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

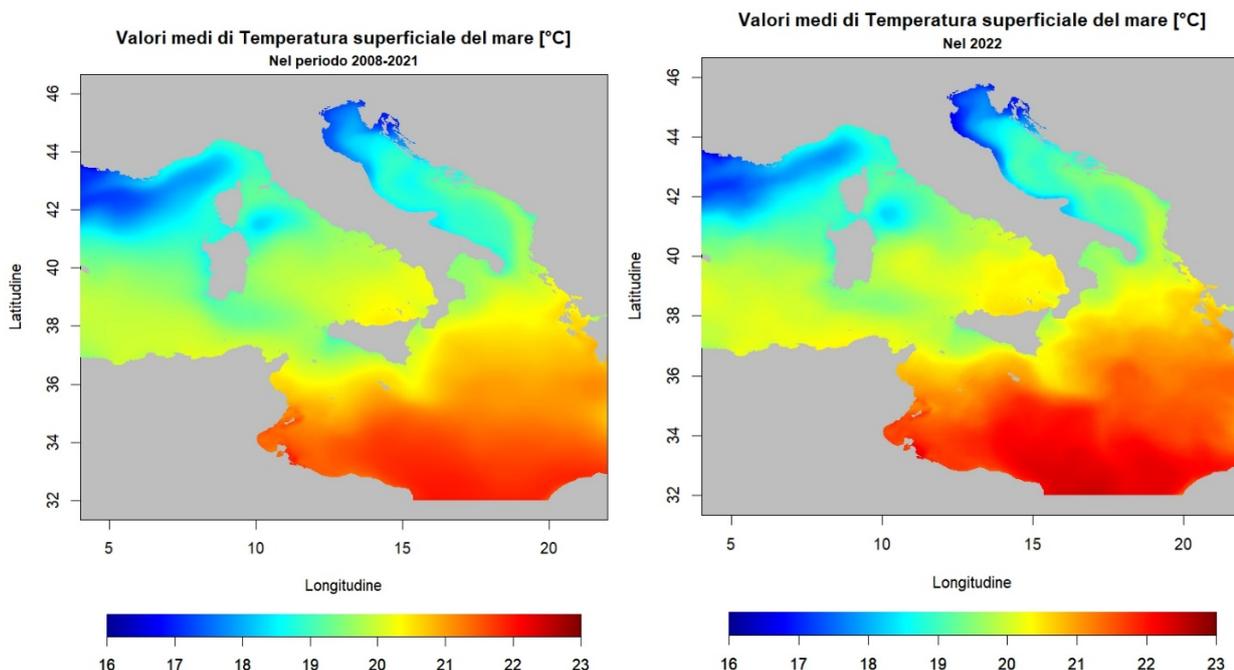


Figura 4-159: A sinistra Valori medi di temperatura superficiale del mare [°C] nell'anno 2022; a destra nel periodo 2008-2021 (Elaborazione ISPRA su dati Copernicus)

Nello stesso anno si denota una sostanziale stabilità con una lieve variazione positiva nel Mediterraneo occidentale e nel Canale di Sicilia, una variazione negativa nel Mar Ligure, nell'Alto Adriatico e nello Ionio (Figura 4-160). Per la valutazione del trend è possibile avere indicazioni a partire dal periodo di osservazione disponibile (2008-2022) da cui si evince che nel Mar Adriatico, nel Mar Mediterraneo occidentale e nel golfo di Taranto (Figura 4-161) si registrano aumenti annuali tra 0,06 e 0,09 °C/anno.

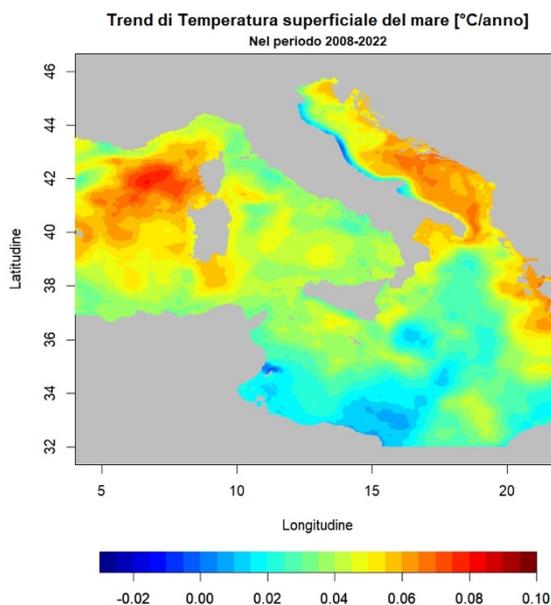


Figura 4-160: Anomalia dei valori medi di temperatura superficiale del mare [°C] nel 2022 rispetto al periodo 2008/2021 (Elaborazione ISPRA su dati Copernicus)

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

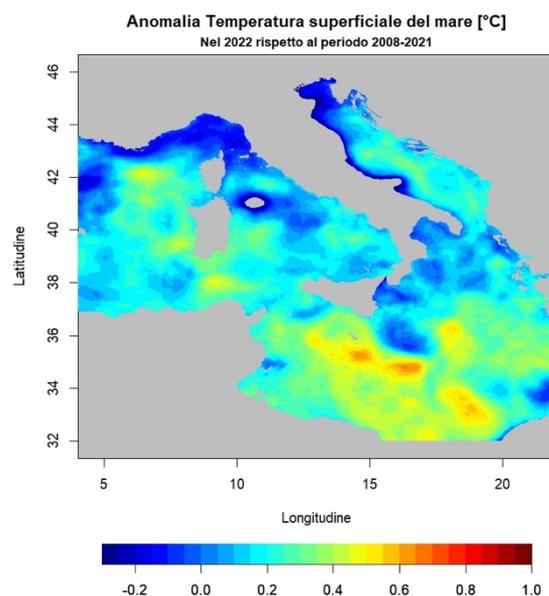


Figura 4-161: Trend dei valori di temperatura superficiale del mare [°C/anno] nel periodo 2008/2022 (Elaborazione ISPRA su dati Copernicus)

#### 4.12.3 Stato fisico delle aree costiere

Le competenze inerenti alla difesa e la gestione integrata delle coste sono state affidate alle regioni con la L. 59/97, il D.Lgs. 112/98 e il D.Lgs. 86/99, che conferiscono e disciplinano le funzioni e i compiti amministrativi dello Stato alle Regioni e agli Enti locali. Le regioni, secondo le disposizioni del D.Lgs. 112/98 (art. 89 comma 1 lett. h), e le Autorità di Bacino, secondo quelle della L. 183/89 e il successivo DL 180/98, e il D. Lgs. 152/2006 e s.m.i., hanno promulgato norme ed elaborato piani e programmi di tutela e di difesa delle coste. Il D.Lgs. 49/2010 per l'attuazione della Direttiva Alluvioni prevede entro il 2015 la definizione di Piani di Gestione del rischio da inondazione con azioni di mitigazione anche per le zone costiere. Ulteriori obiettivi sono definiti nella Raccomandazione del Parlamento europeo n. 2002/413/CE del 30/05/02 e nel Protocollo della Gestione Integrata delle Zone Costiere (GIZC o ICZM Integrated Coastal Zone Management) del Mediterraneo, adottato il 21 gennaio 2008, sottoscritto anche dall'Unione Europea, e, entrato in vigore il 24 marzo 2011.

Il Protocollo ICZM, approvato nell'ambito della Convenzione di Barcellona per la Protezione dell'Ambiente Marino e della Regione Costiera del Mediterraneo promuove una strategia di gestione integrata di tutte le questioni ambientali, socioeconomiche e culturali, per un nuovo e più efficace approccio alle molteplici esigenze di tutela degli habitat e dei paesaggi costieri e insulari, nonché di difesa del patrimonio culturale e di sviluppo delle attività economiche.

Allo Stato vengono lasciati i compiti di rilievo nazionale relativi agli indirizzi generali e ai criteri per la difesa delle coste. La normativa, in particolare, evidenzia la necessità di informazioni sintetiche rappresentate attraverso l'utilizzo di indicatori funzionali alla definizione degli indirizzi generali e di report.

Allo scopo di definire lo stato della pianificazione della fascia costiera, quale area sottoposta a maggiori pressioni determinate da fattori demografici e di sviluppo è stato costituito l'indicatore "Piani di gestione regionali (Coste)". Tramite la sua elaborazione è possibile individuare e differenziare le risposte fornite dalle regioni alle problematiche relative alla gestione delle zone costiere.

L'indicatore è il risultato della ricognizione a livello regionale dello stato della pianificazione relativa alla fascia costiera. La gestione del territorio in Italia è condotta mediante un articolato sistema di strumenti di

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

pianificazione, essenzialmente separati per settore di interesse. Le politiche comunitarie per le aree marine e costiere sono numerose; tra le politiche ambientali rilevanti c'è la Direttiva Quadro sulla Strategia Marina, la Direttiva Quadro sulle Acque, la Direttiva Alluvioni, le Direttive Natura e Habitat, la Strategia per la Biodiversità e la Strategia di Adattamento ai Cambiamenti Climatici; altre politiche dell'Unione Europea sono la Politica Integrata Marittima, la Direttiva per le Energie Rinnovabili, l'Iniziativa per le Autostrade del Mare e la recente proposta di Direttiva per la Pianificazione dello Spazio Marittimo e la Gestione Integrata delle Zone Costiere.

La fascia costiera è l'area sottoposta a maggiori pressioni determinate da fattori demografici e di sviluppo, accogliendo interessi derivanti dalle risorse terrestri e marittime, tuttavia non esistono norme che prescrivano la definizione di uno specifico piano per le zone costiere, seppure numerosi siano gli atti in cui viene richiamata la necessità di strumenti per la tutela ambientale e per la gestione delle azioni antropiche che agiscono in queste aree. Ciò determina che ogni ente preposto ad amministrare la zona costiera provveda nelle modalità che ritiene più idonee, seguendo percorsi e obiettivi diversi, e che gli strumenti elaborati siano di varia natura.

Gli strumenti più recenti evidenziano chiari tentativi di un approccio integrato alla pianificazione territoriale costiera, facendo esplicito riferimento alla Gestione Integrata delle Zone Costiere (GIZC), come proposto nella Raccomandazione del Parlamento Europeo n. 2002/413/CE del 30/05/02 e nel VII Protocollo della Convenzione di Barcellona per il mar Mediterraneo.

Su 15 regioni costiere, 11 sono attualmente dotate di strumenti di pianificazione regionale (Figura 4-162) che includono l'intero territorio costiero. Rispetto al 2015 la situazione risulta invariata relativamente all'introduzione di nuovi piani, ma vede l'adozione di linee guida da parte di alcune regioni. Dalla ricognizione degli strumenti di piano, finalizzata all'aggiornamento dell'indicatore, è emersa un'attenzione costante alla gestione delle aree costiere da parte delle amministrazioni regionali, ma con un impegno prevalentemente concentrato nelle procedure di revisione della fascia costiera demaniale, ai sensi dell'art. 7 comma 9-septiesdecies della Legge 125/2015, e in alcuni casi nell'elaborazione e adozione di Piani di utilizzo delle aree demaniali, tipologia di piano che non rientra tra quelle scelte per la costruzione dell'indicatore. Le regioni Veneto e Sardegna, nel corso del 2016, hanno adottato linee guida, derivanti da studi e programmi di monitoraggio a scala regionale, per la definizione di una strategia di difesa dei litorali dall'erosione, con tipologie di intervento più adatte in un'ottica di gestione del territorio su scala regionale e più idonee a una gestione integrata della zona costiera, nel rispetto dei vincoli ambientali, come specificato dalla regione Veneto. Sono ancora in corso iniziative di aggiornamento e approfondimento dei piani già elaborati (Marche) oppure programmi di elaborazione di ulteriori piani specifici (Liguria, Puglia, Toscana).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

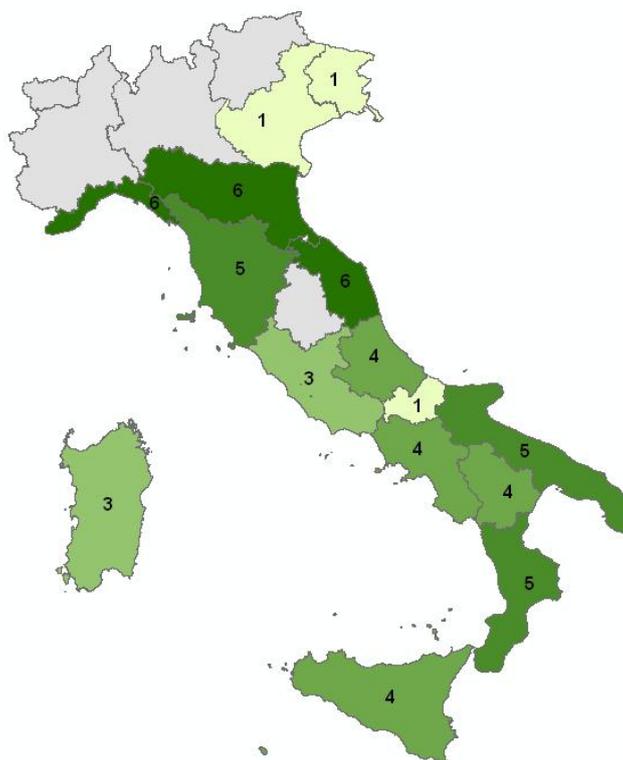


Figura 4-162: Indicatore attività di pianificazione regionale per le coste (31/12/2016). (1-2 programmi operativi (p.o.) e leggi regionali; 3-4 piani di protezione o di gestione integrata; 5-8 piani di protezione e di gestione integrata adottati e p.o.)

In generale nell'ultimo decennio si è assistito a un enorme progresso, con il passaggio da una prevalenza di Programmi Operativi Regionali (POR), con interventi su aree in crisi con opere di protezione o ripristino di litorali con ripascimenti, all'aumento di piani di gestione e protezione estesi a tutti i tratti di costa regionale. Circa il tipo di strumenti adottati per la gestione delle coste si riscontra ancora un'ampia variabilità di soluzioni. L'approccio più diffuso resta legato alla presenza di fenomeni di erosione costiera che, ponendo a rischio abitazioni, infrastrutture viarie ed economia turistica, è l'elemento che maggiormente stimola l'attività di pianificazione e di gestione delle aree costiere; sono comunque riconoscibili chiari tentativi da parte di alcune regioni di attuare una gestione integrata, anche se con percorsi, modalità e tempi differenti.

Si rimanda al Sistema Informativo Geografico Costiero (SIGC), sviluppato in ISPRA nell'ambito delle proprie competenze (<http://www.sinanet.isprambiente.it>), per una caratterizzazione uniforme a livello nazionale dei parametri geomorfologici caratteristici del territorio costiero, inteso come linea di riva e linea di retrospiaggia.

Nel seguito si riporta una preliminare disamina delle informazioni disponibili a scala nazionale, principalmente tratte dall'annuario dei dati ambientali di ISPRA (2007; 2012; 2016; 2020) su: gli aspetti morfologici e la tendenza evolutiva delle litorali, la presenza di opere di difesa e la percentuale di artificializzazione della costa.

### **Aspetti morfologici**

La costa italiana ha una lunghezza di circa 8.353 km, di cui 4.863 km di litorali bassi sabbiosi o deltizi (Figura 4-163). Più del 9% di costa è ormai artificiale, delimitata da opere radenti la riva (3,7 %), porti (3 %) e strutture

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

parzialmente sovrainposte al litorale (2,4 %). La costa naturale è circa 7.500 km. Più di un terzo sono coste alte che si sviluppano, secondo varie morfologie, con tratti rocciosi molto spesso articolati e frastagliati, presenti prevalentemente sulle due isole maggiori, Sardegna e Sicilia, e sulle regioni tirreniche, Liguria, Toscana e Campania. Le coste basse, sabbiose e rocciose, sono generalmente diffuse su tutti i fronti costieri, spesso alternandosi a tratti alti e rocciosi o alla presenza di promontori. Fa eccezione la costa adriatica costituita quasi esclusivamente da lunghi tratti rettilinei di litorali sabbiosi o deltizi e dai più estesi ambienti lagunari del Paese.

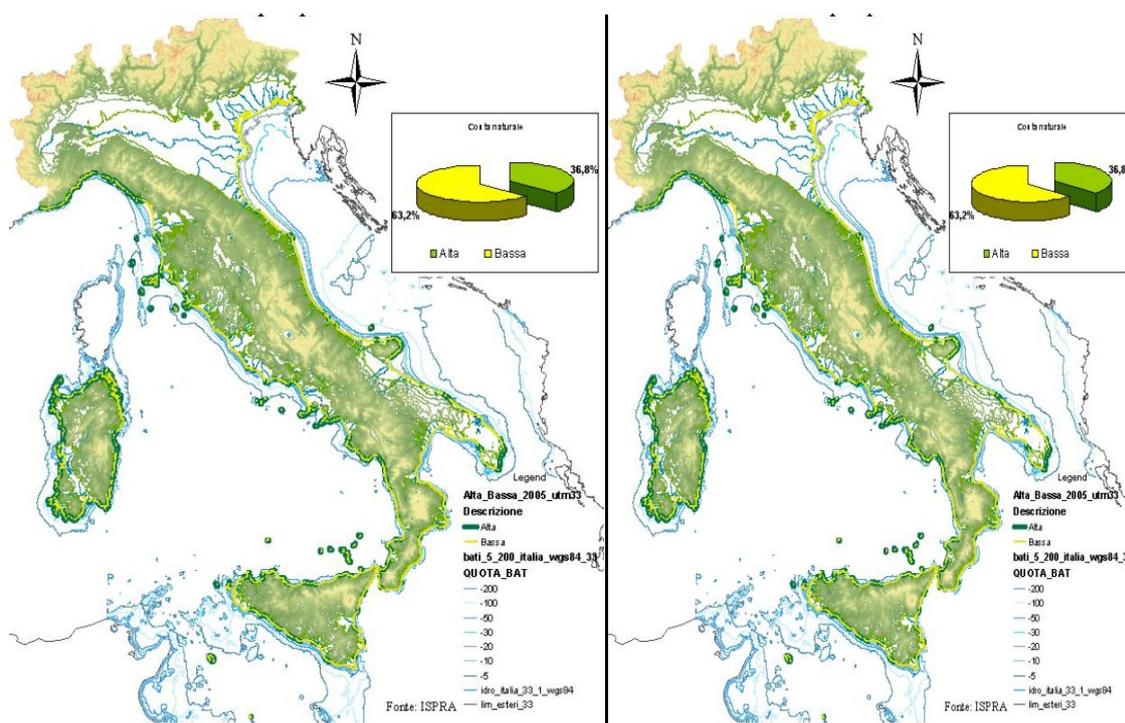


Figura 4-163: A sinistra) Elaborazione della copertura territoriale disponibile con le ortofoto del volo IT2006; dati batimetrici dell'IIMM (2005). Fonte: ISPRA. A destra). Dettaglio della tipologia di coste italiane per la Direttiva 2000/60/EC: rilievi montuosi (A), terrazzi (B), pianura litoranea (C), pianura di fiumara (D), pianura alluvionale (E), pianura di dune (F) (tratto da Brondi et al., 2003).

Circa il 70 % delle coste basse è costituito da spiagge sabbiose o ghiaiose, per una lunghezza complessiva di 3.270 km e una superficie territoriale di oltre 120 km<sup>2</sup>. Le spiagge italiane ampie alcune decine di metri sono presenti soprattutto sul fronte adriatico. L'Emilia-Romagna e il Veneto hanno le spiagge più ampie. La Sicilia è la regione con il maggior numero di chilometri di litorali sabbiosi, mentre la Calabria ha il maggior numero di km<sup>2</sup> di spiagge.

In Italia, il rischio nelle zone costiere è essenzialmente collegato a fenomeni di erosione e a eventi di tempeste e inondazioni, rilevanti soprattutto per le coste basse e sabbiose e per le pianure alluvionali costiere. Dal punto di vista fisico, infatti, queste sono le più vulnerabili all'azione del mare che le espone ad intense dinamiche morfologiche.

### Dinamica litoranea

La costa è un'area in continua evoluzione e i suoi cambiamenti si evidenziano soprattutto in corrispondenza di litorali bassi e sabbiosi, con nuovi assestamenti della linea di riva e con superfici territoriali emerse e

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

sommerse dal mare. La dinamica dei litorali dipende essenzialmente dall'azione del mare (moto ondoso, maree, correnti, tempeste), ma è influenzata anche da tutte quelle azioni dirette e indirette, naturali e antropiche, che intervengono sull'equilibrio del territorio costiero modificandone le caratteristiche geomorfologiche. L'estrazione di inerti dagli alvei e gli sbarramenti lungo il corso dei fiumi, la messa in sicurezza degli argini e dei versanti montani per il contenimento del dissesto idrogeologico riducono il flusso di sedimenti alle foci fluviali, destinato alla naturale distribuzione lungo i litorali. Gli insediamenti urbani e produttivi costieri, le infrastrutture viarie terrestri e marittime, incluse le opere di difesa costiera, invadono gli spazi marino - costieri e la loro presenza interagisce con la naturale dinamica dei litorali.

Disporre di informazioni sintetiche sull'evoluzione dell'assetto costiero del Paese che siano di supporto alla definizione di strategie nazionali e di piani di protezione e di gestione in linea con le relative direttive europee è fondamentale per la valutazione della vulnerabilità delle aree costiere e del grado di rischio a cui sono esposti centri urbani, infrastrutture e attività socio-economiche che si sviluppano in prossimità della costa. L'osservazione del trend di erosione dei litorali è un dato di riferimento sia per determinare le soluzioni e le risorse economiche necessarie per mitigare il fenomeno sia per valutare gli effetti e l'efficacia dei provvedimenti e degli interventi di difesa costiera messi in atto dai vari livelli di gestione (regionale, comunale, autorità di bacino e altro).

L'indicatore Dinamica Litoranea fornisce una stima su base nazionale e regionale della costa naturale che ha subito cambiamenti geomorfologici per erosione e per avanzamento verso mare. L'indicatore è il risultato di elaborazioni cartografiche e statistiche dei dati acquisiti nell'ambito delle attività di monitoraggio periodico dello stato e dei cambiamenti della geomorfologia della costa italiana, delle opere marittime e di protezione costiera realizzate in mare e a ridosso della riva avviato in ISPRA nel 2003. Aggiornato a ogni nuovo rilievo, l'indicatore è la sintesi dell'analisi delle variazioni geomorfologiche dei litorali, in termini di suolo perso e recuperato per effetto di tutte le cause dirette e indirette che agiscono in prossimità della costa, riscontrate tra due rilievi successivi.

In Figura 4-164 è riportata la distribuzione percentuale delle tipologie della costa italiana. La costa identificata come stabile è solo quella naturale bassa che può subire variazioni significative, infatti, le spiagge sono i tratti di litorale soggetti a una maggiore e più evidente evoluzione geomorfologia escludendo la costa rocciosa che rappresenta il 50% di tutta l'estensione della costa italiana.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

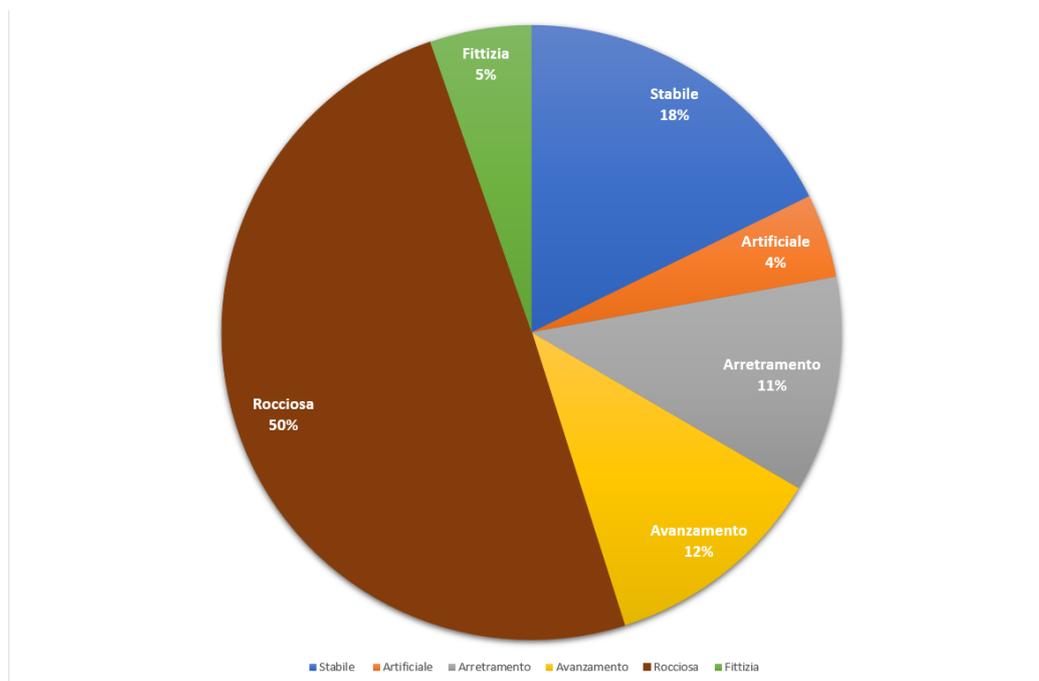


Figura 4-164: Distribuzione percentuale delle tipologie della costa italiana

Nel periodo compreso tra il 2000 e il 2006, il 22% dei litorali ha subito variazioni superiori a +/-5 metri e i tratti di costa in erosione (895 km) sono ancora superiori a quelle in progradazione (849 km). Nel periodo compreso tra il 2006 e il 2020, il 23% dei litorali ha subito variazioni superiori a +/-5 metri, i tratti di costa in erosione sono 943 km mentre quelli in progradazione 970 km.

L'analisi delle variazioni dei litorali rispetto al 2006 evidenzia in termini relativi una diminuzione della stabilità (circa 370 km) che si traduce in un aumento sia dell'erosione (circa 50 km) sia, in maniera più sensibile, dell'avanzamento (circa 130 km).

La Figura 4-165 evidenzia come i processi di modifica dell'assetto costiero prevalgano rispetto alla stabilità della sola costa bassa sabbiosa, infatti, vengono rappresentate anche le estensioni della costa rocciosa per avere contezza di quanto effettivamente questa sia presente in ogni regione: casi come la Sardegna, la Sicilia o la Puglia sono caratterizzate da una forte componente rocciosa lungo i loro litorali.

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

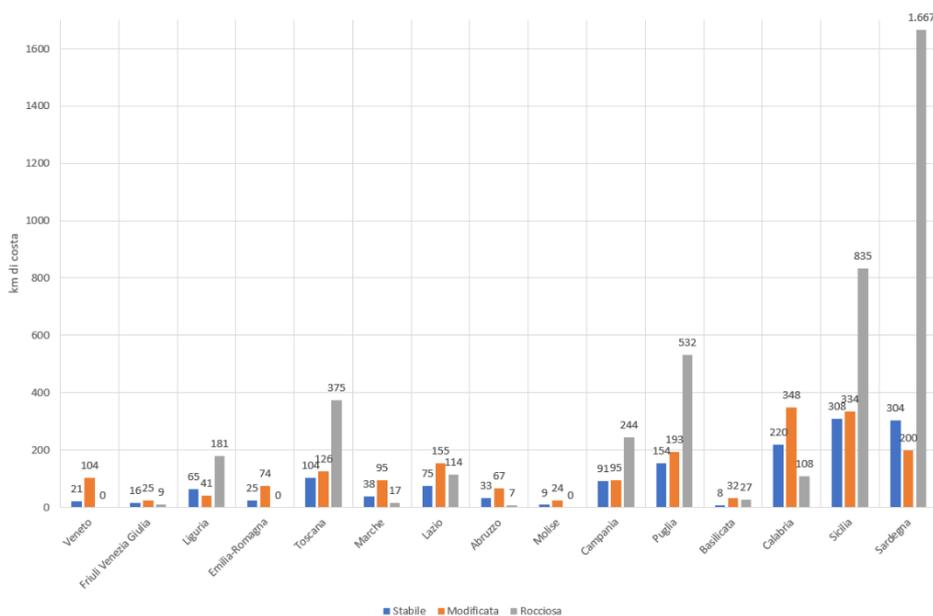


Figura 4-165: Distribuzione per regione della costa bassa stabile e della costa che ha subito variazioni nel periodo 2006-2020

In riferimento al bilancio complessivo delle coste instabili e dei cambiamenti rilevati nel 2020 rispetto al 2006, dalla Figura 4-166 è possibile osservare come Veneto, Toscana e Abruzzo manifestano tassi di avanzamento quasi doppi rispetto all’erosione, e in misura minore Calabria, Marche e Sicilia, mentre in Sardegna, Puglia e Lazio il tasso di erosione supera sensibilmente quello di avanzamento, a sottolineare l’entità dei processi dinamici in atto a livello regionale e il tipo di alterazione dominante tra progradazione e arretramento dei litorali.

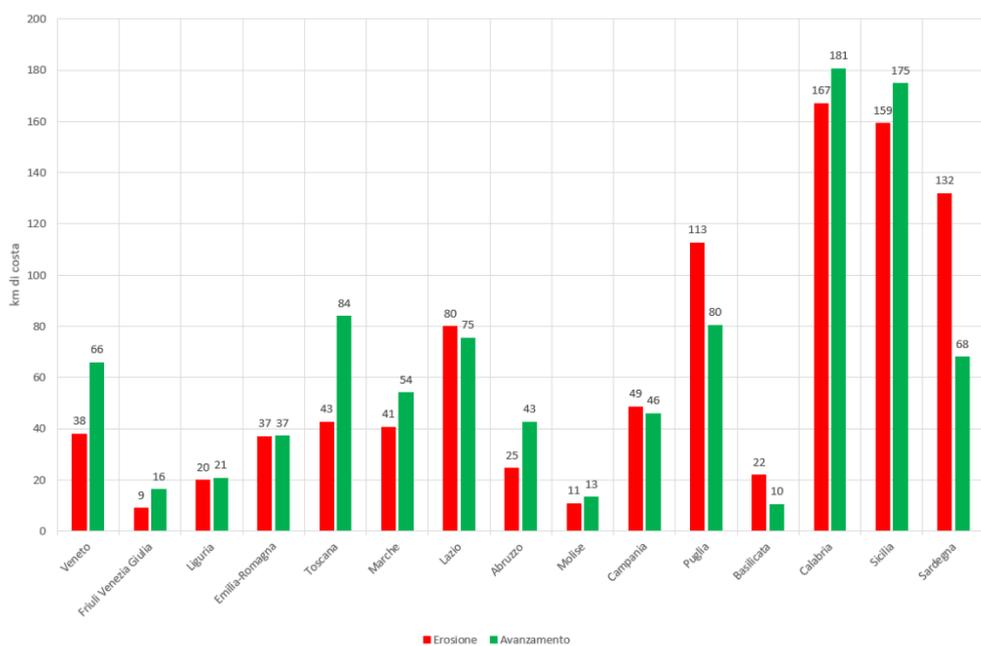


Figura 4-166: Distribuzione per regione della costa bassa in erosione e in avanzamento nel periodo 2006-2020

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

In generale l'erosione aggredisce i litorali di tutte le regioni costiere. Dato più interessante è rappresentato nelle Figura 4-167 e Figura 4-168. La prima mette in evidenza in quali regioni si concentrano i valori di avanzamento della costa. Calabria, Toscana e in particolar modo Sicilia dove i tratti di costa interessati dal processo di coregistrazione hanno un'estensione pari a circa 140 km.

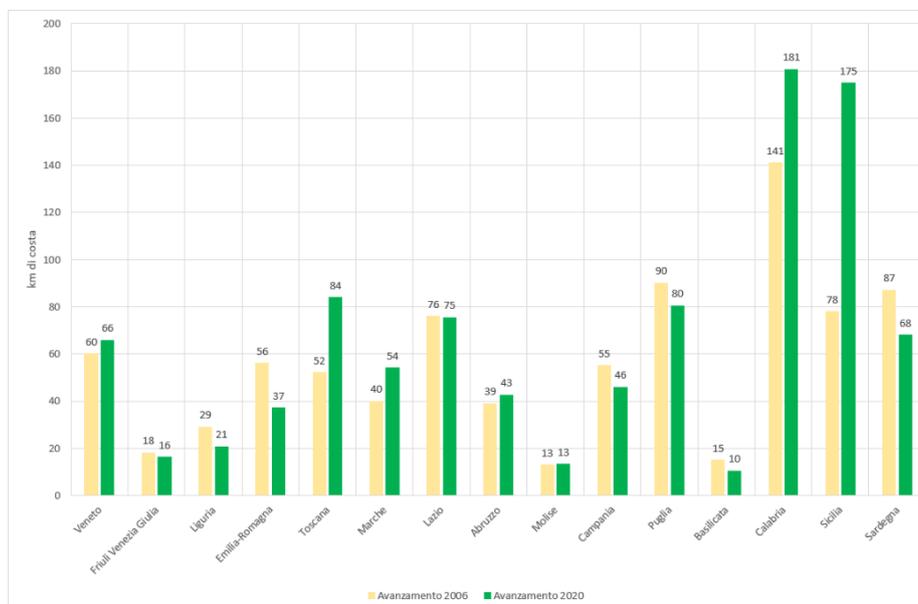


Figura 4-167: Distribuzione per regione della costa bassa in avanzamento nei periodi 2000-2006 e 2006-2020

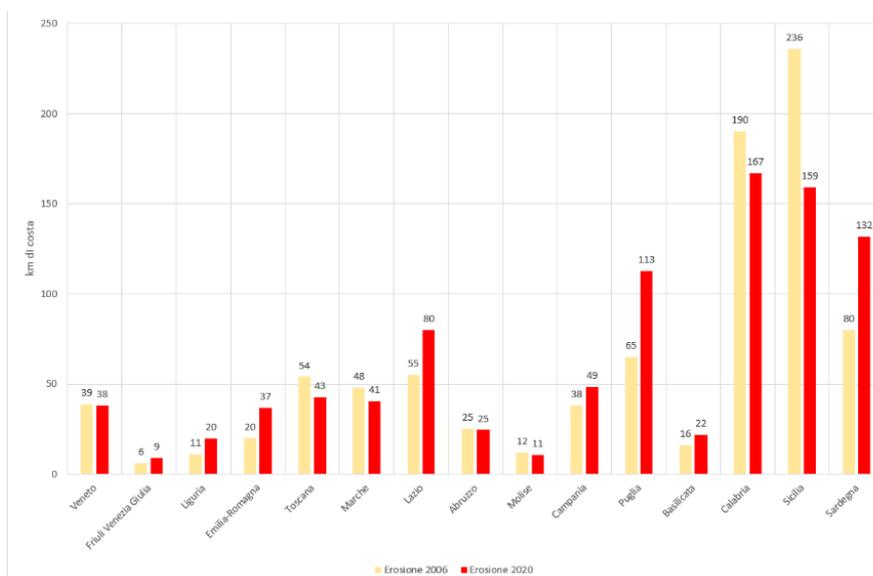


Figura 4-168: Distribuzione per regione della costa bassa in erosione nei periodi 2000-2006 e 2006-2020

La Figura 4-168 evidenzia quali sono le regioni che contribuiscono all'aumento dell'erosione: Sardegna, Lazio e Puglia, queste ultime come la Sicilia interessate dal medesimo processo di coregistrazione (26 km il Lazio e 40 km la Puglia). Si può notare come in Calabria, in Sicilia e in misura minore in Toscana si registri una diminuzione della costa in erosione (Figura 4-167), a vantaggio di un avanzamento importante (Figura 4-168). In Sardegna il tasso di erosione aumenta rispetto al 2006 così come in Puglia, nel Lazio e in Emilia-Romagna.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Nei casi in cui è registrata una maggiore stabilità, e la conseguente diminuzione dei litorali in erosione, è in genere il probabile e auspicato effetto dei numerosi sforzi compiuti nei decenni precedenti per mitigare i processi di degrado e di regressione dei litorali del Paese e degli ulteriori interventi di protezione e di ripristino eseguiti nel periodo 2006-2020.

***Difesa Costiera***

L'azione del mare, e gli intensi fenomeni erosivi, specie negli eventi di tempesta, mette in crisi la sicurezza di strade e ferrovie e pregiudica attività socio-economiche, anche di tipo turistico balneare, che si sviluppano lungo la costa. La frequenza dei danni causati dalle mareggiate e lo sfruttamento sempre maggiore del territorio rivierasco inducono gli enti preposti alla programmazione e alla realizzazione di un numero crescente di interventi di difesa costiera. Le soluzioni di protezione dei litorali e di contenimento del dissesto per erosione adottate negli anni dalle amministrazioni sono in prevalenza interventi con opere di difesa costiera "rigide", ossia strutture fisse capaci di interferire con il moto ondoso e di limitare gli effetti dannosi delle mareggiate, e in alcuni casi interventi con opere "morbide", che prevedono interventi di ripristino delle spiagge principalmente attraverso ripascimenti artificiali e recupero del sistema dunale.

Le opere di difesa costiera "rigide" sono un insieme eterogeneo di strutture che, secondo le caratteristiche di forma e di posizionamento, interagiscono con la dinamica litoranea. In linea di massima le opere di difesa longitudinali la riva permettono di attenuare l'azione delle onde sulla costa e di limitare il dissesto dei litorali durante gli eventi di tempesta, risultato spesso ottenuto con l'installazione di scogliere o isolotti artificiali posti in mare ad alcune decine di metri dalla riva; mentre opere trasversali la linea di riva, come pennelli e foci armate in corrispondenza delle foci fluviali, permettono di modificare localmente le dinamiche di erosione-accrescimento delle spiagge. Per contrastare l'azione aggressiva del mare sono adottate anche soluzioni combinate di strutture trasversali e longitudinali la riva, ossia opere miste, e strutture radenti la riva, come estremo baluardo a protezione di manufatti ed aree di interesse situati a ridosso della riva.

Al fine di disporre di informazioni sintetiche sulle azioni messe in atto per il contenimento del dissesto idrogeologico delle zone costiere del Paese è stato costituito l'indicatore "Costa protetta".

L'indicatore è un parametro rappresentativo sia della vulnerabilità delle aree costiere del Paese sia degli oneri di gestione sostenuti per la protezione dei litorali e delle strutture e delle attività socio-economiche che si sviluppano in prossimità della costa. Può essere anche di supporto alla valutazione dell'efficacia degli interventi di protezione eseguiti, riscontrabile nel tempo con l'effetto della stabilizzazione e del ripristino dei litorali protetti.

L'indicatore è la sintesi dell'analisi dei tratti costa protetti da opere di difesa costiera, in funzione del tipo di opera, dei parametri dimensionali e della distanza dalla riva. Sulla base del rilievo cartografico dello stato delle coste e delle opere marittime al 2020, fornisce la stima della costa protetta al 2020, confrontandola con le corrispondenti stime pubblicate per le coperture territoriali del 2000 e del 2006. Il catalogo delle opere è composto da tutti i manufatti realizzati in mare o a ridosso della riva visibili dalle ortofoto, identificati per destinazione d'uso – porto, colmata, lidi, pontili, opere di difesa costiera.

In Italia circa il 18% delle coste, pari a circa 1.520 km, è protetto con opere di difesa costiera rigide realizzate negli anni per contenere il dissesto provocato dalle mareggiate e l'erosione dei litorali.

Opere di sistemazione costiera sono riscontrabili lungo tutti i settori costieri del Paese, ma i litorali più protetti sono quelli in cui centri urbani, infrastrutture stradali e ferroviarie e attività socio-economiche si sviluppano lungo la costa. Tali opere rigide, oggi, rappresentano degli interventi che si effettuano in emergenza, quando le condizioni di criticità e di pericolo per cose e persone non permettono la realizzazione di opere di più ampio respiro, volte a realizzare progetti per ripascimenti durevoli delle spiagge. La persistenza delle opere realizzate

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

nel passato e l'istallazione continua di nuovi interventi corrispondono a dei peggioramenti dal punto di vista ambientale: pur proteggendo alcuni paraggi, si continuano a modificare e limitare le condizioni della naturale circolazione di acqua e sedimenti lungo la costa, se ne peggiorano le condizioni chimico-fisiche ed ecologiche, si impedisce alle spiagge di rigenerarsi naturalmente, generando un'ulteriore perdita dell'equilibrio naturale del sistema spiaggia.

Il modello applicato per i rilevamenti degli anni 2000, 2006 e 2020 mostra un continuo aumento dei tratti interessati dagli effetti di tali opere, che nel 2000 ammontavano a 1.170 km di costa (14%), valore cresciuto a 1.314 km (16%) nel 2006, mentre per il 2020 il valore raggiunge i 1.520 km (18%), con un trend, nel ventennio, pari a un incremento del 29,2%. Da parte delle amministrazioni competenti prosegue l'azione di contrasto al progressivo degrado delle coste utilizzando strumenti diversi, eppure spesso è ancora necessario aggiungere opere di difesa costiera rigida, mentre è ancora sporadica la sostituzione delle opere rigide esistenti con altri schemi di difesa della costa meno impattanti. Queste opere, pur difendendo il territorio del retrospiaggia, non riescono da sole a essere capaci di rinnovare l'equilibrio naturale che preserva e rinnova le spiagge, a volte essendo concausa dell'arretramento della costa e della sparizione di interi tratti di spiaggia.

Le regioni con il maggior numero di chilometri di costa protetta sono in ordine Sicilia (245 km), Calabria (167 km), Liguria (144 km), Campania (137 km), Puglia (122 km) e Marche (120 km) ma le coste maggiormente difese sono quelle delle regioni adriatiche, caratterizzate da litorali prevalentemente bassi, sabbiosi e tendenzialmente più instabili.

La Figura 4-169 è indicativa del livello di protezione registrato negli strati informativi al 2020, senza tener conto di ripetuti interventi di ripristino delle spiagge mediante ripascimento artificiale.

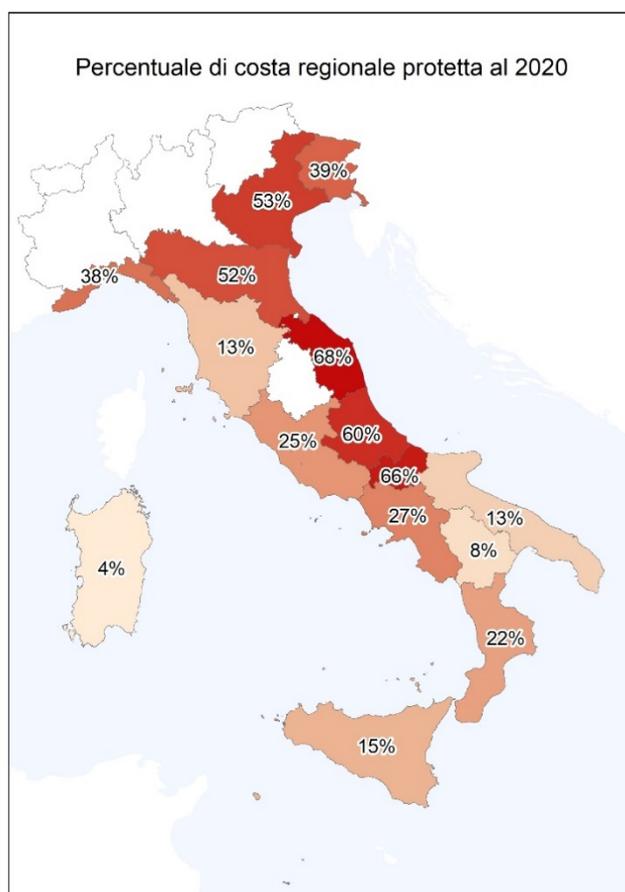


Figura 4-169: Percentuale regionale di costa protetta al 2020

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Il maggior livello di protezione si registra lungo le coste delle Marche e del Molise, con due terzi della costa regionale protetta, seguono Abruzzo, Veneto ed Emilia-Romagna, con oltre la metà dei litorali regionali protetti con opere rigide. In Friuli-Venezia Giulia e in Liguria oltre un terzo delle coste sono protette, nelle restanti regioni la percentuale di costa protetta è nettamente inferiore.

Le spiagge rappresentano a livello nazionale circa il 40% dell'intera costa, quasi 3.400 km, mentre il resto è rappresentato da costa naturale rocciosa o da costa antropizzata. Alcune regioni possiedono una porzione dominante di spiagge, in sei casi oltre il 70% della costa è occupata dalle spiagge, mentre per alcune regioni questa è una componente limitata, come per la Sardegna (21%) e la Liguria (27%) mentre per Toscana, Campania e Puglia la quota è intorno al 35% (Figura 4-170).

Confrontando la percentuale di costa protetta totale con quella che riguarda solo le spiagge (Figura 4-171), si rileva come solo in alcune regioni le opere di difesa proteggono una porzione di spiaggia notevolmente superiore al valore complessivo, come nel caso della Liguria e Toscana, ovvero regioni che hanno una porzione limitata di coste occupata da spiagge. Questo può apparire controintuitivo, la costa difesa non riguarda prioritariamente le spiagge, questo perché vanno innanzi tutto considerati diversi tratti di costa rocciosa, quindi naturale, compresa nelle aree che risentono della presenza delle opere, e soprattutto, esistono lunghi tratti di territorio la cui interfaccia con il mare è costituita proprio da costruzioni di vario genere: opere idrauliche, lidi, piazze a mare, soprattutto è composta dalle opere di difesa definite "radenti", costruite cioè a protezione di altri manufatti o aree ove la spiaggia è completamente assente.

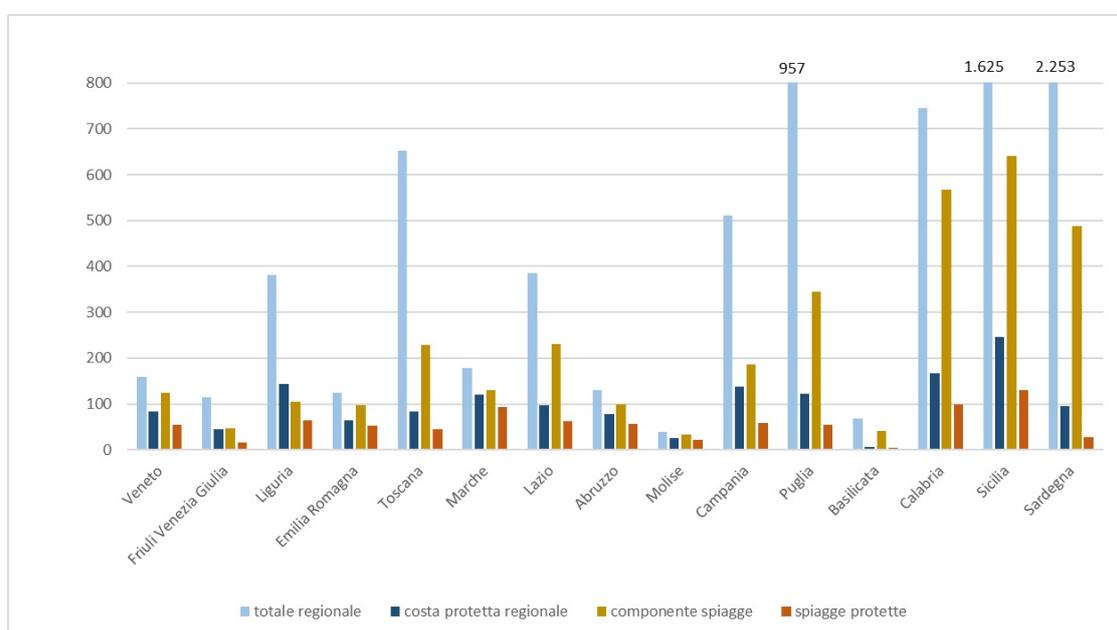


Figura 4-170: Lunghezza della costa e della sua frazione protetta, della componente spiagge e della sua frazione protetta (2020)

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

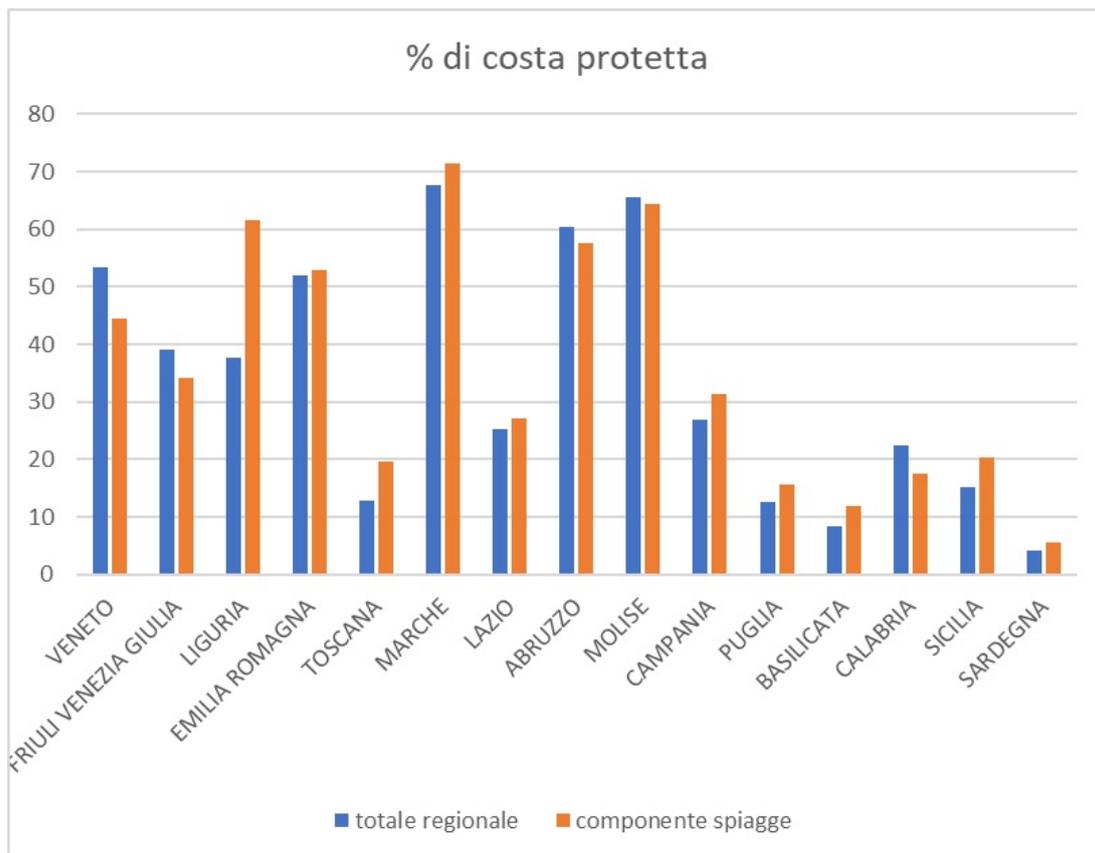


Figura 4-171: Quota di costa protetta e quota della componente spiagge protette (2020)

I valori di questa componente artificiale sono riportati in Figura 4-172, dove compare anche una terza componente, minoritaria, definita “fittizia”, dove le opere vanno a influenzare anche tratti come le foci fluviali, le bocche delle lagune o le aree occupate da porti.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

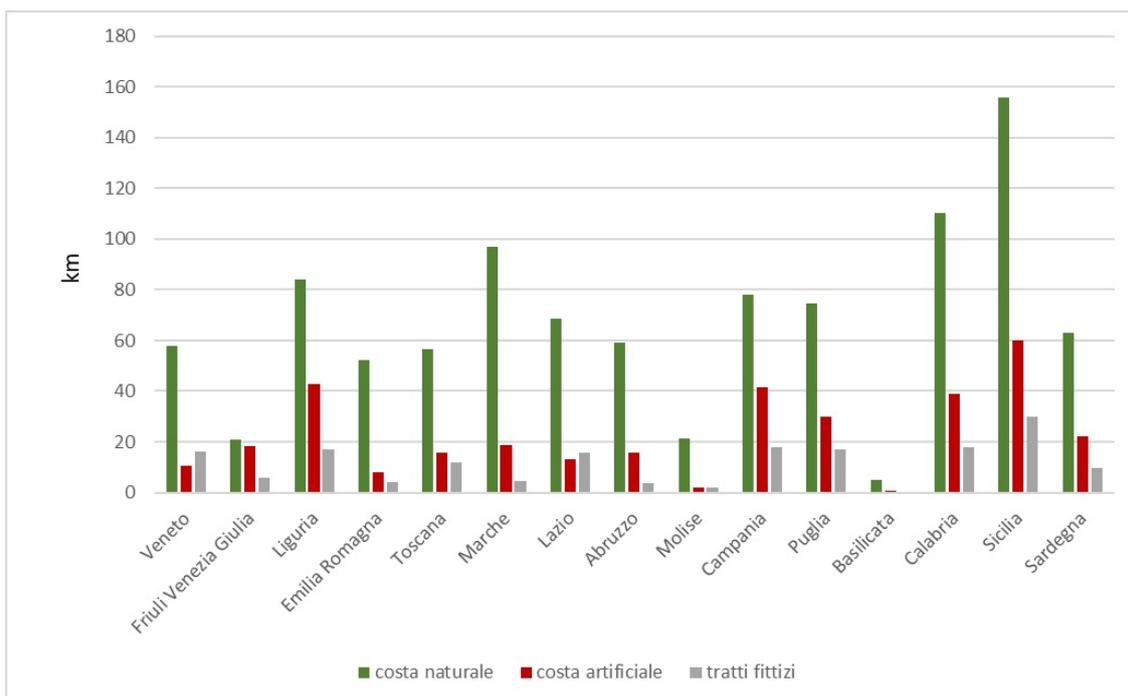


Figura 4-172: Lunghezza della costa protetta divisa per componente naturale, artificiale e per tratti fittizi

Più in generale, potendo raffrontare i dati delle elaborazioni realizzate per il 2000, per il 2006 e per il 2020, la costa protetta cresce tra il 2000 e il 2020 di 342 km, passando dal 14,3% e al 18,2%.

Tra le molteplici soluzioni di protezione adottate è emerso che tra il 2006 e il 2020 ancora più di 65 km di costa sono stati protetti con opere radenti, ossia muri e massicciate realizzati a ridosso della linea di riva con lo scopo di rinforzare il profilo costiero; si tratta di opere di protezione dal forte impatto sull'ambiente costiero e a cui si ricorre nei casi più gravi per difendere il territorio e le infrastrutture retrostanti fortemente aggrediti dall'azione del moto ondoso.

In generale, tutti i valori regionali risultano in crescita, anche quelli delle regioni che già possiedono le maggiori percentuali di costa protetta, come le Marche o l'Abruzzo. I due casi che appaiono in leggera controtendenza possiedono in effetti una condizione stabile ma con il cambiamento di caratterizzazione di alcune foci armate fluviali in porti canale (Emilia-Romagna) e che quindi non vengono più computate nel novero delle opere di difesa, mentre nel caso della costa molisana la lunghezza dei tratti difesi è di nuovo stabile, ma i tratti protetti appaiono leggermente diminuiti, meno di un km di differenza a causa della variazione della morfologia costiera in questi anni.

Gli incrementi più imponenti di tratti protetti da opere di difesa rigida si registrano in Calabria, con ulteriori 55 km di costa protetta, in Sicilia (37,7 km), nel Lazio (24,2 km) e in Campania (23,7 km). Caso estremo risulta quello della Basilicata, dove un primo importante intervento è stato realizzato negli ultimi anni quale azione di contrasto al grave arretramento della costa ionica; in questo caso l'incremento relativo appare fuori scala rispetto alle altre regioni (+2.030% nel ventennio) proprio in virtù del fatto che la costa protetta nel 2000 appariva quasi inesistente.

### Costa artificializzata

Misurare il grado di artificializzazione della costa costituisce un indicatore utile per aiutare a valutare quanto gli interventi diretti dell'uomo che introducono elementi di irrigidimento possano modificare l'interfaccia

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

terra-mare, intervenendo sulla dinamica dei litorali e provocando gravi effetti sull'equilibrio fisico e ecologico degli habitat costieri, in aggiunta alle potenziali cause naturali (moto ondoso, marea, correnti marine, ecc.). L'indicatore sintetizza a livello nazionale e regionale lo stato di artificializzazione della costa dovuto alla costruzione di opere antropiche portuali, per la difesa costiera e per la fruizione.

I dati per lo sviluppo dell'indicatore sono relativi alla presenza lungo la costa delle varie tipologie di opere antropiche, quali: opere portuali, opere di difesa costiera, colmate, lidi balneari, pontili, passeggiate a mare, opere idrauliche, ecc. Le opere portuali, con la costruzione di moli, dighe foranee e banchine determinano un'evidente deformazione morfologica dei litorali. Le opere di difesa costiera radenti a tutela delle infrastrutture viarie e delle abitazioni minacciate dall'erosione delle coste e dalle mareggiate, rappresentano un intervento di difesa, spesso realizzato in emergenza, per mettere in sicurezza strade, ferrovie o manufatti; si tratta di una tecnica di difesa delle coste piuttosto diffusa in Italia, per contenere i fenomeni più gravi di erosione costiera. Tutte le altre opere caratterizzate diversamente come, per esempio, quelle legate alle attività di fruizione (lidi balneari, pontili, passeggiate a mare, ecc.) e radenti alla costa, rappresentano una porzione non trascurabile di artificializzazione. Si considera anche la presenza di ulteriori opere, quali: pennelli, scogliere, foci armate, opere miste e colmate che, nei loro tratti di collegamento alla costa, concorrono al fenomeno di antropizzazione. L'indicatore fornisce anche una misura dei chilometri di costa artificializzata relativa al livello regionale, per il quale sono stati presi in considerazione solo le componenti maggiormente impattanti sulla costa, vale a dire le opere portuali, e le opere radenti alla costa, distinte in opere di difesa costiera radenti (a gettata e a muro) e altre opere radenti alla costa.

Nella Figura 4-173 è rappresentato il "quadro" generale dell'artificializzazione costiera al 2020, dove si evidenzia quanto le opere antropiche costruite radenti alla costa e le opere portuali costituiscano la maggior componente dell'artificializzazione costiera. Infatti, il grafico a doppia torta mostra che le opere miste, foci armate, scogliere, colmate, pennelli, colmate e altre opere (es. pontili), che si sviluppano in mare e solo per un piccolo tratto sono collegate alla costa, contribuiscono all'artificializzazione costiera solamente per il 17% rispetto al totale delle opere.

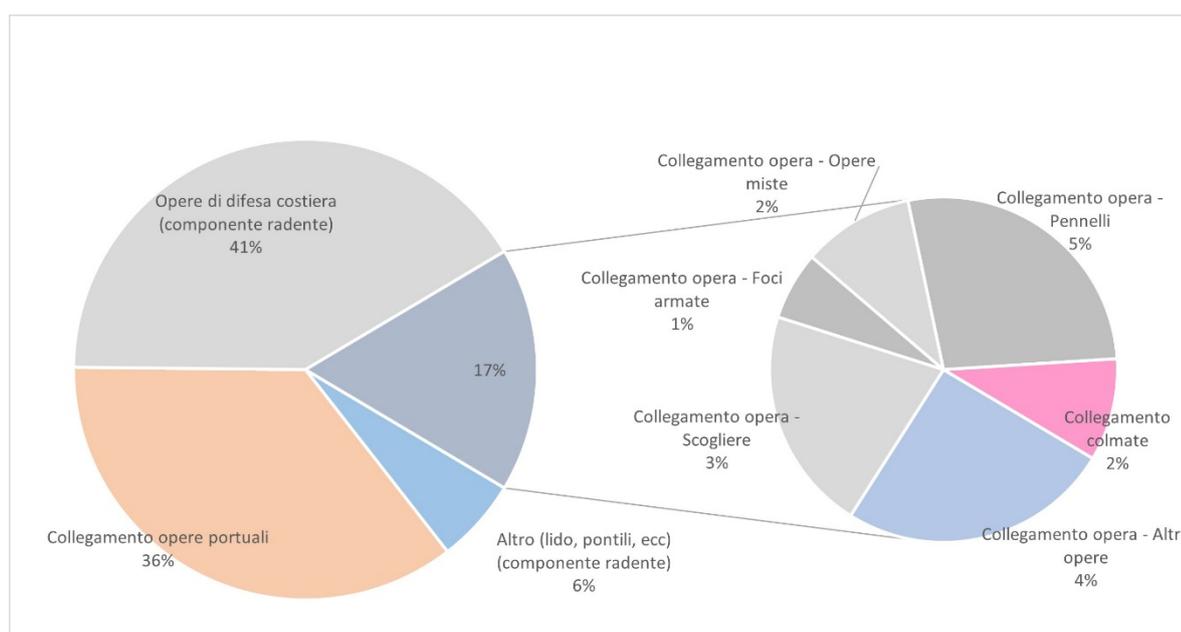


Figura 4-173: Distribuzione della costa artificializzata (2020)

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Come si evince dalla Figura 4-174, la presenza di opere di difesa radenti (a gettata e a muro) è preponderante in quasi tutte le regioni. Solo in Toscana, Lazio, Puglia, Basilicata e Sardegna, infatti, le opere portuali, in termini di chilometri di costa occupati, risultano maggiori rispetto alle opere di difesa radenti e alle altre opere. Nel 2020, la Sicilia è la regione con il maggior numero di chilometri di costa artificializzata (122 km), seguita da Liguria (82 km) e Sardegna (71 km). I valori più bassi di costa artificializzata si evidenziano in Basilicata (1 km), Molise (4 km) e Veneto (10 km). Il Veneto, ad esempio, mostra in assoluto i più bassi valori di costa artificializzata e si nota la totale mancanza di collegamenti di opere portuali, dovuta al fatto che i dati di base dell'indicatore non prendono in considerazione le opere interne alle aree lagunari. Per quanto riguarda la presenza delle altre opere radenti (Altro, lidi e pontili, ecc.), Campania, Sicilia e Sardegna sono le regioni con i valori più alti, mentre si segnala la totale assenza di questo tipo di opere in Emilia-Romagna, Abruzzo e Molise. Anche in questo caso, per l'Emilia-Romagna vale la considerazione che opere ascrivibili ad "Altro, lidi e pontili, ecc." sono presenti solo in aree lagunari della regione.

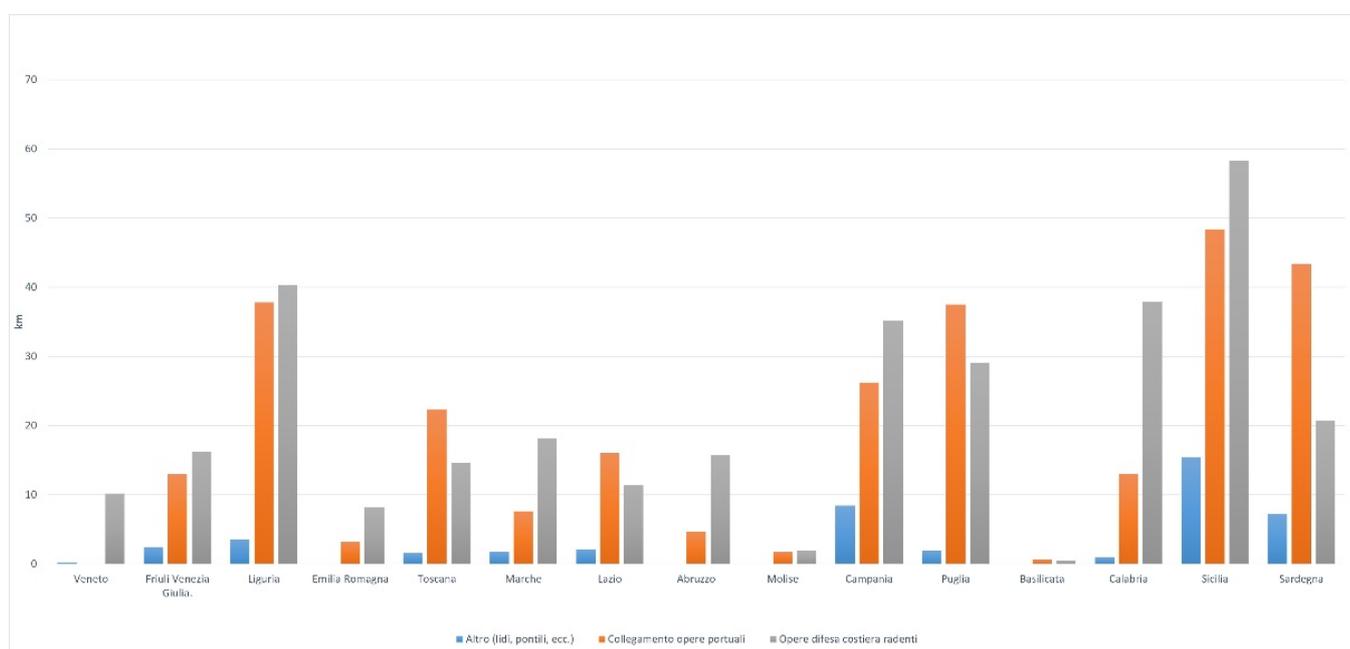


Figura 4-174: Principali elementi di costa artificializzata per regione (2020)

Esaminando la Figura 4-175, la situazione sembra però quasi ribaltarsi: si rileva, infatti, come i valori più elevati di artificializzazione costiera si registrano in Friuli-Venezia Giulia, Liguria e Campania, seguite da Marche e Abruzzo. L'unico elemento che rimane "costante" sembra essere la Liguria, che mantiene il suo primato sia in modo assoluto, sia in relazione all'estensione della sua linea di costa. Si può notare, inoltre, per Friuli-Venezia Giulia, Liguria, Campania e Molise, l'importanza che ricopre la presenza delle opere portuali sull'artificializzazione della costa, in relazione alla lunghezza del litorale regionale.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

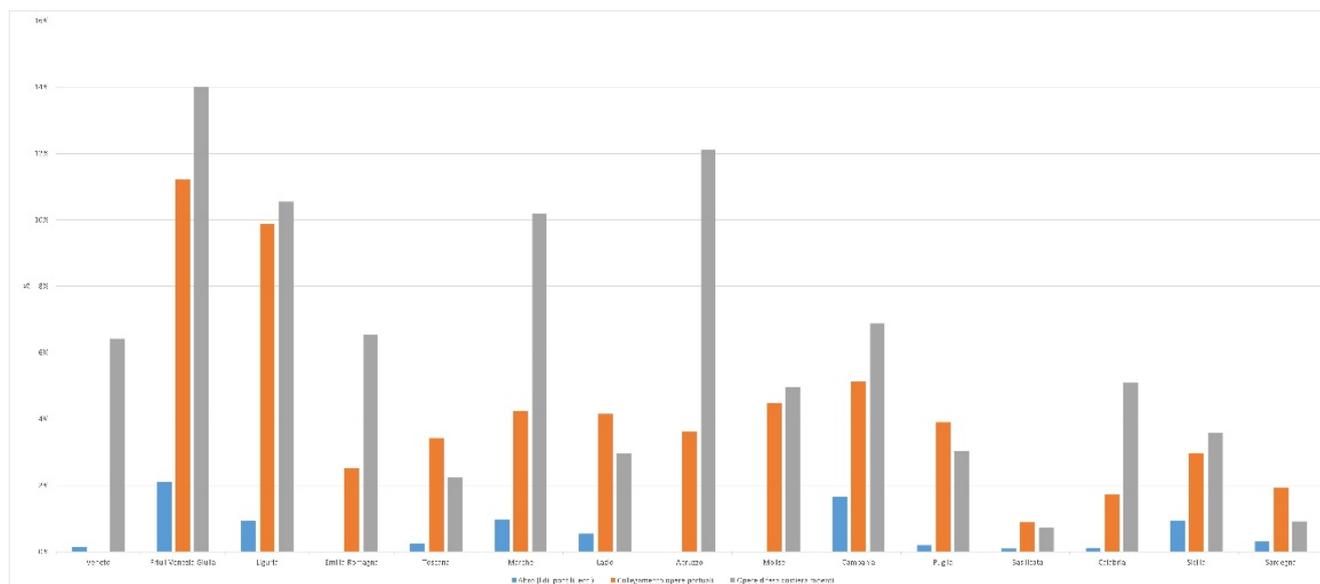


Figura 4-175: Quota dei principali elementi di costa artificializzata per regione (2020)

Dall'osservazione della Figura 4-176 è possibile valutare qual è la regione in cui l'artificializzazione costiera appare in crescita e quale opera concorre in maggior misura all'accrescimento. Come si può vedere, infatti, quasi tutte le regioni (tranne Veneto e Puglia) mostrano valori crescenti dell'artificializzazione e, ad esempio, per le regioni Sicilia, Liguria e Sardegna, che al 2020 hanno il più alto valore di artificializzazione costiera (Figura 4-174), le opere che maggiormente concorrono all'aumento sono quelle portuali e di difesa costiera. Non emerge, per nessuna regione, un'incidenza significativa delle altre opere radenti (Altro, lidi e pontili, ecc.) nella variazione temporale dell'artificializzazione costiera.

Allo stato attuale, a livello nazionale, circa 770 km di costa su circa 8.300 km di costa italiana, pari al 9,3%, sono occupati da opere artificiali. Si evidenzia, inoltre, che i tratti di costa maggiormente interessati dalle attività antropiche riguardano prevalentemente la sola costa bassa (circa 5.700 km), quella generalmente più interessata dalle attività umane.

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

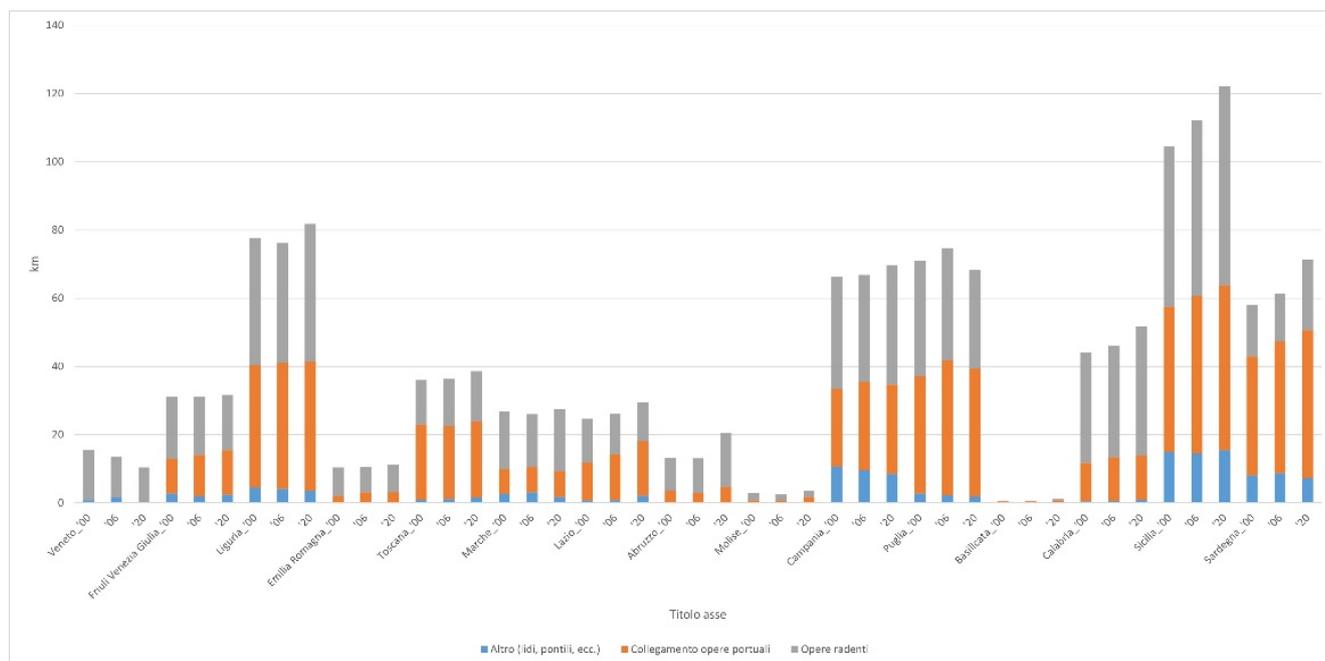


Figura 4-176: Trend regionale dei principali elementi di artificializzazione costiera per gli anni 2000, 2006, 2020

Rispetto a questa, la percentuale di artificializzazione sale al 13,5%. Dal 2000 al 2020 si passa da 696 km a 770 km di costa artificializzata, con un incremento del 10,6% e una conseguente perdita di 74 km di costa naturale (Figura 4-177). Da sottolineare, inoltre, quanto le variabili preponderanti dell’artificializzazione siano le opere di difesa radenti e le opere portuali.

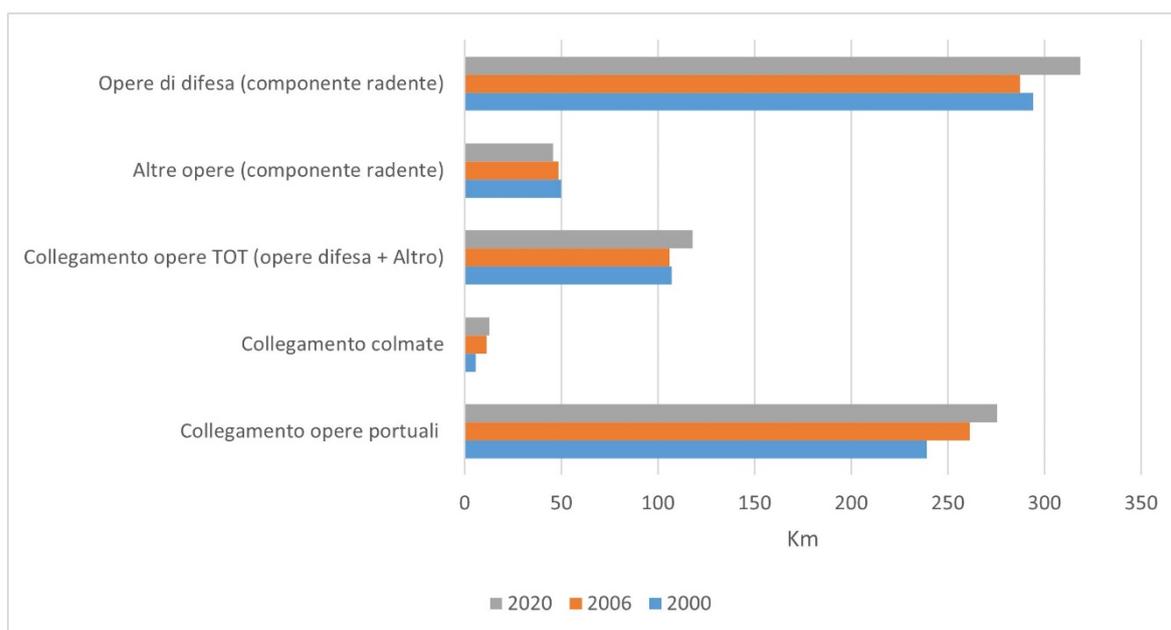


Figura 4-177: Variazione della costa artificializzata negli anni 2000, 2006, 2020

**Presenza di opere di difesa**

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

La quantificazione degli interventi di protezione delle coste è un parametro indicativo sia dell'azione invasiva dell'uomo sull'ambiente costiero, sia del costo della difesa delle infrastrutture e dei beni patrimoniali minacciati dall'avanzamento del mare verso l'entroterra.

Per il calcolo dell'indicatore è stata definita una metodologia di acquisizione dei dati sulla fascia costiera basata sulla fotointerpretazione e digitalizzazione. Le fonti di riferimento utilizzate per il rilievo cartografico dei dati di base sono per il 2020 immagini satellitari rese disponibili sulle piattaforme Google Maps, per il 2006 e il 2000 il mosaico delle ortofoto rispettivamente del volo IT2006 e del volo IT2000, disponibili sul Portale Cartografico Nazionale. Il catalogo delle opere è composto da tutti i manufatti realizzati in mare o a ridosso della riva visibili, identificati per destinazione d'uso – porto, colmata, lidi, pontili, opere di difesa costiera. La caratterizzazione delle diverse tipologie di opere di difesa si basa sull'individuazione di elementi chiaramente distinguibili mediante fotointerpretazione di ortofoto e immagini satellitari e ha come riferimento l'“Atlante delle opere di sistemazione costiera” (ISPRA - 2007). Inoltre, con l'adozione del nuovo standard (derivato dalle nuove specifiche ISPRA per l'aggiornamento 2020 del geoDB costiero) per il 2020, la caratterizzazione delle opere miste, dei pennelli e delle scogliere è stata integrata con ulteriori attributi che specificano il genere “parzialmente emerse/i” oltre che il genere “sommese/i” ed “emerse/i” già presente per il 2000 e il 2006. Una volta individuate tutte le opere di difesa, esse sono state selezionate per tipologia e regione di appartenenza interrogando il GeoDatabase in ambiente GIS, per poi essere successivamente elaborate in excel.

L'indicatore rappresenta una misura della fragilità degli ambienti costieri sottoposti a una crescente pressione antropica che richiede la realizzazione di interventi per la difesa di strade, ferrovie e manufatti lungo la costa, dal moto ondoso, spesso con carattere d'urgenza. La realizzazione di opere di difesa rigida, in generale, se può essere risolutiva per un determinato tratto di costa, per contro, può alterare il trasporto litoraneo in aree limitrofe, determinando perdite di sedimento e generando, così, nuovi impatti in termini di erosione. L'indicatore è dunque utile nell'ambito della valutazione dell'efficacia degli interventi di protezione della costa eseguiti nel tempo per le diverse realtà locali/regionali e può rappresentare uno strumento di supporto alla pianificazione e gestione della fascia costiera in tema di difesa dei litorali.

Nel 2020, le opere “rigide” di difesa costiera ammontano a circa 10.500 (Figura 4-178). In particolare, si osserva che nel 2006 e nel 2020 il maggior numero di opere di difesa è costituito da opere radenti (Figura 4-179), rispettivamente il 35% e il 41% sul totale delle opere di difesa costiera.

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

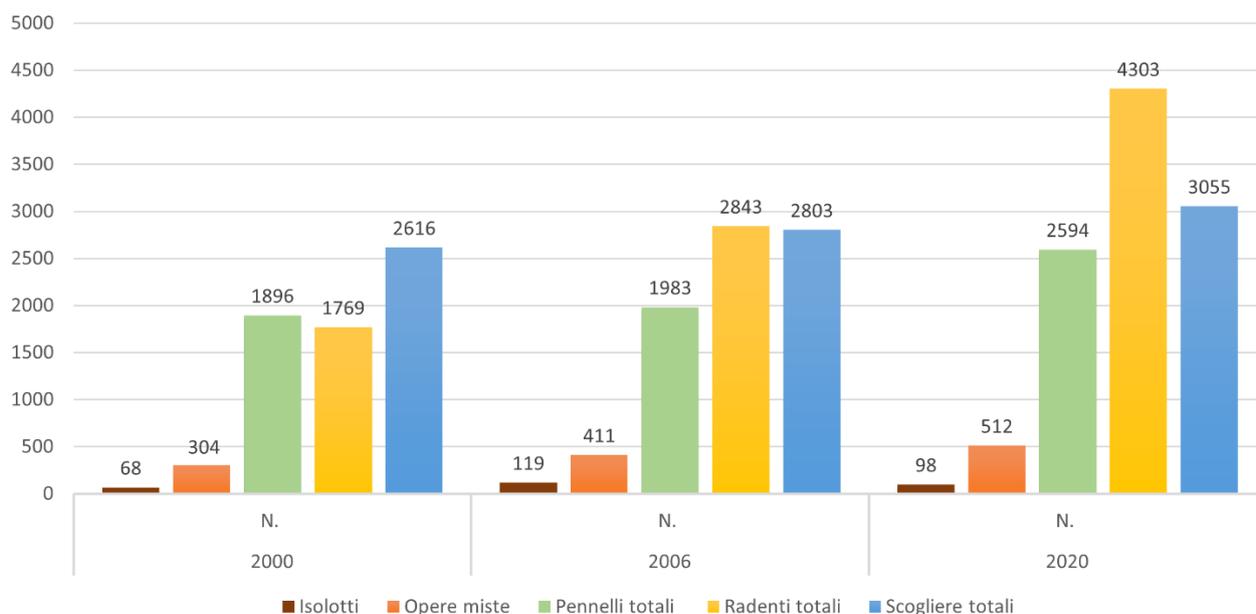


Figura 4-178: Numero e trend, dal 2000 al 2020, a livello nazionale, delle opere rigide di difesa costiera suddivise per tipologia

Tali risultati mostrano come, negli ultimi quindici anni, siano aumentati interventi di difesa della costa con carattere d’urgenza (radenti a muro o a gettata) per la difesa di infrastrutture, strade e ferrovie. Inoltre, come si evince dalla Figura 4-178, aumentano tutte le diverse tipologie di opere di difesa dal 2000 a 2020, ad eccezione degli “isolotti”.

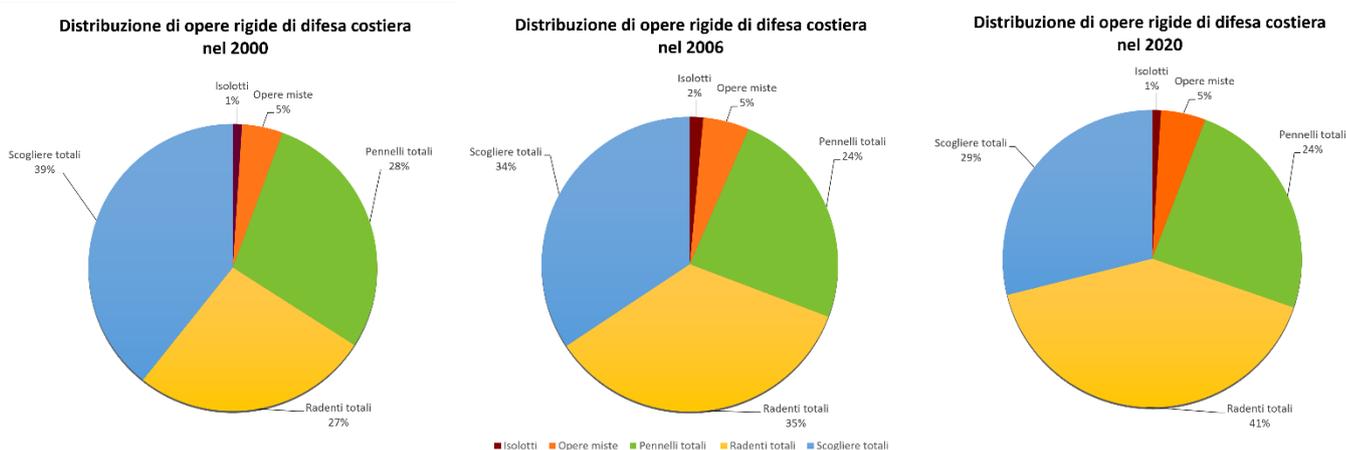


Figura 4-179: Distribuzione a livello nazionale, dal 2000 al 2020, di opere rigide di difesa costiera suddivise per tipologia

Le caratteristiche geomorfologiche e l’esposizione dei litorali ai fenomeni meteo-marini e all’intensità delle mareggiate sono gli elementi che hanno influenzato, a livello locale, la scelta del tipo di intervento di difesa. Dall’analisi delle opere di difesa costiera a livello regionale (Figura 4-180), emerge la diversità tra le regioni adriatiche, tirreniche e le isole, sia per il numero sia per il tipo di interventi.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

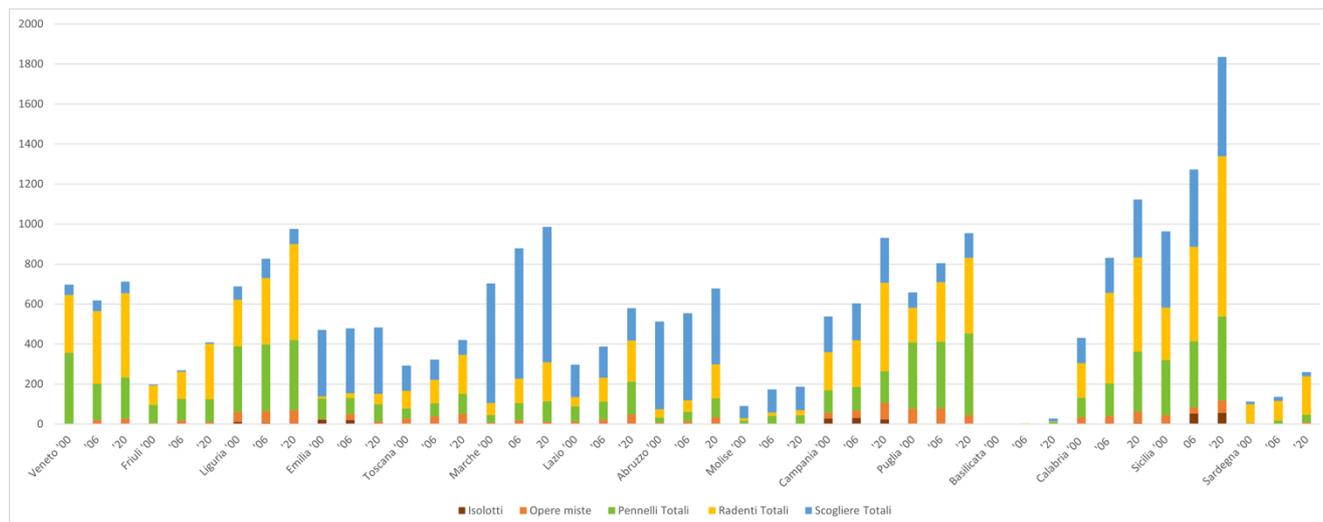


Figura 4-180: Trend dal 2000 al 2020, a livello regionale, delle opere rigide di difesa costiera suddivise per tipologia

In particolare, si osserva che le regioni medio-adriatiche (dal Molise all'Emilia-Romagna), caratterizzate prevalentemente da litorali sabbiosi e bassi fondali, mostrano un'intensa concentrazione di opere distaccate dalla riva (scogliere); le regioni del nord Adriatico (Veneto e Friuli-Venezia Giulia) presentano litorali difesi, prevalentemente, con pennelli e opere radenti, mentre le coste tirreniche (Campania, parte della Puglia e della Calabria) sono difese soprattutto con scogliere e con opere miste. La distribuzione delle opere realizzate per le due isole maggiori, Sicilia e Sardegna, mette in evidenza la correlazione tra geomorfologia e dinamica dei litorali. La Sicilia, caratterizzata da costa bassa per circa tre quarti del litorale, ha un numero totale di opere di difesa quasi dieci volte superiore alla Sardegna. La Sardegna, caratterizzata prevalentemente da coste alte e rocciose, pur avendo un perimetro pari a un quarto dell'intera costa nazionale, ha un numero di opere di difesa dei litorali inferiore a quasi tutte le regioni adriatiche. Si rileva, inoltre, il trend in aumento dal 2000 al 2020, di tutte le diverse tipologie di opere di difesa, ad eccezione della regione Veneto ed Emilia-Romagna, presumibilmente perché le opere rigide realizzate fanno parte di un sistema di gestione della fascia costiera che comprende ripascimenti programmati e monitorati periodicamente. Si è ritenuto utile calcolare la densità delle opere di difesa per chilometro di litorale regionale e per anno (Figura 4-181): le regioni adriatiche sono quelle con più alta densità di opere. In particolare, nel 2020, Abruzzo e Marche raggiungono la punta massima con 5 strutture di difesa costiera per chilometro di litorale.

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

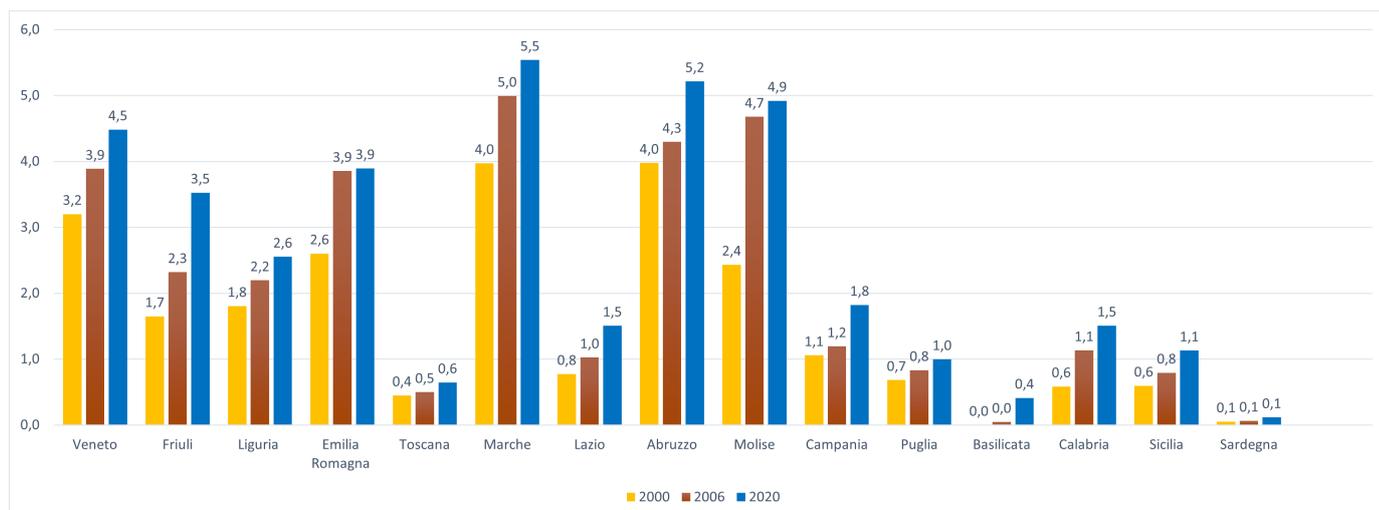


Figura 4-181: Densità di opere rigide di difesa per chilometro di costa regionale nel 2000, 2006 e 2020

In particolare, si osserva un aumento degli interventi con carattere d’urgenza (radenti a muro o a gettata) per la difesa di infrastrutture, strade e ferrovie. D’altra parte, l’adozione crescente di interventi di difesa sommersi o parzialmente emersi (dal 10% nel 2006 al 16% nel 2020) (Figura 4-182) mostra la tendenza verso la ricerca di un compromesso tra l’efficienza idraulica di un intervento di protezione e un minore impatto sull’ambiente, in questo caso, sul paesaggio e sulla circolazione delle acque costiere.

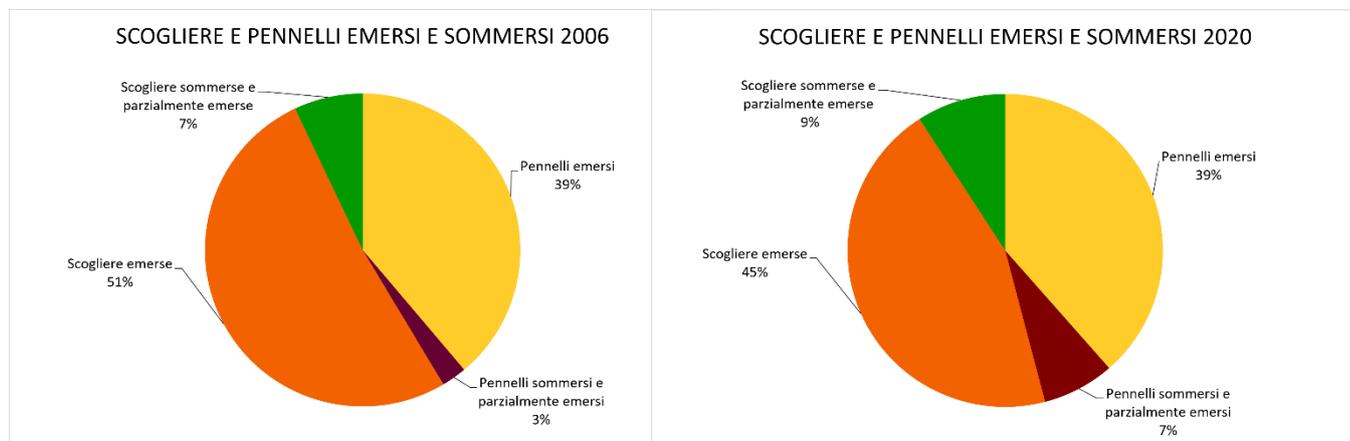


Figura 4-182: Confronto, a livello nazionale, tra le opere rigide di difesa emerse e sommerse nel 2006 e nel 2020

**Aumento medio annuo Livello del mare**

L’aumento del volume degli oceani (causato dall’espansione termica) sommato al maggiore apporto di massa d’acqua dovuto alla fusione dei ghiacci continentali determinano modifiche dirette del livello medio del mare. Le variazioni positive del livello medio del mare (innalzamenti) determinano un aumento delle aree potenzialmente soggette ad inondazione e della frequenza di eventi estremi, maggiore erosione costiera, intrusione di acqua salata e aumento di salinità nella riserva di acqua dolce, “marinizzazione” delle lagune costiere, aumento della vulnerabilità dei centri abitati ed attività antropiche costiere. Nelle lagune e nelle pianure costiere alto adriatiche, all’innalzamento del livello medio mare assoluto dovuto a fattori climatici

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

(eustatismo), si somma la perdita di quota locale dovuta al compattamento degli strati argillosi e sabbiosi del sottosuolo (subsidenza).

Alterazioni delle componenti climatiche generano variazioni dirette del volume e della massa degli oceani, con conseguente variazione del livello medio del mare. Gli effetti nel Mediterraneo vengono regolati dagli scambi di volumi di acqua attraverso lo stretto di Gibilterra.

L'indicatore esprime il trend di variazione annuo del livello del mare espresso in mm/anno da osservazioni satellitari. Tale indicatore ha lo scopo di evidenziare le aree di mare maggiormente interessate da una variazione consistente del livello del mare.

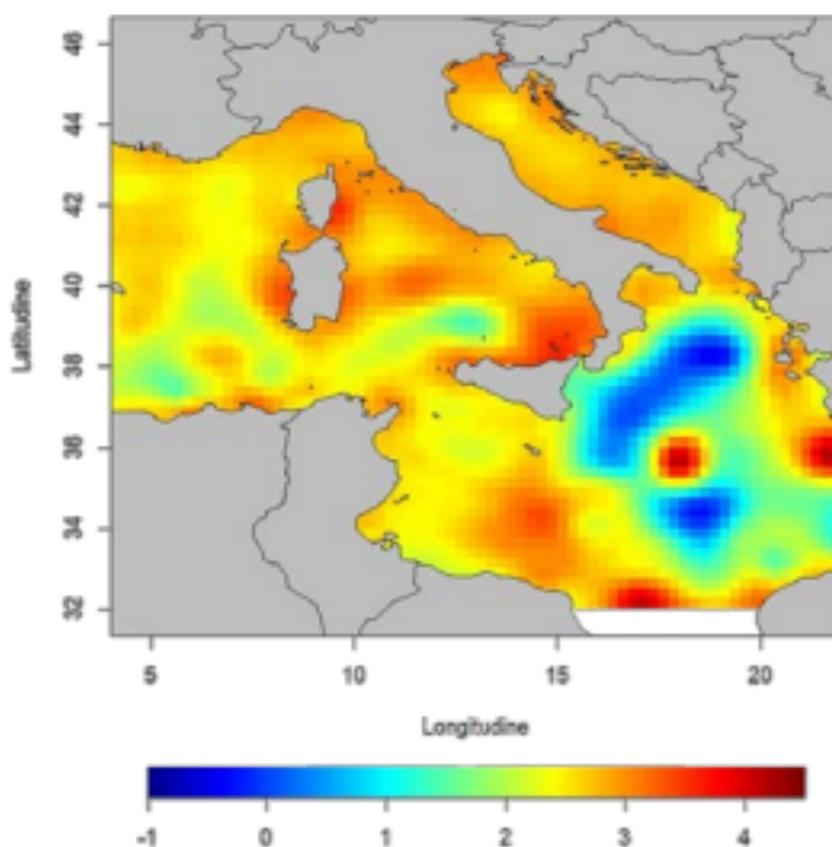


Figura 4-183: Trend del livello medio dei mari in mm/anno (1993-2023) Fonte ISPRA da dati CMEMS

Le variazioni annue di livello del mare nel periodo di osservazione mostrano incrementi in gran parte dei mari italiani, con valori medi del trend pari a circa 2.39 mm/anno, alterazioni marcate nel mar Adriatico (circa 3 mm/anno) e valori attenuati o negativi nel mar Ionio centrale (da -0.5 a 1). Inoltre, i valori associati ai trend di livello risultano maggiori lungo la costa e minori nelle aree centrali di ogni bacino. Tali valori estratti dalle sole osservazioni satellitari necessitano di operazioni di validazioni con dati continui misurati in situ attraverso monitoraggi mareografici e osservazioni dei movimenti della crosta terrestre.

Le variazioni del livello del mare, seppur lente e non apprezzabili dall'occhio umano nel breve periodo, costituiscono da qualche anno una fonte di preoccupazione a causa delle conseguenze che innalzamenti possono riversare sulle coste. La problematica è particolarmente sentita soprattutto in quei paesi, come l'Italia, in cui la forte antropizzazione delle aree costiere ha riversato in aree potenzialmente interessate dal fenomeno una grande quantità di persone e attività.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Tali variazioni, seppur minime (dell'ordine di pochi millimetri l'anno), sono però continue e appaiono ad oggi irreversibili. Nel trentennio appena concluso, si sono verificati incrementi in gran parte dei mari italiani, soprattutto lungo le coste, con valori medi del trend pari a circa 2.4 mm/anno.

Simulazioni relative all'anomalia media del livello del mare, calcolata come differenza tra il periodo 2036-2065 ed il periodo 1981-2010 sulla base dello scenario RCP8.5, restituiscono per i mari italiani un aumento di livello significativo, compreso fra i 16 ed i 19 cm. Una variazione "media" di livello del mare di questa portata avrebbe un impatto assai importante in termini di erosione delle coste ed esposizione alle inondazioni.

#### 4.12.4 Aree marine di interesse conservazionistico

##### ***Aree marine sottoposte a regime di protezione***

Al fine di proteggere la biodiversità, alcune aree marine italiane sono sottoposte ad un regime di protezione, diverso a seconda dell'oggetto di tutela e degli strumenti normativi cui fa riferimento. Si distinguono, in particolare, le Aree Marine Protette, le aree di reperimento e le aree protette nazionali aventi una porzione di territorio in mare, i siti compresi nella Rete Natura 2000 ed individuati ai sensi della Direttiva Habitat (94/43/CEE) e della Direttiva Uccelli (2009/147/CE), le Zone di Protezione Ecologica (ZPE), le aree importanti per la tutela delle risorse ittiche, come le Fisheries Restricted Areas (FRA) e le Zone di Tutela Biologica (ZTB).

La copertura nazionale di superficie marina protetta, al netto delle sovrapposizioni tra aree protette e siti Natura 2000, ad oggi è di circa 3.920.174 ettari a mare, pari all'11,2% delle acque territoriali e delle ZPE italiane. L'estensione delle aree di sovrapposizione, ovvero di quelle aree che rientrano sia in un'area protetta sia in un sito Natura 2000, è aumentata nel tempo arrivando, nel 2021, a 774.792 ettari (Figura 4-184). I trend mostrano che la percentuale nazionale di superficie protetta si è stabilizzata a partire dal 2006. La superficie delle aree protette marine è destinata tuttavia ad aumentare in finzione dei nuovi obiettivi fissati dalla Strategia Europea per la Biodiversità al 2030 (SEB2030). Uno dei target, in particolare, prevede l'ampliamento delle zone protette marine e terrestri presenti nell'UE, arrivando a coprire almeno al 30% della superficie marina e proteggendone il 10% in modo rigoroso. Al target SEB2030 contribuiscono tutte le aree sottoposte a forme di tutela quali i Parchi Nazionali, Regionali, i siti Natura 2000 e le altre aree protette, collocate anche oltre le 12 miglia nelle acque di giurisdizione nazionale. Per il raggiungimento dell'obiettivo del 30% esiste dunque uno scarto di un ulteriore 19% circa di superficie marina da sottoporre a tutela (pari a circa 6.600.000 ettari) (Figura 4-185).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

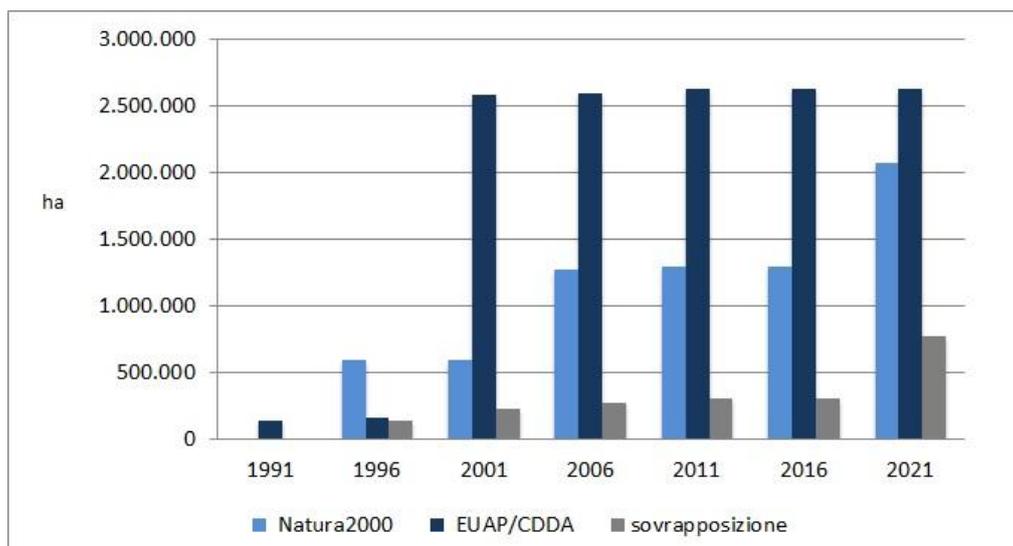


Figura 4-184: Superfici marine all'interno delle Acque Territoriali e della ZPE protette dai Siti Natura 2000 (agg. 2021) e dalle aree protette incluse nel Common Database on Designated Areas (CDDA) pubblicato sul sito dell'Agenzia Europea dell'Ambiente (agg. 2022) e loro sovrapposizione (ISPRA, Annuario dei dati ambientali 2023).

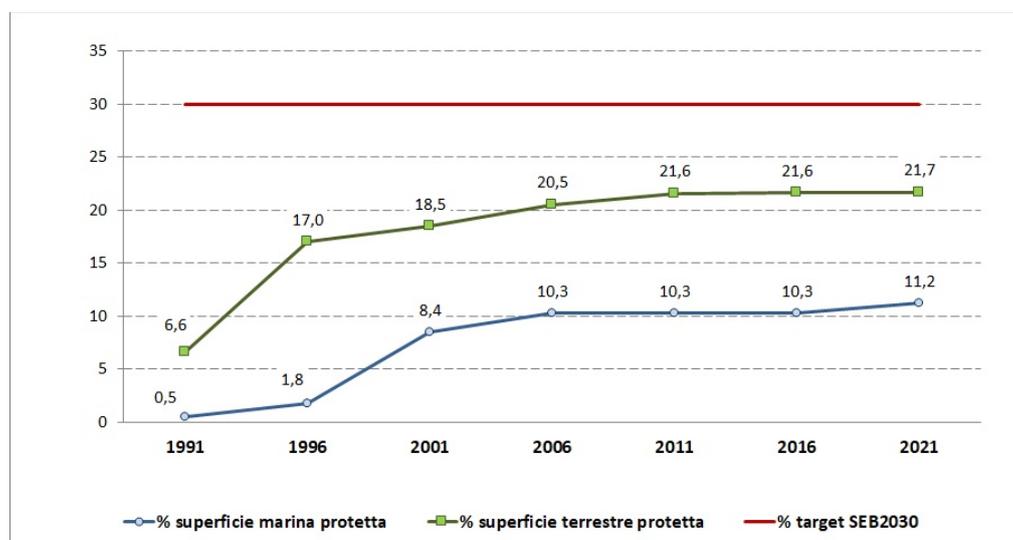


Figura 4-185: Percentuale di territorio protetto a terra e a mare al netto delle sovrapposizioni dal 1991 al 2021 e percentuale prevista dal target della Strategia Europea per la Biodiversità al 2030 (ISPRA, Annuario dei dati ambientali 2023).

Le Aree Marine Protette (AMP) italiane comprendono le acque, i fondali ed i tratti di costa prospiciente, con particolari caratteristiche naturali, geomorfologiche, fisiche e biochimiche e rilevanti per la tutela di specie ed habitat marini, nonché per le attività socio-economiche e culturali che si svolgono al loro interno. Sono state istituite dalla Legge n. 394 del 1991 sulla base delle aree delle aree individuate dalla Legge n. 979 del 1982. Le AMP finora istituite, inserite nell'Elenco Ufficiale Aree Protette (EUAP, VI agg., DM 27.04.2010 GU n. 125 del 31.05.2010), sono 29. Fra le aree protette marine figurano, inoltre, il "Santuario Internazionale dei mammiferi marini" (Pelagos), i due parchi sommersi di Baia e Gaiola, istituiti dalla Legge n. 388 del 2000

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

(Figura 4-186). Due parchi nazionali (Parco Nazionale Arcipelago Toscano e Parco Nazionale Arcipelago della Maddalena), infine, comprendono nel loro perimetro anche delle zone marine.



Figura 4-186: Aree marine protette nazionali, Parchi sommersi e Santuario dei cetacei (ISPRA/SNPA)

La superficie delle aree marine sottoposte a regime di protezione, ad eccezione del Santuario dei Mammiferi marini, che da solo si estende su una superficie di 2.557.258 ha, ammonta a 307.614 ha. La Sicilia e la Sardegna sono le Regioni italiane in cui ricade la maggior parte di AMP, sia in termini di numero (7 in Sicilia; 7 in Sardegna), sia di superficie protetta (79.895 ha in Sicilia; 89.983 ha in Sardegna) (Tabella 4-52).

Tabella 4-52: Superficie delle aree protette marine aggiornata all'anno 2019, ad eccezione del Santuario dei Mammiferi marini, per Regione e tipologia di area protetta (ISPRA, Annuario dei dati ambientali 2023)

Regione costiera	Tipo di area protetta	Nome	Provincia	Comune/i interessati	Superficie a mare				Totale regionale
					2003	2010	2012	2019	2019
					ha				
Friuli Venezia Giulia	AMP	Golfo di Trieste-Miramare	Trieste	Trieste	30	30	30	30	1.314
	RNR	Falesie di Duino	Trieste	Duino Aurisina	63	63	63	63	
	RNR	Valle Cavanata	Udine	Grado, Gorizia	67	67	67	67	
	RNR	Foce dell'Isonzo	Gorizia	Fiumicello, Grado, San Canzian d'Isonzo, Staranzano	1154	1154	1154	1154	
Liguria	AMP	Golfo di Portofino	Genova	Portofino, Camogli, S. Margherita Ligure	346	346	346	346	5.140

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Regione costiera	Tipo di area protetta	Nome	Provincia	Comune/i interessati	Superficie a mare				Totale regionale
					2003	2010	2012	2019	2019
					ha				
	AMP	Cinque Terre	La Spezia	Riomaggiore, Levanto, Vernazza, Monterosso	2726	4591	4591	4591	
	AMP	Isola di Bergeggi	Savona	Bergeggi		902	203	2013	
Toscana	AMP	Secche della Meloria	Livorno	Livorno		9372	9372	9372	66.138
	PN	Arcipelago Toscano	Livorno e Grosseto	Capraia, Campo nell'Elba, Capoliveri, Isola del Giglio, Marciana Marina, Marciana, Portoferraio, Pianosa, Rio Marina, Rio nell'Elba	56766	56766	56766	56766	
Lazio	AMP	Isole di Ventotene e S. Stefano (Isole Pontine)	Latina	Ventotene	2799	2799	2799	2799	4.204
	AMP	Secche di Tor Paterno	Roma	Roma	1387	1387	1387	1387	
	AANPR	Gianola	Latina	Formia e Minturno	5	5	5	5	
	AANPR	Villa di Tiberio	Latina	Sperlonga	10	10	10	10	
	AANPR	Monte Orlando	Latina	Gaeta	3	3	3	3	
Campania	AMP	Punta Campanella	Napoli, Salerno	Massa Lubrense, Piano di Sorrento, Positano, Sant'Agnello, Sorrento, Vico Equense	1539	1539	1539	1539	22.441
	AMP	Regno di Nettuno	Napoli	Barano d'Ischia, Casamicciola Terme, Forio, Ischia, Lacco Ameno, Serrara Fontana e Procida		11256	11256	11256	
	AANPN	Parco sommerso di Baia	Napoli	Bacoli, Pozzuoli	177	177	177	177	
	AANPN	Parco sommerso di Gaiola	Napoli	Napoli	42	42	42	42	
	AMP	Costa degli Infreschi e della Masseta	Salerno	Camerota, San Giovanni a Piro		2332	2332	2332	
	AMP	Santa Maria di Castellabate	Salerno	Castellabate		7095	7095	7095	

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Regione costiera	Tipo di area protetta	Nome	Provincia	Comune/i interessati	Superficie a mare				Totale regionale
					2003	2010	2012	2019	2019
					ha				
Puglia	AMP	Porto Cesareo	Lecce	Porto Cesareo, Nardò	16654	16654	16654	16654	20.347
	AMP	Torre Guaceto	Brindisi	Brindisi, Carovigno	2227	2227	2227	2227	
	AMP	Isole Tremiti (Caprara, Pianosa, S Nicola, S Domino, Cretaccio)	Foggia	Isole Tremiti	1466	1466	1466	1466	
Calabria	AMP	Isola Capo Rizzuto	Crotone	Crotone, Isola Capo Rizzuto	14721	14721	14721	14721	14.721
Abruzzo	AMP	Torre del Cerrano	Teramo	Pineto, Silvi		3431	3431	3431	3.431
Sicilia	AMP	Isole Ciclopi	Catania	Aci Castello	623	623	623	623	79.895
	AMP	Isole Egadi	Trapani	Favignana	53992	53992	53992	53992	
	AMP	Isola di Ustica	Palermo	Ustica	15951	15951	15951	15951	
	AMP	Capo Gallo - Isola delle Femmine	Palermo	Palermo, Isola delle Femmine	2173	2173	2173	2173	
	AMP	Isole Pelagie	Agrigento	Lampedusa e Linosa	3230	4136	4136	4136	
	AMP	Plemmirio	Siracusa	Siracusa		2429	2429	2429	
	AMP	Capo Milazzo	Messina	Milazzo				591	
Sardegna	AMP	Capo Carbonara	Cagliari	Villasimius	8598	8598	14361	14361	89.983
	AMP	Penisola del Sinis - Isola Mal di Ventre	Oristano	Cabras	32900	25673	26703	26703	
	AMP	Tavolara, Punta Coda Cavallo	Olbia-Tempio	Loiri Porto San Paolo, Olbia e San Teodoro	15357	15357	15357	15357	
	AMP	Capo Caccia-Isola Piana	Sassari	Alghero	2631	2631	2631	2631	
	AMP	Isola dell'Asinara	Sassari	Porto Torres	10732	10732	10732	10732	
	PN	Arcipelago della Maddalena	Sassari	La Maddalena	15046	15046	15046	15046	
	AMP	Capo Testa – Punta Falcone	Sassari	Santa Teresa di Gallura				5153	
<b>TOTALE</b>					<b>263415</b>	<b>295776</b>	<b>301870</b>	<b>307614</b>	

FONTE: Elaborazione ISPRA su dati MATT, V EUAP (2003); MATTM, VI EUAP (2010) e MATTM (2012 e sett. 2019)

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

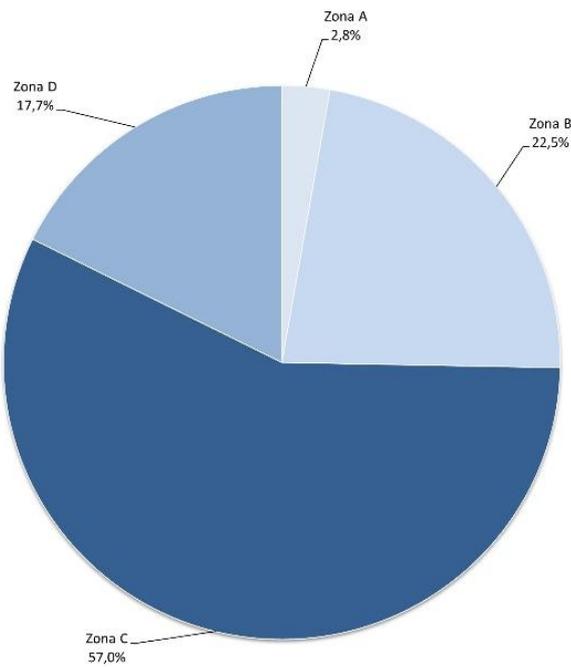
Regione costiera	Tipo di area protetta	Nome	Provincia	Comune/i interessati	Superficie a mare				Totale regionale
					2003	2010	2012	2019	2019
					ha				
LEGENDA: AANPN: Altre Aree Naturali Protette Nazionali AANPR: Altre Aree Naturali Protette Regionali AMP: Aree Marine Protette PN: Parchi Nazionali RNR: Riserve Naturali Regionali									
NOTA: Oltre alle aree protette elencate in tabella va ricordata l'esistenza del Santuario dei Mammiferi marini che si estende su 2.557.258 ha									

La tipologia ed il livello di protezione deve essere correlato alle zonazioni presenti nelle aree protette, cui si riferiscono diversi gradi di tutela. Nelle AMP, ad esempio, sono stati individuate 4 zone con diversi regimi di protezione:

- Zona A, di riserva integrale, interdetta a tutte le attività che possano arrecare danno o disturbo all'ambiente marino. In tale zona sono consentite in genere unicamente le attività di ricerca scientifica e le attività di servizio;
- Zona B, di riserva generale, dove sono consentite, spesso regolamentate e autorizzate dall'organismo di gestione, una serie di attività che, pur concedendo una fruizione ed uso sostenibile dell'ambiente, determinano un impatto minimo. Alcune AMP prevedono anche delle zone B speciali di riserva integrale (zona Bs), dove è consentito l'accesso ma sono vietate tutte le attività che possano arrecare danno o disturbo all'ambiente ed alle specie marine e ogni forma di prelievo.
- Zona C, rappresenta la fascia tampone tra le zone di maggior valore naturalistico e i settori esterni all'area marina protetta, dove sono consentite e regolamentate dall'organismo di gestione, oltre a quanto già consentito nelle altre zone, le attività di fruizione ed uso sostenibile del mare di modesto impatto ambientale.
- Zona D, presente solo in rari casi, prevede una regolamentazione meno restrittiva rispetto agli altri livelli di zonazione.

La Figura 4-187 riporta la ripartizione percentuale della superficie delle AMP secondo i quattro livelli di protezione previsti per queste aree. Nel dettaglio, solo il 2,8% della superficie totale è sottoposta a tutela integrale (zona A), mentre nella restante superficie possono essere svolte attività antropiche, specificatamente regolamentate in coerenza con gli obiettivi di protezione individuati (Zone B e C). Il livello di protezione D, in cui le misure restrittive sono minime, è presente solo nelle AMP "Isole Egadi", "Regno di Nettuno" e "Torre del Cerrano" ed interessa il 17,7% della superficie tutelata dalle AMP.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima



*Figura 4-187: Ripartizione percentuale della superficie delle Aree Marine Protette italiane secondo i livelli di zonazione (Elaborazione ISPRA su dati Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. ISPRA, Annuario dei dati ambientali 2023).*

La L. 979/1982 e la L. 394/1991 individuano, inoltre, le “aree marine di riferimento” ovvero le zone in cui la conservazione dovrà essere attuata attraverso l’istituzione di aree marine protette. L’elenco di tali aree comprende al momento 23 siti (fonte Ministero dell’Ambiente e della Sicurezza Energetica, Figura 4-188).

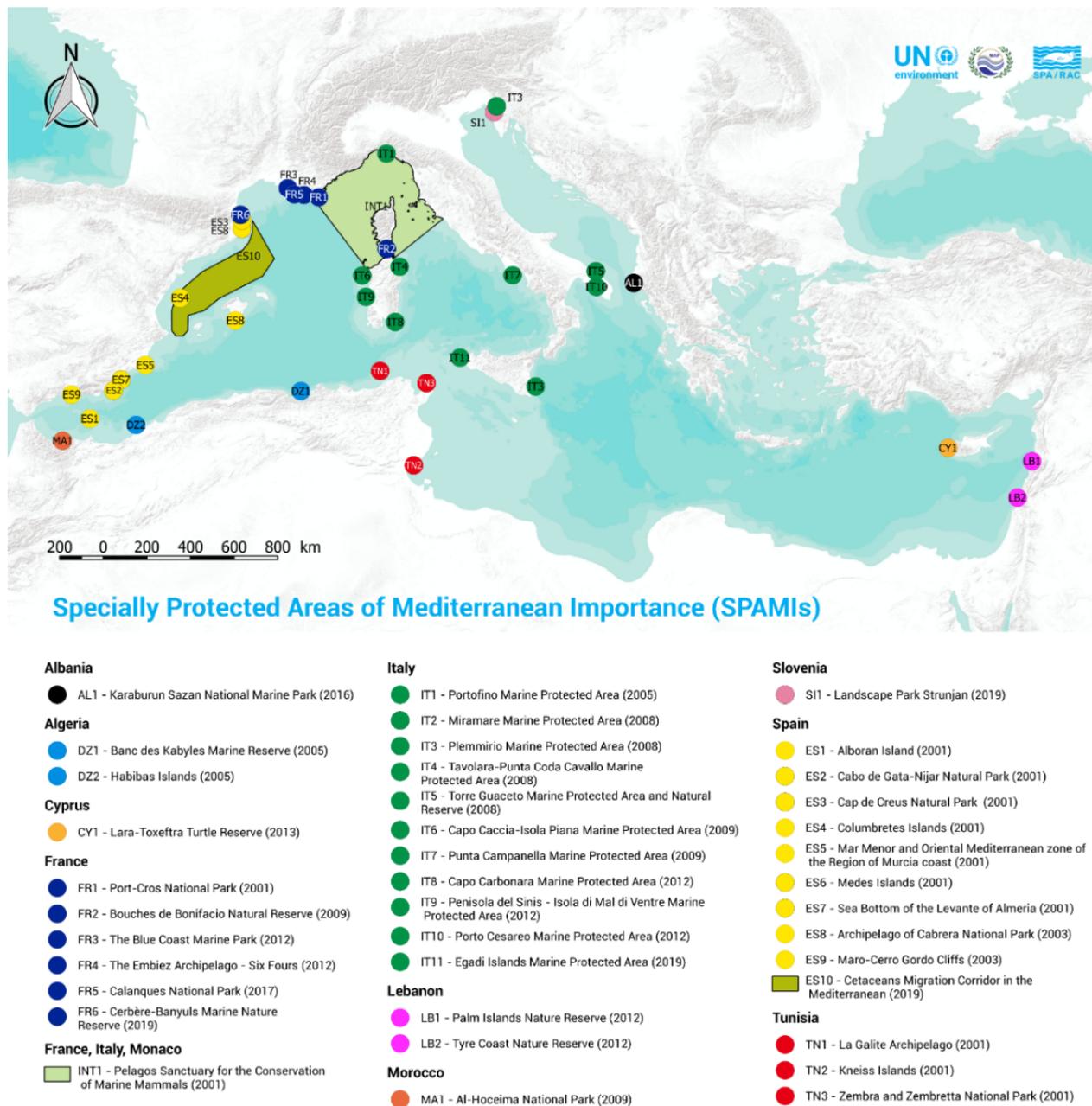
## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima



Figura 4-188: Aree di reperimento (Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, 2023).

Undici AMP (Capo Caccia – Isola Piana; Capo Carbonara; Isole Egadi; Miramare; Penisola del Sinis – Isola di Mal di Ventre; Plemmirio; Porto Cesareo; Portofino; Punta Campanella; Tavolara - Punta Coda Cavallo; Torre Guaceto) e il Santuario Pelagos sono state, infine, designate come Aree Specialmente Protette di Importanza Mediterranea (ASPIM) secondo i criteri individuati dall'Allegato I del Protocollo relativo alle Aree Specialmente Protette e la Biodiversità in Mediterraneo (SPA/BD Protocol) della Convenzione di Barcellona per protezione del Mar Mediterraneo dall'inquinamento (Figura 4-189).

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima



© SPA/RAC, 2020

Figura 4-189: Aree Specialmente Protette di Importanza Mediterranea (Specially Protected Areas of Mediterranean Importance) (Centro di Attività Regionale per le Aree Specialmente Protette - SPA/RAC 2020).

Il sistema delle aree protette italiane comprende anche i siti della Rete Natura 2000, istituita ai sensi della Direttiva Habitat (92/43/CEE) al fine di garantire, a livello comunitario, il mantenimento a lungo termine ed il ripristino in uno stato di conservazione soddisfacente degli habitat naturali e delle specie di flora e fauna.

I siti che compongono la rete ecologica, individuati dagli Stati Membri, comprendono i Siti di Interesse Comunitario (SIC), che a seguito di uno specifico iter vengono designati quali Zone Speciali di Conservazione (ZSC), e le Zone di Protezione Speciale (ZPS) istituite ai sensi della Direttiva 2009/147/CE "Uccelli" concernente la conservazione degli uccelli selvatici. I SIC/ZSC e le ZPS possono, in alcuni casi, sovrapporsi completamente o parzialmente in considerazione dei diversi elementi di tutela per cui sono designati.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

La Rete Natura 2000 è costituita in Italia da 2.639 siti, per una superficie totale al netto delle sovrapposizioni, di 5.844.915 ettari a terra, pari al 19,4% del territorio nazionale e una superficie a mare di 2.071.689 ettari pari al 13,4% delle acque (dati aggiornati al dicembre 2022, fonte Annuario dei dati ambientali, ISPRA) (Figura 4-190).

Secondo i dati riportati nell'Annuario dei dati ambientali ISPRA del 2019, l'Italia presenta una superficie a mare totale di 306.781 ettari protetta dagli ZPS e di 380.383 ettari protetta dai SIC-ZSC. Complessivamente le ZSC designate al luglio 2019 occupano una superficie a mare di 361.065 ettari. Al netto delle sovrapposizioni tra i siti, la rete Natura 2000 copre una superficie marina pari a 587.771 ettari (dati aggiornati a dicembre 2017).

Nel periodo compreso tra dicembre 2021 e dicembre 2022 non sono avvenute variazioni significative relativamente all'estensione della rete ecologica in mare, mentre nel biennio precedente si era registrato un incremento delle aree tutelate con la progressiva definizione della rete marina.

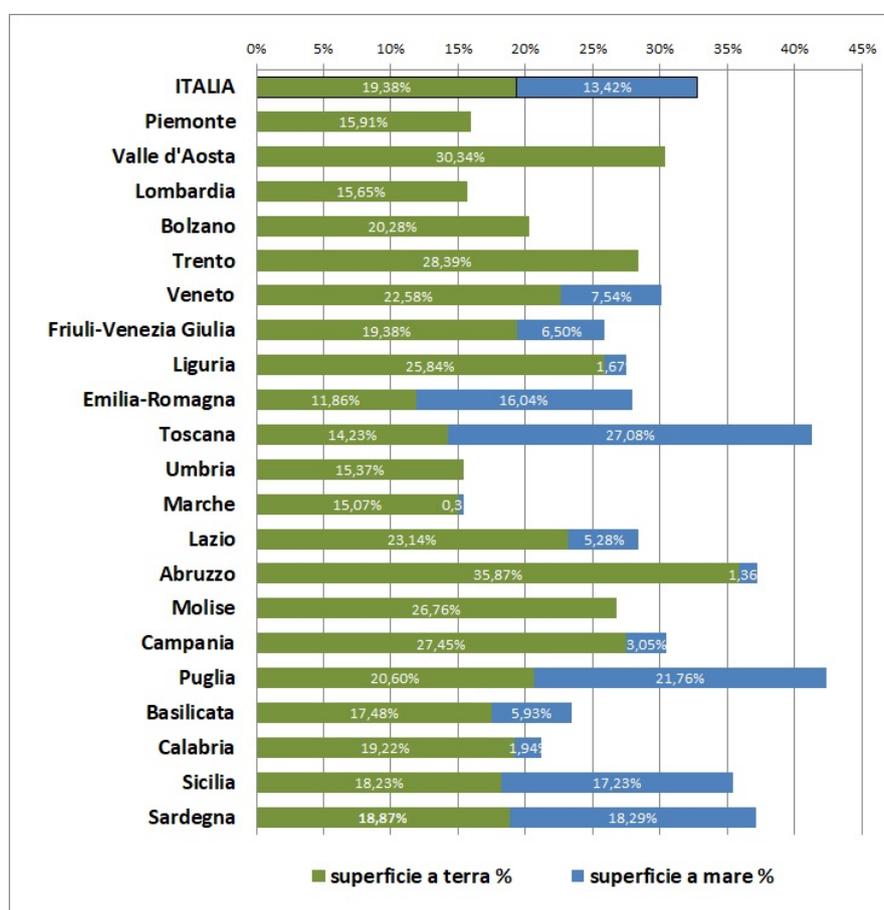


Figura 4-190: Estensione percentuale a terra e a mare della Rete Natura 2000 per l'Italia e per ciascuna Regione/Provincia Autonoma (% calcolate rispetto ai territori/acque regionali), al netto delle sovrapposizioni fra SIC-ZSC e ZPS (agg. dicembre 2022. Annuario dei dati ambientali 2023, ISPRA)

L'Italia, ai sensi dell'art. 1, della legge 8 febbraio 2006, n. 61 sono zone di protezione individuate nel Mar Mediterraneo nel rispetto della Convenzione delle Nazioni Unite sul diritto del mare (Montego Bay, 10 dicembre 1982), ha, inoltre, individuato le zone di protezione ecologica (ZPE). Ad oggi, con il DPR 27 ottobre 201, n. 209, sono state istituite le ZPE del Mediterraneo nord-occidentale, del Mar Ligure e del Mar Tirreno,

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

a partire dal limite esterno del mare territoriale italiano con esclusione dello stretto di Sicilia e fino ai limiti stabiliti dal decreto (Figura 4-191).



Figura 4-191: Zone di Protezione Ecologica istituite dall'Italia (Geoportale Nazionale, MASE).

**Aree marine rilevanti per la biodiversità**

I mari italiani sono caratterizzati da numerose aree sensibili, caratterizzate dalla presenza di habitat e biocenosi rilevanti per il mantenimento in salute dell'ecosistema marino e delle sue funzioni ecologiche. Nell'ambito della *Convention on Biological Diversity* (CBD) sono state in particolare individuate alcune *Ecologically or Biologically Significant Marine Areas* (EBSA) ovvero aree di mare aperto e in acque profonde, significative per la biodiversità, che necessitano di protezione. La Figura 4-192 mostra la localizzazione di tali aree nel Mar Mediterraneo. Nelle acque italiane sono state designate le seguenti aree:

- Northern Adriatic;
- Jabuka/Pomo Pit;
- South Adriatic Ionian Strait;
- Sicilian Channel;
- North-western Mediterranean Benthic Ecosystems;
- North-western Mediterranean Pelagic Ecosystems.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

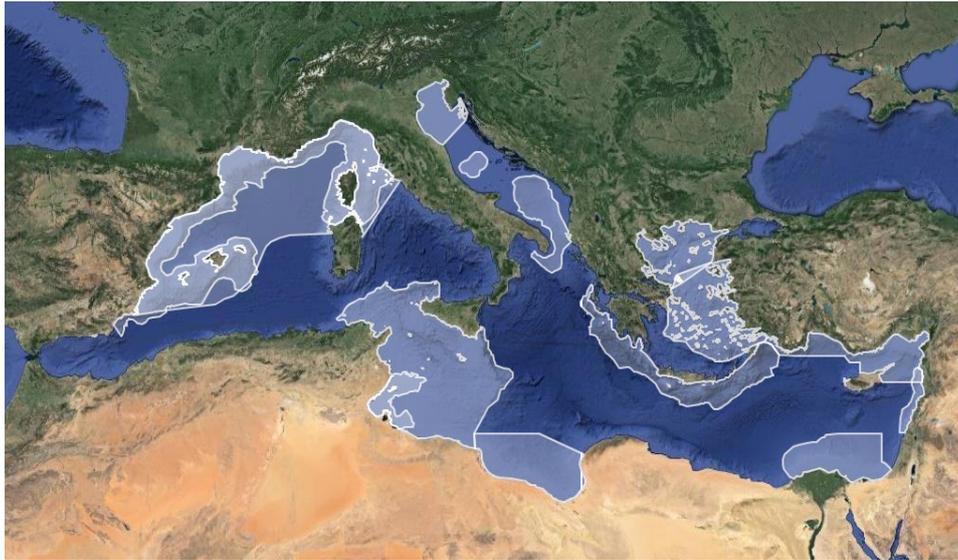


Figura 4-192: Ecologically or Biologically Significant Marine Areas (EBSA) presenti nel Mar Mediterraneo (Convention on Biological Diversity (CBD), <https://www.cbd.int/ebsa/>).

I mari italiani comprendono anche zone importanti per la riproduzione e l'alimentazione delle numerose specie di mammiferi marini presenti nel Mediterraneo. Tali aree sono state classificate dalla IUCN come *Important Marine Mammal Areas* (IMMA), al fine di evidenziare la necessità di individuare opportune misure di conservazione e di gestione (Figura 4-193).

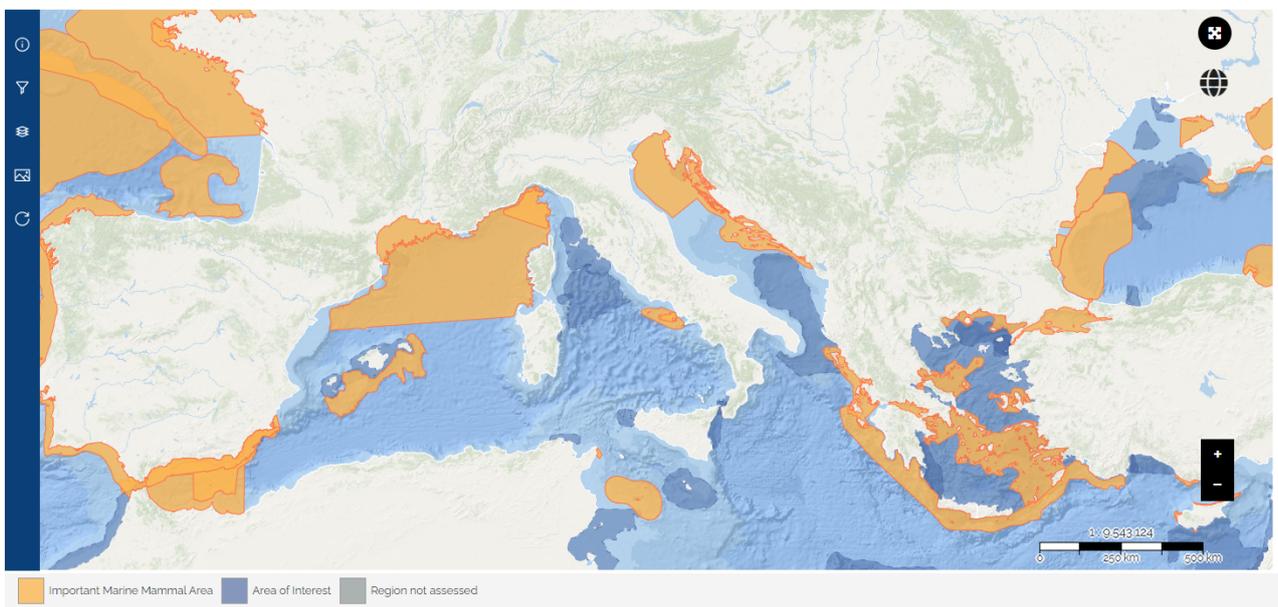


Figura 4-193: Important Marine Mammal Areas (IMMA) (<https://www.marinemammalhabitat.org/>).

#### 4.12.5 Specie ed habitat marini

Il Mar Mediterraneo è considerato un *hotspot* per la biodiversità marina, anche grazie alla presenza di numerose specie endemiche e di habitat complessi come le praterie di fanerogame marine ed il coralligeno.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Sebbene copra meno dell'1% della superficie oceanica, ospita più di 17.000 specie marine e contribuisce a circa il 4-18% delle specie marine conosciute a livello mondiale; di questi, oltre il 25% non si trova in nessun'altra parte della Terra. Anche gli ambienti profondi, caratterizzati dalla presenza di vulcani e montagne sottomarine, sono spesso caratterizzati da un elevato numero di habitat e specie (UNEP/MAP e Plan Blue, 2020; UNEP/MAP-SPA/RAC, 2021).

Gli ambienti marino-costieri dei mari italiani riflettono tale ricchezza di specie ed habitat, molti sensibili e minacciati dalle attività antropiche che insistono su tali ambienti e, pertanto, spesso protette da convenzioni internazionali e direttive europee. In generale le conoscenze sulla loro distribuzione nei mari italiani risultano ancora piuttosto frammentarie sebbene negli ultimi anni siano stati colmati numerosi *gap* informativi, anche grazie alle previsioni di strumenti normativi quali le Direttive Habitat, Uccelli e Strategia Marina che richiedono agli Stati Membri un costante monitoraggio delle specie e degli habitat e dello stato degli ecosistemi marini.

La Direttiva Habitat e la Direttiva Uccelli, in particolare, sono finalizzate alla tutela ed alla conservazione degli habitat naturali e delle specie presenti nell'UE, mediante l'implementazione di misure volte ad assicurare il mantenimento o il ripristino, in uno stato di conservazione soddisfacente, degli habitat e delle specie di interesse comunitario. La Direttiva Habitat richiede un impegno da parte degli Stati Membri nella protezione degli habitat e delle specie listate negli allegati I e II, anche mediante la costituzione ed il mantenimento della rete ecologica Natura 2000. Per le specie elencate negli Allegati IV e V sono, invece, soggette a specifici regimi di tutela.

Il IV Rapporto Nazionale sulle Direttive Natura (ISPRA, Serie Rapporti 349/2021) ha analizzato i dati relativi ai monitoraggi previsti dall'articolo 17 della Direttiva Habitat relativi a specie ed habitat di interesse conservazionistico per il sessennio 2013 – 2018. Nel dettaglio, in relazione agli ambienti marini, sono stati presi in considerazione le 27 specie e 8 habitat marini considerati dalla Direttiva, focalizzandosi su distribuzione della ricchezza di specie ed habitat, sul loro stato di conservazione e sulle pressioni e minacce cui sono soggetti. Il Rapporto fornisce, inoltre, indicazioni circa le 13 specie di Uccelli strettamente legate all'ambiente marino italiano, monitorate ai sensi della Direttiva Uccelli. Come per il rapporto relativo al periodo precedente (2007-2012), il IV Rapporto conferma la necessità di colmare alcune lacune nei dati sebbene, anche grazie alla redazione di specifiche indicazioni metodologiche standardizzate per tutto il territorio nazionale (La Mesa *et al.*, 2019), si è notato un netto miglioramento rispetto allo stato delle conoscenze.

L'analisi della distribuzione delle specie, relativamente a 20 specie (6 invertebrati, 3 rettili e 11 mammiferi), mostra che il maggior numero di invertebrati è presente in Mar Ligure, nel Mar Tirreno meridionale e lungo le coste della penisola salentina, sebbene vada evidenziato che i dati circa la distribuzione di alcune specie diano ancora parziali a causa della mancanza di un monitoraggio a larga scala (es. per riccio diadema, *Centrostephanus longispinus* e la magnosa, *Scyllarides latus*) (Figura 4-194).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

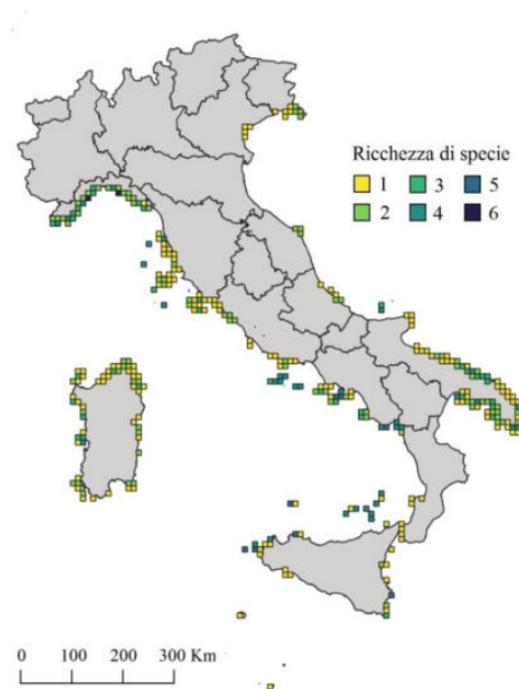


Figura 4-194: Mappa della distribuzione nei mari italiani della ricchezza di specie di invertebrati di interesse comunitario (ISPRA, Serie Rapporti 349/2021).

In relazione ai rettili marini, la specie *Caretta caretta* (tartaruga comune) mostra un'elevata densità in tutti i mari italiani. In alcuni siti costieri è stata segnalata anche la presenza delle altre due specie (*Chelonia mydas* e *Dermochelys coriacea*), per la presenza di individui spiaggiati (Figura 4-195, a). Specie di mammiferi marini come la stenella (*Stenella coeruleoalba*) ed il tursiope (*Tursiops truncatus*) sono ben distribuite, rispettivamente, in zone di alto mare e in zone costiere mentre la presenza delle altre specie è meno uniforme e si concentra principalmente in Mar Ligure (Santuario Pelagos), lungo le coste della Sardegna, nel Canale di Sicilia e nella parte più settentrionale dell'Adriatico (Figura 4-195, b).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

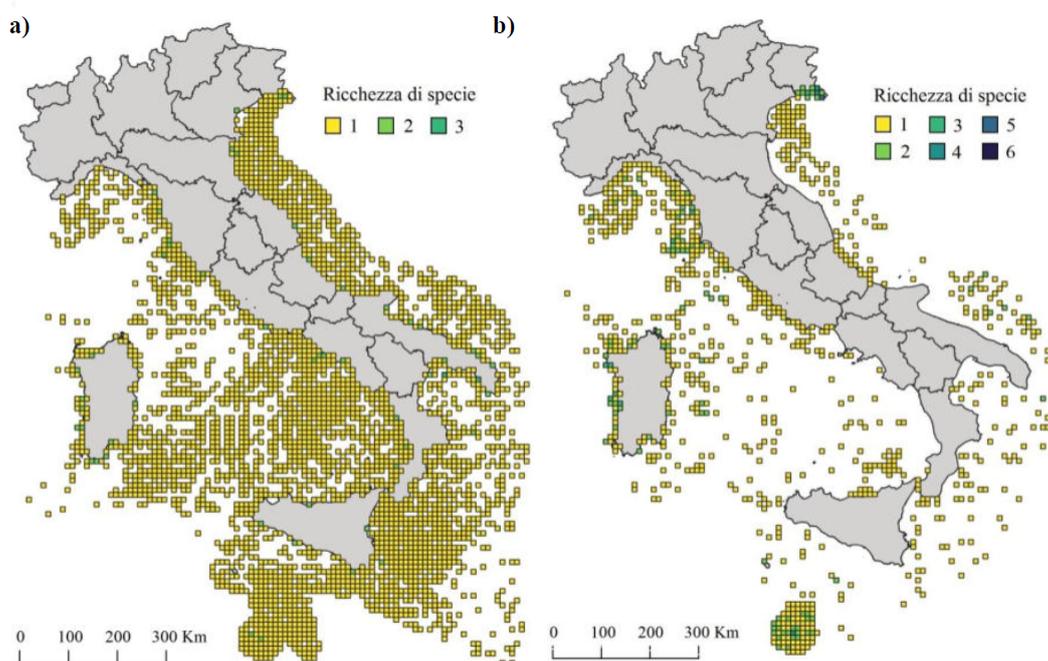


Figura 4-195: Mappe della distribuzione nei mari italiani della ricchezza di specie di a) rettili e b) mammiferi di interesse comunitario (ISPRA, Serie Rapporti 349/2021).

Lo stato di conservazione delle 18 specie (2 alghe, 6 invertebrati, 1 rettile e 6 mammiferi) regolarmente presenti nelle acque italiane, evidenzia che il 39% si trova in uno stato di conservazione favorevole (FV). Risulta invece sfavorevole (U1 inadeguato) lo stato di conservazione della tartaruga comune (*C. caretta*) e, soprattutto, quello dei due invertebrati (*Pinna nobilis* e *Scyllarides latus*) e di un mammifero, la foca monaca (*Monachus monachus*) valutato come U2 cattivo. Per le restanti specie (39%) lo stato di conservazione è sconosciuto (XX) (Figura 4-196).

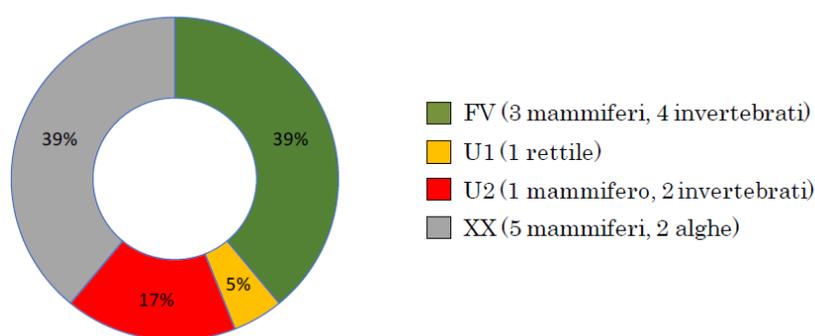


Figura 4-196: Percentuali di valutazioni delle specie nei diversi stati di conservazione (ISPRA, Serie Rapporti 349/2021).

La Figura 4-197 evidenzia le variazioni dello stato di conservazione rispetto al III Rapporto Nazionale relativo al periodo 2007-2012, per le specie marine.

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

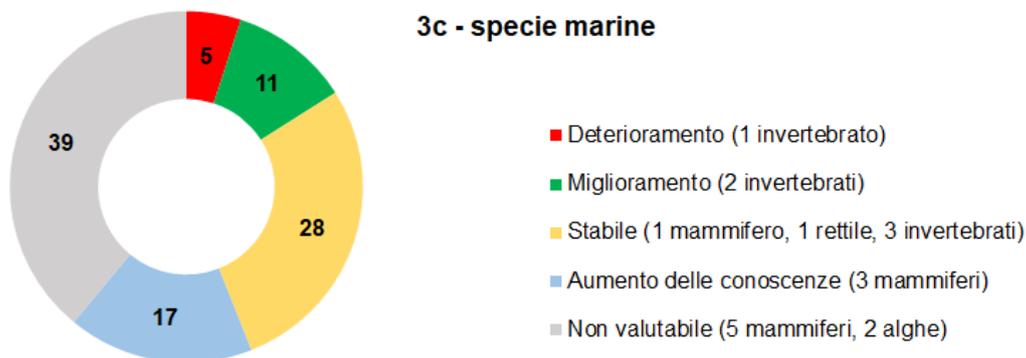
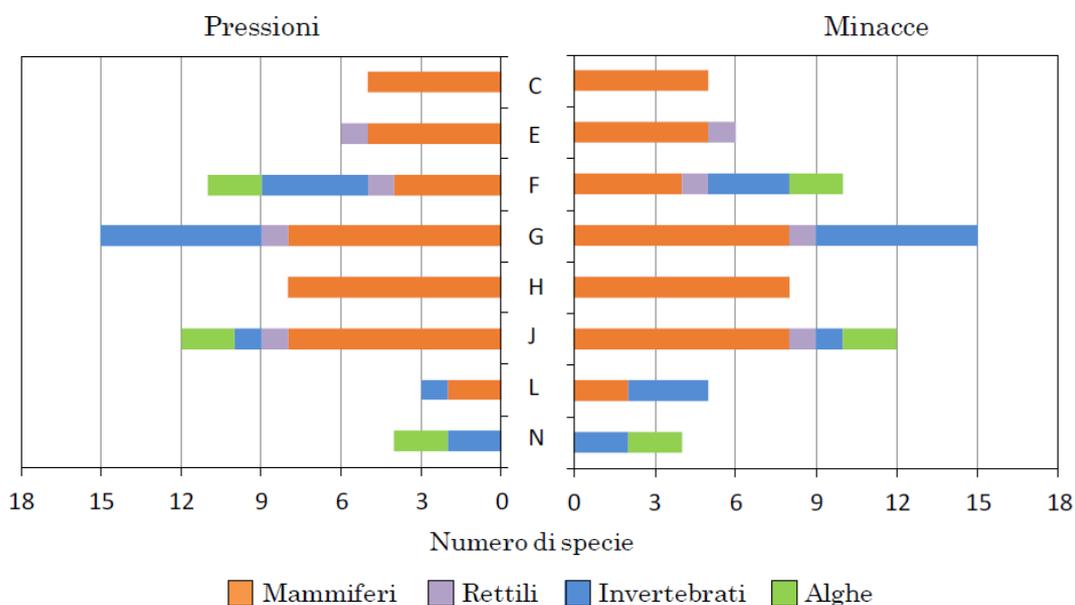


Figura 4-197: Cambiamenti dello Stato di Conservazione tra III report (2013) e IV report (2019) per le specie vegetali (3a) e animali (3b) terrestri e delle acque interne e per le specie marine (3c) (ISPRA, Serie Rapporti 349/2021)

Per quanto riguarda, infine, le pressioni e le minacce sulle specie, l’analisi dei dati ha evidenziato la tipologia degli impatti è ascrivibile a 8 macro-categorie (Figura 4-198).



Legenda	
<b>C</b>	Estrazione di risorse (minerali, torba, fonti di energia non rinnovabile)
<b>E</b>	Costruzione ed operatività di sistemi di trasporti
<b>F</b>	Sviluppo, costruzione e utilizzo di infrastrutture ed aree residenziali, commerciali, industriali e per il tempo libero
<b>G</b>	Estrazione e coltivazione di risorse biologiche viventi (diverse dall'agricoltura e dalla silvicoltura)
<b>H</b>	Azioni militari, misure di pubblica sicurezza e altre forme di interferenza antropica
<b>J</b>	Inquinamento da fonti miste
<b>L</b>	Processi naturali (escluse le catastrofi e i processi indotti da attività umane o cambiamenti climatici)
<b>N</b>	Cambiamenti climatici

Figura 4-198: Categorie di pressioni e minacce che agiscono sulle specie di mammiferi, rettili, invertebrati ed alghe (ISPRA, Serie Rapporti 349/2021).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

In relazione agli 8 habitat presenti nelle acque marine italiane, la mappa della distribuzione mostra che la maggiore ricchezza si osserva lungo il versante tirrenico, lungo e coste della Sardegna e nell'alto Adriatico (Figura 4-199).

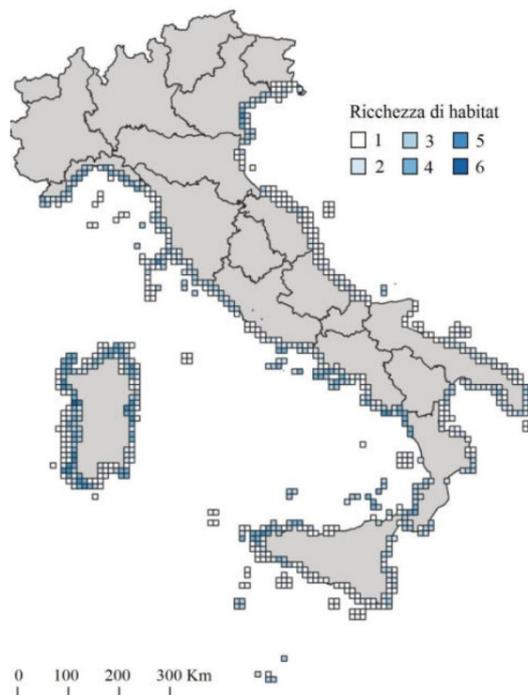


Figura 4-199: Categorie di pressioni e minacce che agiscono sulle specie di mammiferi, rettili, invertebrati ed alghe (ISPRA, Serie Rapporti 349/2021).

Lo stato di conservazione del 63% degli habitat è favorevole (FV). Per il restante 37% le conoscenze non sono adeguate al fine di esprimere una valutazione (Figura 4-200).

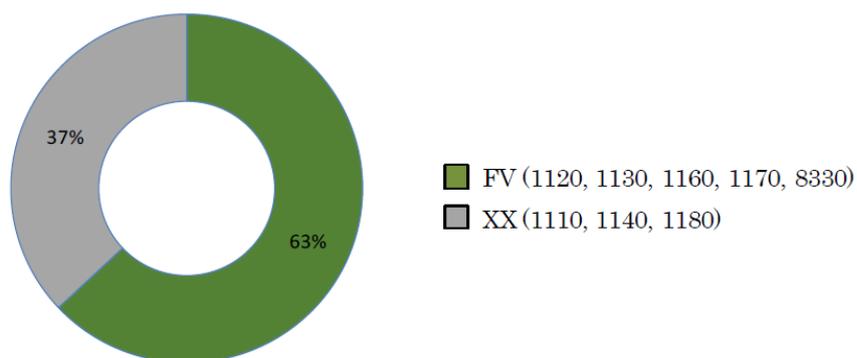
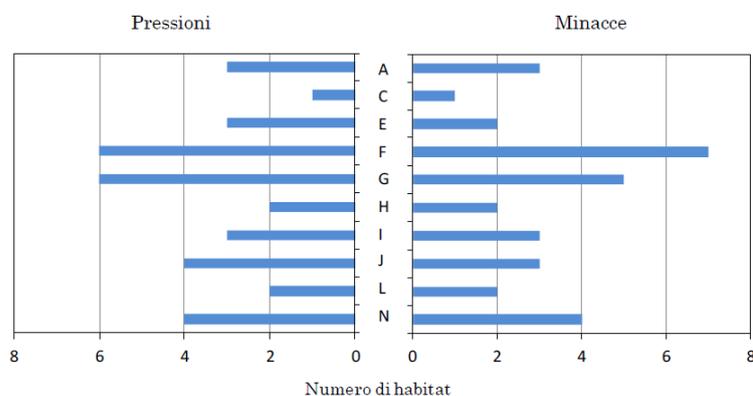


Figura 4-200: Percentuali di valutazioni degli habitat nei diversi stati di conservazione. In parentesi sono riportati i codici degli habitat compresi nella categoria (1110 - Banchi di sabbia a debole copertura permanente di acqua marina; 1120 - Praterie di Posidonia (*Posidonium oceanicae*); 1130 - Estuari; 1140 - Distese fangose o sabbiose emergenti durante la bassa marea; 1160 - Grandi cale e baie poco profonde; 1170 - Scogliere; 1180 - Strutture sottomarine causate da emissioni di gas 8330 - Grotte marine sommerse o semisommerse; (ISPRA, Serie Rapporti 349/2021).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Le pressioni e le minacce che insistono sugli habitat possono essere raggruppati in 9 macro-categorie. Le più rilevanti, in termini di numero di habitat interessati, sono legate alla costruzione ed utilizzo di infrastrutture industriali e turistiche, e alle attività di prelievo delle risorse condotte con attrezzi che interagiscono fisicamente con i fondali (Figura 4-201).



Legenda	
<b>A</b>	Agricoltura
<b>C</b>	Estrazione di risorse (minerali, torba, fonti di energia non rinnovabile)
<b>E</b>	Costruzione ed operatività di sistemi di trasporti
<b>F</b>	Sviluppo, costruzione e utilizzo di infrastrutture ed aree residenziali, commerciali, industriali e per il tempo libero
<b>G</b>	Estrazione e coltivazione di risorse biologiche viventi (diverse dall'agricoltura e dalla silvicoltura)
<b>H</b>	Azioni militari, misure di pubblica sicurezza e altre forme di interferenza antropica
<b>I</b>	Specie alloctone e problematiche
<b>J</b>	Inquinamento da fonti miste
<b>L</b>	Processi naturali (escluse le catastrofi e i processi indotti da attività umane o cambiamenti climatici)
<b>N</b>	Cambiamenti climatici

Figura 4-201: Categorie di pressioni e minacce che agiscono sugli habitat (ISPRA, Serie Rapporti 349/2021).

Ulteriori indicazioni circa lo stato della biodiversità marina derivano dall'implementazione della Direttiva Quadro sulla Strategia Marina (2008/56/CE), recepita in Italia dal D.Lgs. n. 190 del 13 ottobre 2010. Basandosi sull'applicazione dell'approccio ecosistemico alla gestione delle attività umane, la Strategia Marina si configura come il pilastro ambientale della Politica Marittima Integrata europea. L'implementazione della Direttiva, unitamente all'applicazione di tutte le altre politiche unionali per la protezione ambientale, garantisce sia una corretta gestione e tutela dell'ecosistema marino sia, al contempo, uno sviluppo economico e sociale sostenibile. Garantisce, inoltre, un robusto quadro politico e giuridico per l'adempimento degli impegni internazionali relativi alla protezione della biodiversità marina, come ad esempio la Convenzione sulla Diversità Biologica (CBD) e la Convenzione di Barcellona (UNEP/MAP).

La Direttiva prevede il raggiungimento del Buono Stato Ambientale (*Good Environmental Status*, GES) per l'ambiente marino, da valutare sulla base di 11 Descrittori Qualitativi elencati nell'Allegato I della Direttiva. Ogni Stato Membro è tenuto a individuare le proprie definizioni del GES per ogni Descrittore ed i relativi traguardi (*Target*) da conseguire per il suo raggiungimento (artt. 9 e 10 della Direttiva).

Nel dettaglio, le valutazioni condotte dall'Italia in merito ai Descrittori 1 – biodiversità, 4 – reti trofiche marine e 6 – integrità dei fondali marini, aggiornate ogni 6 anni come previsto dall'art. 8, forniscono un quadro di insieme rispetto allo stato di alcune specie ed habitat individuati come indicatori dalla Decisione EU 2017/848, che definisce "i criteri e le norme metodologiche relativi al buono stato ecologico delle acque marine nonché le specifiche e i metodi standardizzati di monitoraggio e valutazione". Il programma di monitoraggio previsto

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

dall'art. 11 della Direttiva permette di valutare i progressi compiuti verso il raggiungimento degli obiettivi individuati e di valutare l'efficacia delle misure attuate da ciascuno Stato Membro per raggiungere il GES (art. 13 della Direttiva). Tutte le considerazioni circa lo stato dell'ecosistema marino, come previsto dalla Direttiva, sono riferite alle diverse sottoregioni marine in cui sono stati suddivisi i mari dell'UE. Le sottoregioni Mar Mediterraneo Occidentale, Mar Adriatico e Mar Ionio e Mediterraneo Centrale sono di competenza italiana.

In relazione al Descrittore 1, relativo alla biodiversità, l'aggiornamento dello stato dell'ambiente marino effettuato nel 2018, ha considerato le componenti dell'ecosistema elencate nella Tabella 4-53, valutati in base ai criteri definiti dalla citata Decisione EU del 2017 negli specifici *report* redatti in ottemperanza all'art. 8 della Direttiva.

*Tabella 4-53: Componenti dell'ecosistema e gli associati gruppi di specie e tipi di habitat considerati nella valutazione dello stato dell'ambiente marino ai sensi della Direttiva Quadro sulla Strategia Marina considerati dall'Italia (MASE - ISPRA, 2018).*

Componente dell'ecosistema	Gruppi di specie/Tipo generale di habitat
Uccelli	Uccelli marini di superficie
	Uccelli tuffatori pelagici
	Uccelli tuffatori di profondità
Mammiferi	Piccoli odontoceti
	Odontoceti che s'immergono in acque profonde
	Misticeti
Rettili	Tartarughe
Pesci	Pesci costieri
	Pesci pelagici
	Pesci demersali
	Pesci di acque profonde
Cefalopodi	Cefalopodi costieri e della piattaforma continentale
Habitat pelagici	Acque costiere
Habitat bentonici	Posidonia oceanica (Habitat biogenico infralitorale)
	Coralligeno (Rocce circalitorali e scogliere biogeniche)
	Coralli bianchi (Rocce e scogliere biogeniche del piano batiale superiore e inferiore)
	Maerl (Sedimenti infralitorali e circalitorali grossolani)

I dati raccolti fino al 2018 non hanno permesso di definire il raggiungimento del GES per tutte le componenti considerate, ma sono stati colmati importanti *gap* informativi riscontrati nel precedente ciclo di valutazione (2012). Grazie ai dati raccolti tramite i monitoraggi, si prevede di poter disporre di una solida base dati per la nuova fase di valutazione (2024).

In relazione, ad esempio, ai mammiferi marini i dati dei monitoraggi eseguiti nell'ambito della Strategia Marina sono stati integrati con dati raccolti mediante altre campagne di monitoraggio, permettendo di stimare l'abbondanza delle diverse specie di cetacei presenti nei mari italiani (Tabella 4-54).

*Tabella 4-54: Area e periodo di studio, stima dell'abbondanza e relativo intervallo di confidenza per le specie di cetacei (MASE - ISPRA, 2018).*

Specie	Sottoregione	Stagione/Anno	N. ind	95% C.I.
<i>Tursiops truncatus</i>	Mediterraneo Occidentale (Mar di Sardegna, Santuario)	Estate 2010, Inverno 2010-11 (cumulati)	1676	804-3492

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

	Pelagos, Mar Tirreno centrale)			
	Mar Adriatico (intera sottoregione)	Estate 2010-13 (cumulati)	10573	6726-16621
	Mediterraneo Centrale (Mar Ionio)	Primavera 2010		
	Mediterraneo Centrale (Stretto di Sicilia)	Inverno 2016	1259	532-2819
<i>Stenella coeruleoalba</i>	Mediterraneo Occidentale (Mar di Sardegna, Santuario Pelagos, Mar Tirreno centrale)	Estate 2010-13 (cumulati)	97825	72771 - 131500
	Mediterraneo Occidentale (Mar Tirreno meridionale)	Inverno 2010	37729	25382 - 56081
	Mediterraneo Occidentale (Mar Tirreno meridionale)	Inverno 2014	25756	16898 - 39258
	Mediterraneo Centrale (Mar Ionio)	Primavera 2010	27813	18465 - 41893
	Stretto di Sicilia	Inverno 2016	15190	12853-17801
<i>Balaenoptera physalus</i>	Mediterraneo Occidentale (Mar di Sardegna, Santuario Pelagos Mar Tirreno centrale)	Estate 2010-13 (cumulati)	663	547 - 886
<i>Ziphius cavirostris</i>	Reg. Mediterraneo	Differenti fonti di dati dal 1990 al 2016	5799	4807–7254

In relazione all'habitat delle praterie di Posidonia, le valutazioni condotte per la Strategia Marina hanno integrato anche i dati raccolti nell'ambito della Direttiva Quadro Acque (2000/60/CE) per l'"Elemento di Qualità Biologica Angiosperme Posidonia oceanica". L'indice utilizzato per la classificazione è il PREI, così come definito dal DM 260/10 (Dlgs 152/06) (Figura 4-202, Figura 4-203 e Figura 4-204).

Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima



Figura 4-202: Classificazione ai sensi del 152/06 per l'EQB Angiosperme (sottoregione Mediterraneo occidentale) (MASE - ISPRA, 2018).

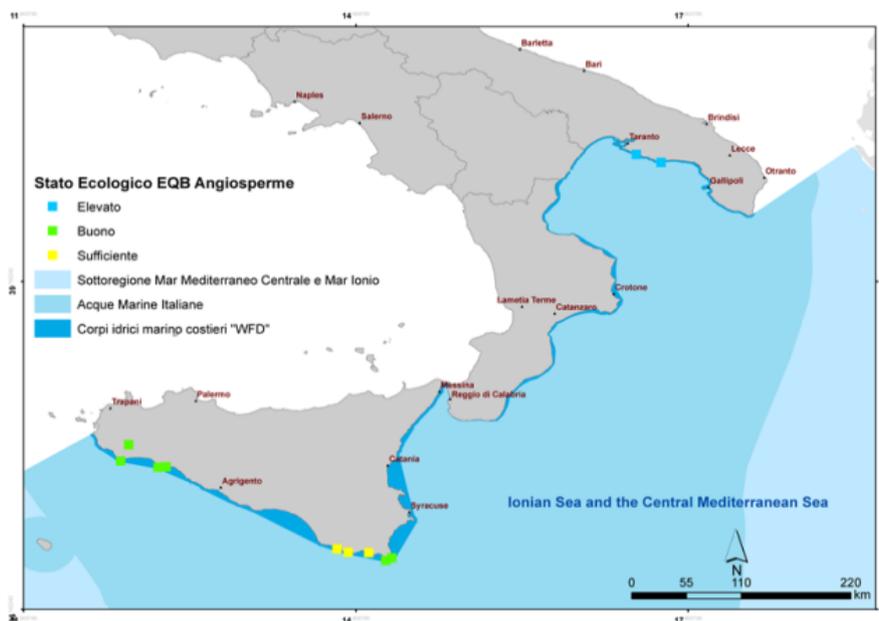


Figura 4-203: Classificazione ai sensi del 152/06 per l'EQB Angiosperme (sottoregione Mar Ionio e Mediterraneo Centrale) (MASE - ISPRA, 2018).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima



Figura 4-204: Classificazione ai sensi del 152/06 per l'EQB Angiosperme (sottoregione Mar Adriatico) (MASE - ISPRA, 2018).

Come evidenziato dai *report* della Strategia Marina del 2018, i fondali marini e, di conseguenza, molti habitat che li caratterizzano, sono soggetti a due pressioni principali: il danno fisico, causato da abrasione del fondale, estrazione e cambiamento in siltazione, fenomeno legato ad esempio agli apporti fluviali ed al trasporto navale; la perdita fisica, provocata dalla sigillatura (ad esempio per la costruzione di opere) e dal soffocamento del fondale. Le valutazioni condotte nel 2012 dall'Italia hanno messo in evidenza che la pressione che maggiormente interagisce sul fondale marino è l'ABRASIONE, dovuta in particolare alle attività di pesca che interagiscono con il fondo in modo attivo (pesca a strascico, pesca con rapidi e draghe idrauliche). In base ai dati raccolti fino al 2018 non è stato, tuttavia, possibile individuare soglia oltre la quale si riscontri un impatto significativo e quindi di valutare l'integrità del fondo marino. (MASE-ISPRA, 2018). In particolare, non sono disponibili i dati sull'estensione dei substrati biogenici di fondo mobile (fondi a *Maerl*), pertanto non è possibile stabilire né se tali substrati siano sottoposti a pressione dovuta ad abrasione (perturbazioni fisiche) e/o sigillatura (perdita fisica), né tantomeno è possibile stabilire una soglia significativa di pressione. Inoltre, non essendo state monitorate zone a diversa pressione di sforzo di pesca, non è possibile identificare eventuali alterazioni del substrato sottoposto ad abrasione in termini di cambiamenti delle comunità bentoniche ed epimegabentoniche di fondo mobile. Infine l'elaborazione dei dati riguardanti la distribuzione dello sforzo di pesca non permette di effettuare confronti con i relativi dati predisposti nella prima valutazione iniziale del 2012.

#### 4.12.6 Specie non indigene

Le specie non indigene (NIS) sono specie, sottospecie o qualsiasi parte biologica in grado di sopravvivere e riprodursi introdotta al di fuori del suo areale di distribuzione naturale. L'introduzione di tali specie in ambienti diversi dal loro naturale *range* di distribuzione può essere causata in modo volontario o involontario dall'uomo. In ambiente marino le attività antropiche che maggiormente incidono su tale fenomeno sono riferite principalmente ai traffici marittimi (acque di zavorra delle navi e *fouling*) e all'acquacoltura (introduzioni volontarie di specie allevate e introduzioni involontarie di specie associate). Alcune specie non indigene esposte ad ambienti "nuovi" che ne favoriscono la diffusione possono manifestare caratteristiche di

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

invasività. Tali specie, definite specie invasive (IAS), rappresentano generalmente una piccola percentuale di specie non indigene le cui popolazioni si adattano nel nuovo ambiente e mostrano una elevata capacità di dispersione, reale o potenziale, con effetti negativi sulla diversità biologica e sugli ecosistemi. Le specie per le quali risulta dubbia l'origine indigena o non indigena sono definite criptogeniche.

Le specie invasive sono considerate una delle principali cause di riduzione della biodiversità (CBD, 1992) dovuta alle possibili alterazioni degli habitat e degli equilibri della componente biotica degli ecosistemi (competizione sulle risorse, diffusione di patogeni, fenomeni di ibridazione e introgressione genica con specie autoctone). In alcuni casi, inoltre, tali effetti possono avere gravi ripercussioni economiche in diversi settori produttivi (es. pesca).

Nell'ambito della Strategia Marina, il *report* relativo al Descrittore 2 – specie non indigene redatto nel 2018 ha preso in esame i dati ricavati mediante i monitoraggi condotti prevalentemente nelle aree a maggiore rischio di introduzione di NIS mediata da attività umane, quali aree portuali e impianti di acquacoltura. Le componenti prese in esame sono state il fitoplancton, il mesozooplancton e il benthos.

Sulla base della valutazione iniziale 2012 e successive integrazioni sono state individuate, nei mari italiani, 244 specie aliene, 16 specie criptogeniche, 15 specie dubbie, oltre a 58 specie per le quali sono necessarie ulteriori verifiche in letteratura. Dai dati raccolti dopo il 2012, sono state riscontrate 24 specie di nuova introduzione in almeno una delle tre sottoregioni marine italiane (limitatamente alle aree di campionamento) (Figura 4-205).

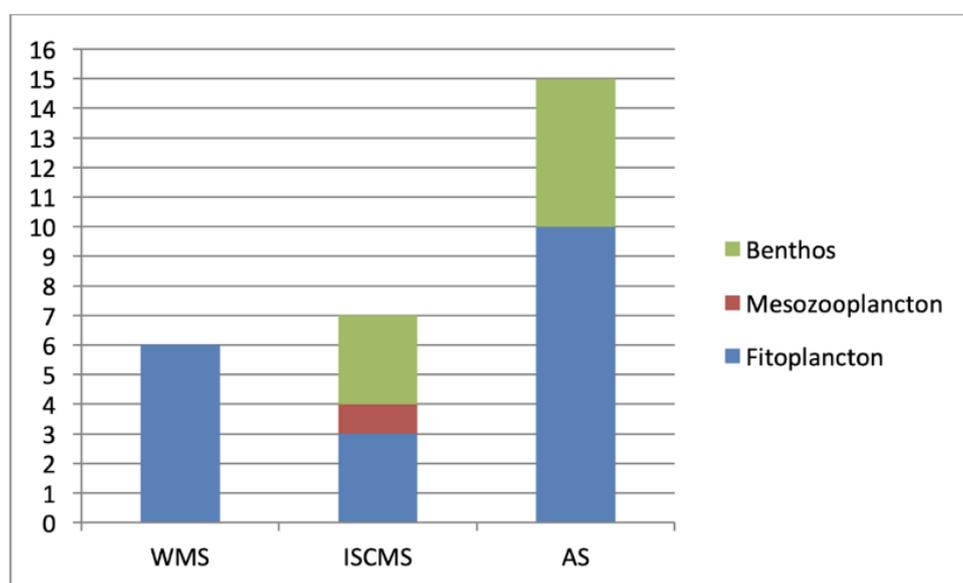


Figura 4-205: Numero di specie aliene segnalate in almeno una delle sottoregioni dei mari italiani dopo il 2012. AS: sottoregione Mar Adriatico; ISCMS: sottoregione Mar Ionio e Mar Mediterraneo Centrale; WMS: sottoregione Mar Mediterraneo Occidentale (MASE - ISPRA, 2018).

#### 4.12.7 Popolazioni ittiche di interesse commerciale

Nella *Marine Strategy Framework Directive* (MSFD, CE/2008/56 –II ciclo 2018-2024) le specie sfruttate dalla pesca commerciale sono considerate nel Descrittore qualitativo per la determinazione del Buono Stato Ecologico (GES) n.3 che recita “Le popolazioni di tutti i pesci e molluschi/crostacei sfruttati a fini commerciali restano entro limiti biologicamente sicuri, presentando una ripartizione della popolazione per età e dimensioni

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

*indicativa della buona salute dello stock*". In accordo con la MSFD, la nuova Politica Comune della Pesca (PCP, regolamento UE n. 1380/2013) ha tra i suoi obiettivi il rendimento massimo sostenibile (MSY) per tutte le attività di pesca.

Nell'ambito del Descrittore 3 (D3) si considera quindi l'insieme degli *stock* ittici sfruttati commercialmente; il loro *status* viene valutato considerando parametri quantitativi quali la mortalità da pesca e la biomassa dei riproduttori (o loro *proxy*, derivati da modelli a singola specie) in relazione a limiti di sostenibilità, e parametri relativi alla struttura di taglia/età basati ad esempio su serie storiche sperimentali.

Il I ciclo di valutazione del GES per il Descrittore 3, pur basandosi su metodi di analisi consolidati e derivati dagli approcci standard quali gli *stock assessment*, ha mostrato una limitata coerenza tra diversi Stati Membri anche all'interno della stessa regione, come nel caso del Mediterraneo. Di conseguenza, in una logica di revisione tecnica complessiva della MSFD, la Commissione ha presentato delle modifiche dell'approccio alla quantificazione del GES nel contesto del Descrittore 3, promuovendo alcune semplificazioni nell'integrazione delle valutazioni provenienti dai 3 criteri a livello di singolo *stock* e poi dall'insieme degli *stock* a livello di sottoregione marina (Mediterraneo occidentale, Ionio e Mediterraneo centrale, Adriatico).

A livello complessivo, i tre criteri primari della nuova Decisione (DECISIONE (UE) 2017/848 del 17 maggio 2017) da considerare per la valutazione dei singoli *stock* includono: il tasso di mortalità da pesca (D3C1), la biomassa dei riproduttori (D3C2) e la distribuzione per età e dimensione (D3C3). Tali criteri sono comunque corrispondenti (al di là di alcuni aspetti implementativi ed analitici) ai criteri della precedente Decisione.

La nuova Decisione supera una serie di aspetti critici relativi all'integrazione delle informazioni tra diversi *stock*, evitando l'applicazione di un approccio di tipo "one out all out" per la valutazione dello *status* a livello di Descrittore e sottoregione; tale approccio viene applicato invece a livello di *stock* per l'integrazione delle informazioni provenienti dai 3 criteri D3C1, D3C2, D3C3.

Per il II ciclo la nuova Decisione indica la possibilità di non utilizzare, ai fini della valutazione del GES, il criterio D3C3 (età e taglia). Stante l'attuale mancata disponibilità di dati per la caratterizzazione del criterio ed il mancato sviluppo di Sottoprogrammi di Monitoraggio relativi agli approcci metodologici connessi, si ritiene che tale criterio non possa essere applicato alla valutazione del GES (essendo soglie e metodi di stima non consolidati). Si osserva inoltre che proprio secondo la nuova Decisione e nel contesto del criterio D3C3 è necessaria un'interlocuzione tra gli Stati Membri al fine di stabilire valori di soglia attraverso la cooperazione regionale o sottoregionale. Un processo che non sarà conseguito entro il II ciclo.

La presente valutazione ai sensi dell'Art. 8 della MSFD si basa sull'utilizzo di fonti pubbliche di dati quali i risultati degli *stock assessment* ed elaborazioni connesse provenienti dalle più recenti valutazioni condotte in ambito *General Fisheries Commission for the Mediterranean* (GFCM) e *Scientific, Technical and Economic Committee for Fisheries* (STECF), in quanto solo una parte dei sottoprogrammi di monitoraggio condotti in ambito MSFD relativi al Descrittore 3 sono stati implementati, in particolare la parte non direttamente funzionale alla valutazione dello *status*.

Al fine della valutazione del GES sono stati presi in considerazione, per la definizione degli *stock* da considerare, gli *stock* principali e accessori definiti a livello delle *Geographical Sub Areas* (GSA) nell'ambito dei Piani di Gestione Nazionali per la pesca demersale (MIPAAFT, 2018), unitamente a sardine e acciughe, come da definizione aggiornata di GES. Sono state quindi raccolte da report GFCM e STECF le più recenti valutazioni validate disponibili per tali *stock* in relazione a parametri quali mortalità da pesca (generalmente come  $F_{curr}$  e  $F_{0.1}$ ) e biomassa dei riproduttori, stimata come valore attuale confrontato con i limiti definiti dal 33° percentile secondo la metodologia già adottata da GFCM per gli *stock assessment* ed anche in ambito ECAP (UNEP-MAP, 2018).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Tabella 4-55: Stock di interesse commerciale considerati nell'ambito della Valutazione Iniziale. Per le specie demersali sono stati evidenziati gli stock prioritari (giallo; X) e accessori (arancione; x) come definiti nei Piani di Gestione della pesca demersale, unitamente ai piccoli pelagici (azzurro; p). Le celle multiple (che includono più GSA per il medesimo stock) rappresentano stock per i quali la valutazione viene fatta congiuntamente tra più GSA. Nel caso di *Mullus barbatus* la valutazione tra GSA17 e 18 è unica sebbene solo nella GSA 17 lo stock sia considerato target e nella GSA18 sia invece associato.

Specie (nome comune)	Mediterraneo Occidentale			Mar Ionio e Mediterraneo Centrale		Mare Adriatico	
	GS A9	GSA 10	GSA 11	GSA 16	GSA 19	GSA 17	GSA 18
Specie demersali							
<i>Lophius budegassa</i> (rana pescatrice)							x
<i>Merluccius merluccius</i> (nasello)	X	X	X	X	X	X	X
<i>Mullus barbatus</i> (triglia di fango)	X	X	X	x	x	x	X
<i>Mullus surmuletus</i> (triglia di scoglio)	X		x	x	x		
<i>Pagellus erythrinus</i> (pagello fragolino)				x			
<i>Solea vulgaris</i> (sogliola)						X	
<i>Eledone cirrhosa</i> (moscardino bianco)	x		x			x	x
<i>Eledone moschata</i> (moscardino)				x			x
<i>Illex condeiti</i>	x						
<i>Loligo vulgaris</i>			x				
<i>Octopus vulgaris</i> (polpo)			x				
<i>Sepia officinalis</i> (seppia)	x					x	
<i>Aristaeomorpha foliacea</i> (gambero rosso)	x	X	X	x	X		
<i>Aristeus antennatus</i> (gambero viola)	x		x		x		
<i>Melicertus kerathurus</i>	x						
<i>Nephrops norvegicus</i> (scampo)	X						X
<i>Parapenaeus longirostris</i> (gambero bianco)	X	X		X	X	X	
<i>Squilla mantis</i> (canocchia, pannocchia)	x	X				x	x
Piccoli pelagici							
<i>Engraulis encrasicolus</i> (acciuga)	p			p	p	P	
<i>Sardina pilchardus</i> (sardina)	p	p	p	p	p	P	
<b>Numero di stock complessivi</b>	<b>29</b>			<b>17</b>		<b>14</b>	

I dati sono stati quindi integrati per sottoregione, considerando gli stock valutati e non valutati, operando secondo l'approccio suggerito dalla guida per la valutazione dell'art. 8. In sintesi, in assenza di dati e metodologie consolidate per il criterio D3C3 e di indicatori secondari per i criteri D3C1 e D3C2, sono stati considerati gli esiti degli *stock assessment* più recenti riferiti al 2016 e al 2015, ripartendo gli *stock* in tre categorie:

- Stock per i quali sia i parametri di mortalità che di biomassa dei riproduttori sono all'interno di limiti biologicamente sicuri (in relazione a MSY);

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

- Stock per i quali uno o nessuno dei parametri di mortalità che di biomassa dei riproduttori è all'interno di limiti biologicamente sicuri (in relazione a MSY);
- Stock non valutati: stock per i quali è disponibile la valutazione di un solo criterio (D3C1o D3C2, con esito positivo) o per cui non si dispone di alcuna valutazione.

I risultati ottenuti per singola sottoregione marina sono riportati di seguito in forma grafica (Figura 4-206, Figura 4-207 e Figura 4-208).

## Mediterraneo Occidentale (GSA 9-10-11)

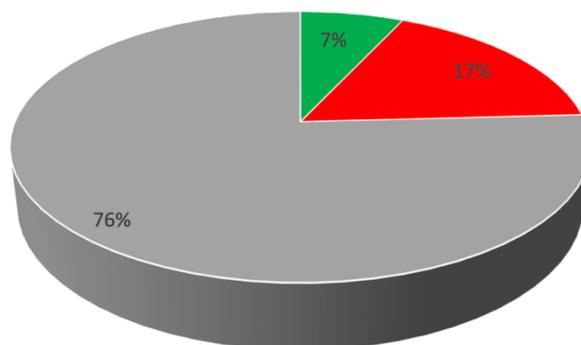


Figura 4-206: Percentuale di stock della sottoregione "Mediterraneo Occidentale" all'interno di limiti biologicamente sicuri (verde), al di fuori di limiti biologicamente sicuri (rosso) o non valutati (grigio).

## Ionio e Mediterraneo Centrale (GSA16, 19)

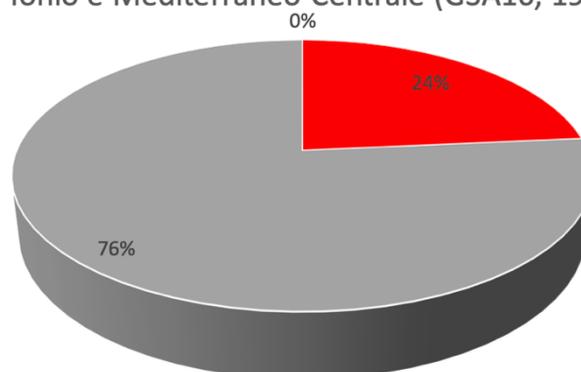


Figura 4-207: Percentuale di stock della sottoregione "Mar Ionio e Mediterraneo Centrale" all'interno di limiti biologicamente sicuri (verde), al di fuori di limiti biologicamente sicuri (rosso) o non valutati (grigio).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

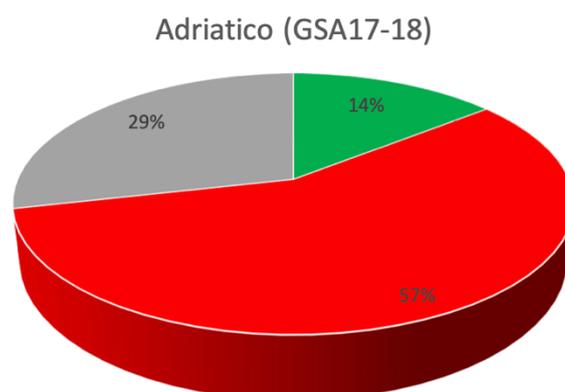


Figura 4-208: Percentuale di stock della sottoregione “Adriatico” all’interno di limiti biologicamente sicuri (verde), al di fuori di limiti biologicamente sicuri (rosso) o non valutati (grigio).

Si osserva – come del resto già noto per il contesto del Mediterraneo – che larga parte degli *stock* valutati nelle sottoregioni presentano stato di sfruttamento non sostenibile. In generale tale condizione è legata ad una pressione di pesca eccessiva e, solo talvolta, a biomasse non adeguate. Inoltre, una percentuale importante degli *stock* (in particolare nelle sottoregioni del Mediterraneo Occidentale e del Mediterraneo Centrale-Mar Ionio) non presenta valutazione analitica formale condotta mediante *stock assessment*. In dettaglio l’Adriatico è la sottoregione con la maggior percentuale di *stock* entro limiti biologicamente sicuri (14%), ma al contempo quella con la massima prevalenza di *stock* in condizioni non adeguate (oltre il 50%). Il Mediterraneo Occidentale e il Mediterraneo centrale e Ionio presentano la stessa prevalenza di *stock* in stato non valutato (76%), ma mentre nel primo bacino vi sono inoltre il 7% degli *stock* in limiti biologicamente sicuri ed il 17% in condizioni non adeguate, nella seconda sottoregione tutti i rimanenti *stock* sono entro limiti biologicamente sicuri (24%).

Un confronto tra la presente valutazione e quella precedente mostra un lieve miglioramento nello stato degli *stock* ittici, con una tendenza per alcuni *stock* verso la riduzione della mortalità da pesca, che si presenta però ancora nella maggior parte dei casi come non sostenibile.

Si osserva che per la valutazione iniziale 2012, al fine di sintetizzare le informazioni dal livello di GSA a quello di sottoregione, era stato applicato il principio “*one out all out*” a livello di indicatore, approccio di fatto superato dalla nuova Decisione. In pratica, con l’applicazione della nuova Decisione è possibile mostrare il numero complessivo degli *stock* in condizioni di sfruttamento sostenibile, quelli con sfruttamento (stato e/o pressione) non sostenibile e quelli per i quali mancano informazioni quantitative.

La nuova Decisione 2017/848 promuove un approccio più coerente e semplificato nell’ambito della valutazione del Descrittore 3 rispetto alla precedente Decisione. Nell’ambito della valutazione condotta nel 2012 era emerso, come peraltro già noto, uno stato di generale sovrasfruttamento delle risorse, in particolare quelle per le quali erano disponibili valutazioni formali mediante *stock assessment*. Anche la valutazione mediante indicatori meno robusti, basati su analisi di *trend*, aveva identificato segnali di criticità. Nell’insieme, l’applicazione del criterio “*one out all out*” per la sintesi delle informazioni indicava un generale stato di criticità. Con la nuova Decisione, si superano alcune difficoltà applicative e si può procedere a una valutazione dello stato che rappresenti nella sua interezza, oltre allo stato delle risorse, la tipologia e qualità di informazione disponibile.

Nell’insieme si conferma lo stato di prevalente sovrasfruttamento delle risorse da parte delle attività di pesca. Nondimeno, va osservato un lieve miglioramento rispetto alla valutazione precedente, con una tendenza, per

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

alcuni *stock*, alla riduzione della mortalità da pesca. In generale, alcuni elementi applicativi della MSFD in relazione al Descrittore 3 permangono comunque complessi e necessitano sia di coordinamento a livello internazionale sia di sviluppi metodologici. Tra questi richiamiamo la condivisione tra paesi afferenti alla medesima regione/sottoregione della tipologia di *stock* da considerare per la valutazione del GES, la limitata disponibilità di dati analitici da *stock assessment*, l'uso di indicatori basati su *trend* (disponibilità di dati e approcci metodologici), gli approcci per la definizione di eventuali bande di incertezza e relativa applicazione di un approccio di tipo precauzionale.

Nell'Annuario dei dati ambientali 2022 di ISPRA è descritto l'andamento nazionale degli *stock* in stato di sovra sfruttamento dal 2007 al 2021: la mortalità indotta dalla pesca risulta superiore a quella necessaria per conseguire uno sfruttamento sostenibile delle risorse nel lungo periodo in condizioni ambientali medie. Come riportato nel grafico successivo, in base alla serie storica riportata, la percentuale di *stock* ittici sovrasfruttati non si riduce nel tempo, sebbene nel 2021 sia stato raggiunto il valore più basso. La maggior parte degli *stock* considerati mostra uno stato di sovrasfruttamento che è cresciuto dal 77,8% del 2007 al 96,4% del 2014, indicando uno stato di non sostenibilità della pesca per la grande maggioranza degli *stock* valutati. Successivamente la percentuale di *stock* sovrasfruttati ha subito una riduzione, raggiungendo il 58,1% nel 2021, probabilmente a seguito degli effetti sul settore e sulle risorse della pandemia COVID19 e dell'adozione di misure gestionali più severe. Inoltre, si rileva una progressiva crescita dal 2007 al 2014 del numero di *stock* valutati mediante *stock assessment*, passato da 9 a 35. Dal 2015 al 2021 gli *stock* valutati vanno da un minimo di 18 a un massimo di 31. In generale, per il periodo 2007-2021 è evidente uno stato di sovrasfruttamento dei principali *stock*.

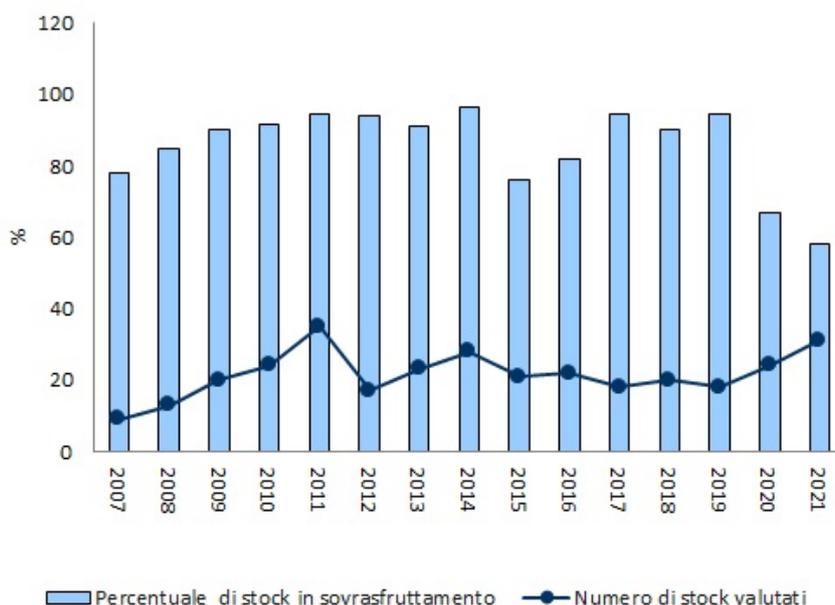


Figura 4-209: Numero di *stock* valutati e percentuale di *stock* in sovrasfruttamento. Fonte: Elaborazione ISPRA su dati di *stock assessment* validati a livello internazionale dallo STECF e dalla GFCM (Annuario dei dati ambientali 2022, Ispra)

Considerando la percentuale di sbarcato corrispondente agli *stock* ittici valutati, come riportato nel grafico seguente, si osserva che tale percentuale è pari in media a circa il 30% con fluttuazioni che avvengono di anno in anno a seconda degli *stock* considerati. L'andamento dell'indicatore (in valore assoluto e in percentuale) è influenzato dal numero e tipologia di *stock* considerati nei diversi anni. Nondimeno le percentuali di *stock*

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

sovrasfruttati mostrano un diffuso stato di sovrasfruttamento, valutazione la cui robustezza è comunque cresciuta nel tempo, grazie ai maggiori sforzi analitici condotti per ottenere delle valutazioni mediante *stock assessment*.

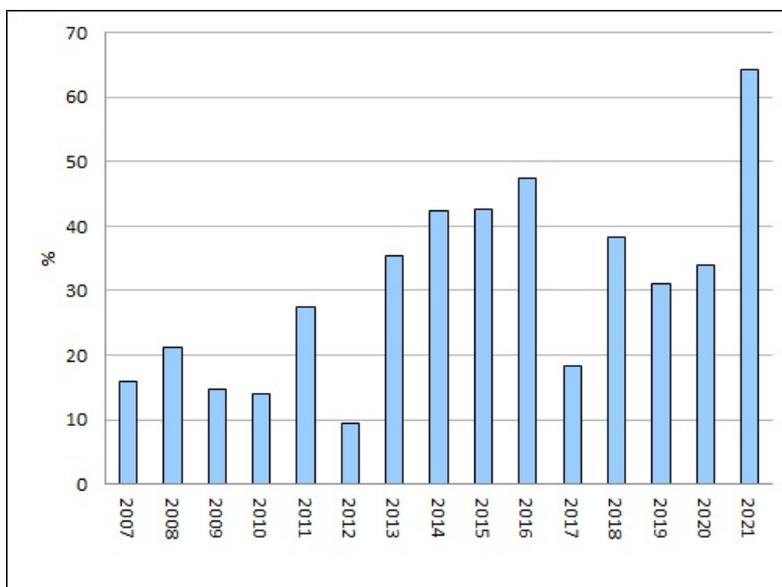


Figura 4-210: Percentuale di sbarcato nazionale corrispondente agli stock valutati. Fonte: Elaborazione ISPRA su dati di stock assessment validati a livello internazionale dallo STECF e dalla GFCM (Annuario dei dati ambientali 2022, Ispra)

Come si evince dalla tabella successiva (Tabella 4-56), inoltre, nel 2021 il numero di *stock* ittici valutati per le tre GSA sono, rispettivamente, 11 per Adriatico e Mar Ionio e Mediterraneo Centrale, 9 per Mediterraneo Occidentale.

Tabella 4-56: Andamento degli stock in stato di sovrasfruttamento ripartiti per sottoregione della MSFD. Fonte: Elaborazione ISPRA su dati di stock assessment validati a livello internazionale dallo STECF e dalla GFCM (Annuario dei dati ambientali 2022, Ispra)

Sottoregione MSFD	Anno	Stock valutati	Stock in sovrasfruttamento	Stock in sovrasfruttamento
		n.	n.	%
Mediterraneo occidentale	2007	4	3	75,0
Mediterraneo occidentale	2008	6	5	83,3
Mediterraneo occidentale	2009	11	10	90,9
Mediterraneo occidentale	2010	15	14	93,3
Mediterraneo occidentale	2011	15	14	93,3
Mediterraneo occidentale	2012	7	7	100,0
Mediterraneo occidentale	2013	9	8	88,9
Mediterraneo occidentale	2014	6	5	83,3
Mediterraneo occidentale	2015	9	5	55,6
Mediterraneo occidentale	2016	7	6	85,7
Mediterraneo occidentale	2017	4	4	100,0

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Sottoregione MSFD	Anno	Stock valutati	Stock in sovrasfruttamento	Stock in sovrasfruttamento
		n.	n.	%
Mediterraneo occidentale	2018	7	6	85,7
Mediterraneo occidentale	2019	7	6	85,7
Mediterraneo occidentale	2020	8	4	50,0
Mediterraneo occidentale	2021	9	5	55,6
Mar Ionio e Mediterraneo Centrale	2007	2	2	100,0
Mar Ionio e Mediterraneo Centrale	2008	3	2	66,7
Mar Ionio e Mediterraneo Centrale	2009	6	5	83,3
Mar Ionio e Mediterraneo Centrale	2010	5	4	80,0
Mar Ionio e Mediterraneo Centrale	2011	8	7	87,5
Mar Ionio e Mediterraneo Centrale	2012	4	3	75,0
Mar Ionio e Mediterraneo Centrale	2013	8	8	100,0
Mar Ionio e Mediterraneo Centrale	2014	10	10	100,0
Mar Ionio e Mediterraneo Centrale	2015	4	4	100,0
Mar Ionio e Mediterraneo Centrale	2016	5	5	100,0
Mar Ionio e Mediterraneo Centrale	2017	6	5	83,3
Mar Ionio e Mediterraneo Centrale	2018	3	2	66,7
Mar Ionio e Mediterraneo Centrale	2019	3	3	100,0
Mar Ionio e Mediterraneo Centrale	2020	8	7	87,5
Mar Ionio e Mediterraneo Centrale	2021	11	8	72,7
Adriatico	2007	3	2	66,7
Adriatico	2008	4	4	100,0
Adriatico	2009	3	3	100,0
Adriatico	2010	4	4	100,0
Adriatico	2011	12	12	100,0
Adriatico	2012	6	6	100,0
Adriatico	2013	6	5	83,3
Adriatico	2014	12	12	100,0
Adriatico	2015	8	7	87,5
Adriatico	2016	10	7	70,0
Adriatico	2017	8	8	100,0
Adriatico	2018	10	10	100,0
Adriatico	2019	8	8	100,0
Adriatico	2020	8	5	62,5
Adriatico	2021	11	5	45,5

Dalla consultazione del Programma nazionale triennale della pesca e dell'acquacoltura 2022-2024 del Mipaaf è stato estrapolato quanto segue.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

I risultati delle valutazioni scientifiche sui principali *stock* commerciali (circa 10) continuano a descrivere una situazione di sovrasfruttamento delle risorse ittiche seppure con qualche segnale di miglioramento e differenziata nelle diverse sub aree geografiche (GSA). In particolare, per il nasello (*Merluccius merluccius*) si osserva un generalizzato stato di sovrasfruttamento in tutte le GSA italiane, con una mortalità da pesca molto superiore a quella necessaria al raggiungimento della massima cattura sostenibile (MSY). Altre specie demersali come il moscardino (*Eledone cirrhosa*) e la sogliola (*Solea solea*) presentano una situazione meno grave e molto diversificata nelle diverse GSA, mentre per la triglia di fango (*Mullus barbatus*) sono stati registrati segnali di netta ripresa dello *stock* seppure ancora con soglie di eccessivo sfruttamento nello Ionio e canale di Sicilia (GSA 16 e 19). Situazione ugualmente positiva quella del gambero rosa (*P. longirostris*) in fase di incremento in diverse GSA, con segnali di *overfishing* solo nella 10 e la 16, mentre il gambero rosso (*A. foliacea*) presenta un livello di sfruttamento sostenibile nella sola GSA 9 e segnali di ripresa nella 18 e 19, ma situazioni preoccupanti nelle GSA 10 e 11. Più negativi tra i crostacei i dati relativi al gambero viola (*A. antennatus*) e allo scampo (*N. norvegicus*) che risultano ovunque in situazione critica.

Per quanto riguarda le alici (*E. encrasicolus*) e le sardine (*S. pilchardus*) permane una situazione di sovrasfruttamento soprattutto nelle GSA adriatiche (meno grave quella della 18) seppure con fluttuazioni interannuali anche in relazione a fattori ambientali. Tra i cefalopodi dati positivi per il totano (*I. coindetii*) nelle GSA 17 e 18, dove la seppia (*S. officinalis*) presenta al contrario segnali preoccupanti. Altre specie, come il sugarello (*T. trachurus*) o la pannocchia (*S. mantis*), valutate solo in alcune GSA, hanno mostrato tutte una mortalità da pesca eccessiva. Per quanto riguarda i grandi pelagici, oggetto di gestione delegata e controllata in sede ICCAT, è ormai evidente la netta ripresa dello *stock* di tonno rosso (*T. thynnus*) mentre rimane negativa la situazione del pesce spada (*X. gladius*).

Alla luce di questa situazione, che non mostra apprezzabili e sufficienti segnali di ripresa in risposta alle politiche attuate nelle ultime 2 decenni per il contenimento e la razionalizzazione dello sforzo di pesca (ritiri definitivi dalla flotta, misure tecniche e di gestione), risulta evidente la necessità di rafforzare le misure finalizzate al raggiungimento della MSY per tutti gli *stock* entro il 2025, essendo stato ormai mancato l'obiettivo del 2020 mediante piani di ricostituzione degli *stock*, di piani multi annuali sia europei che nazionali per l'ulteriore adeguamento dello sforzo di pesca, senza trascurare, laddove la ricerca scientifica ne ravvisi la necessità, un incremento delle chiusure spazio temporali ed innovazioni nelle misure tecniche e nei modelli gestionali (Mipaaf, Programma nazionale triennale della pesca e dell'acquacoltura 2022-2024).

#### 4.12.8 Qualità delle acque

##### Direttiva quadro Acque

Con l'attuazione della Direttiva Quadro sulle Acque WFD 2000/60/CE (recepita dall'Italia con il D. Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.) l'UE ha posto le basi per un concetto di protezione delle acque attraverso una visione integrata di tutte le acque del bacino idrografico. Un importante obiettivo della normativa è di raggiungere il "buono" stato, ecologico e chimico, delle acque superficiali entro il 2015 o, nel caso di una proroga, entro il 2027. La definizione dello stato ecologico si basa sulla valutazione dello stato di qualità della flora acquatica e dei macroinvertebrati bentonici supportati dalle caratteristiche fisico-chimiche della colonna d'acqua e dalle caratteristiche idromorfologiche del corpo idrico, sulla base di metodiche condivise da tutti i Distretti idrografici. La definizione dello stato chimico delle acque marino costiere (buono o non buono) si basa sulla valutazione della presenza di sostanze inquinanti, da rilevare nelle acque, nei sedimenti o nel biota, indicate come "prioritarie" e "pericolose prioritarie" con i relativi Standard di Qualità Ambientale (SQA), che non devono essere superati nei corpi idrici ai fini della classificazione del "buono" stato.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Per la descrizione dello stato di qualità dell'ambiente marino costiero nazionale sono state prese in considerazione le informazioni ambientali riportate negli Annuari dei Dati Ambientali elaborati da ISPRA sulla base dei dati delle Agenzie regionali per la protezione dell'ambiente nell'ambito del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (Fonte. Annuario dei dati ambientali 2022, Ispra). Gli indicatori dell'Annuario dei Dati Ambientali ISPRA riguardano la qualità ecologica e chimica dei corpi idrici dei diversi Distretti Idrografici in riferimento al sessennio 2010-2015 (2° PdG - 2° Reporting alla Commissione europea) ed al sessennio 2016-2021 (3° PdG - 3° Reporting alla Commissione europea).

**Stato ecologico delle acque marino costiere**

Le acque marino costiere sono "le acque superficiali situate all'interno rispetto a una retta immaginaria distante, in ogni suo punto, un miglio nautico sul lato esterno dal punto più vicino della linea di base che serve da riferimento per definire il limite delle acque territoriali e che si estendono eventualmente fino al limite esterno delle acque di transizione". La normativa (D.Lgs. 152/2006) impone il raggiungimento del "buono" stato dei corpi idrici (ecologico + chimico) entro le date fissate dalla normativa vigente; al mancato raggiungimento degli obiettivi ambientali conseguono le misure di risanamento.

La definizione dello stato ecologico si basa sulla valutazione dello stato di qualità della flora acquatica e dei macroinvertebrati bentonici supportati dalle caratteristiche fisico-chimiche della colonna d'acqua e dalle caratteristiche idromorfologiche del corpo idrico, sulla base di metodiche condivise da tutti i Distretti idrografici. È assegnato in base al più basso dei valori di classificazione degli EQB (fitoplancton, macroinvertebrati bentonici, macroalghe e angiosperme), selezionati in base all'analisi delle pressioni, secondo il principio del "one out - all out", sintetizzato, poi, attraverso un giudizio basato su cinque classi di qualità: "elevato", "buono", "sufficiente", "scarso" e "cattivo".

L'analisi delle acque marino costiere a livello nazionale mostra i corpi idrici in stato ecologico buono ed elevato sono più del 66% (291 corpi idrici su 394 totali), pertanto si sta avvicinando all'obiettivo previsto dalla normativa vigente. I Distretti delle Alpi Orientali, Appennino Settentrionale, Appennino Centrale, Sicilia e della Sardegna presentano una percentuale di corpi idrici in stato buono ed elevato maggiore o uguale al 70%. Il Distretto della Sardegna è quello con la percentuale più alta di corpi idrici in stato ecologico elevato (44%), mentre il Distretto del Fiume Po e dell'Appennino Meridionale hanno rispettivamente il 67% (2 corpi idrici su 3 totali) e il 69% (100 corpi idrici su 145 totali) in stato ecologico sufficiente (Figura 4-211).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

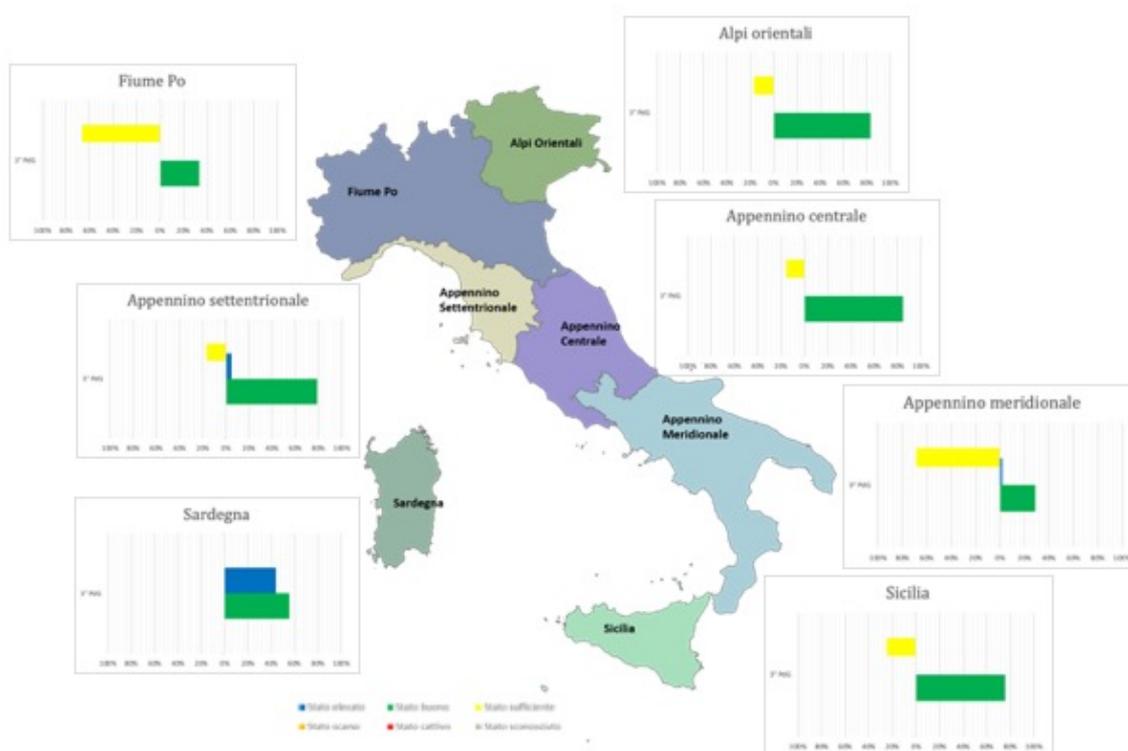


Figura 4-211: Stato ecologico dei corpi idrici marino costieri - 3° ciclo (2016-2021) dei Piani di Gestione delle Acque. Fonte: Elaborazione ISPRA su dati Reporting WISE 2022 (Annuario dei dati ambientali 2022, Ispra)

In base all'analisi dei dati riportati dai Distretti nel 3° Reporting alla Commissione europea relativo al sessennio 2016-2021 (aggiornamento ottobre 2022), lo stato ecologico delle acque marino costiere italiane risulta eterogeneo. Tale disomogeneità si esprime sia a livello di numero di corpi idrici identificati per distretto sia per classificazione ecologica.

Con la Legge 221/2015 sono stati ridefiniti i limiti dei Distretti Idrografici, pertanto, per operare il confronto tra 2° e 3° ciclo del Piano di Gestione (PdG), i corpi idrici del 2° ciclo sono stati assegnati ai Distretti secondo la nuova perimetrazione. Da tale confronto emerge che nel 2° PdG il 27% dei corpi idrici era in stato ecologico sconosciuto (149 corpi idrici su 561 totali), mentre nel 3° PdG un solo corpo idrico è in stato sconosciuto. In termini generali, nel 2° PdG i corpi idrici nello stato ecologico buono ed elevato erano il 55%, nel 3° sono saliti al 66% (Figura 4-212).

Nel 3° PdG si rileva, pertanto, che, tranne un solo corpo idrico, la totalità dei corpi idrici marino costieri italiani è monitorata e che lo stato ecologico si sta avvicinando all'obiettivo di qualità previsto dalla normativa vigente. In base ai calcoli fatti con la nuova perimetrazione, inoltre, il Distretto della Sicilia, che nel 2° PdG aveva il 74% dei corpi idrici in stato sconosciuto, nel 3° PdG presenta il 75% dei corpi idrici in stato ecologico buono. Il Distretto dell'Appennino Meridionale, con il 57% dei corpi idrici in stato ecologico sconosciuto nel 2° PdG, registra, invece, nel 3° PdG l'1% dei corpi idrici in stato ecologico elevato (2 corpi idrici su 145 totali), il 29% in stato ecologico buono (42 corpi idrici) e il 69% in stato sufficiente (100 corpi idrici) (Figura 4-213). Tale indicatore intercetta il traguardo 14.1 dell'SDG 14 cioè quello di prevenire e ridurre entro il 2025 in modo significativo ogni forma di inquinamento marino, in particolar modo quello derivante da attività esercitate sulla terraferma.

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

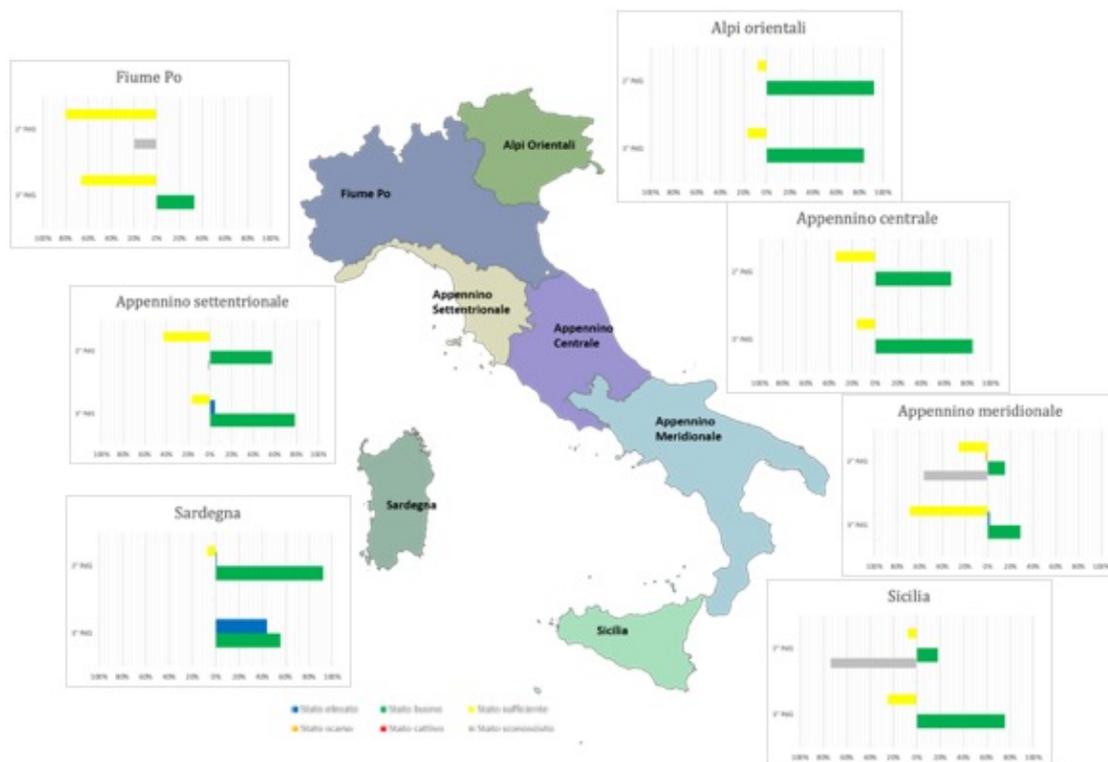


Figura 4-212: Stato ecologico dei corpi idrici marino costieri - confronto 2° ciclo (2010-2015) e 3° ciclo (2016-2021) dei Piani di Gestione delle Acque (Annuario Dati Ambientali 2022).

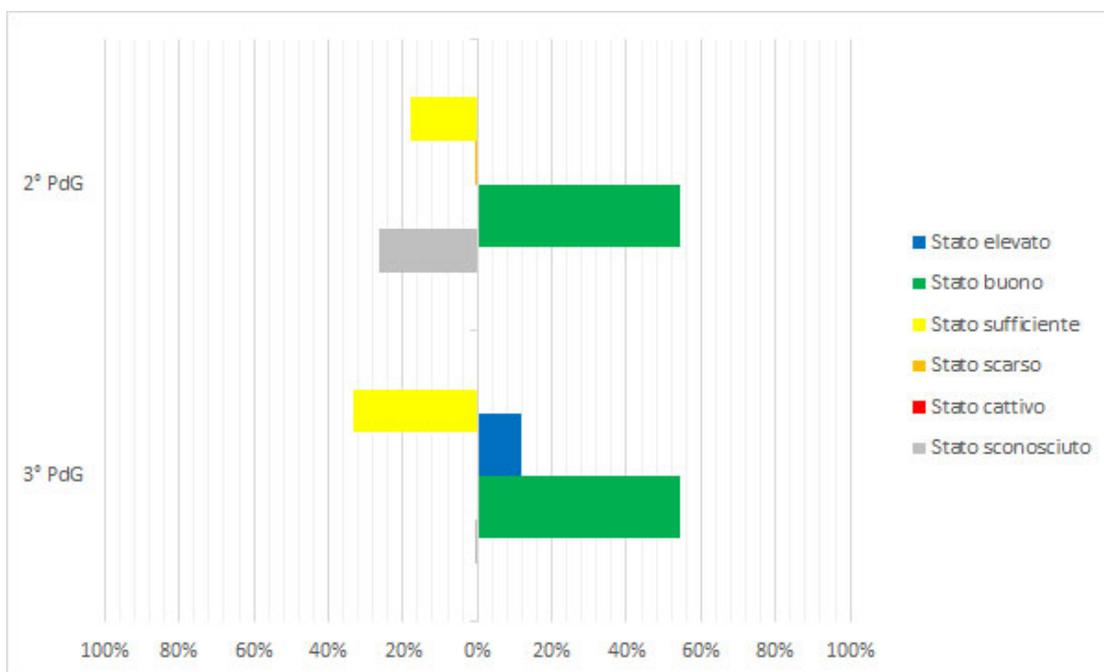


Figura 4-213: Stato ecologico nazionale dei corpi idrici delle acque marino costiere - 2° ciclo (2010-2015) e 3° ciclo (2016-2021) dei Piani di Gestione delle Acque. Fonte: Elaborazione ISPRA su dati Reporting WISE 2022 (Annuario dei dati ambientali 2022, ISPRA)

**Stato chimico delle acque marino costiere**

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

La definizione dello stato chimico delle acque marino costiere (buono o non buono), come già evidenziato, si basa sulla valutazione della presenza di sostanze inquinanti, da rilevare nelle acque, nei sedimenti o nel biota, indicate come "prioritarie" e "pericolose prioritarie" con i relativi *Standard di Qualità Ambientale* (SQA), che non devono essere superati nei corpi idrici ai fini della classificazione del "buono" stato chimico. La classificazione riportata si riferisce al periodo 2010-2016 (Figura 5.3-100).

In base all'analisi dei dati relativi al sessennio 2016-2021 (aggiornamento ottobre 2022), il 51% dei corpi idrici marino costieri è nello stato chimico buono, non raggiungendo ancora l'obiettivo previsto dalla normativa. I Distretti delle Alpi Orientali e del Fiume Po presentano la totalità dei corpi idrici in stato chimico non buono (rispettivamente 12 e 3 corpi idrici); anche la Sicilia e il Distretto dell'Appennino Meridionale mostrano percentuali elevate di corpi idrici in stato non buono, rispettivamente più del 70% e più del 60%. Nei Distretti dell'Appennino Settentrionale, dell'Appennino Centrale e della Sardegna si rilevano, invece, rispettivamente più del 50%, più del 90% e più dell'80% in stato chimico buono (Figura 4-214).

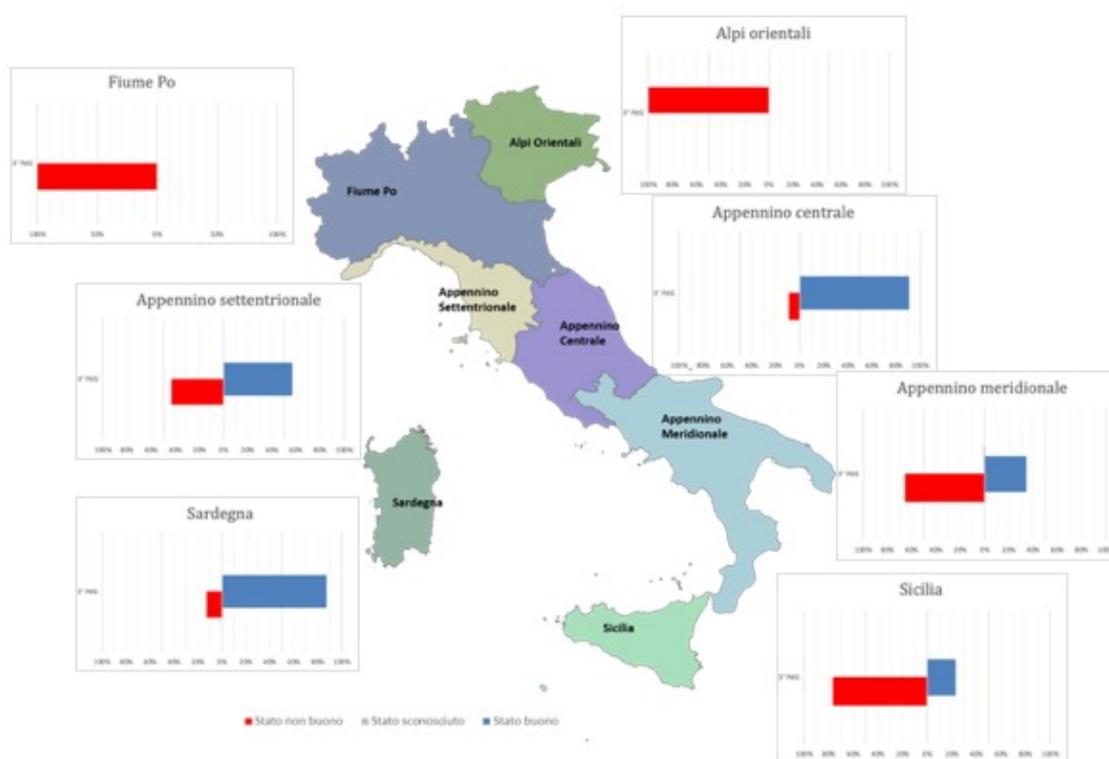


Figura 4-214: Stato chimico dei corpi idrici delle acque marino costiere - 3° ciclo (2016-2021) dei Piani di Gestione delle Acque. Fonte: Elaborazione ISPRA su dati Reporting WISE 2022 (Annuario dei dati ambientali 2022, ISPRA)

Con la Legge 221/2015 sono stati ridefiniti i limiti dei Distretti Idrografici, pertanto, per operare il confronto tra 2° e 3° ciclo del PdG, i corpi idrici del 2° ciclo sono stati assegnati ai Distretti secondo la nuova perimetrazione. Da tale confronto emerge che nel 2° PdG i corpi idrici con stato chimico sconosciuto erano il 26% (147 corpi idrici su 561 totali), mentre nel 3° PdG solo un corpo idrico. In termini generali, nel 2° e 3° PdG i corpi idrici nello stato chimico buono sono comparabili, rispettivamente il 52% e il 51%. Sono invece aumentati i corpi idrici nello stato chimico non buono che, nel 3° PdG, sono il 49%. Per quanto attiene il confronto tra i Distretti emerge che per le Alpi Orientali e il Fiume Po lo stato chimico è passato dal 38% (9 corpi idrici su 24) e 20% (un corpo idrico su 3), rispettivamente, di corpi idrici in stato buono al 100% in stato

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

non buono (rispettivamente 12 corpi idrici e 3 corpi idrici). Per i Distretti della Sicilia e dell'Appennino Meridionale, che nel 2° PdG avevano rispettivamente il 74% (48 corpi idrici su 65) e il 56% (98 corpi idrici su 176) di corpi idrici in stato sconosciuto, lo stato chimico non buono è passato rispettivamente dal 20% (13 corpi idrici su 65 totali) al 77% (50 corpi idrici su 65 totali) e dal 27% (47 corpi idrici su 176 totali) al 65% (96 corpi idrici su 145 totali).

Al fine di una corretta lettura dei dati bisogna specificare che la Direttiva 39/2013/EU (recepimento D.Lgs. 172/2015) ha reso obbligatorio dal 2018, per la classificazione chimica, il monitoraggio di alcuni parametri nel biota e non più solo nelle acque. La Direttiva ha inoltre introdotto 12 nuove sostanze prioritarie di cui si terrà conto nella classificazione dello stato chimico al 2027. Tale indicatore intercetta il traguardo 14.1 dell'SDG 14 cioè quello di prevenire e ridurre entro il 2025, in modo significativo, ogni forma di inquinamento marino, in particolar modo quello derivante da attività esercitate sulla terraferma.

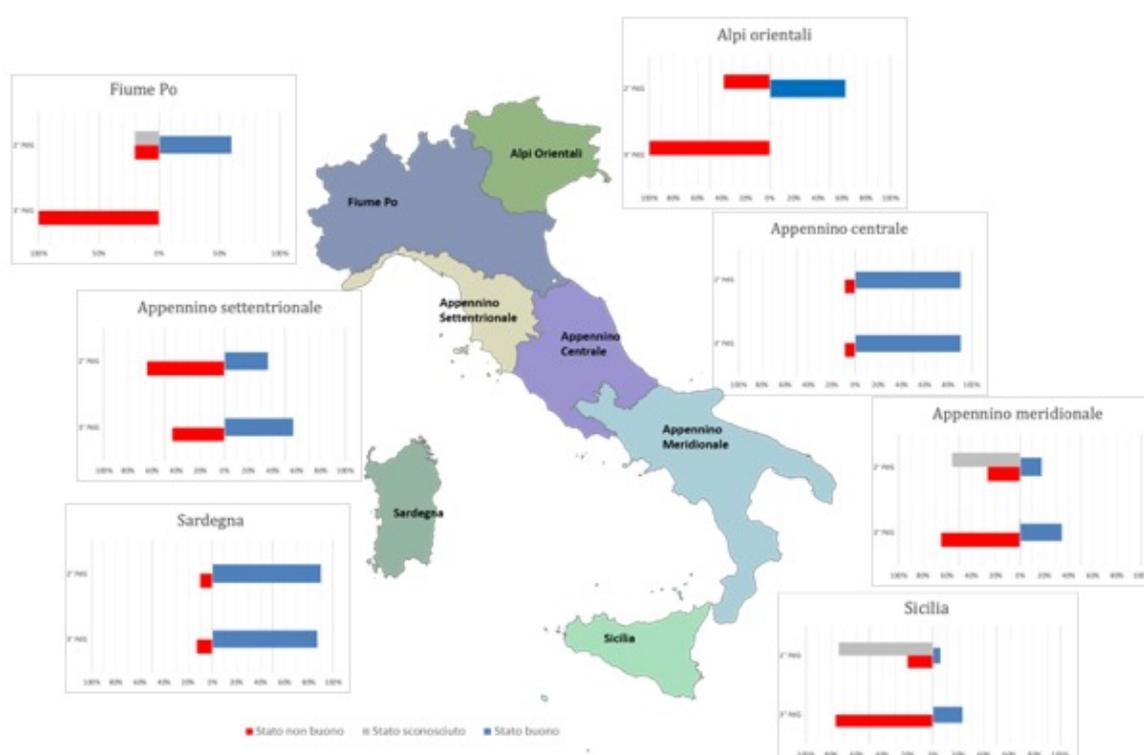


Figura 4-215: Stato chimico dei corpi idrici delle acque marino costiere - confronto 2° ciclo (2010-2015) e 3° ciclo (2016-2021) dei Piani di Gestione delle Acque. Fonte: Elaborazione ISPRA su dati Reporting WISE 2022 (Annuario dei dati ambientali 2022, ISPRA)

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

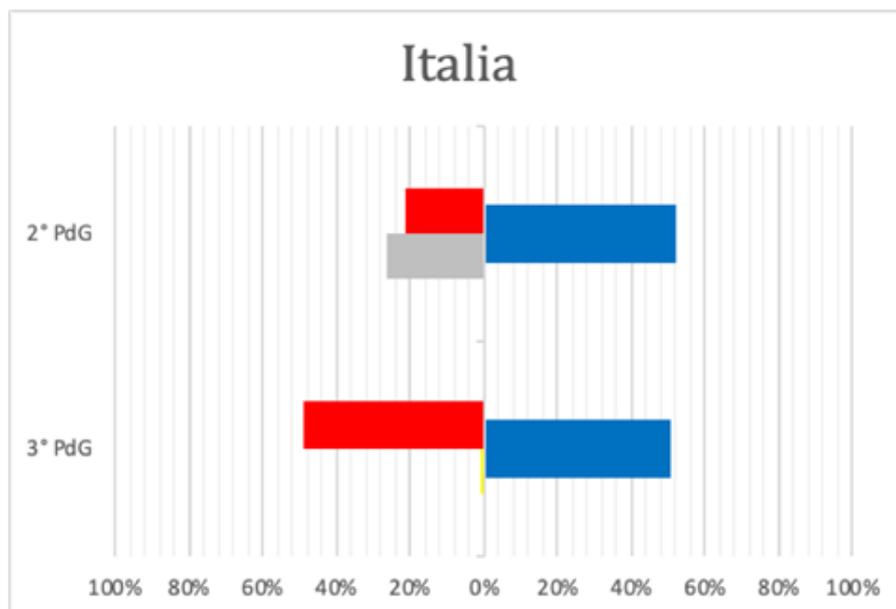


Figura 4-216: Stato chimico nazionale dei corpi idrici delle acque marino costiere- confronto 2° ciclo (2010-2015) e 3° ciclo (2016-2021) dei Piani di Gestione delle Acque. Fonte: Elaborazione ISPRA su dati Reporting WISE 2022 (Annuario dei dati ambientali 2022, ISPRA)

### Direttiva Strategia Marina

Altre informazioni relative allo stato dell'ambiente marino costiero derivano dall'applicazione del D. Lgs. n. 190 del 13 ottobre 2010, con cui l'Italia ha recepito la Direttiva Quadro 2008/56/CE, nota come Direttiva Strategia Marina. Tale Direttiva, che costituisce il pilastro ambientale della politica dell'Unione Europea per l'ambiente marino e marino costiero, pone come obiettivo agli Stati membri di raggiungere entro il 2020 il buono stato ambientale (GES, "Good Environmental Status") per le proprie acque marine. La determinazione del buono stato ambientale si basa su un elenco di undici descrittori qualitativi dell'ambiente marino che fanno riferimento a molteplici aspetti degli ecosistemi marini.

Vengono poi riportati dati relativi al **Descrittore 5 (Eutrofizzazione)**, che si riferisce agli apporti di nutrienti, in particolare azoto e fosforo, veicolati a mare dai fiumi o dagli insediamenti costieri; questo indicatore combina informazioni relative ai livelli di nutrienti (concentrazione di nutrienti nella colonna d'acqua) e quelle relative agli effetti, diretti e indiretti, dovuti all'arricchimento dei nutrienti, quali la concentrazione di clorofilla "a" nella colonna d'acqua e la concentrazione di ossigeno disciolto nelle acque di fondo per la determinazione delle condizioni di ipossia o anossia.

### Eutrofizzazione (Descrittore 5)

Il fenomeno dell'eutrofizzazione consiste in un arricchimento delle acque in nutrienti, in particolare della concentrazione dei composti dell'azoto e/o del fosforo, che determina un aumento della produzione primaria e della biomassa algale, con conseguente accumulo di sostanza organica, ipossia/anossia delle acque di fondo, possibili stati di sofferenza delle comunità bentoniche e morie di pesci.

La Direttiva richiede, per questo Descrittore (5), che sia ridotta al minimo l'eutrofizzazione di origine umana, in particolare i suoi effetti negativi, come perdita di biodiversità, degrado dell'ecosistema, fioriture algali nocive e carenza di ossigeno nelle acque di fondo.

Viene di seguito riportata la valutazione effettuata per l'Adriatico settentrionale, in quanto è ritenuta l'area più significativa, a livello nazionale, per il fenomeno dell'eutrofizzazione. Quest'area viene suddivisa in

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

“coastal waters” e “offshore waters”, in linea con l'impostazione dei criteri della nuova Decisione UE 2017/48 della Commissione europea.

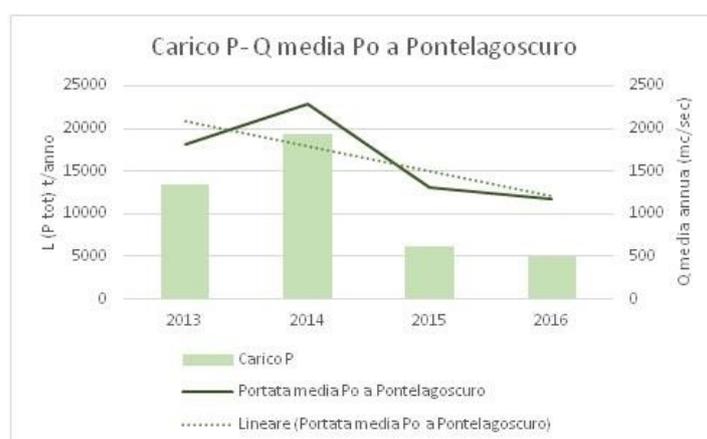
L'elaborazione dei dati disponibili, in particolare quella riferita ai valori di concentrazione degli indicatori nutrienti e clorofilla 'a', ha consentito di evidenziare come l'Alto Adriatico, soprattutto le zone prospicienti il delta del Po e la costa emiliano-romagnola, siano le aree maggiormente a rischio relativamente al fenomeno di eutrofizzazione.

*Carichi di azoto e fosforo*

Per i bacini afferenti all'Alto Adriatico sono disponibili i dati sulle portate medie annue e i carichi di azoto e fosforo sversati a mare per il periodo 2013-2016 (Figura 5.3-102 e Figura 5.3-103). Occorre segnalare che il Po presenta portate medie annue comprese tra 1.000 e 1.500 mc/sec, di gran lunga superiori a quelle degli altri fiumi che sfociano nell'Alto Adriatico. Vi è stata una diminuzione della portata media negli anni più recenti (2015-2016). Per quanto riguarda i carichi di nutrienti convogliati a mare, il contributo del Po è diminuito da oltre 150.000 t/anno di azoto e 14.000 t/anno di fosforo a poco meno di 100.000 t/anno di azoto e 5000 t/anno di fosforo. Il contributo proveniente dal comparto civile, considerato sulla base dei dati degli impianti che verosimilmente recapitano direttamente a mare, fa riferimento a tutta la sottoregione MarAdriatico e i carichi di azoto e di fosforo risultano pari a 8.800 t/anno e circa 1.100 t/anno rispettivamente.



Figura 4-217: Portate medie annuali e carichi di azoto sversati a mare dal fiume Po. La linea tratteggiata rappresenta la linea di tendenza dei carichi nel periodo in esame. Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ARPA costiere (Annuario Dati Ambientali 2018).



## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Figura 4-218: Portate medie annuali e carichi di fosforo sversati a mare dal fiume Po. La linea tratteggiata rappresenta la linea di tendenza dei carichi nel periodo in esame. Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ARPA costiere (Annuario Dati Ambientali 2018).

## Concentrazione di nutrienti nell'ambiente marino

Nell'Alto Adriatico gli andamenti annuali delle concentrazioni di azoto in mare (azoto disciolto inorganico o DIN) sono molto variabili e risentono in maniera evidente dei regimi idrologici dei fiumi che vi recapitano. In generale l'azoto proviene soprattutto dalle sorgenti diffuse e, quindi, i carichi sversati a mare tendono ad aumentare nel caso di annate particolarmente piovose (Figura 4-219). Nel caso del fosforo è possibile evidenziare una variabilità interannuale meno sensibile ai regimi idrologici dei fiumi. Tra il 2012 e il 2015 il fosforo è tendenzialmente in aumento (Figura 4-220 e Figura 4-221), sia pur lieve, da 0,49  $\mu\text{mol/l}$  a 0,63  $\mu\text{mol/l}$  circa, mentre i valori di concentrazione dell'azoto inorganico disciolto presentano un incremento più marcato, da 6  $\mu\text{mol/l}$  a 11  $\mu\text{mol/l}$  circa (Figura 4-219). Per quanto riguarda le *offshore waters*, nel periodo 2015-2017, si rileva un picco di concentrazione per il fosforo di poco inferiore a 0,7  $\mu\text{mol/l}$  nel 2016. Dal punto di vista spaziale, il fosforo e l'azoto mostrano elevate concentrazioni in corrispondenza delle aree direttamente interessate dal Po, sia per le *coastal waters* (Figura 4-222 e Figura 4-223) sia per le *offshore waters* (Figura 4-224 e Figura 4-225).

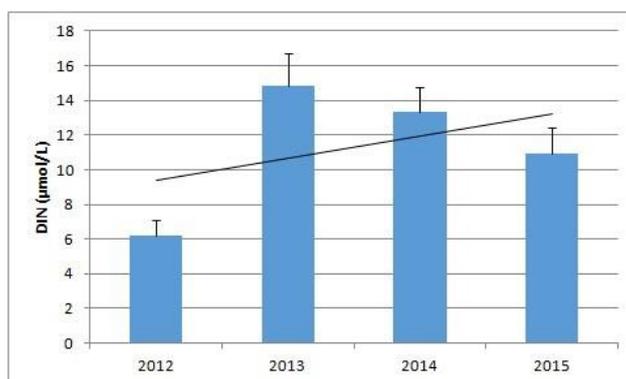


Figura 4-219: Concentrazioni di Azoto Inorganico Disciolto (DIN) (medie geometriche annuali + errore standard) nelle acque costiere dell'Alto Adriatico. La linea rappresenta la linea di tendenza del parametro per gli anni considerati. Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ARPA costiere (Annuario Dati Ambientali 2018).

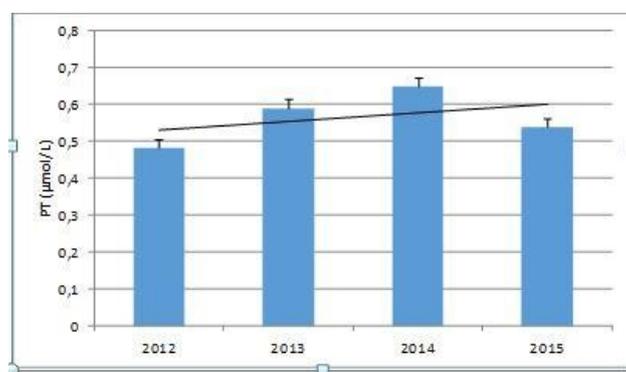


Figura 4-220: Concentrazione media di Fosforo Totale ( $\mu\text{mol/L}$ ) per stazione nelle acque costiere dell'Alto Adriatico. La linea rappresenta la linea di tendenza del parametro per gli anni considerati. Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ARPA costiere (Annuario Dati Ambientali 2018).

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

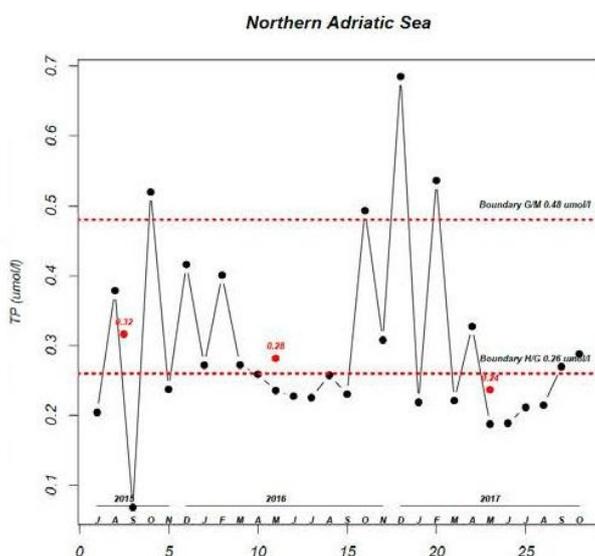


Figura 4-221: Concentrazione di fosforo totale (medie geometriche mensili in nero e media annuale in rosso) nelle acque offshore dell’Alto Adriatico. Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ARPA costiere (Annuario Dati Ambientali 2018).

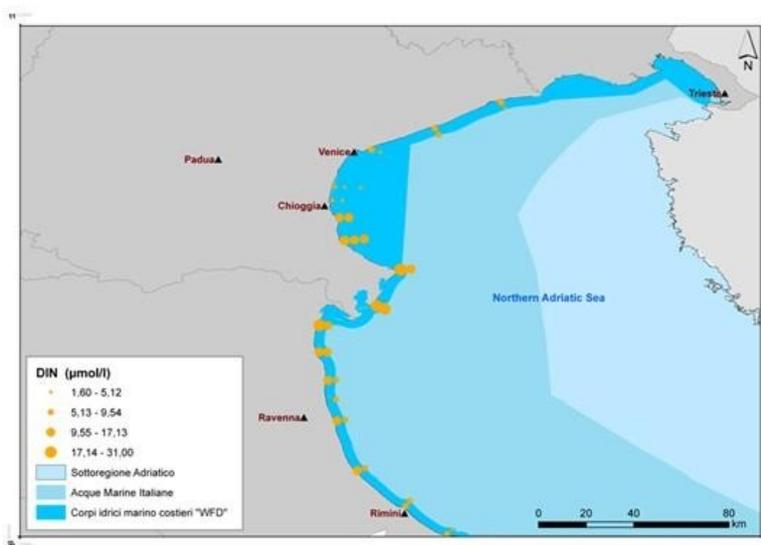


Figura 4-222: Concentrazione media per stazione di Azoto Inorganico Disciolto (DIN) nelle acque costiere dell’Alto Adriatico (2012-2015). Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ARPA costiere (Annuario Dati Ambientali 2018).

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

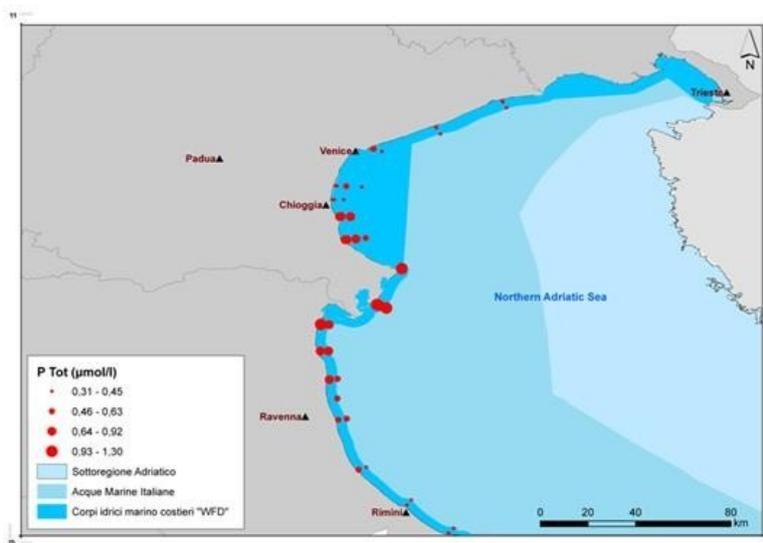


Figura 4-223: Concentrazione media per stazione di fosforo totale nelle acque costiere dell’Alto Adriatico (2012-2015). Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ARPA costiere (Annuario Dati Ambientali 2018).

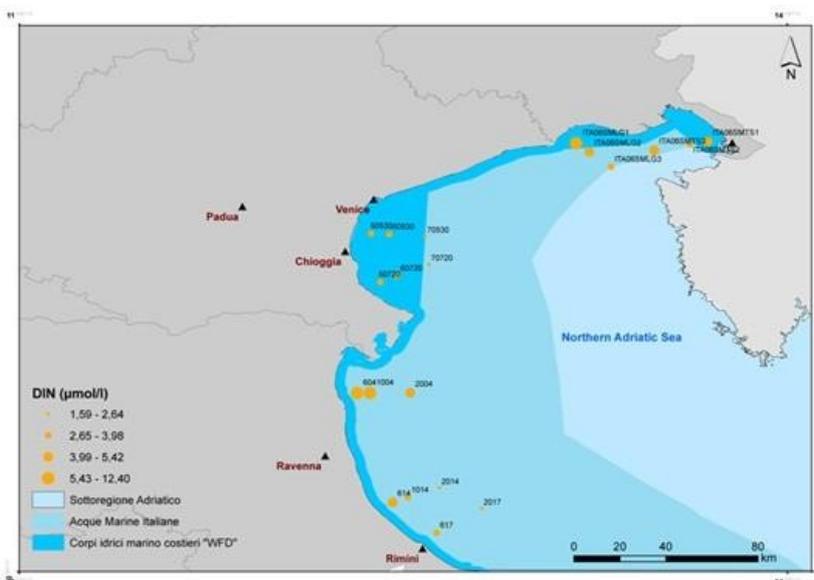


Figura 4-224: Concentrazione media per stazione di azoto inorganico disciolto (DIN) nelle acque offshore dell’Alto Adriatico (2015-2017). Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ARPA costiere (Annuario Dati Ambientali 2018).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

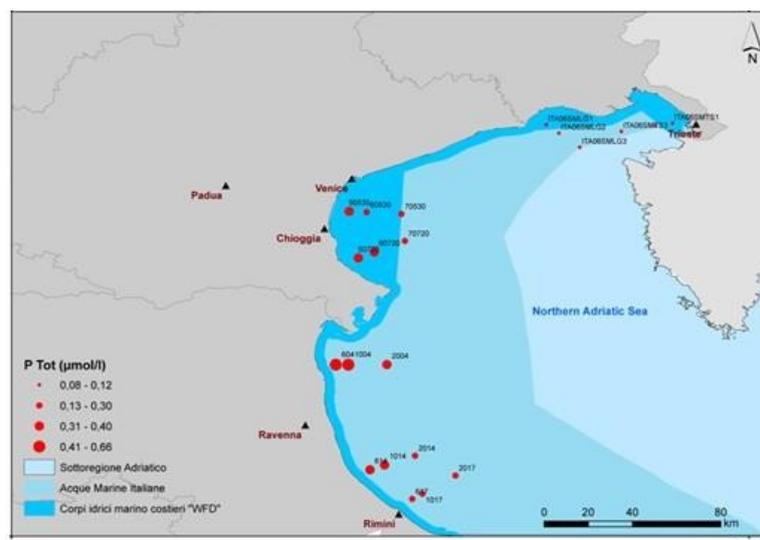


Figura 4-225: Concentrazione media per stazione di fosforo totale nelle acque offshore dell'Alto Adriatico (2015-2017). Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ARPA costiere (Annuario Dati Ambientali 2018).

Clorofilla *a*

Nel periodo 2012-2015 si è registrata complessivamente una riduzione della concentrazione superficiale di clorofilla "a" in tutte le sottoregioni italiane considerate ai fini della Direttiva Strategia marina. La riduzione è stata particolarmente marcata nell'Alto Adriatico, area tradizionalmente caratterizzata da elevati livelli trofici a seguito degli *input* fluviali di nutrienti derivanti dal bacino padano. I valori assunti dalla clorofilla "a" in quest'area, soprattutto nella fascia costiera emiliano-romagnola (Figura 4-226), sono i più alti in assoluto tra quelli rilevabili lungo tutto lo sviluppo costiero italiano a causa della presenza del fiume Po, che condiziona profondamente con i suoi carichi di nutrienti i livelli trofici. Tali valori variano tra 1,1 e 3,3 µg/l. Tuttavia, come si evince dalla Figura 4-227, si riscontra una tendenza alla diminuzione delle concentrazioni. Inoltre, le concentrazioni medie annuali registrano un aumento tra il 2013-2014 e una diminuzione nel 2015.

Per quanto riguarda le *offshore waters* (Figura 4-228), si riscontrano due picchi di concentrazione per la clorofilla "a" di poco inferiore ai 6 µg/l nel 2015 e di poco inferiore ai 5 µg/l nel 2017 (Figura 4-229).

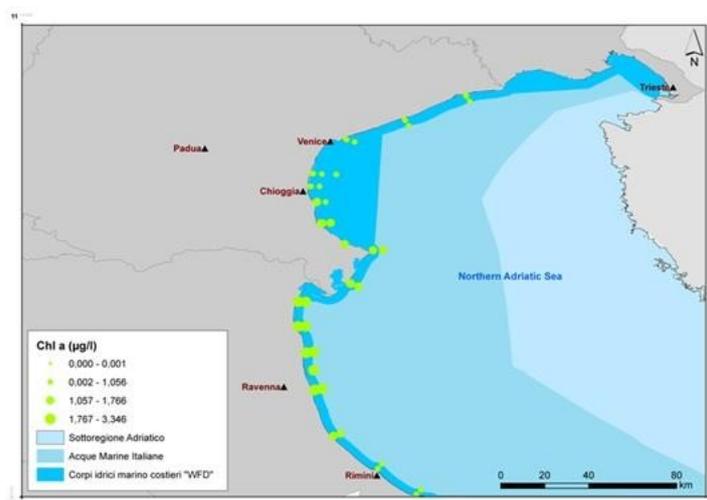


Figura 4-226: Concentrazione media per stazione di Clorofilla "a" nelle acque costiere dell'Alto Adriatico (2012-2015). Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ARPA costiere (Annuario Dati Ambientali 2018).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

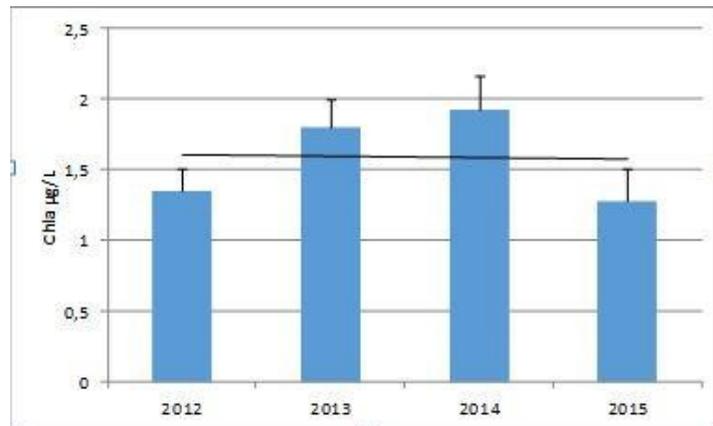


Figura 4-227: Concentrazione di Clorofilla "a" (medie geometriche annuali + errore standard) nelle acque costiere superficiali dell'Alto Adriatico. Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ARPA costiere (Annuario Dati Ambientali 2018).



Figura 4-228: Concentrazione media per stazione Clorofilla "a" nelle acque offshore dell'Alto Adriatico (2015-2017). Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ARPA costiere (Annuario Dati Ambientali 2018).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

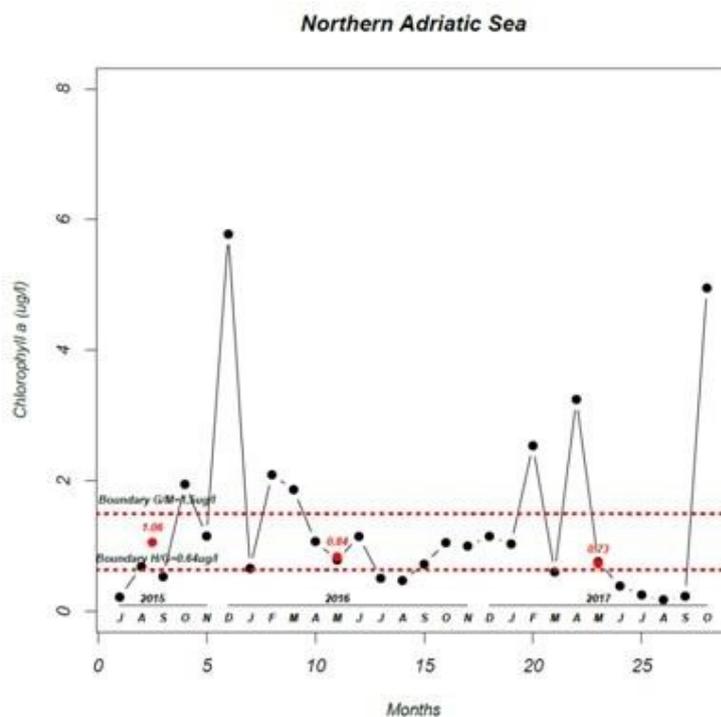


Figura 4-229: Concentrazione Clorofilla "a" (medie geometriche mensili in nero e media annuale in rosso) nelle acque offshore dell'Alto Adriatico. Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ARPA costiere (Annuario Dati Ambientali 2018).

#### Ossigeno disciolto

La variazione mensile della concentrazione di ossigeno disciolto, pari o minore a 3 mg/l tra il 2012 e il 2015, evidenzia situazioni di ipossia e/o anossia soprattutto dal 2013 al 2015 nei mesi estivi, confermati anche dai report dell'ARPA Emilia-Romagna redatti dalla Struttura Oceanografica Daphne, che riportano annualmentela "Qualità ambientale delle acque marine", inclusa l'estensione e frequenza dei fenomeni di ipossia o anossiae relative conseguenze sugli organismi marini (spiaggiamenti di pesci).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

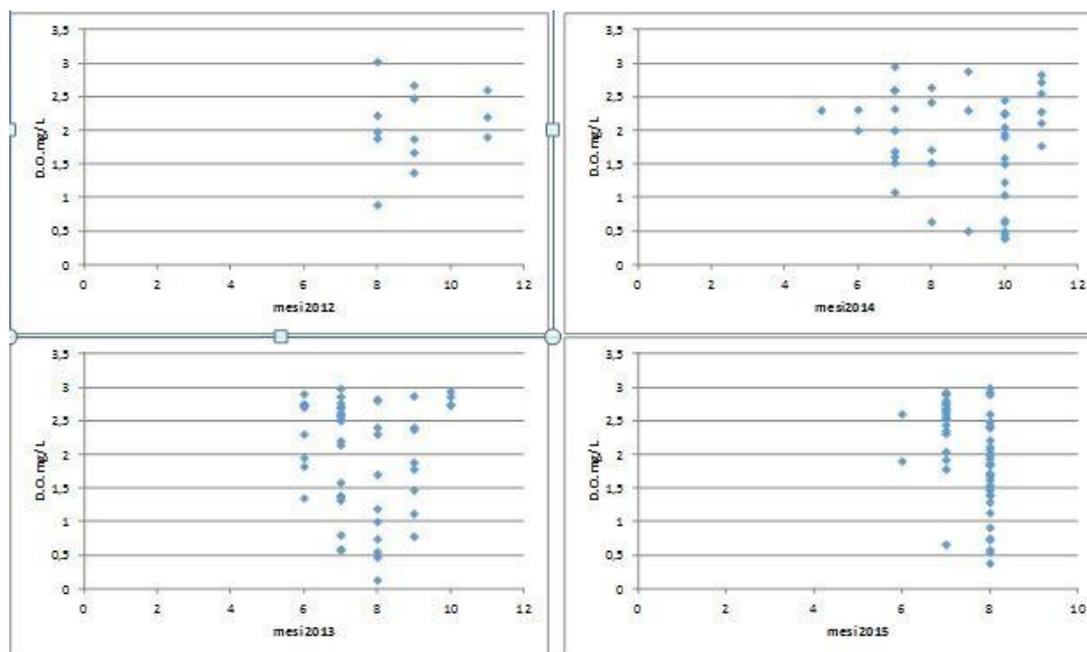


Figura 4-230: Concentrazioni di Ossigeno Disciolto (DO) rilevate nelle acque costiere dell'Alto Adriatico, nel periodo 2012-2015, che ricadono al di sotto del valore soglia di ipossia, pari a 3 mg/l. Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ARPA costiere (Annuario Dati Ambientali 2018).

### Classificazione delle acque di balneazione

La qualità delle acque di balneazione è fondamentale per la salvaguardia della salute dei cittadini e riveste un ruolo importante anche dal punto di vista della protezione dell'ambiente naturale e per gli aspetti economici nel settore del turismo. Per tale motivo vengono effettuati specifici monitoraggi durante tutta la stagione balneare.

La Direttiva 2006/7/CE relativa alla gestione della qualità delle acque di balneazione, recepita in Italia con il Decreto legislativo 30 maggio 2008, n.116 e attuata con il Decreto del Ministero della salute 30 marzo 2010, prevede che a ogni acqua venga assegnata una classe di qualità (eccellente, buona, sufficiente e scarsa). L'indicatore riporta il numero di acque ricadenti in ciascuna classe, a livello nazionale e regionale, ed è elaborato sulla base delle "informazioni stagionali" (Tabella 2, Allegato F, DM 30 marzo 2010) che annualmente il Ministero della salute trasmette al SINTAI ai sensi dell'art. 6 del DM 30 marzo 2010.

Per il 2022 sono stati utilizzati anche i dati forniti dal SNPA raccolti nell'ambito della linea di attività balneazione afferente alla rete tematica acque marine, marino-costiere e di transizione (RRTM\_10). Nel calcolo dello *status* qualitativo, in alcuni casi le acque sono state considerate come raggruppamenti a seguito di casi di acque contigue con caratteristiche uniformi (art. 7, comma 6, D.Lgs. 116/2008). Questo potrebbe comportare delle differenze nel numero delle acque tra le diverse pubblicazioni di settore. Fornisce una descrizione orientativa dello stato qualitativo delle acque di balneazione a livello microbiologico, non offre, tuttavia, alcuna indicazione circa possibili impatti derivanti da fonti di inquinamento di altra natura.

Durante la stagione balneare 2022 in Italia sono state monitorate 5.475 acque di balneazione, di queste 4.895 appartengono alla classe eccellente, 345 alla classe buona, 114 a quella sufficiente e 83 a quella scarsa. Il numero delle acque non classificate è pari a 38 e per queste non è possibile fare alcuna valutazione. In tutte le regioni, il numero delle acque eccellenti e buone è molto elevato e in Trentino-Alto Adige, Molise e Umbria è pari al 100%. Le acque in classe scarsa sono presenti in numero variabile nelle seguenti regioni: Piemonte, Lombardia, Veneto, Friuli-Venezia Giulia, Liguria, Marche, Lazio, Abruzzo, Campania, Calabria, Sicilia,

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Sardegna. In 7 regioni si registrano acque non classificabili per le quali non è stato possibile esprimere un giudizio di qualità per varie ragioni, principalmente perché sono acque di nuova identificazione e non hanno raggiunto il numero minimo di campionamenti utile per classificare.

Il peggioramento dello stato qualitativo di un'acqua di balneazione è imputabile a più fattori, tra cui il più importante rimane la funzionalità dei sistemi di depurazione. Infatti, il monitoraggio delle acque di balneazione valuta la presenza di contaminazione fecale, derivante principalmente dagli scarichi urbani. Quando intervengono fattori che ne compromettono l'efficacia, quali ad esempio guasti o eventi di pioggia intensa, questi sistemi rilasciano nell'ambiente reflui non depurati, che compromettono la balneabilità. Ne sono un esempio le forti piogge che si sono verificate nelle ultime stagioni, poiché hanno mandato in tilt diversi depuratori, con conseguente scarico di reflui non depurati. Purtroppo, questi eventi allontanano il raggiungimento dell'obiettivo della direttiva e richiamano l'attenzione su una migliore gestione del territorio cui l'acqua di balneazione appartiene, anche in funzione del cambiamento climatico. In generale, i risultati del monitoraggio eseguito durante la stagione 2022 hanno evidenziato un lieve miglioramento, dovuto al mantenimento dell'elevato numero delle acque in classe eccellente e buona e a una diminuzione del numero delle acque in classe scarsa.

Come mostrato nelle successive figure, a livello nazionale, la percentuale delle acque di qualità eccellente e buona è alta e prossima alla media europea (95,7% contro 96% dell'UE). A livello regionale e, in generale, si può affermare che il numero delle acque in classe eccellente e buona è molto elevato in tutte le regioni, tuttavia, la presenza di acque scarse in 12 regioni impedisce il totale raggiungimento dell'obiettivo della direttiva.

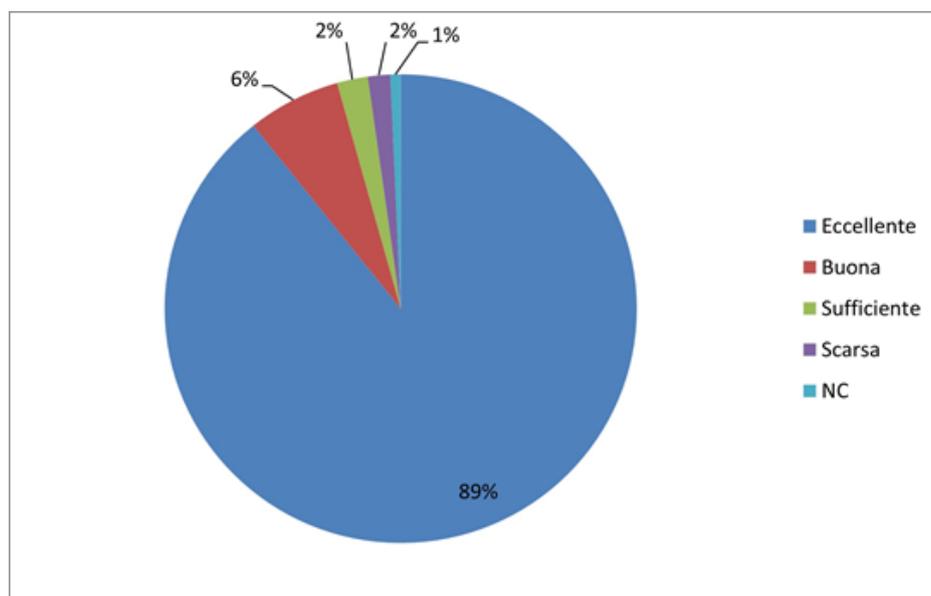


Figura 4-231: Classificazione nazionale delle acque di balneazione 2019-2022. Elaborazione ISPRA su dati Ministero della salute e SNPA (Annuario Dati Ambientali 2022)

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

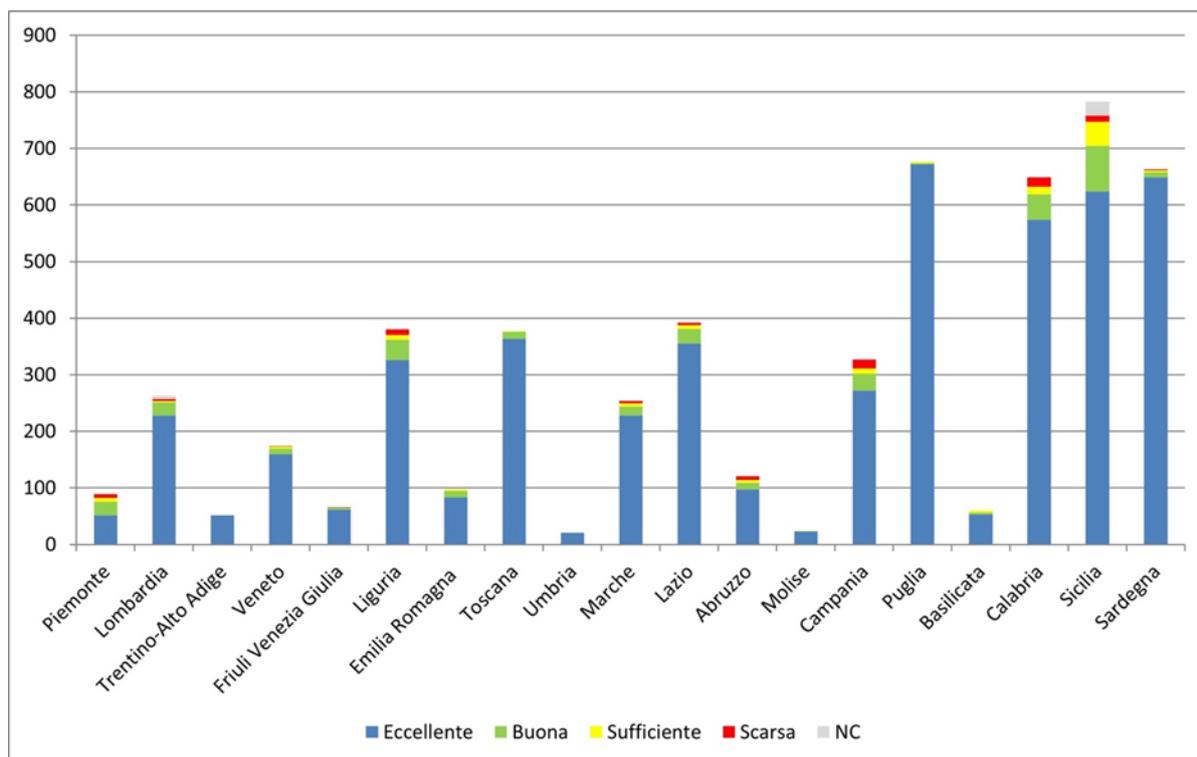


Figura 4-232: Classificazione nazionale delle acque di balneazione 2019-2022 – dettaglio regionale. Elaborazione ISPRA su dati Ministero della salute e SNPA (Annuario Dati Ambientali 2022)

Come si evince dalla successiva figura, il *trend* è positivo fino al 2017, poiché diminuiscono le acque in classe scarsa e aumentano le acque di qualità superiore, soprattutto eccellenti e buone. Dal 2017 al 2019 si ha un'inversione: si riducono le acque in classe eccellente e aumentano quelle in classe scarsa. Nel 2020, si segnala un lieve miglioramento: infatti, tornano a diminuire le acque in classe scarsa mentre quelle di classe superiore, in particolare le eccellenti, aumentano. Nel 2022, si presenta un leggero miglioramento, dovuto alla diminuzione delle acque in classe scarso. Inoltre, diminuiscono anche le acque non classificabili mentre aumentano le acque in classe buona ed eccellente, a dimostrazione che questa categoria di acque spesso contiene acque di qualità superiore e non necessariamente scarsa.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

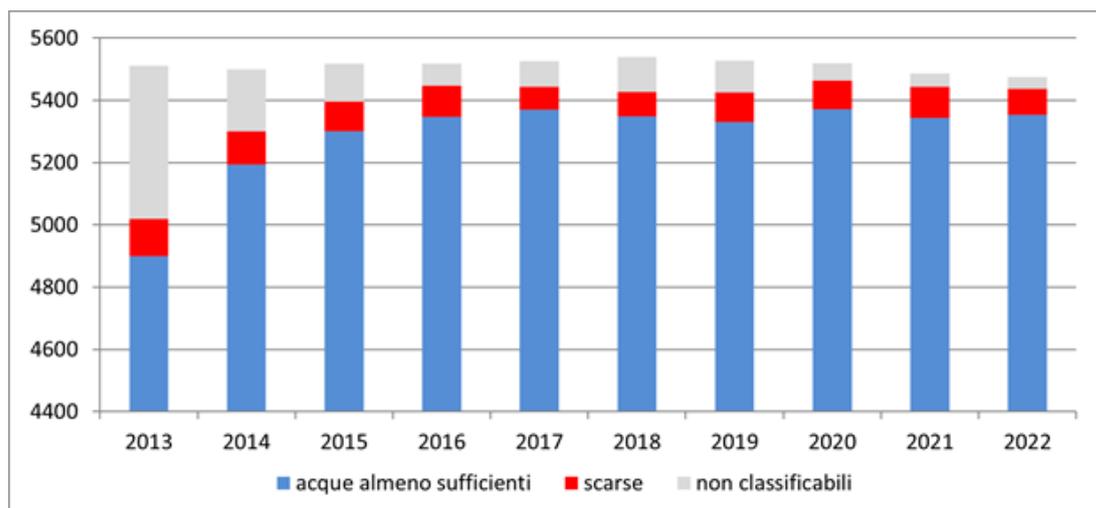


Figura 4-233: Trend della classificazione delle acque di balneazione. Elaborazione ISPRA su dati Ministero della salute e SNPA (Annuario Dati Ambientali 2022)

#### 4.12.9 Condizioni idrografiche

Il Descrittore 7 “Condizioni idrografiche” (D7) della Strategia Marina prevede, per il raggiungimento del GES, che non più del 5% dell'estensione dei corpi idrici marino costieri di ciascuna sottoregione marina presenti impatti dovuti a cambiamenti permanenti delle condizioni idrologiche. Vengono prese in considerazione le alterazioni permanenti delle condizioni idrografiche dovute alle infrastrutture costiere e marine realizzate, in corso di realizzazione o progettate a partire dal 2012. Il termine condizioni idrografiche include sia l'ambito dei processi idrologici riferibili alla colonna d'acqua quali correnti, energia di fondo, regime salino e termico, sia le caratteristiche fisiografiche dei fondali in termini morfologici e di natura dei substrati.

Nel corso del I ciclo di implementazione della MSFD (2012-2018) il gruppo di lavoro comunitario, il cui contributo è riassunto nella guida tecnica JRC - *Technical guidance on monitoring for the Marine Strategy Framework Directive* - Report EUR 26499 EN, ha indicato in 10 anni il periodo temporale oltre il quale una alterazione delle condizioni idrografiche è da ritenersi permanente. Pertanto, le opere i cui lavori di realizzazione comportino una alterazione delle condizioni idrografiche della durata inferiore ai 10 anni, sono escluse dell'analisi degli impatti per il D7. Inoltre, nel valutare il livello di significatività dell'alterazione, l'analisi si è ristretta alle sole infrastrutture in ambito costiero e marino soggette ad una procedura di Valutazione di Impatto Ambientale a livello nazionale. Ciò ha consentito di escludere tutte quelle opere di difesa costiera, realizzazione di piccoli porti o marine ed estensioni di infrastrutture portuali esistenti che, non soggette a VIA nazionale, non si ritiene producano impatti significativi sia sulla scala spaziale che temporale degli ecosistemi marini come conseguenza specifica delle alterazioni delle condizioni idrografiche.

L'Italia, mediante il progetto EcAp-ICZM, ha identificato due aree di valutazione interessate da infrastrutture soggette a VIA nazionale potenzialmente in grado di modificare in modo permanente le condizioni idrografiche e tali da produrre potenzialmente impatti significativi agli habitat bentonici: il nuovo porto di Fiumicino e il Terminale GNL di Monfalcone. Quest'ultimo è stato oggetto di un monitoraggio e applicazione di modellistica numerica finalizzate alla verifica del raggiungimento del target di riferimento T7.1 “Sono valutati gli impatti derivanti dai cambiamenti permanenti delle condizioni idrologiche e delle caratteristiche fisiografiche relativi a specifiche categorie di nuove infrastrutture realizzate a partire dal 2012 e soggette a VIA nazionale”.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Inoltre, nel periodo 2012-2018 sono stati raccolti i dati di monitoraggio sulle condizioni oceanografiche a scala di bacino al fine di identificare i *trend* di variabilità naturale rispetto ai quali valutare i cambiamenti permanenti delle condizioni idrografiche dovuti alle infrastrutture in progettazione o in corso di realizzazione a partire dal 2012.

Tenendo conto dell'analisi effettuata nel periodo 2012-2018 si ritiene che il target T7.1 sia stato raggiunto.

Nel nuovo ciclo di monitoraggio la lista delle opere soggette a VIA nazionale rispondenti ai criteri di selezione è stata ampliata alle seguenti infrastrutture:

PROGETTO	TIPOLOGICO
Porto di Ravenna - Progetto generale delle opere di approfondimento dei fondali previste nel piano regolatore portuale 2007	PORTO TURISTICO
Ampliamento e completamento del Porto di San Foca-Melendugno	PORTO TURISTICO
Terminal Plurimodale off-shore al largo della costa veneta	TERMINAL OFF-SHORE
Centrale eolica off-shore Chieuti (FG)	IMPIANTO EOLICO
Centrale eolica off-shore Golfo di Manfredonia (FG)	IMPIANTO EOLICO
Centrale eolica off-shore per la produzione di energia di fronte alla costa di Termoli	IMPIANTO EOLICO
Prolungamento dell'esistente molo di levante e costruzione di un molo di ponente del porto di Pesaro	PORTO TURISTICO

Risultano quindi esclusi tutti i progetti legati alla ricerca di idrocarburi o fluidi geotermici, ad indagini geofisiche, alla modifica o posa in opera di condotte sottomarine e tutte quelle opere che apportino modifiche delle condizioni idrologiche e delle caratteristiche fisiografiche in aree di modesta estensione rispetto alla scala nazionale del bacino o in modo temporaneo e reversibile.

#### 4.12.10 Contaminanti chimici e loro effetti

La concentrazione di inquinanti nell'ambiente marino e i loro effetti sono stati valutati secondo un approccio quali-quantitativo, tenendo in considerazione gli impatti e le minacce per l'ecosistema.

La nuova Decisione 2017/848 del 17 maggio 2017, che definisce i criteri e le norme metodologiche relativi al buono stato ecologico delle acque marine nonché le specifiche e i metodi standardizzati di monitoraggio e valutazione, abroga la decisione 2010/477/UE ed integra le disposizioni relative al Descrittore 8 "Le concentrazioni dei contaminanti presentano livelli che non danno origine a effetti inquinanti" (D8) e al Descrittore 9 "I contaminanti presenti nei pesci e in altri prodotti della pesca in mare destinati al consumo umano non eccedono i livelli stabiliti dalla legislazione dell'Unione o da altre norme pertinenti" (D9) della Direttiva Quadro sulla Strategia Marina 2008/56/CE (MSFD) con le disposizioni della Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE (WFD) per le acque territoriali e/o costiere e del Regolamento (CE) n. 1881/2006, così da garantire un adeguato coordinamento dell'attuazione dei due quadri giuridici.

Sono state considerate le sostanze o i gruppi di sostanze che: 1) sono inclusi nell'elenco delle sostanze prioritarie di cui all'allegato X della Direttiva 2000/60/CE e ulteriormente regolamentate nella Direttiva 2013/39/EU che modifica la Direttiva 2008/105/CE; 2) sono inclusi tra gli inquinanti specifici dei bacini idrografici di cui alla direttiva 2000/60/CE, allegato VIII, nelle acque costiere; 3) pur non essendo inclusi nei

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

punti 1) e 2), vengono scaricate nella regione, sottoregione o sottodivisione marina interessata e il loro rilascio nell'ambiente (comprese perdite, scarichi o emissioni) pone rischi significativi per l'ambiente marino dovuti all'inquinamento passato e presente.

L'analisi condotta misura la concentrazione e gli effetti dei contaminanti nelle matrici biota, sedimento e acqua, tenendo conto dei processi biologici selezionati e dei gruppi tassonomici nei quali è stata individuata una relazione di causa/effetto che deve essere monitorata. Inoltre, misura l'impatto dei contaminanti nei prodotti ittici destinati al consumo umano.

Lo scopo dell'analisi è quello di valutare lo stato di qualità dell'ambiente marino ed eventuali superamenti degli standard di qualità ambientali (EQS) individuati dalla Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE (WFD) e dalle direttive figlie, Direttiva 2008/105/EC e Direttiva 2013/39/UE, in conformità con quanto richiesto dalla nuova Decisione 2017/848 del 17 maggio 2017 per la Direttiva Quadro sulla Strategia Marina 2008/56/CE (MSFD). Il giudizio complessivo sulla qualità dell'ambiente marino tiene conto sia delle concentrazioni di contaminanti, indicizzate e integrate per categoria, in tutte le matrici marine (acqua, sedimento e biota), sia degli effetti prodotti sugli organismi in termini di bioaccumulo ed effetti biologici (biomarker), rispetto ai rispettivi controlli e soglie. Viene inoltre valutato l'impatto sulla salute umana compatibilmente alla concentrazione di contaminanti nei prodotti ittici destinati al consumo umano.

I dati riportati si riferiscono al periodo 2013-2017 e riguardano sia i Programmi di Monitoraggio eseguiti ai sensi dell'art. 11 della MSFD dalle ARPA e dal CNR, sia il monitoraggio dei corpi marino-costieri effettuato ai sensi della WFD mediante la rete EIONET/SOE.

In coerenza con gli altri Descrittori della MSFD, la valutazione è stata effettuata in modo separato per le singole Marine Reporting Units (MRU) corrispondenti alle tre sottoregioni: Mare Adriatico (AS), Mar Ionio e Mediterraneo Centrale (ISCMS) e Mar Mediterraneo Occidentale (WMS). La MRU del Mar Mediterraneo Occidentale include la Zona di Protezione Ecologica (ZPE). Sono state considerate le sostanze o i gruppi di sostanze presenti nell'elenco di priorità (Regolamento 2455/2001), raggruppate nelle classi suggerite a livello comunitario: metalli, idrocarburi del petrolio, idrocarburi policiclici aromatici (IPA), composti organici alogenati (OCs), pesticidi e biocidi, pesticidi, composti organo-stannici, BTEX, fenoli, diossine e furani (PCDD/PCDF), polibromoderivati (BPBDE), ftalati.

Le figure seguenti riportano, per ciascuna sottoregione, e per ciascuna delle tre matrici (acqua sedimenti e biota), la distribuzione spaziale complessiva delle stazioni distinte per monitoraggio ARPA (MSFD), CNR (MSFD) e EIONET (WFD).

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

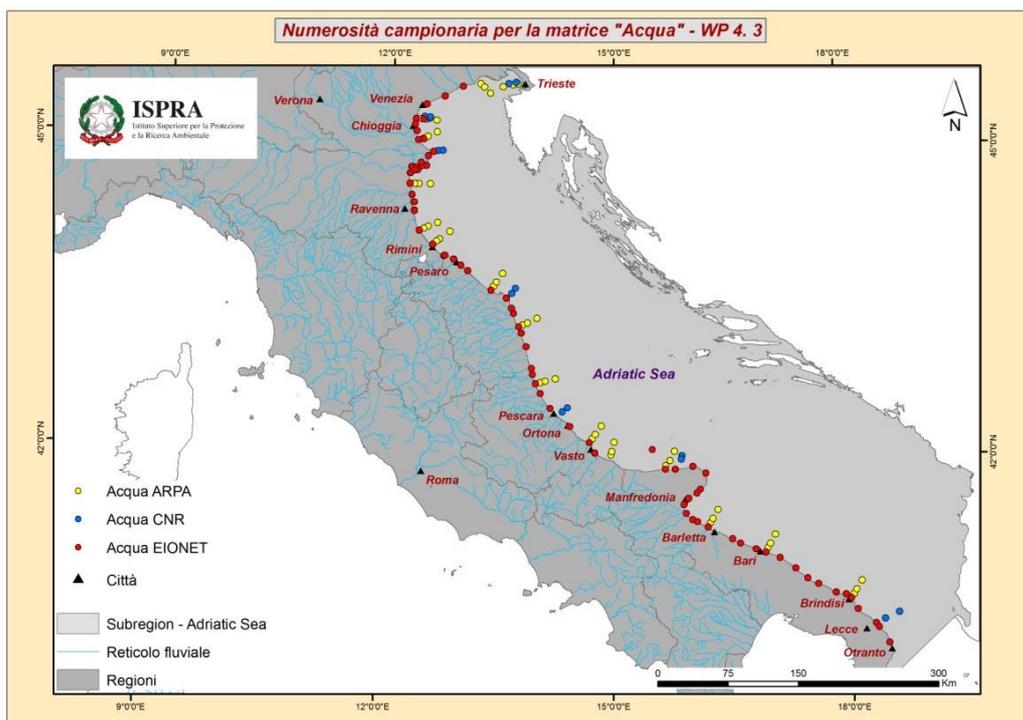


Figura 4-234: Distribuzione spaziale delle stazioni di campionamento dell’acqua della Sottoregione AS (MSFD, 2018)

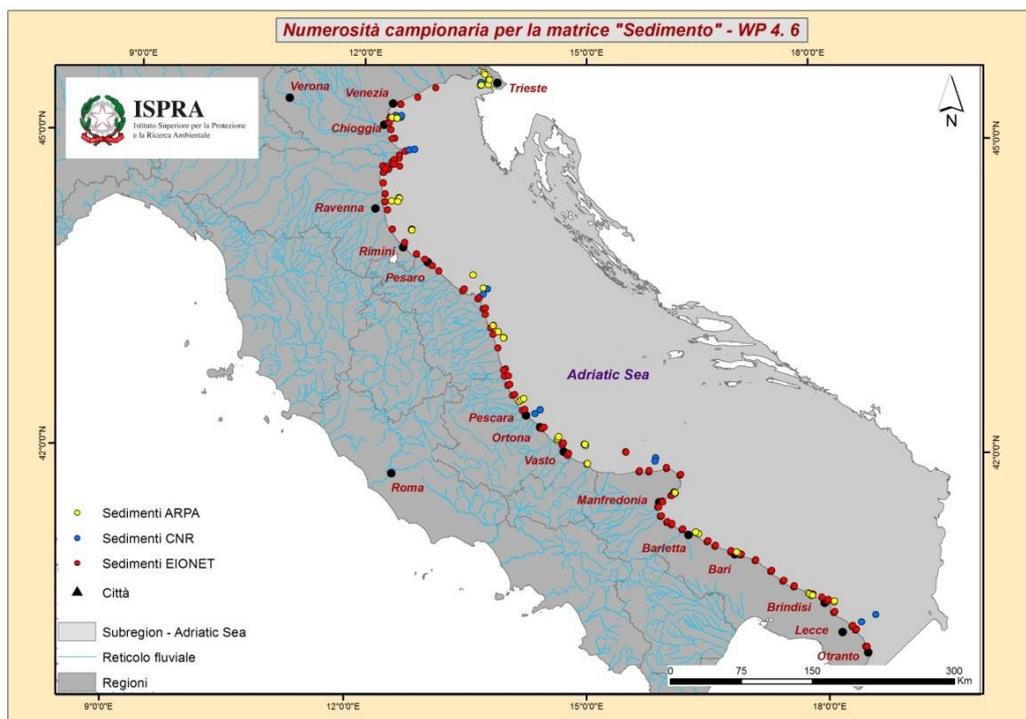


Figura 4-235: Distribuzione spaziale delle stazioni di campionamento dei sedimenti della Sottoregione AS (MSFD, 2018)

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

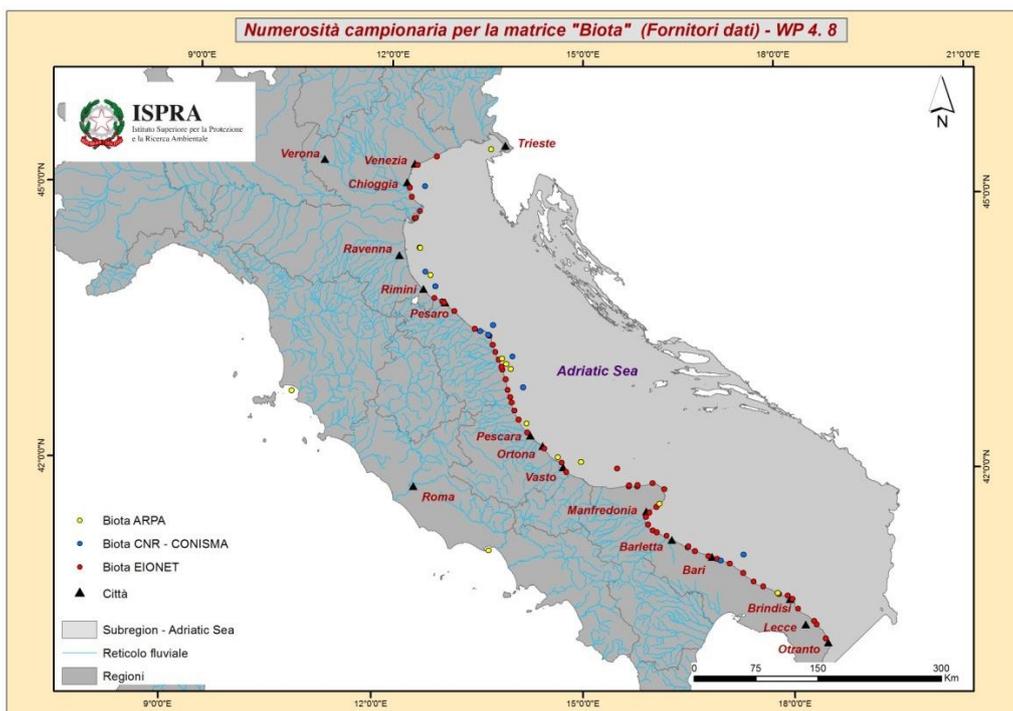


Figura 4-236: Distribuzione spaziale delle stazioni di campionamento del biota della Sottoregione AS (MSFD, 2018)

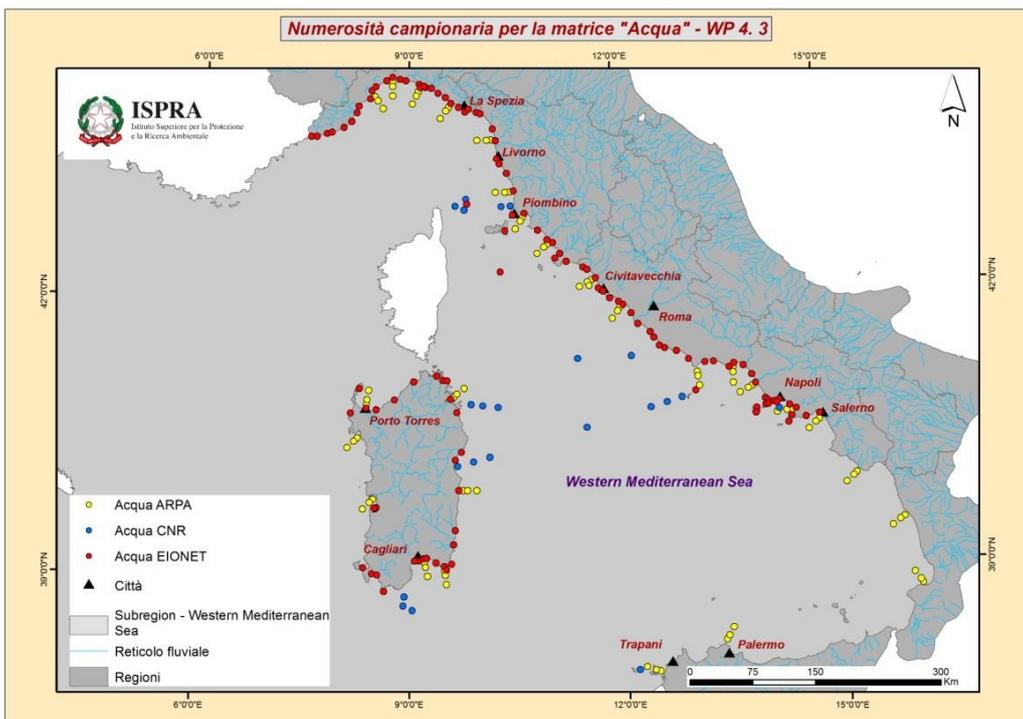


Figura 4-237: Distribuzione spaziale delle stazioni di campionamento dell’acqua della Sottoregione WMS (MSFD, 2018)

Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

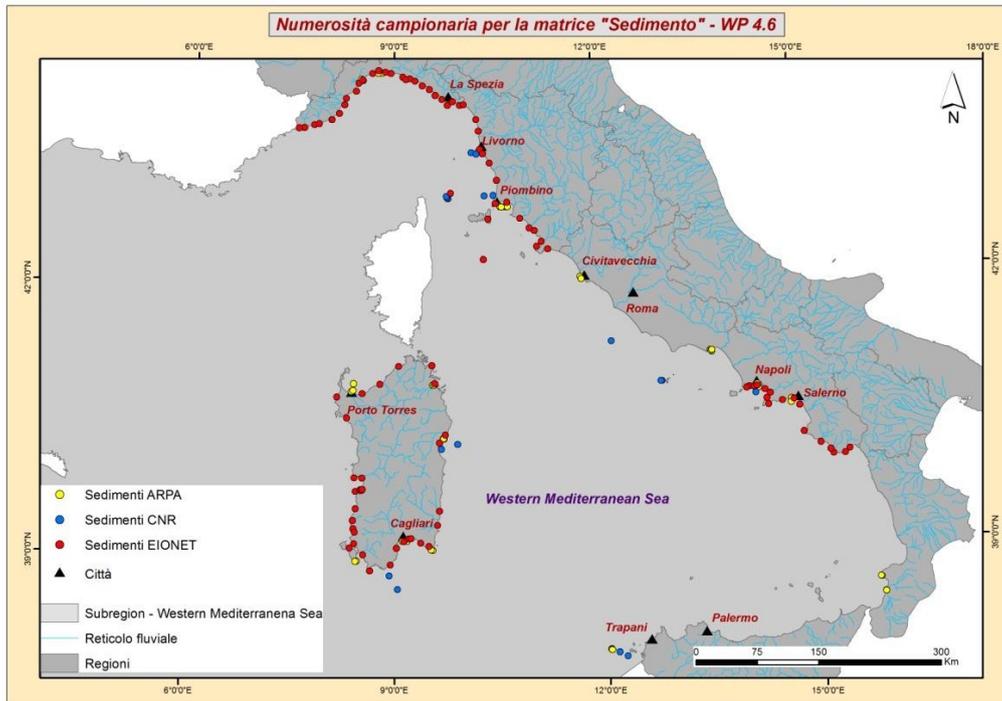


Figura 4-238: Distribuzione spaziale delle stazioni di campionamento dei sedimenti della Sottoregione WMS (MSFD, 2018)

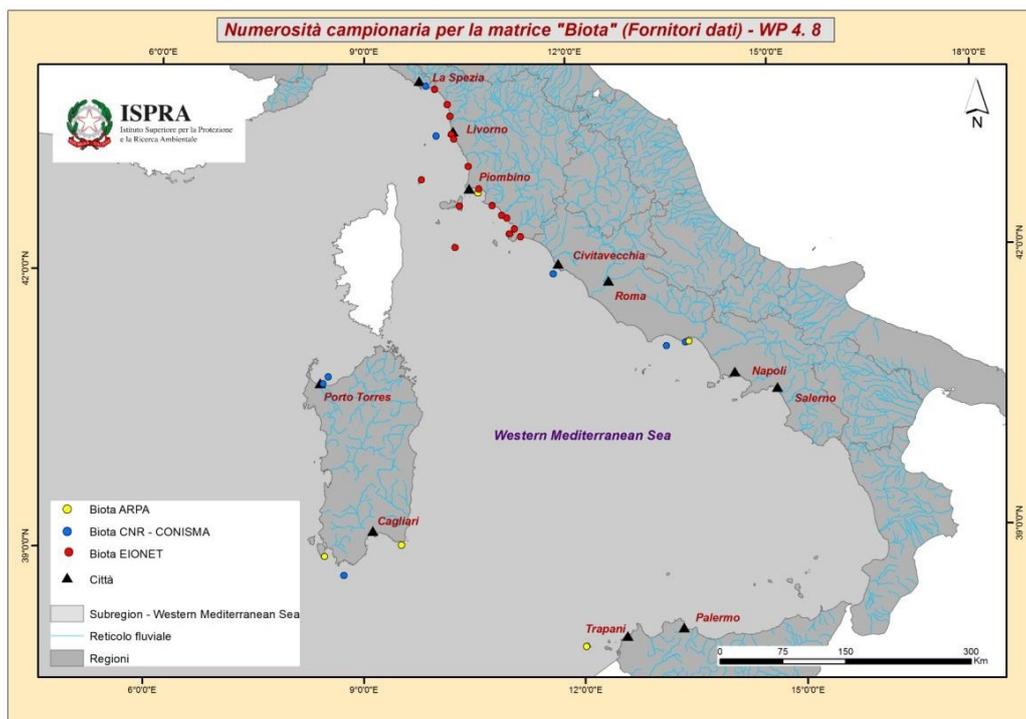


Figura 4-239: Distribuzione spaziale delle stazioni di campionamento del biota della Sottoregione WMS (MSFD, 2018)

Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

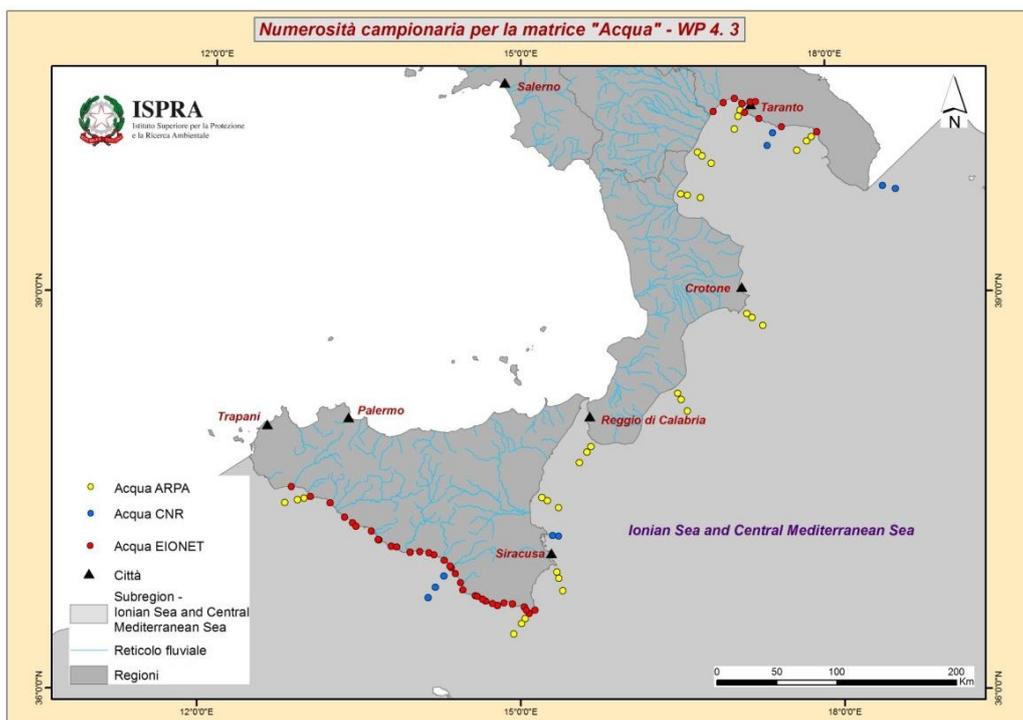


Figura 4-240: Distribuzione spaziale delle stazioni di campionamento dell'acqua della Sottoregione ISCMS (MSFD, 2018)

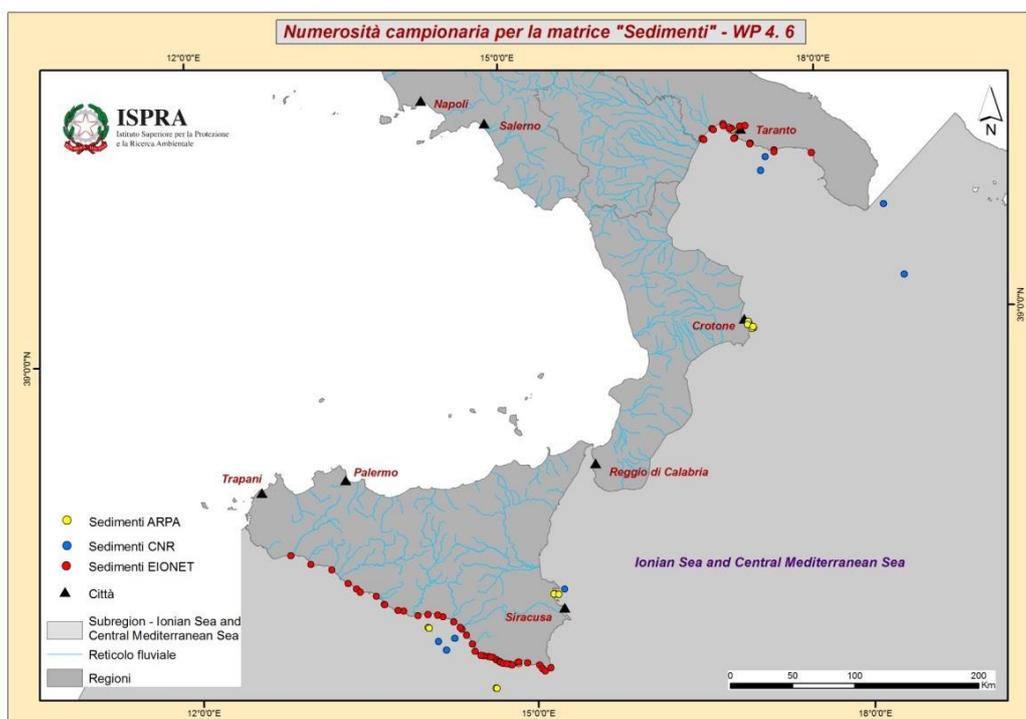


Figura 4-241: Distribuzione spaziale delle stazioni di campionamento dei sedimenti della Sottoregione ISCMS (MSFD, 2018)

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

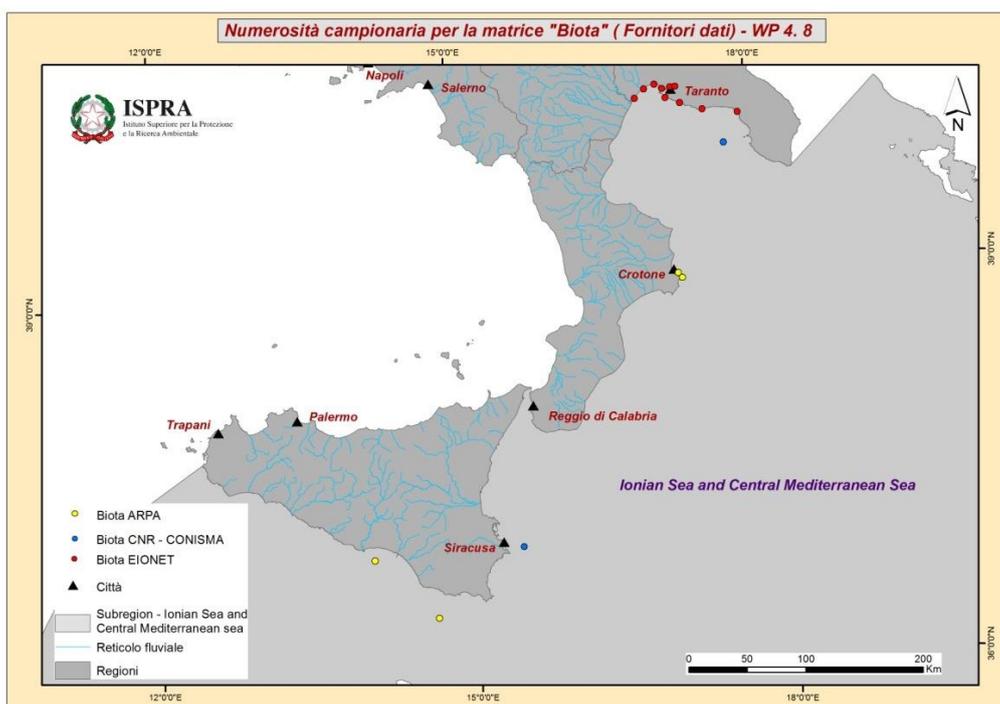


Figura 4-242: Distribuzione spaziale delle stazioni di campionamento del biota della Sottoregione ISCMS (MSFD, 2018)

Poiché la messa a regime dei programmi di monitoraggio per il Descrittore 8 e il Descrittore 9 sarà completata a partire dal II ciclo della MSFD 2021-2026, non è ancora disponibile un quadro di informazioni che consenta di stabilire un trend consolidato. Tuttavia, alcune considerazioni qualitative possono essere effettuate per le diverse matrici.

È stata eseguita una prima stima della copertura spaziale dei dati suddivisi per matrici e per sottoregioni, distinguendo tra fascia costiera (copertura della WFD), limite delle acque territoriali e ZPE.

### Contaminanti nel biota

Per quanto riguarda il biota, di seguito si riporta la copertura spaziale nelle tre sottoregioni per i gruppi di contaminanti Metalli, Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), Fluorantene, composti organoclorurati (OCs), eteri bifenili polibromurati (PBDE), Esaclorobenzene (HCB) e Esaclorobutadiene (HCBD) relativamente alle specie appartenenti ai gruppi funzionali dei molluschi bivalvi (Tabella 4-57) e dei pesci demersali (Tabella 4-58).

Tabella 4-57: Copertura spaziale per il gruppo funzionale dei molluschi bivalvi (MSFD, 2018)

Molluschi bivalvi							
Sottoregione	Metalli	IPA	Fluorantene	OCs	PBDE	HCB	HCBD
AS (% copertura)	0,25	0,086	0,022	1,437	0,017	0,198	0,203
WMS (% copertura)	0,165	0,033	0,013	0,464	0,013	0,086	0,092
ISCMS (% copertura)	0,262	0,15		0,209		0,187	0,15

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Tabella 4-58: Copertura spaziale per il gruppo funzionale dei pesci demersali (MSFD, 2018)

Pesci demersali							
Sottoregione	Metalli	IPA	Fluorantene	OCs	PBDE	HCB	HCBD
AS (% copertura)	3,161	1,724	3,161	1,437	1,437	1,437	1,437
WMS (% copertura)	0,557	0,464	1,3	0,464	0,464	0,464	0,464
ISCMS (% copertura)	1,044	0,209	0,835	0,209	0,209	0,209	0,209

Sebbene la copertura spaziale non sia sufficientemente ampia da consentire un giudizio sullo stato ambientale, i dati a disposizione, integrati e indicizzati, non hanno mostrato superamenti del valore soglia dei diversi parametri, ad eccezione del parametro mercurio che presenta superamenti in tutte e tre le Marine Reporting Unit. Nel dettaglio i superamenti di mercurio registrati per i molluschi sono circa il 36 % dei dati raccolti in tutte e tre le sottoregioni, mentre per le specie demersali i superamenti sono molto più numerosi, circa 85% per la sottoregione Mar Mediterraneo Occidentale (WMS) e 100 % nelle altre due.

Le figure seguenti (da Figura 5.3-125 a Figura 5.3-127) mostrano la distribuzione delle concentrazioni di mercurio (Hg) nelle specie demersali delle tre Marine Reporting Unit e al contempo l'esiguità della copertura spaziale.

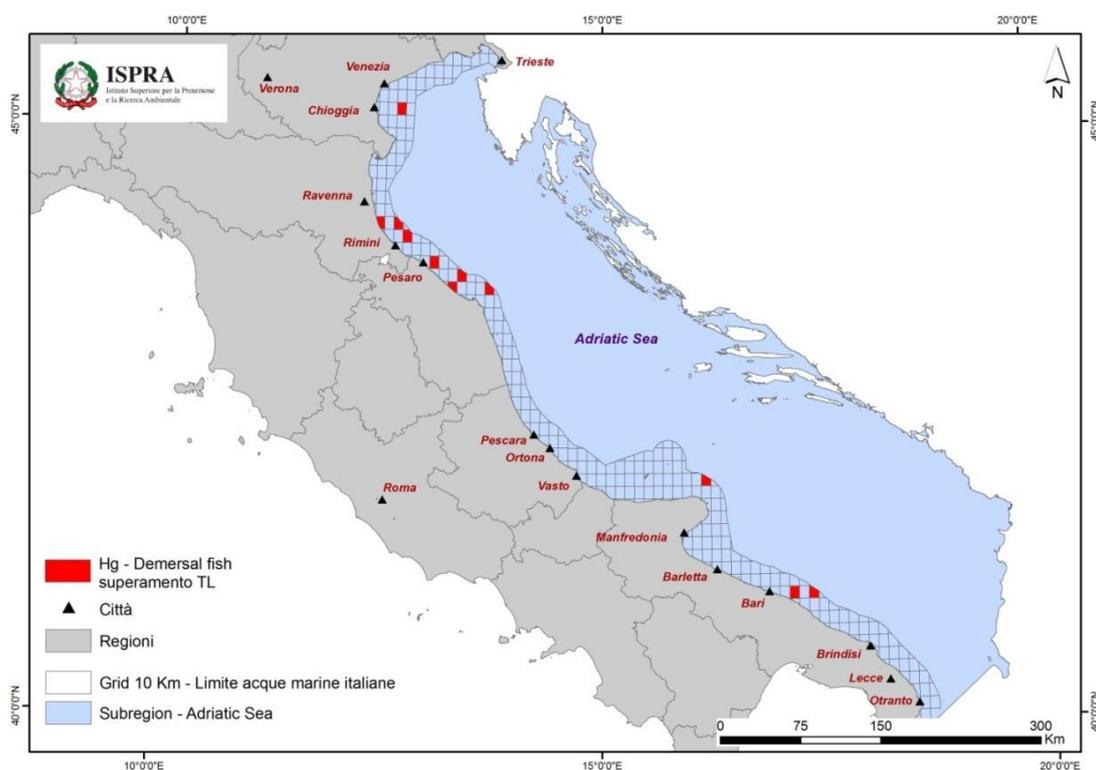


Figura 4-243: Distribuzione delle concentrazioni di Hg nelle specie demersali nella Sottoregione AS (MSFD, 2018)

Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

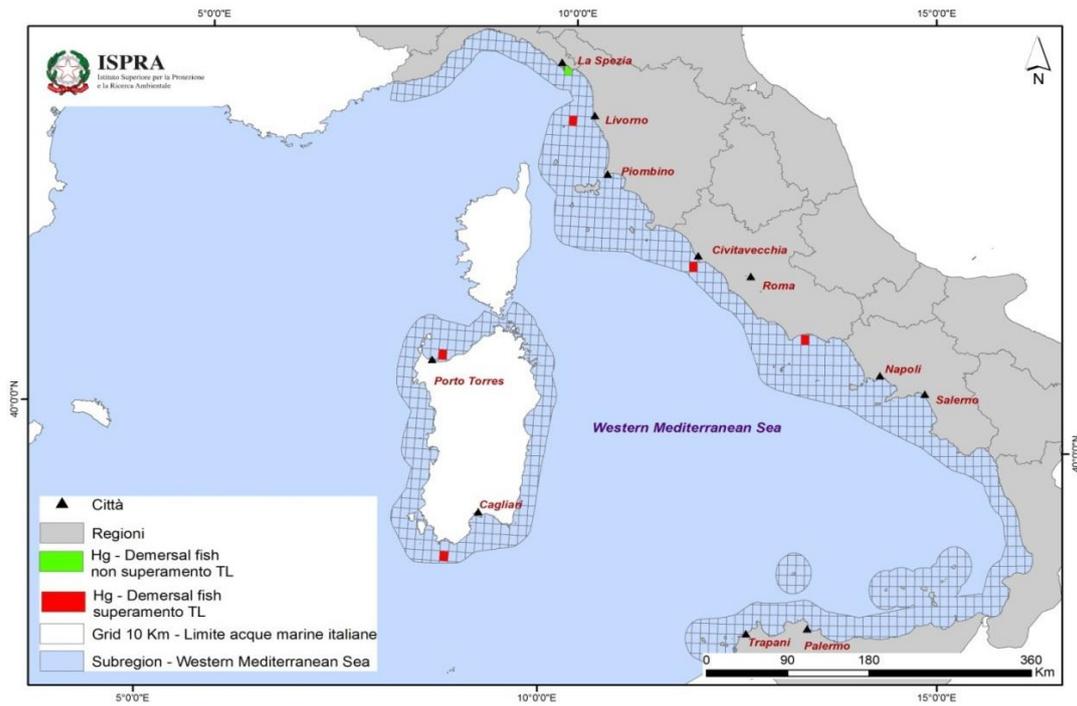


Figura 4-244: Distribuzione delle concentrazioni di Hg nelle specie demersali nella Sottoregione WMS (MSFD, 2018)

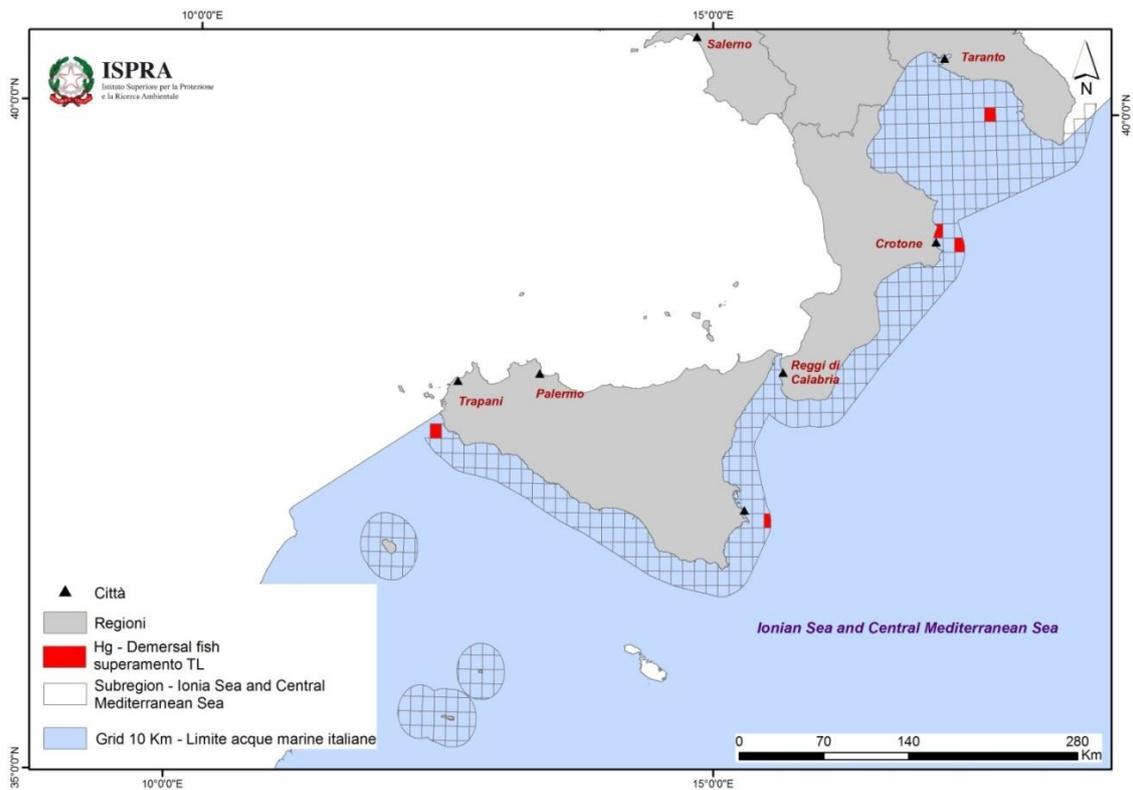


Figura 4-245: Distribuzione delle concentrazioni di Hg nelle specie demersali nella Sottoregione ISCMS (MSFD, 2018)

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

I dati disponibili qualitativamente confermano quindi lo stato di qualità descritto nella Valutazione Iniziale effettuata ai sensi dell'art. 8 della MSFD (dati 2006-2012), in cui si evidenziava il solo superamento del valore soglia del mercurio nei due gruppi funzionali dei molluschi bivalvi e dei pesci demersali. Confrontando le percentuali di superamenti del mercurio tra la Valutazione Iniziale e la valutazione attuale, si osserva che per le sottoregioni del Mare Adriatico (AS) e del Mar Ionio e Mar Mediterraneo Centrale (ISCMS) le percentuali coincidono per tutti e due i gruppi funzionali, mentre per la sottoregione Mare Adriatico (AS) si evidenzia una diminuzione delle stesse.

**Contaminanti nei sedimenti**

Per quanto riguarda i sedimenti, la Tabella 4-59 e la Tabella 4-60 mostrano la copertura spaziale entro la fascia WFD (1 miglio nautico dalla linea di base) e nelle aree offshore (da 1 miglio nautico fino alle 12 miglia dalla linea di base), rispettivamente per i gruppi di contaminanti Metalli, Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), composti organoclorurati (OCs), Esaclorobenzene (HCB) e organostannici (TBT).

Tabella 4-59: Copertura spaziale per i sedimenti entro la fascia WFD (MSFD, 2018)

Sedimenti					
Sottoregione	Metalli	IPA	OCs	HCB	TBT
AS (% copertura)	2.241	2.122	1.051	0.872	0.02
WMS (% copertura)	0.725	0.758	0.606	0.507	
ISCMS (% copertura)	1.162	1.068	0.75	0.993	

Tabella 4-60: Copertura spaziale per i sedimenti delle aree offshore (MSFD, 2018)

Sedimenti					
Sottoregione	Metalli	IPA	OCs	HCB	TBT
AS (% copertura)	12.179	12.179	12.179	12.179	1.282
WMS (% copertura)	9.146	10.366	8.537	9.146	
ISCMS (% copertura)	9.211	9.211	9.211	9.211	

Anche per i sedimenti, ad eccezione della sottoregione del Mare Adriatico (AS) che mostra una copertura spaziale superiore al 12 % nelle aree offshore, la copertura spaziale non è sufficientemente ampia da consentire un giudizio sullo stato ambientale. Per la sottoregione del Mar Mediterraneo Occidentale (WMS) le percentuali di superamenti entro la fascia WFD sono relative alla sola categoria dei metalli (circa il 35 %), mentre per le altre sottoregioni, i dati forniti mostrano uno stato qualitativamente buono con percentuali di superamento dei valori soglia per tutte le categorie di contaminanti inferiori o pari al 20 %.

I superamenti riscontrati sono stati registrati per diverse categorie di contaminanti in tutte e tre le sottoregioni, sia nella fascia di competenza della WFD, che nelle restanti aree offshore. Nello specifico, i metalli e gli IPA sono le categorie che presentano le percentuali di superamenti maggiori. Le figure di seguito riportate, relative alle sole aree offshore, mostrano lo stato di qualità per i soli parametri che presentano superamenti dei valori soglia (*Threshold Value* - TL) e l'esiguità della copertura spaziale.

Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

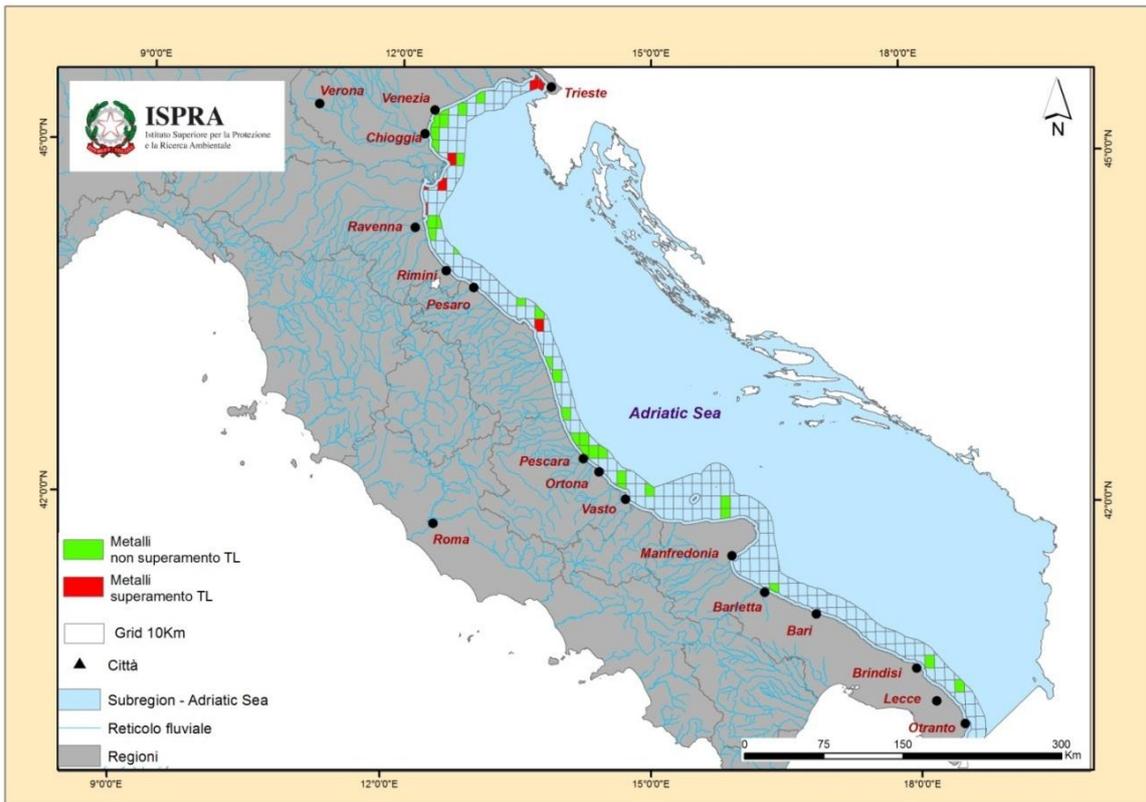


Figura 4-246: Distribuzione delle concentrazioni dei metalli nelle aree offshore nella Sottoregione AS (MSFD, 2018)

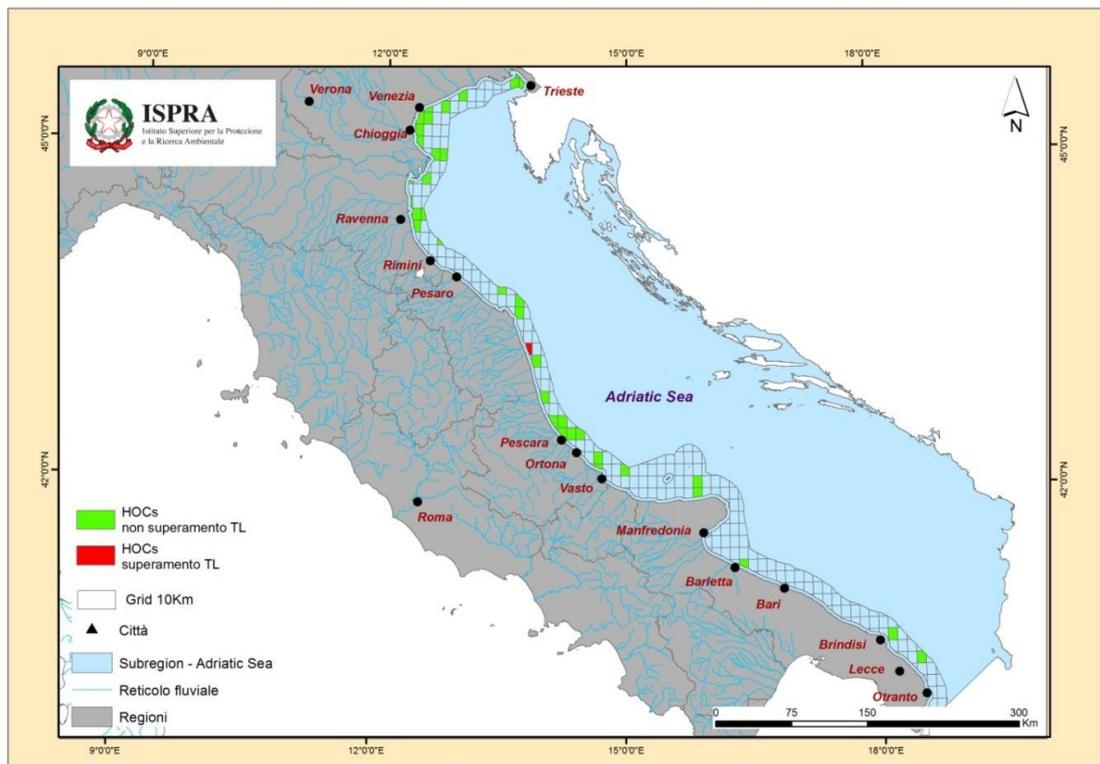


Figura 4-247: Distribuzione delle concentrazioni degli IPA nelle aree offshore nella Sottoregione AS (MSFD, 2018)

Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

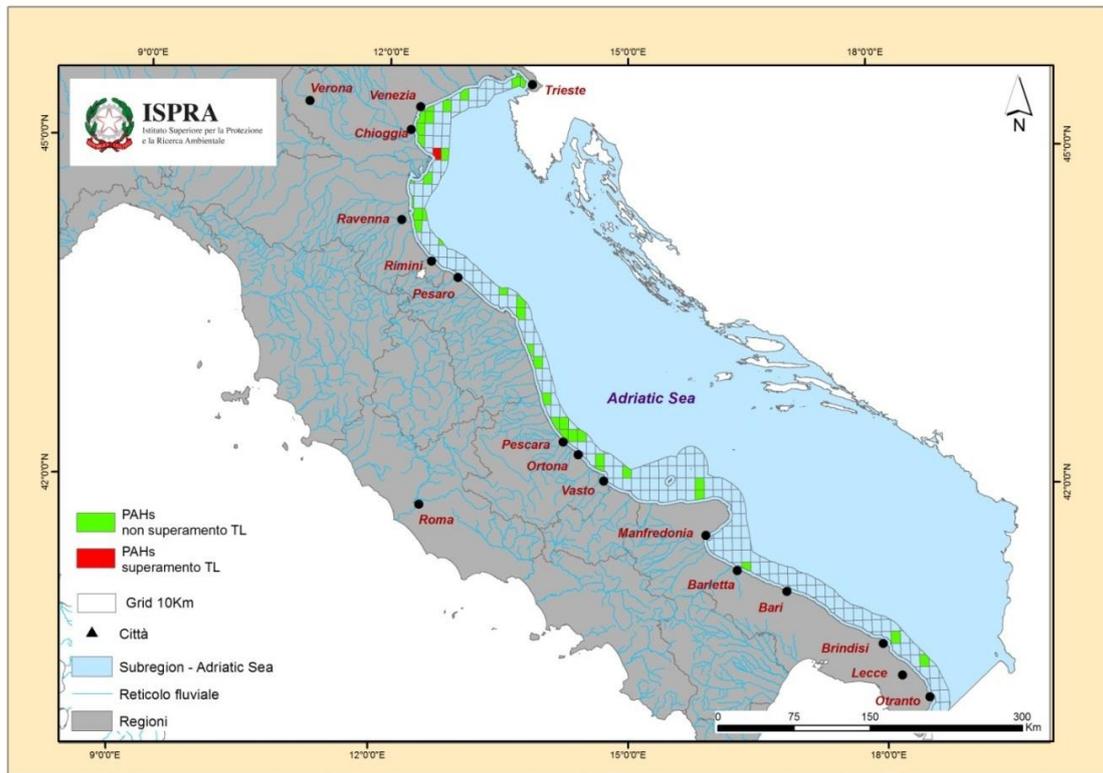


Figura 4-248: Distribuzione delle concentrazioni degli OCs nelle aree offshore nella Sottoregione AS (MSFD, 2018)

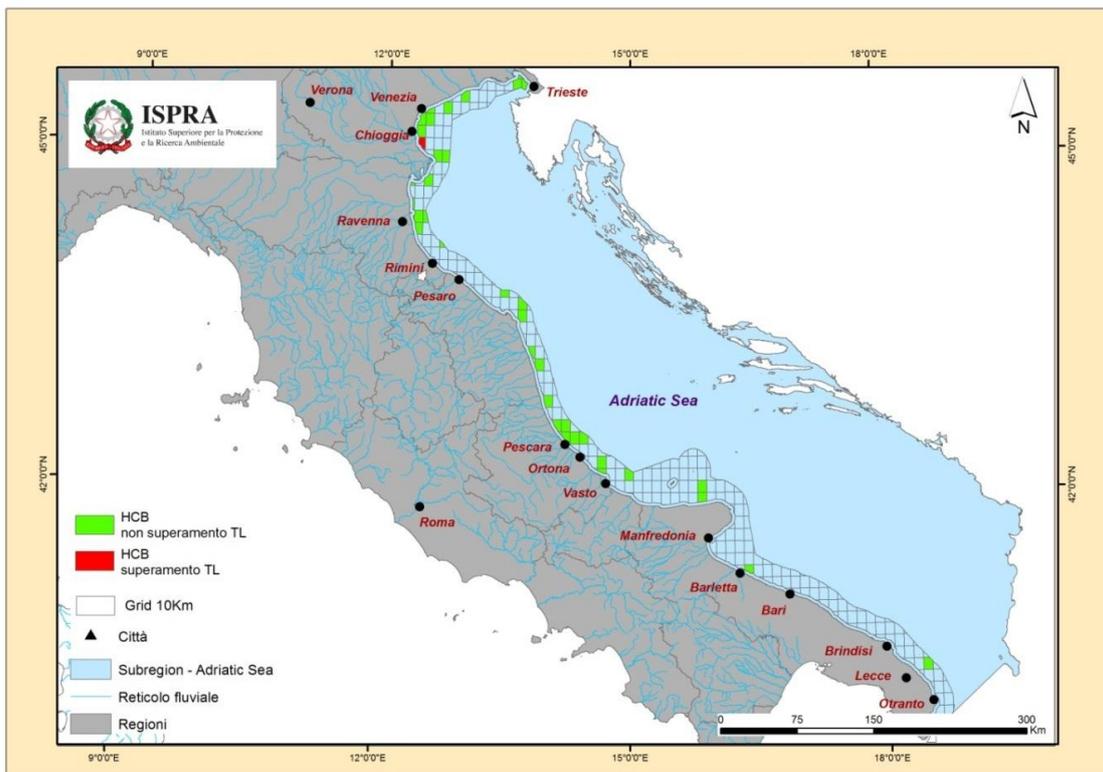


Figura 4-249: Distribuzione delle concentrazioni di HCB nelle aree offshore nella Sottoregione AS (MSFD, 2018)

Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

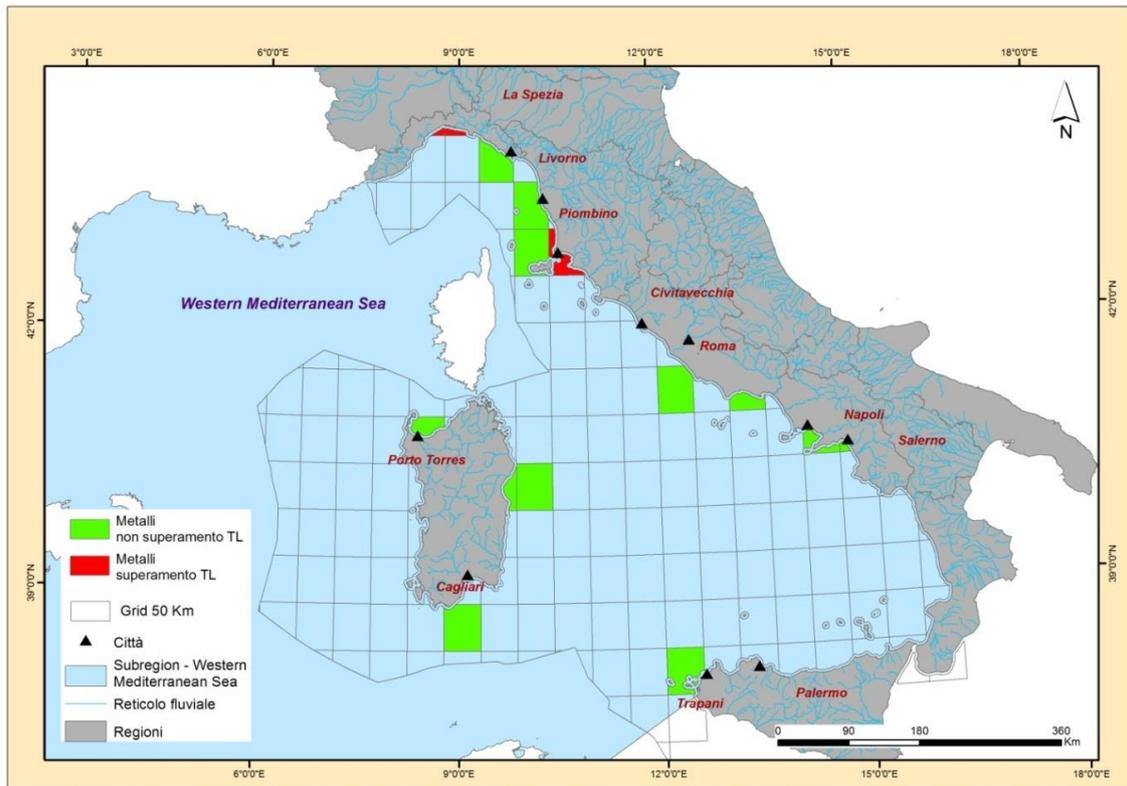


Figura 4-250: Distribuzione delle concentrazioni dei metalli nelle aree offshore nella Sottoregione WMS (MSFD, 2018)

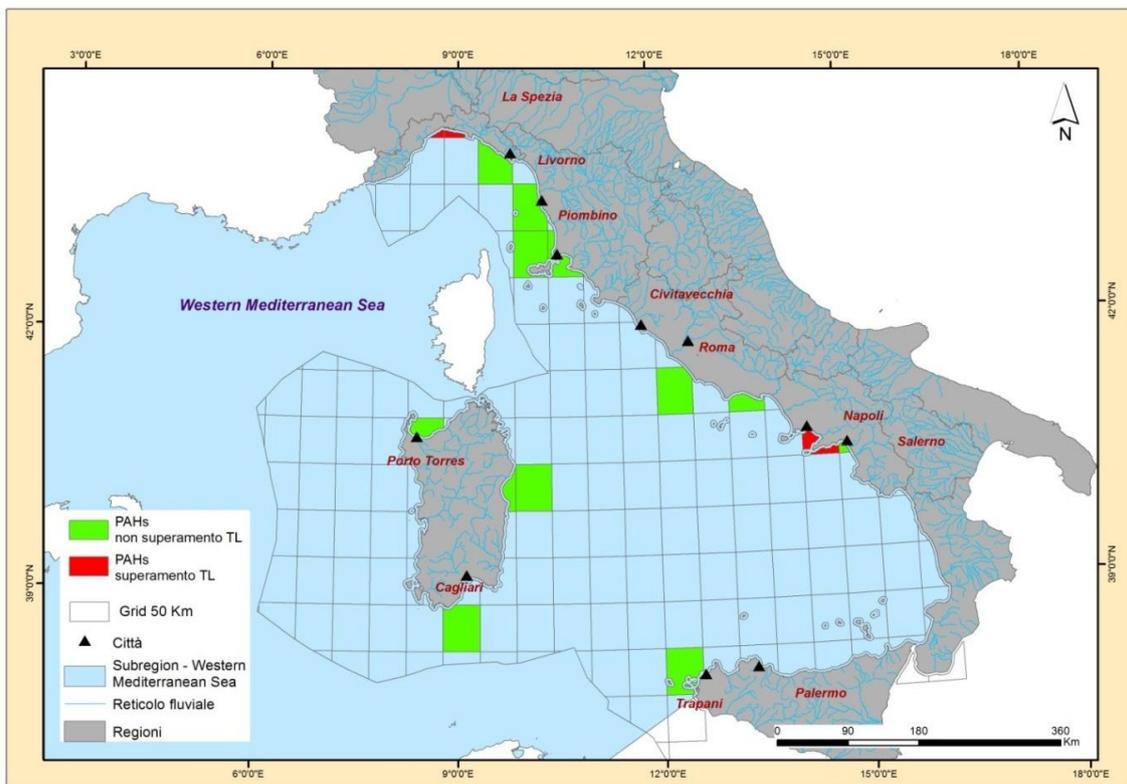


Figura 4-251: Distribuzione delle concentrazioni degli IPA nelle aree offshore nella Sottoregione WMS (MSFD, 2018)

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

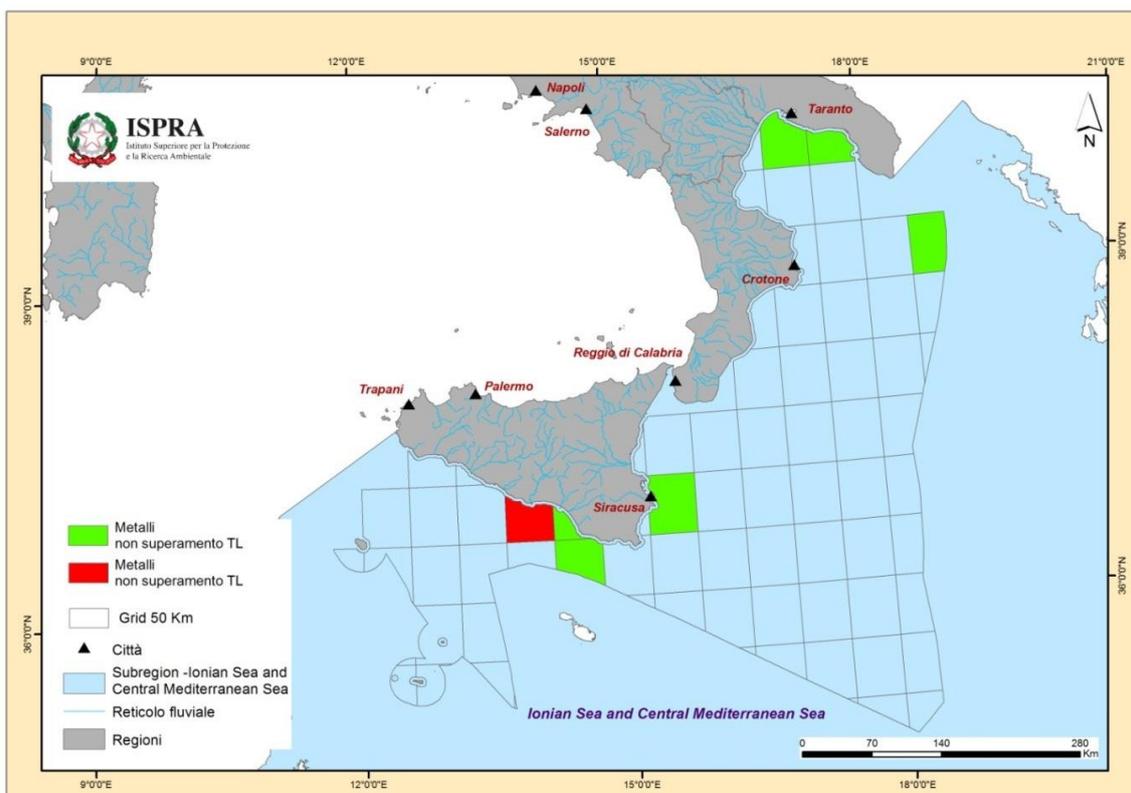


Figura 4-252: Distribuzione delle concentrazioni dei metalli nelle aree offshore nella Sottoregione ISCMS (MSFD, 2018)

Da un confronto con i dati della Valutazione Iniziale (ai sensi dell'art. 8 della MSFD dati 2006-2012) per tutte e tre le sottoregioni, si osserva mediamente una diminuzione delle percentuali di superamenti registrati per le categorie dei metalli e degli organoclorurati. Per quanto riguarda gli IPA invece si osserva un andamento opposto, cioè una aumento delle percentuali dei superamenti per le sottoregioni del Mare Adriatico (AS) e del Mar Mediterraneo Occidentale (WMS). Per la sottoregione del Mar Ionio e Mar Mediterraneo Centrale (ISCMS) lo stato di qualità si mantiene costante per la fascia costiera, mentre presenta un leggero miglioramento per le aree offshore che presentano solo un 2,2 % di superamenti.

### Contaminanti nelle acque

Per quanto riguarda la matrice acqua, la Tabella 4-61 e la Tabella 4-62 mostrano la copertura spaziale entro la fascia WFD (1 miglio nautico dalla linea di base) e nelle aree offshore (da 1 miglio nautico fino alle 12 miglia dalla linea di base) rispettivamente per i gruppi di contaminanti Metalli, Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), composti organoclorurati (OCs), Pesticidi, BTEX, Organostannici, Esaclorobutadiene (HCBd) e Fenoli.

Tabella 4-61: Copertura spaziale per l'acqua entro la fascia WFD (MSFD, 2018)

Acqua								
Sottoregione	Metalli	IPA	OCs	Pesticidi	BTEX	Organostannici	HCBd	Fenoli
AS (% copertura)	1.507	1.527	1.785	2.102	1.507	1.923	1.507	1.527
WMS (% copertura)	0.606	0.659	0.791	0.817	0.817	0.817	0,033	0.817

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

ISCMS (% copertura)	0.937	0.843	1.05	1.218	0.843	0.843	0,843	0.843
---------------------	-------	-------	------	-------	-------	-------	-------	-------

Tabella 4-62: Copertura spaziale per l'acqua delle aree offshore (MSFD, 2018)

Acqua								
Sottoregione	Metalli	IPA	OCs	Pesticidi	BTEX	Organostannici	HCBD	Fenoli
AS (% copertura)	15.385	15.064	15.064	15.064	15.064	15.064	15,064	15.064
WMS (% copertura)	28.049	28.049	28.049	28.659	28.049	28.049	28,049	28.049
ISCMS (% copertura)	17.105	17.105	17.105	17.105	17.105	17.105	17,105	17.105

La copertura spaziale nelle aree off-shore è sempre superiore al 15% (nel Mar Mediterraneo Occidentale (WMS) arriva fino al 28%), mentre entro l'area di pertinenza della WFD non è sufficientemente ampia da consentire un giudizio sullo stato ambientale.

In generale, per l'area offshore, i dati forniti permettono una valutazione dello stato qualitativamente buona, poiché le percentuali di superamento dei valori soglia sono inferiori all'8 % (metalli nella sottoregione Mare Adriatico (AS) e pesticidi nella sottoregione Mar Mediterraneo Occidentale (WMS), con l'eccezione della sottoregione Mar Ionio e Mar Mediterraneo Centrale (ISCMS) dove i pesticidi presentano una percentuale di superamenti più elevata, pari al 23 %.

I superamenti riscontrati sono stati registrati per diverse categorie di contaminanti in tutte e tre le sottoregioni, principalmente nella fascia di competenza della WFD. Nel dettaglio, nella sottoregione AS e ISCMS sono registrati superamenti dei valori soglia per organoclorurati e pesticidi, mentre per la sottoregione WMS i superamenti registrati si limitano ai soli pesticidi.

Le carte di seguito riportate, relative alle sole aree offshore, mostrano lo stato di qualità per i soli parametri che presentano superamento dei valori soglia (*threshold value* - TL) e la copertura spaziale per la matrice acqua.

Il confronto con i dati della Valutazione Iniziale, effettuata ai sensi dell'art. 8 della MSFD (dati 2006-2012), mostra mediamente una diminuzione delle percentuali di superamenti registrati per le varie categorie.

Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

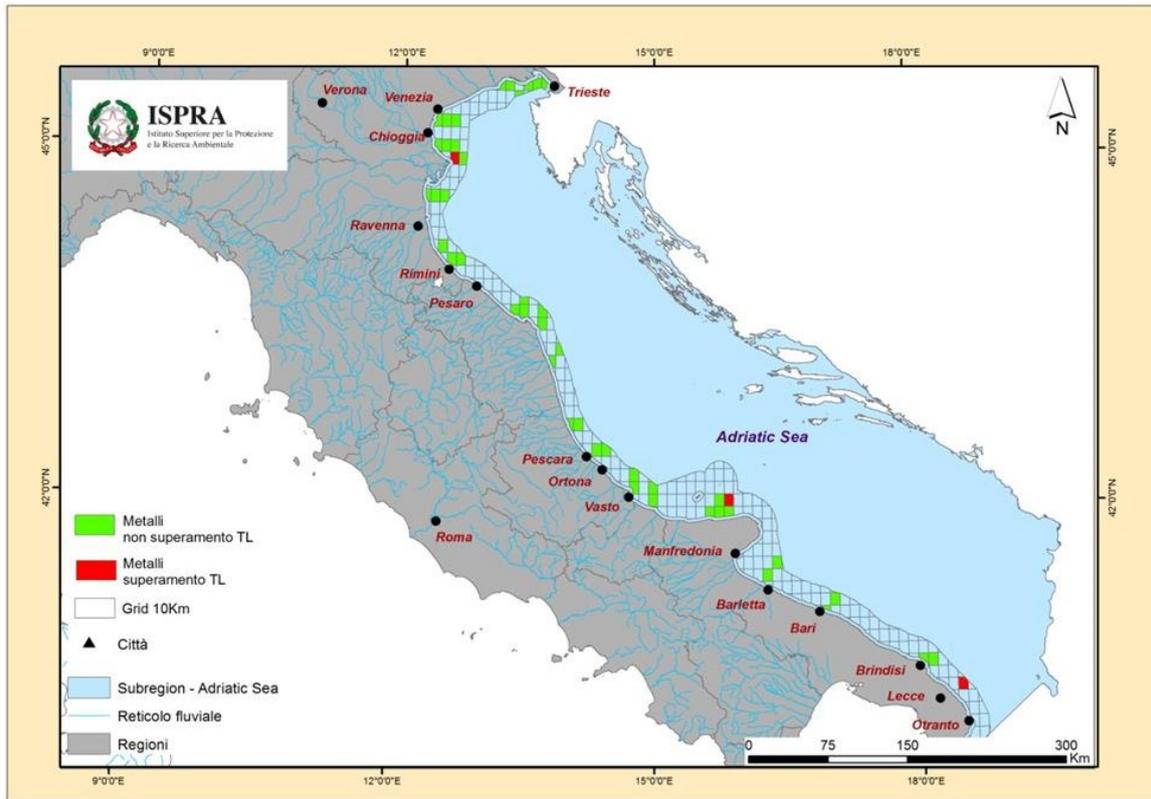


Figura 4-253: Distribuzione delle concentrazioni di metalli nelle aree offshore nella Sottoregione AS (MSFD, 2018)

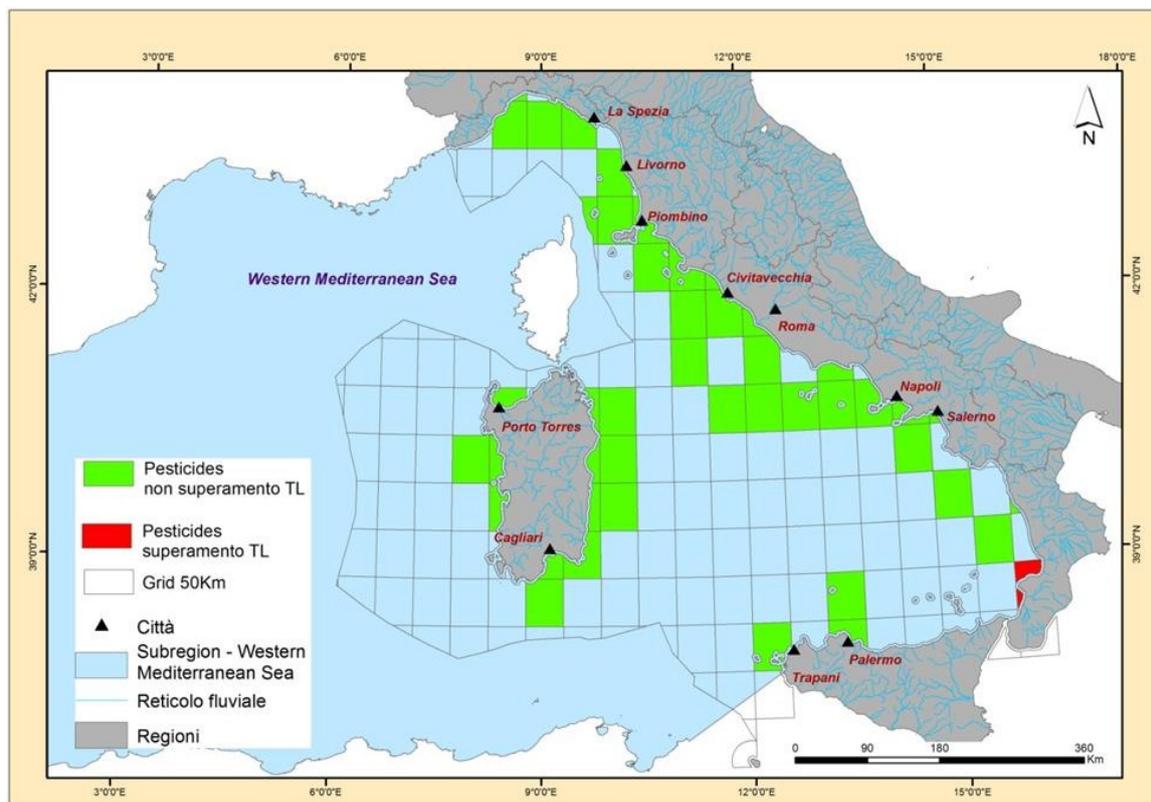


Figura 4-254: Distribuzione delle concentrazioni dei pesticidi nelle aree offshore nella Sottoregione WMS (MSFD, 2018)

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

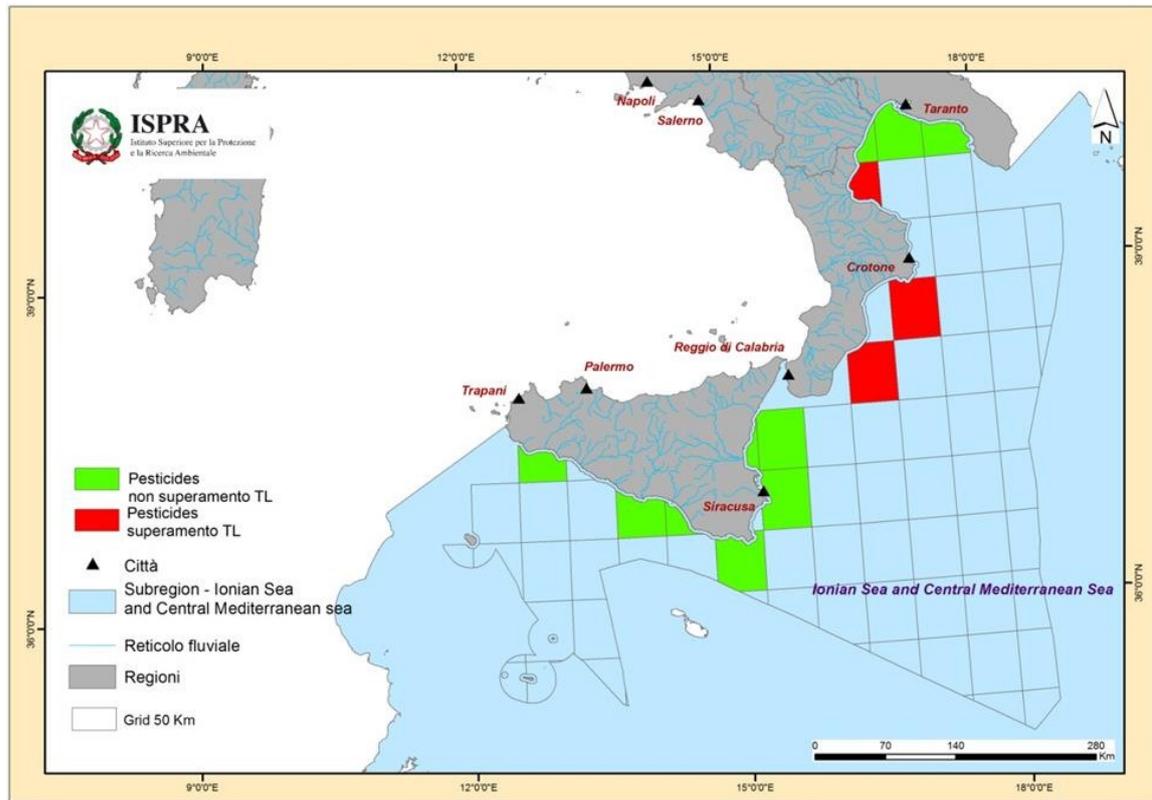


Figura 4-255: Distribuzione delle concentrazioni dei pesticidi nelle aree offshore nella Sottoregione ISCMS (MSFD, 2018)

### Contaminanti presenti nei prodotti ittici destinati al consumo umano

Per quanto riguarda i contaminanti presenti nei prodotti ittici destinati al consumo umano, le figure mostrano la distribuzione spaziale delle stazioni di campionamento delle sottoregioni Mare Adriatico (AS), Mar Mediterraneo Occidentale (WMS) e Mar Ionio e Mar Mediterraneo Centrale (ISCMS) suddivise per phyla Chordata e Mollusca.

Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

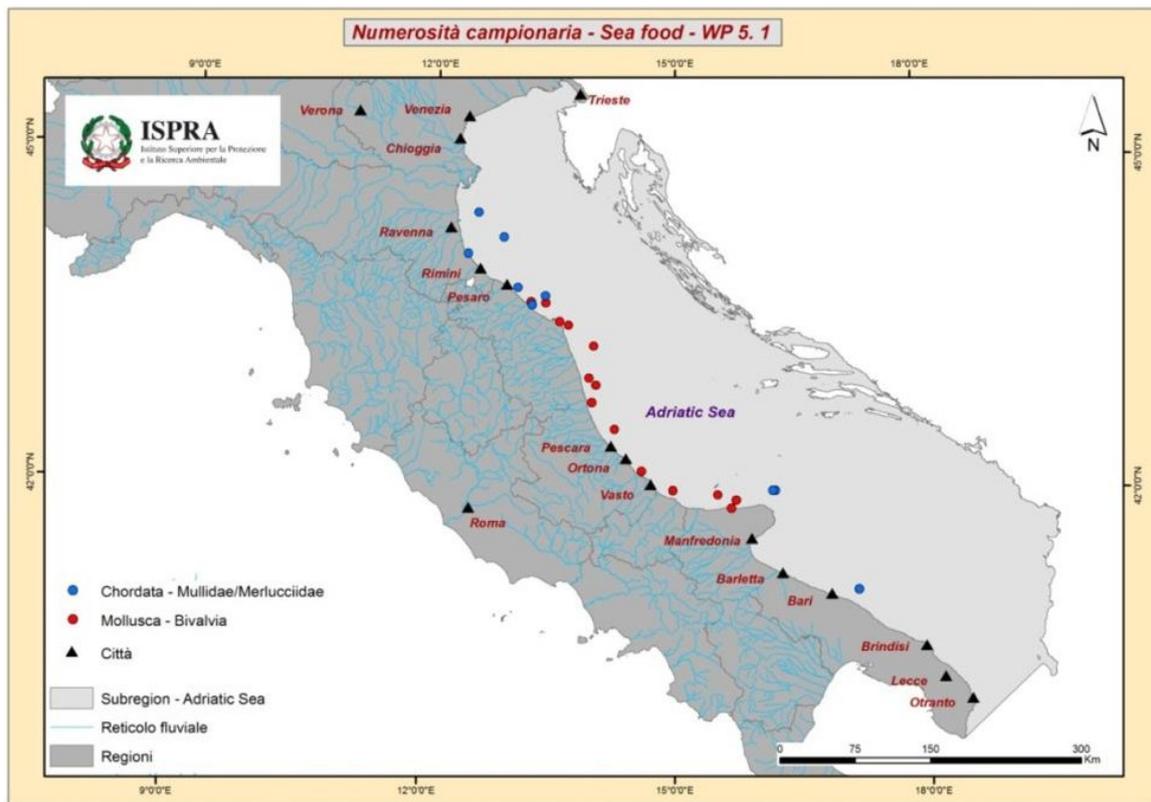


Figura 4-256: Distribuzione spaziale delle stazioni di campionamento della Sottoregione AS (MSFD, 2018)

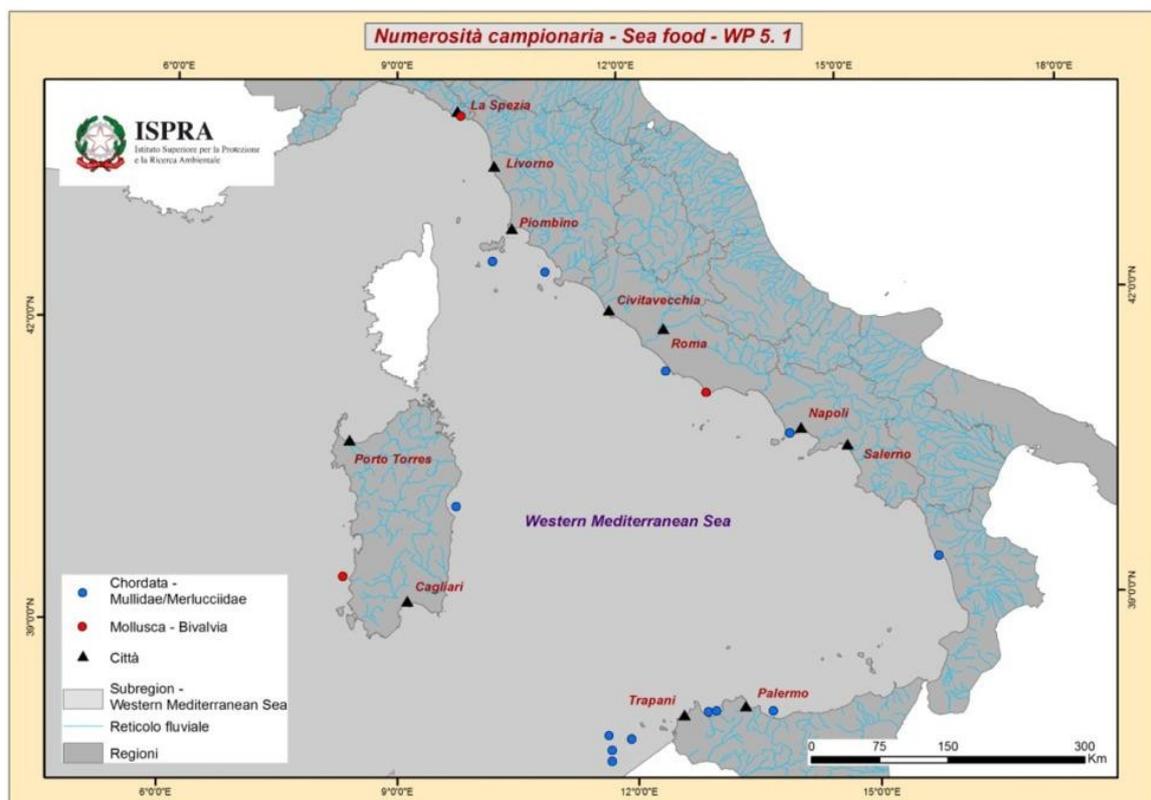


Figura 4-257: Distribuzione spaziale delle stazioni di campionamento della Sottoregione WMS (MSFD, 2018)

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

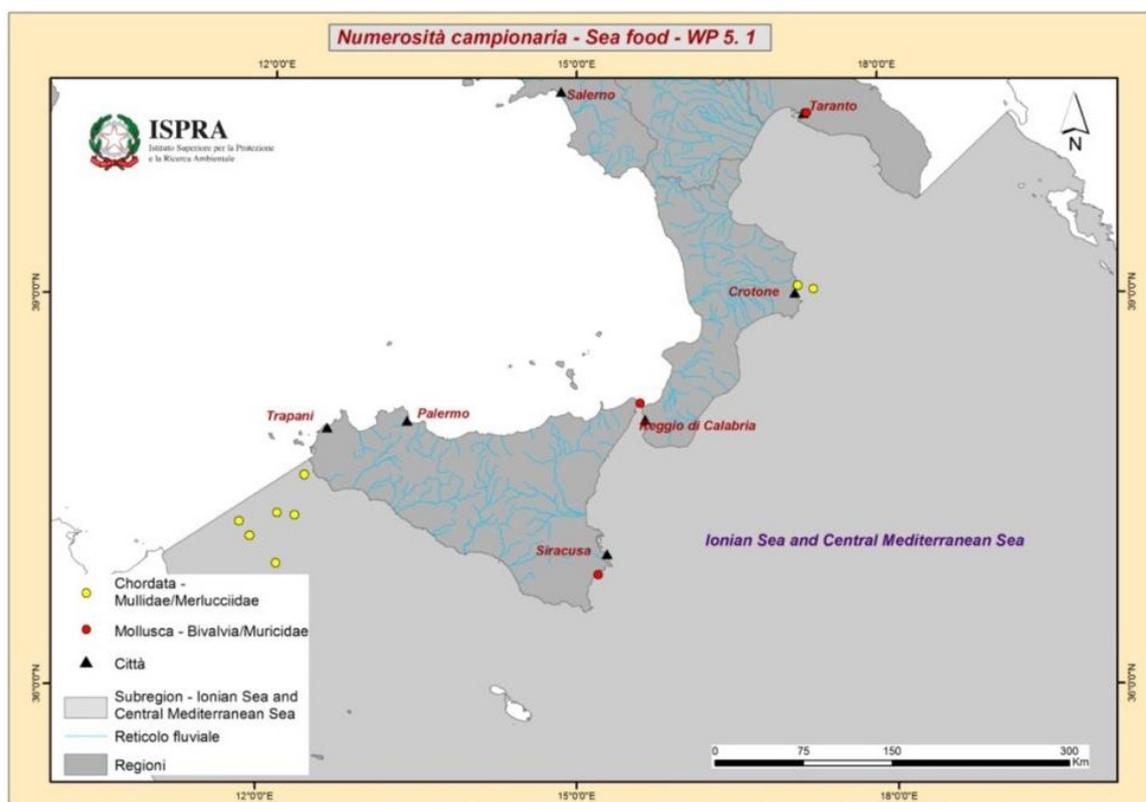


Figura 4-258: Distribuzione spaziale delle stazioni di campionamento della Sottoregione ISCMS (MSFD, 2018)

La Tabella 4-63 mostra la copertura spaziale dei dati suddivisi per le diverse categorie del Reg. 1881/06 e per sottoregione derivanti dal Programma di Monitoraggio ai sensi dell'art. 11 della MSFD effettuato dal CNR.

Tabella 4-63: Percentuale di copertura spaziale per le diverse classi di contaminanti (MSFD, 2018)

Contaminanti nei prodotti di pesca destinati al consumo umano (Reg. 1881/06)										
Sottoregione	Cd 3.2.5	Cd 3.2.9	Hg 3.3.1	Hg 3.3.2	Pb 3.1.5	Pb 3.1.7	Benzo(a)pirene 6.1.6	Sum IPA 6.1.6	Diossine - PCBdl 5.3	Diossine - 5.3
AS (% copertura)	16,67	22,22	22,22	16,67	16,67	22,22	22,22	22,22	16,67	16,67
WMS (% copertura)	9,47	2,11	4,21	7,37	9,47	2,11	2,11	2,11	9,47	9,47
ISCMS (% copertura)	2,94	5,88	5,88	2,94	2,94	5,88	5,88	5,88	2,94	2,94

Sebbene i dati a disposizione relativi alle concentrazioni dei contaminanti rilevate nei campioni di prodotti della pesca non mostrino superamenti dei valori soglia, in generale la percentuale di copertura dei dati non è sufficientemente ampia da consentire un giudizio sullo stato ambientale.

Da un confronto con i dati elaborati nella Valutazione Iniziale effettuata ai sensi dell'art. 8 della MSFD (dati 2006-2012), sebbene le percentuali di copertura attuali siano inferiori rispetto alla passata valutazione, si osserva in generale un miglioramento qualitativo: infatti non sono stati registrati superamenti per i metalli,

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

che nella Valutazione Iniziale erano stati riscontrati in tutte e tre le sottoregioni, né per gli organoclorurati, confermando la passata Valutazione Iniziale.

#### 4.12.11 Rifiuti marini

Negli ultimi anni, anche grazie ai monitoraggi condotti nell'ambito della Direttiva Quadro per la Strategia Marina, è stato possibile incrementare le conoscenze circa due pressioni che incidono sull'ambiente marino, ovvero i rifiuti marini (Descrittore 10 della Strategia Marina) e l'introduzione di energia ed in particolare di rumore sottomarino (Descrittore 10 della Strategia Marina).

In particolare, in relazione alla presenza dei rifiuti in ambiente marino, sono state analizzate diverse tipologie di rifiuto, classificato in particolare in base alle dimensioni (es. microrifiuti) ed alla matrice in cui viene accumulato (rifiuti spiaggiati, sul fondo, flottanti sulla superficie marina, ingeriti dagli organismi).

Nel dettaglio, in relazione ai rifiuti spiaggiati, lo sforzo totale di campionamento totale è stato di 23,4 km di transetti lineari di spiaggia, differente a seconda delle tre sottoregioni: per il Mediterraneo occidentale lo sforzo è stato pari a 11,6 km per un totale di 116 transetti; per il Mar Ionio e Mediterraneo centrale 3,8 km; per il Mar Adriatico 8 km. La quantità di rifiuti spiaggiati è stata calcolata, per stagione, come somma di tutti gli *item* di ogni categoria (per un totale di 59 categorie) monitorati per ciascun transetto di 100 m. I valori sono stati aggregati a livello di sotto-regioni e sono stati calcolati come macrocategorie (Plastica e polistirene, gomma, tessuti, carta e cartone, legno, metallo, vetro/ceramica, rifiuti sanitari, rifiuti medici, feci), su base percentuale (Figura 4-259, Figura 4-260 e Figura 4-261).

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

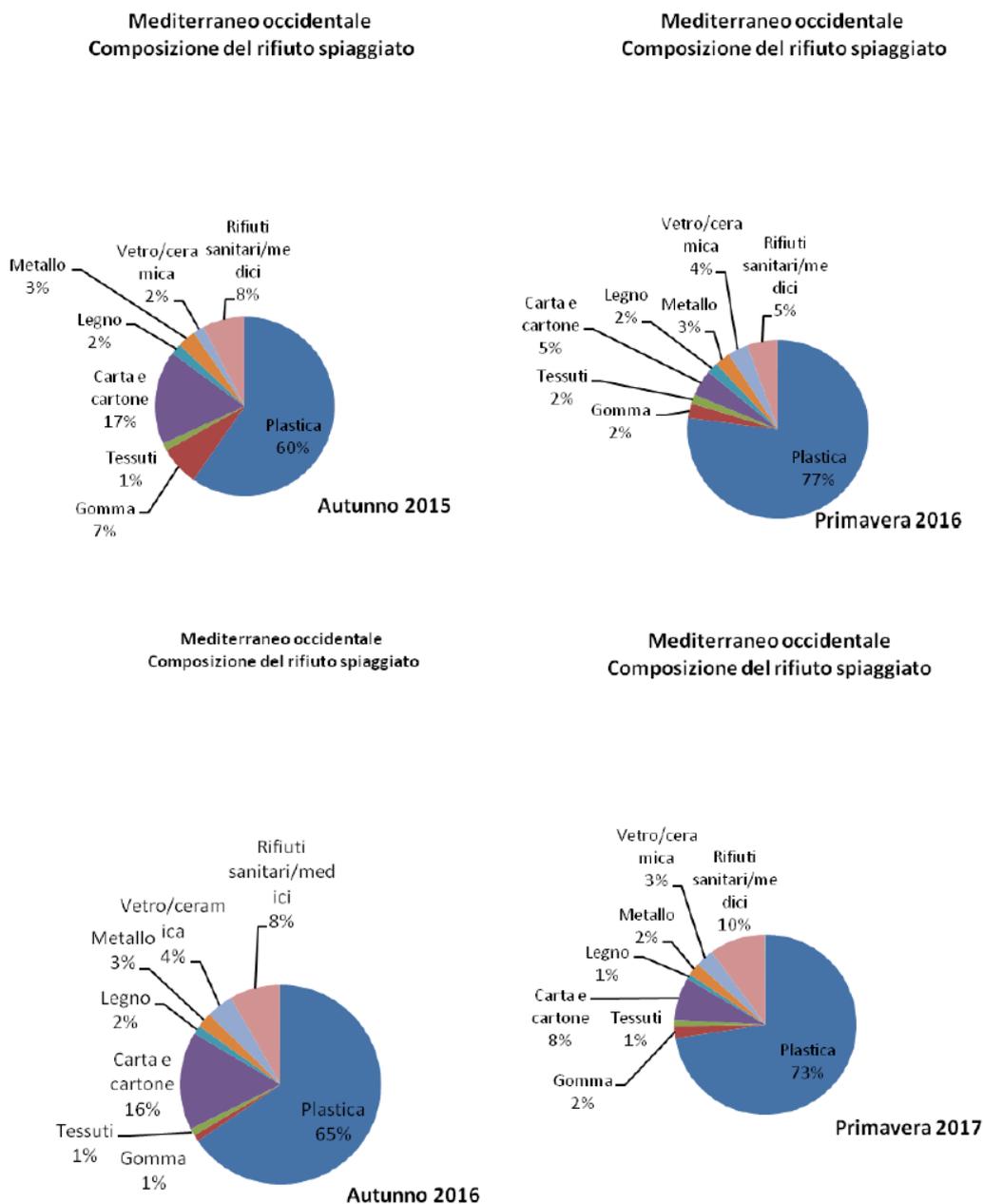


Figura 4-259: Composizione percentuale di rifiuto spiaggiato suddiviso per macrocategorie per stagione relativo alla sottoregione Mediterraneo occidentale (n. item/100 m di spiaggia). (MASE - ISPRA, 2018).

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

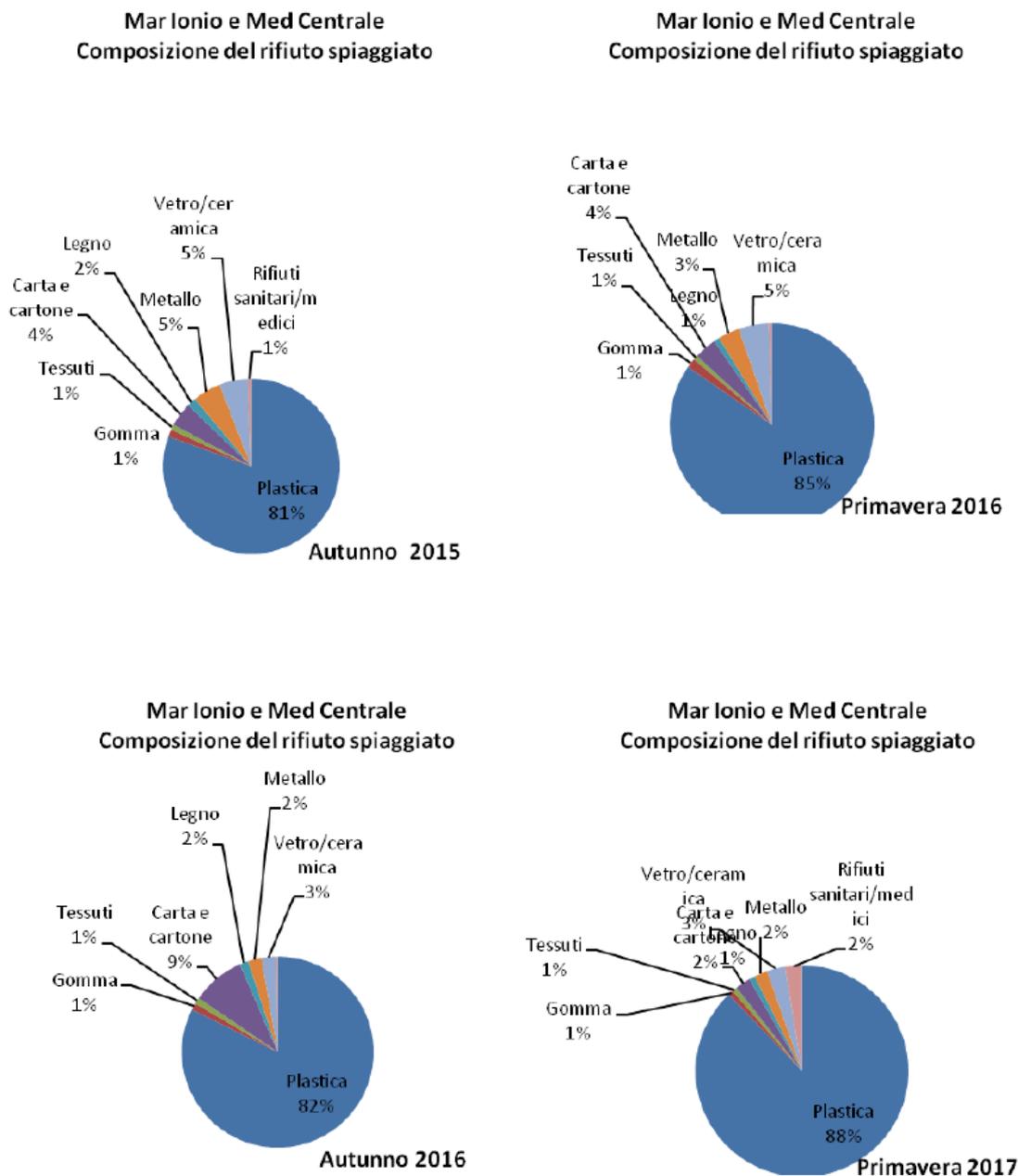


Figura 4-260: Composizione percentuale di rifiuto spiaggiato suddiviso per macrocategorie per stagione relativo alla sottoregione Mar Ionio e Mediterraneo centrale (n. item/100 m di spiaggia). (MASE - ISPRA, 2018).

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

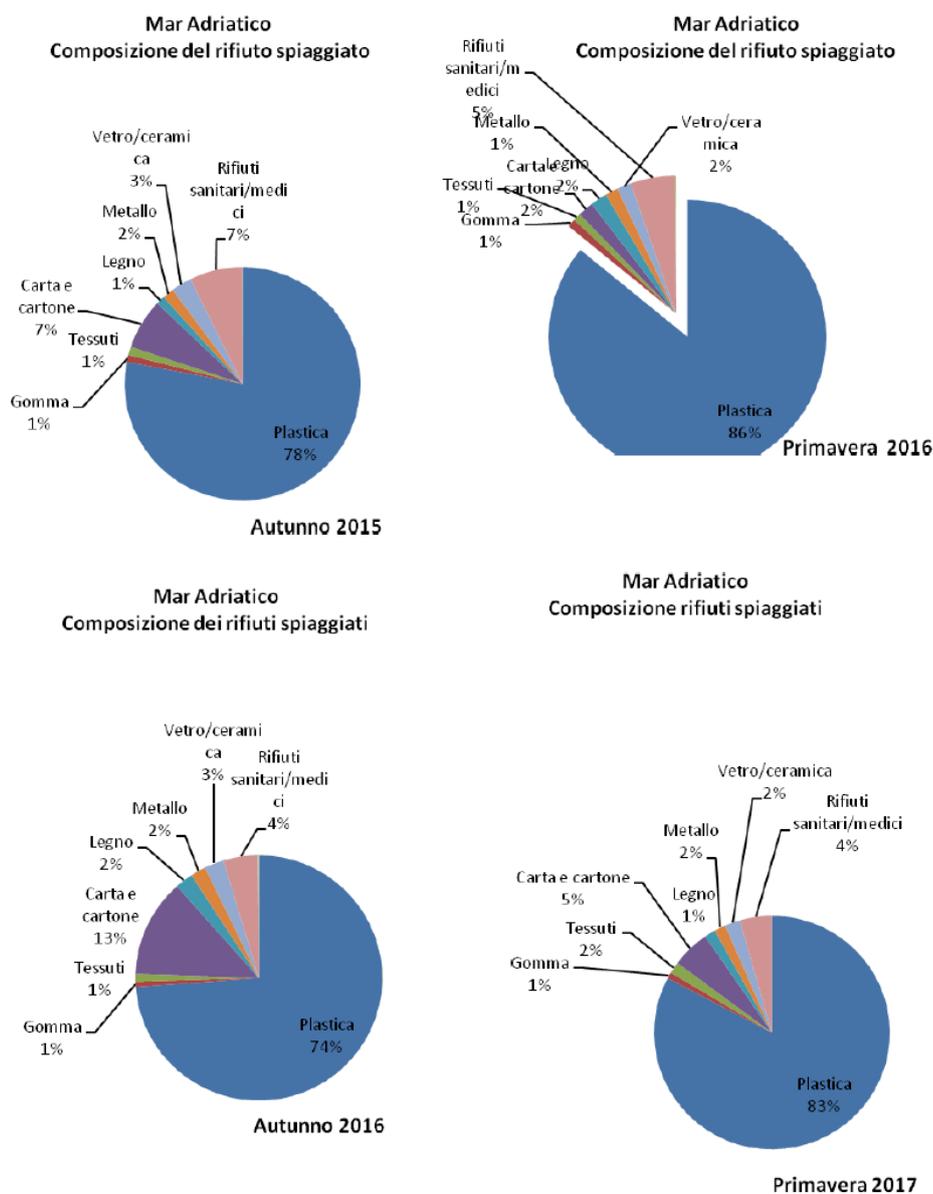


Figura 4-261: Composizione percentuale di rifiuto spiaggiato suddiviso per macrocategorie per stagione relativo alla sottoregione Mar Adriatico (n. item/100 m di spiaggia). (MASE - ISPRA, 2018).

I dati riguardanti i rifiuti flottanti sono il risultato di monitoraggi eseguiti lungo transetti fissi distribuiti nelle tre sottoregioni marine italiane. Lo sforzo di campionamento totale è stato di circa 30.000 km di transetti lineari monitorati, per un totale di un’area di *effort* di 2725 km<sup>2</sup>. In totale sono stati registrati 7746 oggetti di dimensione >20 cm, dei quali l’88% composto da rifiuti marini di origine antropogenica e 12% di oggetti di origine naturale (Figura 4-262).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

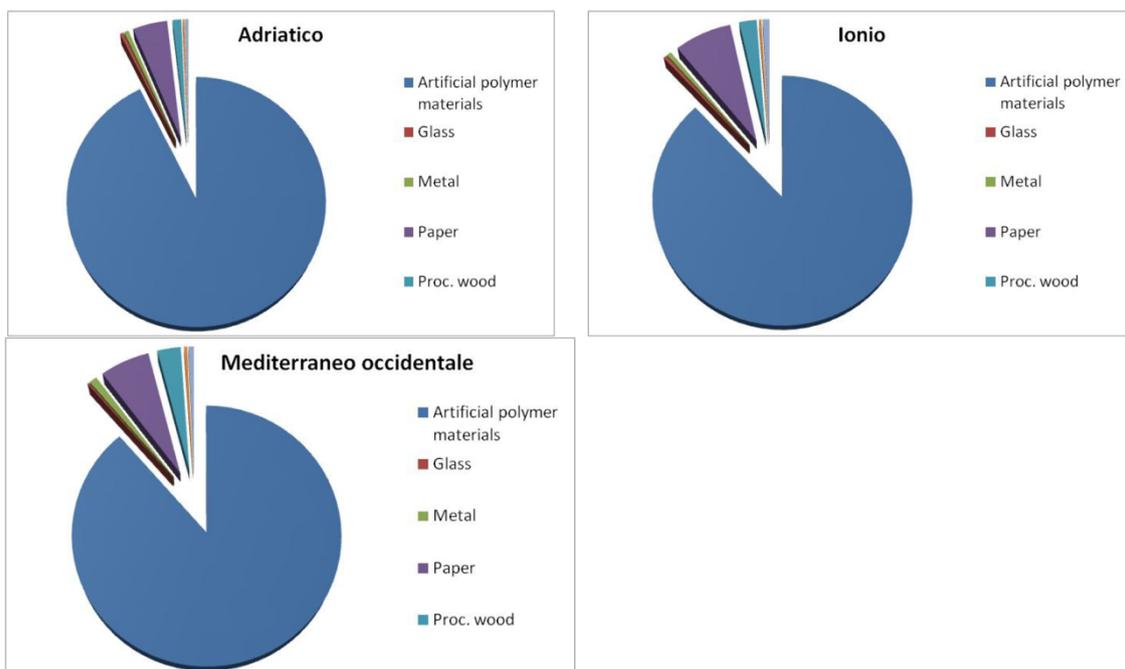


Figura 4-262: Composizione dei rifiuti flottanti nelle diverse sottoregioni (MASE - ISPRA, 2018).

I dati circa i rifiuti presenti sui fondali derivano dai campionamenti effettuati nell'ambito del Programma Nazionale di Raccolta Dati (PNRD) per la pesca, su fondi mobili strascicabili compresi tra 10 e 800 m delle *Geographical Sub Areas* (GSA) 11, 16 e 19. L'elaborazione dei dati raccolti è stata fatta considerando due macro-categorie: Plastica e Altri rifiuti, dove per "Altri rifiuti" viene riportata la restante parte di rifiuti antropici registrati nelle cale, ad esclusione della plastica. Sono stati rilevati, nelle diverse aree: il numero e peso totale degli oggetti considerati rifiuto rinvenuti in ciascuna stazione; la frequenza di rinvenimento percentuale (Foc) in termini di numero di cale in cui è stato trovato almeno un oggetto appartenente alla categoria rispetto al totale delle cale; la densità media (N/km<sup>2</sup>) e l'abbondanza media in peso (kg/km<sup>2</sup>) nell'area di riferimento (Tabella 4-64).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Tabella 4-64: Frequenza di rinvenimento percentuale (Foc), quantitativo totale in numero (N) e peso (kg), densità (N/km<sup>2</sup>) e massa (kg/km<sup>2</sup>) medie dei rifiuti totali e della plastica rinvenuti nel 2016 (MASE - ISPRA, 2018).

<b>GSA 11</b>	<b>Foc %</b>	<b>N</b>	<b>kg</b>	<b>N/km<sup>2</sup></b>	<b>kg/km<sup>2</sup></b>
Plastica	46,5	348	65,77	56,5	9,73
Altri rifiuti	31,3	55	20,78	9,6	3,09

<b>GSA 16</b>	<b>Foc %</b>	<b>N</b>	<b>kg</b>	<b>N/km<sup>2</sup></b>	<b>kg/km<sup>2</sup></b>
Plastica	82,5	479	206	64	26
Altri rifiuti	68,3	307	470	23	43

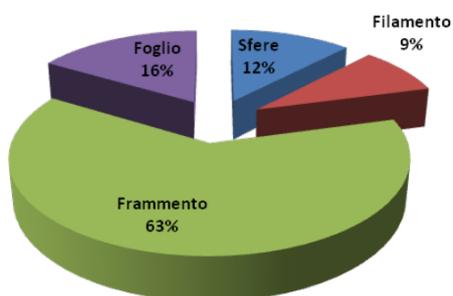
  

<b>GSA 19</b>	<b>Foc %</b>	<b>N</b>	<b>kg</b>	<b>N/km<sup>2</sup></b>	<b>kg/km<sup>2</sup></b>
Plastica	86	322	38	70	7,7
Altri rifiuti	90	132	71	29	21

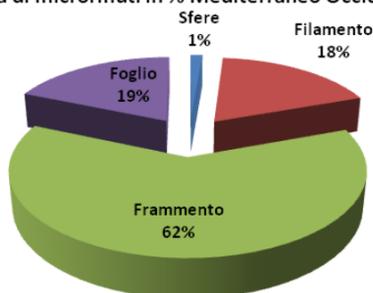
La microplastica (dimensioni < 5 mm) presente in mare ha una doppia provenienza, primaria e secondaria. La primaria include la produzione di microparticelle quali *pellets* e microgranuli usati nella cosmetica o prodotti abrasivi di pulizia prodotti dalle industrie. La secondaria proviene dalla frammentazione e degradazione in piccole particelle da macroplastiche. Attraverso i monitoraggi Strategia Marina sono stati analizzati 192 campioni per un totale di 141.910 m<sup>2</sup> di superficie campionata per l'Adriatico, 100 campioni per un totale di 65.589 m<sup>2</sup> di superficie campionata per lo Ionio e il Mediterraneo centrale, 309 campioni per un totale di 219.065 m<sup>2</sup> di superficie campionata per il Mediterraneo occidentale. Il numero medio di particelle su m<sup>2</sup> è rispettivamente di 0,20, 0,09, 0,17 per l'Adriatico, lo Ionio e il Mediterraneo e il Mediterraneo occidentale. Dall'analisi dei dati si evince, inoltre, che la percentuale maggiormente riscontrata per le sottoregioni Adriatico e Mediterraneo occidentale è quella dei frammenti (63% e 62% rispettivamente). I microrifiuti individuati sono quindi principalmente di origine secondaria. Nella sottoregione Ionio e Mediterraneo centrale la percentuale più alta è quella dei filamenti (53%), riconducibili a cordame, tessuti sfilacciati e fibre tessili sintetiche derivanti dagli scarichi delle lavatrici (Figura 4-263).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Tipologia di microrifiuti in % Adriatico



Tipologia di microrifiuti in % Mediterraneo Occidentale



Tipologia di microrifiuti in % Ionio e Mediterraneo Centrale

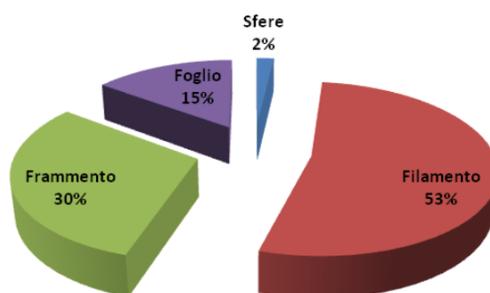


Figura 4-263: Composizione percentuale di microrifiuti in colonna d'acqua, distinti per categoria nelle tre Sottoregioni (MASE - ISPRA, 2018).

In riferimento, infine, ai rifiuti ingeriti dal biota, è stata utilizzata come specie *target* la *Caretta caretta* e sono stati esaminati sia i rifiuti presenti negli animali spiaggiati che nei residui fecali delle tartarughe ospedalizzate. I dati monitoraggio nazionale, in relazione alla seconda categoria di rifiuti analizzati, fanno riferimento a 24 esemplari suddivisi nelle tre GSA considerate (GSA 9, 5 individui; GSA 11, 11 individui; GSA 16, 8 individui) ed hanno evidenziato la presenza di rifiuti nel 54% dei casi. La sottoregione Mar Mediterraneo Occidentale (GSA 9 e GSA 11) presenta una percentuale di rifiuti più elevata (69%) rispetto alla sottoregione Ionio e Mediterraneo centrale (31%) (Figura 4-264).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

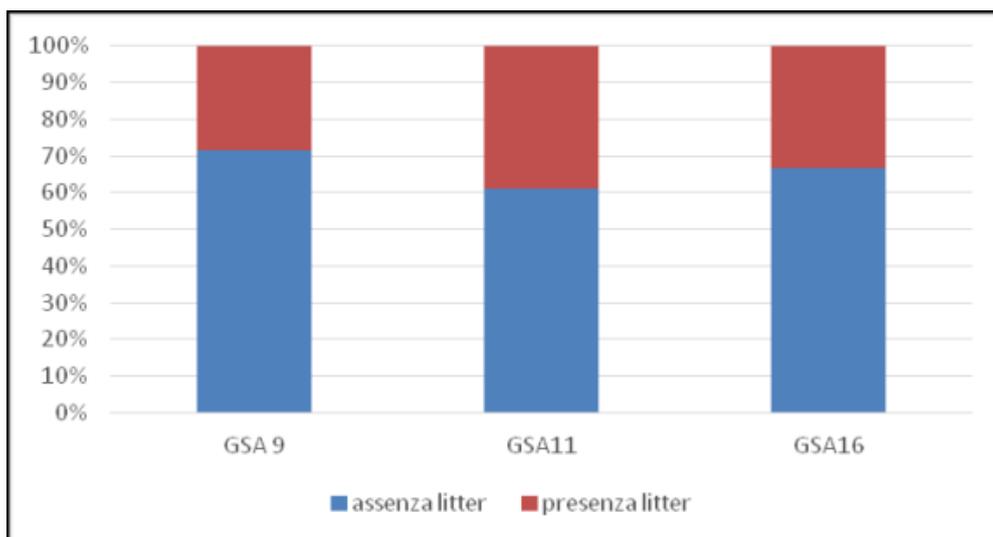


Figura 4-264: Percentuale di individui interessati da presenza di rifiuti marini nelle excreta (rosso) e non interessati da ingestione rifiuti (blu) in individui di *Caretta caretta* nelle GSA campionate (MASE - ISPRA, 2018).

#### 4.12.12 Rumore sottomarino

Per quanto riguarda il rumore sottomarino, la Strategia Marina, il Descrittore n. 11 considera due principali tipologie di suoni introdotti in ambiente marino: quelli impulsivi nel range 10 Hz – 10 kHz e quelli continui a bassa frequenza (*ambient noise*). I dati acustici raccolti non permettono ancora una determinazione dei livelli sonori di riferimento (*baseline levels*) né è possibile stabilire un valore numerico che costituisca una soglia oltre la quale si riscontri un effetto negativo. Questo perché non sono noti i livelli di pressione attuale. Al fine del raggiungimento del GES per il Descrittore 11, tuttavia, è stato implementato il Registro Nazionale del Rumore Subacqueo.

#### 4.12.13 Usi del mare

##### **Pesca**

La pesca commerciale costituisce un'attività diffusa lungo tutta la costa italiana con una produzione complessiva nel 2022 pari a 125.839 tonnellate, cui corrisponde un valore economico di 740 milioni di euro (MASAF, 2023).

La flotta italiana, secondo quanto definito dal D.P.R. 1639/1968, regolamento di esecuzione della legge 963/1965, viene ripartita in costiera, mediterranea e oceanica. Più comunemente tale distinzione viene riassunta tra flotta dedicata alla piccola pesca o pesca artigianale e flotta di maggiori dimensioni. La piccola pesca viene di norma effettuata con barche di piccole dimensioni, in areali costieri e quasi sempre nelle acque territoriali, in uscite prevalentemente giornaliere e con equipaggi ridotti (uno o due persone). La pesca di maggiori dimensioni comprende invece principalmente la pesca a strascico e a volante, equipaggi di 3/4 persone, con imbarcazioni di stazza (GT) e potenza motore maggiori, che permettono l'attività di pesca in un raggio d'azione spaziale più ampio (oltre le 12 mn) e meno soggette a condizioni meteo-marine avverse.

La flotta da pesca iscritta nell'Archivio Licenze di Pesca al 31 dicembre 2022 risulta pari a 11.785 unità. Il tonnellaggio di stazza lorda complessivo espresso in GT è pari a 141.936, mentre la potenza motore è di 920.006 kW. Nel corso del 2022, la suddivisione della flotta da pesca per sistemi (Tabella 4-65) conferma la

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

struttura registrata negli anni precedenti. Con 8.338 battelli, la pesca artigianale (PGP) rappresenta di gran lunga il segmento più importante in termini numerici, quotando da solo il 70,62% del totale della flotta. Tuttavia, il peso si riduce notevolmente in termini dimensionali, attestandosi al 14,08% dei GT ed al 29,25% dei kW totali. Con 2.045 unità (il 17,32% del totale nazionale), la flotta operante con attrezzi da traino (DTS e TBB) è la seconda in termini di numerosità e la prima in termini dimensionali. Difatti, tale sistema rappresenta il 59,16% dei GT ed il 46,49% dei kW nazionali (MASAF, 2023).

Tabella 4-65: Flotta per sistemi di pesca, anno 2022 (MASAF, 2023).

Sistemi di pesca	Battelli	GT	KW	% Battelli	% GT	% kW
Strascico e Rapido (DTS e TBB)	2.045	84.037	428.275,86	17,32%	59,16%	46,49%
Draghe idrauliche (DRB)	715	9.419	77.323,34	6,06%	6,63%	8,39%
Volante (TM)	114	7.893	40.601,89	0,97%	5,56%	4,41%
Circuizione (PS)	362	7.220	42.566,29	3,06%	5,22%	4,65%
Palangari (HOK)	207	4.929	37.036,46	1,75%	3,47%	4,02%
Piccola pesca (PGP)	8.338	20.006	269.398,20	70,62%	14,08%	29,25%
Flotta tonniera	21	4612	18080,91	0,18%	3,34%	1,98%
Flotta Mediterranea	11.802	138.117	913.282,98	99,96%	97,24%	99,15%
Strascico (DTS)	4	1.789	4.150,00	0,03%	1,26%	0,45%
Circuizione (PS)	1	2.137	3.690,00	0,01%	1,50%	0,40%
Flotta Oceanica	5	3.926	7.840	0,04%	2,76%	0,85%
ITALIA	11.807	142.043	921.122	100,00%	100,00%	100,00%

L'annualità 2022 nel suo complesso ha manifestato un andamento stabile per i valori dei ricavi, mentre per i valori delle catture ha registrato una diminuzione del 8,19%. Analizzando i diversi sistemi di pesca emerge che le catture ed i ricavi della circuizione sono aumentati in maniera considerevole mentre i rimanenti sistemi registrano un andamento negativo sia per i ricavi che per la produzione. La Tabella 4-66 mostra i quantitativi delle catture ed i ricavi per l'anno 2022, suddivisi per i diversi sistemi di pesca.

Tabella 4-66: Catture e ricavi per sistema di pesca, anno 2022 (MASAF, 2023).

Sistemi di pesca	Catture (t)	Catture %	Ricavi (mln €)	Ricavi %
Circuizione (PS)	17.696,83	14,06%	42.598.526	5,75%
Tonno rosso BFT	3.562,15	2,83%	39.605.255	5,35%
Draghe idrauliche (DRB)	18.735,68	14,89%	61.083.510	8,25%
Palangari (HOK)	2.330,22	1,85%	14.076.805	1,90%
Piccola pesca (PGP)	22.902,82	18,20%	194.430.530	26,26%
Strascico e Rapido (DTS e TBB)	36.875,28	29,30%	318.544.912	43,02%
Volante (TM)	23.736,19	18,86%	70.169.152	9,48%
<b>TOTALE</b>	<b>125.839,18</b>	<b>100,00%</b>	<b>740.508.690</b>	<b>100,00%</b>

In relazione alle specie sbarcate, è stata evidenziata la predominanza di tre specie, acciughe, vongole e sardine, che nel complesso costituiscono circa il 43% del totale sbarcato dalla flotta nazionale operante nel

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Mediterraneo. Le acciughe rappresentano in assoluto la prima specie con 24.157 tonnellate, equivalenti al 19,2% della produzione complessiva. Le vongole registrano un quantitativo di 17.252 tonnellate ed un contributo del 13,7% al totale mentre gli sbarchi di sardine sono di 13.024 tonnellate pari al 10,3%. Su livelli quantitativi significativamente più contenuti gli sbarchi di gamberi bianchi e di nasello che quotano entrambi circa 6.000 tonnellate. Tra le altre specie caratteristiche della pesca italiana si segnalano: le pannocchie con 3.745 tonnellate, le seppie ed i polpi rispettivamente con 3.288 e 3.264 tonnellate (MASAF, 2023).

Le misure di gestione adottate nell'ambito della pesca sono principalmente basate sulla Politica Comune della Pesca (Reg. 1380/2013) e sull'applicazione del Regolamento Mediterraneo (Reg. 1967/2006). Concernono principalmente azioni di controllo degli *input* (es. numero di barche/giorni di pesca) e misure tecniche, ivi incluse delimitazioni spaziali e temporali alla pesca. Inoltre, recentemente, sono stati adottati/aggiornati una serie di Piani di Gestione Nazionali per la pesca (DM 30 Gennaio 2018 e ss.mm.ii.) ed ulteriori piani di gestione per altri attrezzi, quali ad es. le draghe idrauliche (DM 17 giugno 2019) e la pesca dei piccoli pelagici (DM 407 del 26 luglio 2019).

Nonostante le politiche di riduzione di questo comparto, il segmento dello strascico (comprensivo dei rapidi) risulta ancora dominante. Dopo il 2018 con l'adozione dei Piani di Gestione Nazionale della pesca a strascico e soprattutto con l'entrata in vigore del Reg. (UE) n. 2019/1022 (Piano di Gestione Pluriennale per le specie demersali nel Mediterraneo Occidentale) e delle Raccomandazioni CGPM sui Piani Pluriennali per le specie demersali in varie GSA, è stata infatti attuata una stringente politica di riduzione delle attività di pesca. Infatti, nel periodo 2018 – 2022 si è registrata una riduzione di circa il 35% dello sforzo di pesca inteso come giorni annui di attività. Tale dato è molto vicino all'obiettivo di riduzione dello sforzo di pesca nel Mediterraneo Occidentale previsto nel predetto Reg. (UE) n. 2019/1022 (40%) (MASAF, 2023).

Analizzando l'andamento dello sforzo di pesca a strascico nel periodo 2019 - 2022 appare evidente un progressivo decremento con evidenti effetti di lungo termine (cfr. Figura 4-265, dove la linea blu del grafico rappresenta la tendenza lineare dei dati). Tale decremento è stato accentuato dalle strategie di riduzione dello sforzo di pesca, in particolare quelle relative al contingentamento delle giornate di attività attuate dall'Amministrazione italiana a partire dal 2019.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

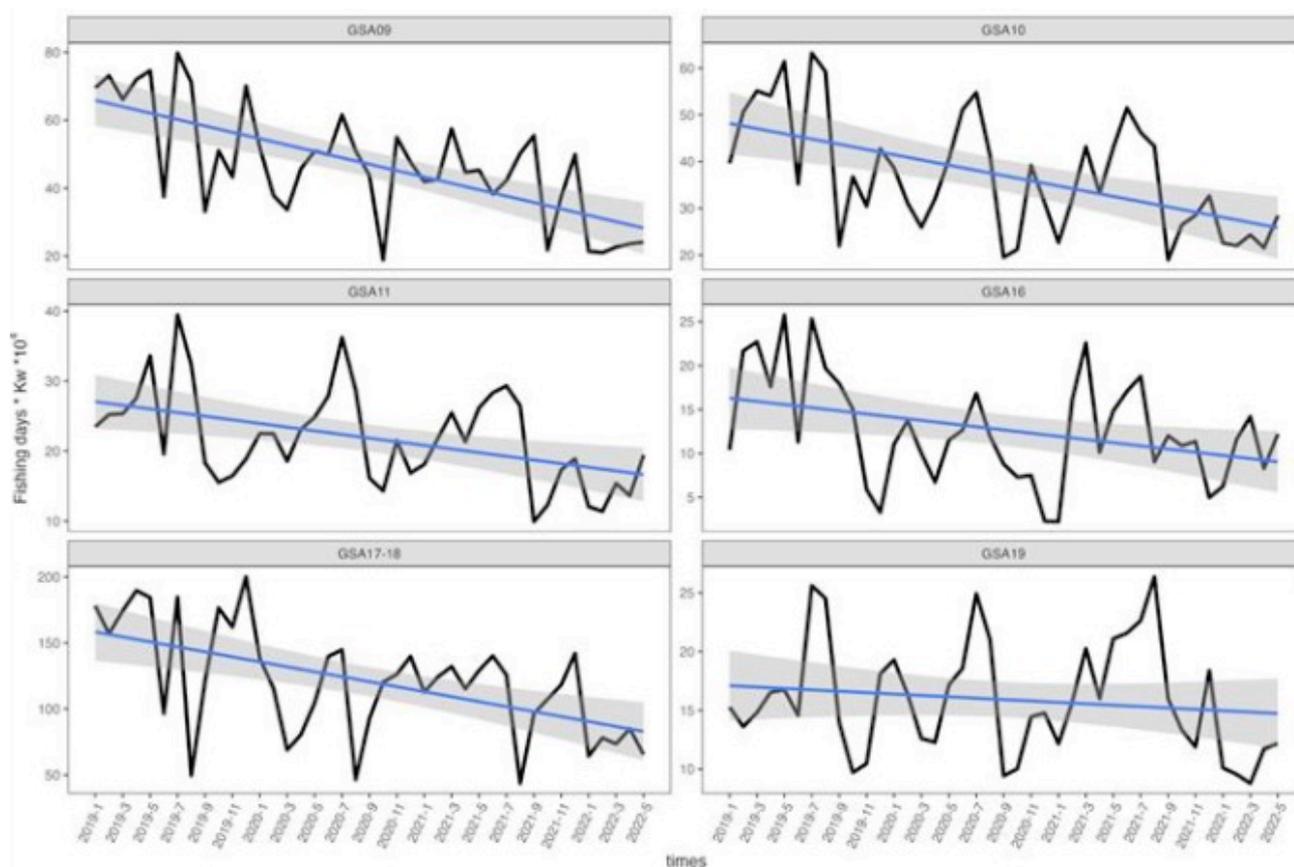


Figura 4-265: Sforzo di pesca a strascico nel periodo dal 2019 al I semestre 2022, relativamente aree di gestione dalla FAO GFCM in cui rientrano le acque italiane: GSA 9, 10, 11, 16, 17, 18 e 19 (MASAF, 2023).

A livello nazionale la conoscenza dello stato delle risorse alieutiche e il monitoraggio dell'attività della flotta peschereccia nei mari italiani sono affidati al "Programma Nazionale Raccolta Dati Alieutici", condotto sul territorio nazionale nell'ambito del cosiddetto "EU MAP" (Reg. EU/2017/1004, che ha recentemente aggiornato il "Data Collection Framework", EU Reg. 199/2008). Tali dati riguardano la consistenza della flotta e le relative attività, le catture e le ripercussioni delle attività di pesca sull'ecosistema marino. Parte di questi dati viene integrata e utilizzata per valutare lo stato di salute degli *stock* ittici che è alla base delle politiche gestionali per il settore pesca.

Nell'ambito dell'Annuario dei Dati Ambientali, redatto da ISPRA, la pesca viene valutata tramite l'indicatore "stock ittici in sovrasfruttamento". Tale indicatore descrive l'andamento della percentuale e del numero di *stock* ittici che sono in stato di sovrasfruttamento, ovvero soggetti a una mortalità indotta dalla pesca superiore a quella corrispondente al Massimo Rendimento Sostenibile (MSY). Nel dettaglio, per il periodo 2007-2021, si osserva che la larga maggioranza degli *stock* considerati sono valutati in stato di sovrasfruttamento da parte della pesca (Figura 1.118). I valori osservati nel 2021 sono quelli che presentano la percentuale minore di stock sovrasfruttati.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

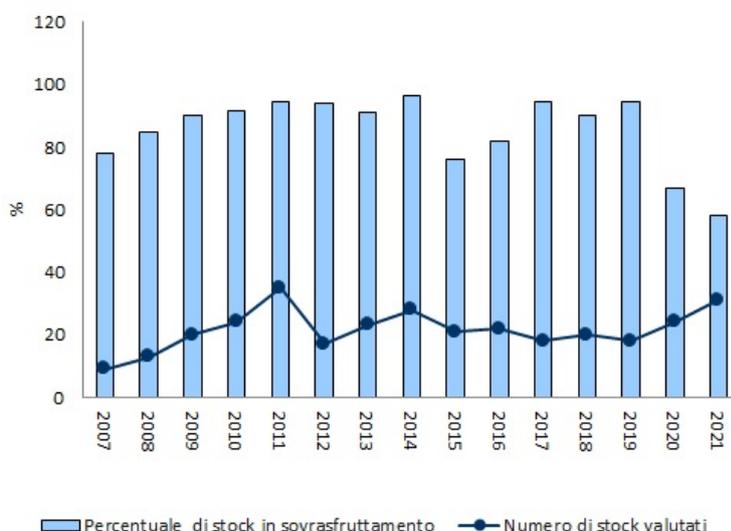


Figura 4-266: Numero di stock valutati e percentuale di stock in sovrasfruttamento. Elaborazione ISPRA su dati di stock assessment validati a livello internazionale dallo STECF e dalla GFCM (Annuario Dati Ambientali, 2023).

Nel periodo considerato (2007-2021) il tasso medio di sfruttamento degli stock ittici (ovvero la media del rapporto tra mortalità da pesca corrente e la mortalità associata al Massimo Rendimento Sostenibile;  $F_{curr}/FMSY$ ) presenta valori 2 o 3 volte superiori alla soglia di sostenibilità dove tutti i valori superiori a 1 indicano uno stato di sfruttamento non sostenibile, ovvero non in grado di assicurare il raggiungimento del Massimo Rendimento Sostenibile. L'indicatore, stimato sulla base delle valutazioni analitiche degli stock ittici validate a livello internazionale, mostra la tendenza complessiva del tasso di sfruttamento degli stock ittici oggetto di pesca commerciale al fine di evidenziare l'andamento quantitativo complessivo della pressione di pesca. In particolare, si osserva un picco nel tasso medio di sfruttamento negli anni 2012 e 2013 (con valori superiori a 3) cui segue un declino con valori minimi riportati nel 2021 (valore medio 1,43). L'analisi è condotta a livello nazionale e di sottoregione secondo la ripartizione geografica indicata dalla Direttiva Quadro per la Strategia per l'ambiente marino (2008/56/CE, Descrittore 3 - pesca) (Figura 4-267).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

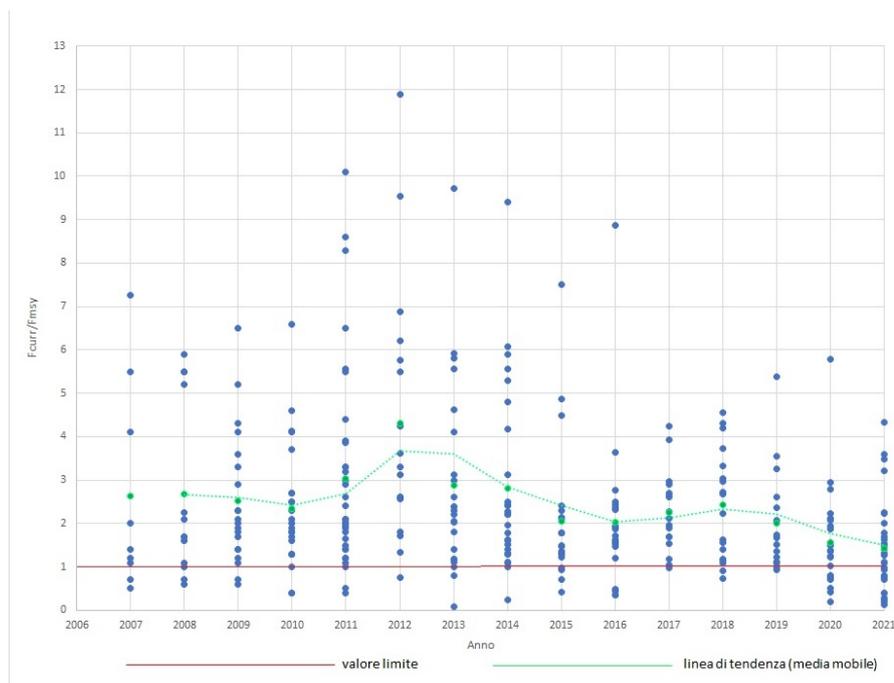


Figura 4-267: Rapporto tra mortalità da pesca e mortalità al Massimo Rendimento Sostenibile ( $F_{curr}/F_{msy}$ ), mediato per specie e GSA. Elaborazione ISPRA su dati di stock assessment validati a livello internazionale dallo STECF e dalla GFCM (Annuario Dati Ambientali, 2023).

Nel periodo 2007-2021 si osserva, pertanto, che la larga maggioranza degli *stock* esaminati si trova in uno stato di sovrasfruttamento da pesca. Considerando i quantitativi annui di sbarcato corrispondente agli *stock* ittici valutati, si osserva che non c'è correlazione tra i due valori: questo è dovuto a un generale stato di sovrasfruttamento delle risorse indipendentemente dalla percentuale di sbarcato.

### Acquacoltura

Sul territorio italiano operano attualmente circa 800 impianti di acquacoltura che producono 140 mila tonnellate l'anno di prodotto contribuendo a circa il 40% della produzione ittica nazionale e al 30% della domanda di prodotti ittici freschi. Le produzioni più elevati si riscontrano nel settore della molluschicoltura. Nel complesso sono allevate circa 30 tipi di pesci, molluschi e crostacei, ma il 97% della produzione nazionale si basa su 5 specie: trota, spigola, orata, mitili e vongole veraci. Emilia Romagna e Veneto rappresentano più del 50% della produzione nazionale (dati MASAF).

Come evidenziato dai dati pubblicati nell'Annuario dei dati ambientali di ISPRA (2023), nel 2020 la produzione nazionale censita è stata di 122.760 tonnellate, di cui 74.990 di molluschi (61%), 47.770 t di pesci (39%) e 0,5 t di crostacei, per un valore complessivo di 392 milioni di euro. Dal confronto dei dati raccolti dal 2013 al 2020 è emerso che le produzioni sono diminuite del 13 % (Figura 4-268). La flessione ha colpito tutti e tre i comparti produttivi ed è da ascrivere alla situazione pandemica mondiale, causata dalla diffusione del virus Covid 19, sommata alle criticità preesistenti per ciascun comparto. Da un punto di vista ambientale, è possibile individuare tre fattori principali che influiscono sui dati di produzione: l'incremento della temperatura e degli eventi meteo marini estremi legati ai cambiamenti climatici; la riduzione della qualità ambientale nelle aree di allevamento di molluschi, dovuta a impatti antropici (es. contaminazione microbiologica) e eventi climatici, quali le fioriture algali; le difficoltà burocratico - amministrative nel rilascio/rinnovo delle concessioni

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

demaniali marittime. La flessione registrata non determina evidentemente un peggioramento in termini ambientali ed il *trend* viene considerato stabile.

In relazione alla molluschicoltura è bene evidenziare che la recente Strategia *Farm to Fork* (2020) dell'UE, prevista dal Green Deal europeo, considera tale attività come fonte di alimenti con una bassa impronta ambientale e pertanto, visto anche il suo ruolo di servizio di regolazione nell'ambiente marino costiero, è prevedibile che le criticità del settore finora rilevate saranno risolte a favore di una crescita delle produzioni. Tale obiettivo è inoltre supportato dalle previsioni del nuovo FEAMPA 2021-2027 (Reg. (UE) n. 2021/1139).

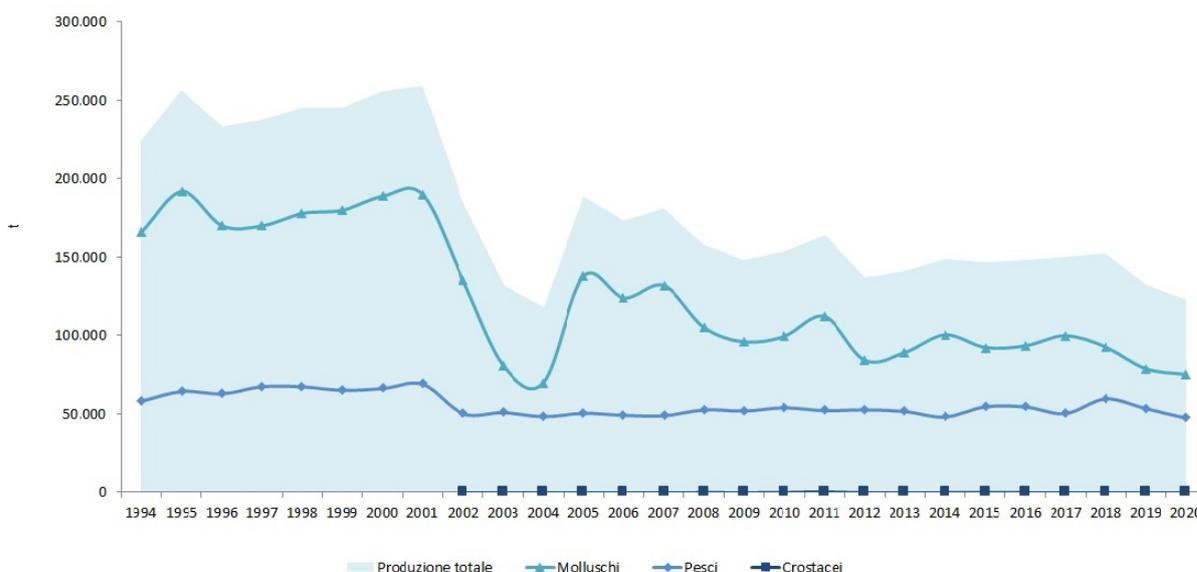


Figura 4-268: Serie storica della produzione nazionale in acquacoltura di pesci, molluschi e crostacei. Elaborazione ISPRA su dati MiPAAF-ICRAM (1994-2001), IDROCONSULT (2002-2006), UNIMAR (2007-2014), MiPAAF-GRAIA-API-AMA (2015-2016), MiPAAF-API-AMA (2017-2018), MiPAAF-CREA (2019-2020). (ISPRA, *Annuario dei dati ambientali 2023*)

Le specie ittiche non indigene sono allevate esclusivamente in acqua dolce e rappresentano il 75% della produzione totale di pesci. Nel caso della molluschicoltura le specie non indigene (*R. philippinarum*) contribuiscono per il 33% al volume totale del comparto. Nel 2020 non risulta siano state allevate specie non indigene di crostacei (dati Eurostat), sebbene alcune segnalazioni su produzioni di *Cherax sp.* in Sicilia e *Paeneus vannamei* in Puglia, non autorizzate secondo il Regolamento (CE) n. 708/2007, siano state riportate a livello FAO. ISPRA è impegnata in studi mirati alla verifica della presenza di specie non indigene associate per una valutazione dei rischi e dei potenziali impatti, la messa punto di un sistema di tracciabilità delle movimentazioni dei molluschi bivalvi e l'attuazione di misure di mitigazione.

### Depositi di sabbie marine relitte

Lo sfruttamento crescente delle aree costiere, associato a eventi naturali (es. cambiamenti climatici globali) ha determinato un aumento dell'erosione delle coste. Gli apporti di materiale sulle spiagge sono costituiti principalmente dai sedimenti portati in carico dai fiumi e ridistribuiti dalle correnti litoranee e da quelli provenienti sia dal disfacimento di coste rocciose, sia dall'erosione di spiagge vicine. Le perdite, invece, sono dovute all'allontanamento del materiale verso il largo per effetto del moto ondoso e alla perdita di sedimento verso terra. La realizzazione di opere di sbarramento per la regimazione dei versanti, unitamente alla

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

costruzione di invasi da destinare a uso idroelettrico e/o irriguo, hanno contribuito alla sensibile diminuzione degli apporti di sedimento da parte dei corsi d'acqua, interferendo con i naturali processi erosivi dei litorali, intensificandoli. Altri fattori come l'irrigidimento della linea di costa dovuto alla realizzazione di opere marittime, l'estrazione di fluidi dal sottosuolo, l'immobilizzazione e lo spianamento delle dune, hanno contribuito ad amplificare i fenomeni erosivi.

Al fine di contrastare i fenomeni erosivi delle coste sono state costruite numerose opere rigide di difesa (scogliere emerse, sommerse, radenti, opere miste, moli, pennelli) che non sempre hanno apportato effetti positivi. Negli ultimi decenni si è quindi ricorso al ripascimento, ovvero alla ricostruzione della spiaggia erosa immettendo sedimenti idonei (dal punto di vista granulometrico e compositivo), spesso provenienti da depositi sabbiosi presenti al largo sulla piattaforma continentale, fra i 30 e 130 metri di profondità, dragati al fine di prelevare le sabbie relitte, riferibili a paleospiege).

L'impiego di sabbie relitte per i ripascimenti, rispetto allo sfruttamento di materiale emerso, comporta alcuni vantaggi quali la disponibilità di elevate quantità di sedimenti (milioni di m<sup>3</sup>), la composizione potenzialmente molto simile alla sabbia dei nostri litorali, limitati effetti sull'ambiente e, per ripascimenti che implicano grandi volumi di materiali, costi contenuti. Nei mari italiani, tra il 1994 ed il 2016, sono stati utilizzati sette depositi di sabbie relitte (Figura 4-269). Dal 1994 e il 2004 un notevole volume di sabbie relitte dragate è stato utilizzato per il ripascimento di diverse spiagge nelle località costiere in provincia di Venezia (oltre 7.000.000 di m<sup>3</sup>, Figura 4-270). Anche lungo le coste laziali (cave di Anzio, Montalto e Torvaianica), tra 1999 e il 2012, sono state dragate grandi quantità di sabbie relitte (oltre 7.800.000 di m<sup>3</sup>). Interventi di minore entità sono stati realizzati in Emilia-Romagna nel 2002, nel 2007 e nel 2016, al largo del Golfo di Cagliari (2002) e a largo delle Marche (2006). Nel 2022 sono stati dragati ulteriori 1.080.000 m<sup>3</sup> di sabbie al largo dell'Emilia-Romagna (cava a largo di Ravenna). Tra il 2008 e il 2011, il 2013 e il 2015 e il 2017 e il 2021 non risultano interventi di dragaggio di sabbie relitte lungo la piattaforma continentale italiana. Tale mancanza di interventi di dragaggio a fini di ripascimento non può essere ricondotta all'assenza di fenomeni erosivi ma piuttosto a fattori socio-economici, geologici e tecnici.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

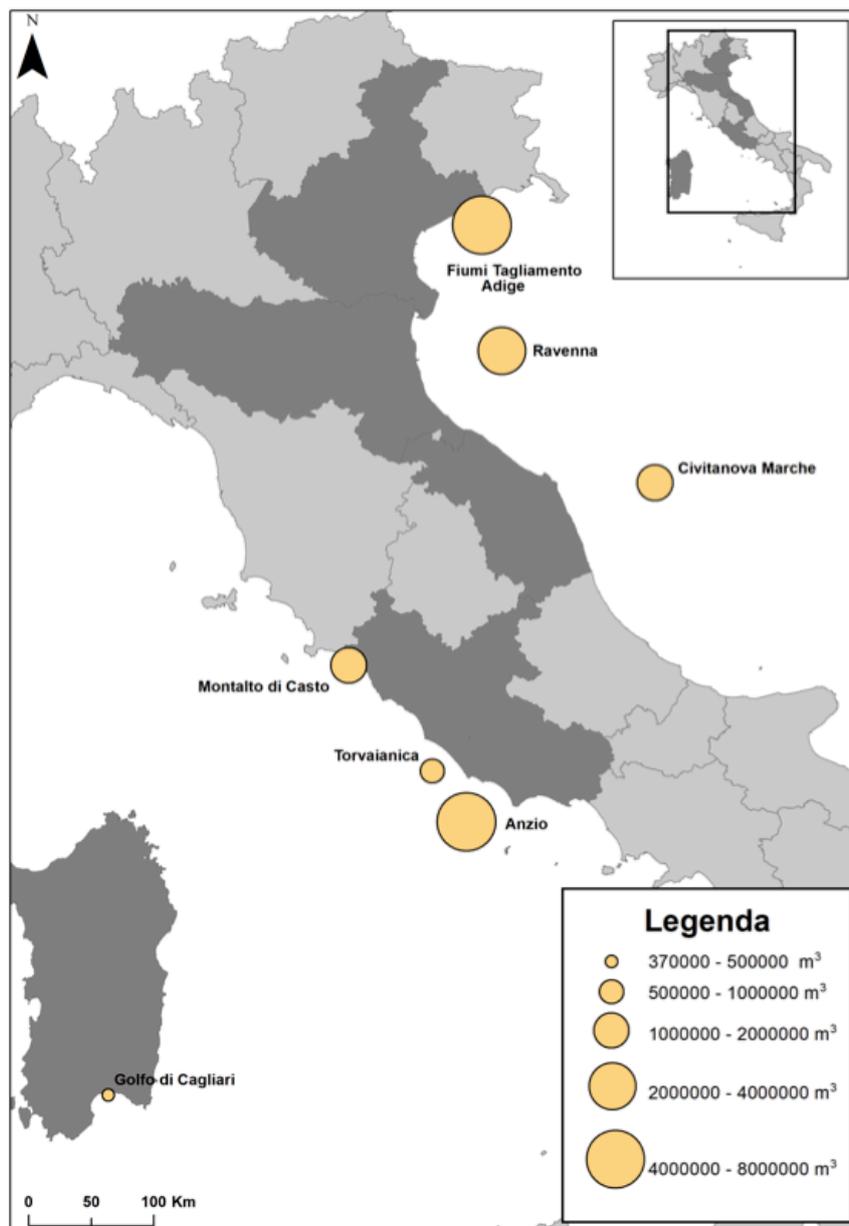


Figura 4-269: Localizzazione delle cave di sabbie relitte e quantità di m<sup>3</sup> dragati (ISPRA, Annuario dei dati ambientali 2023).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

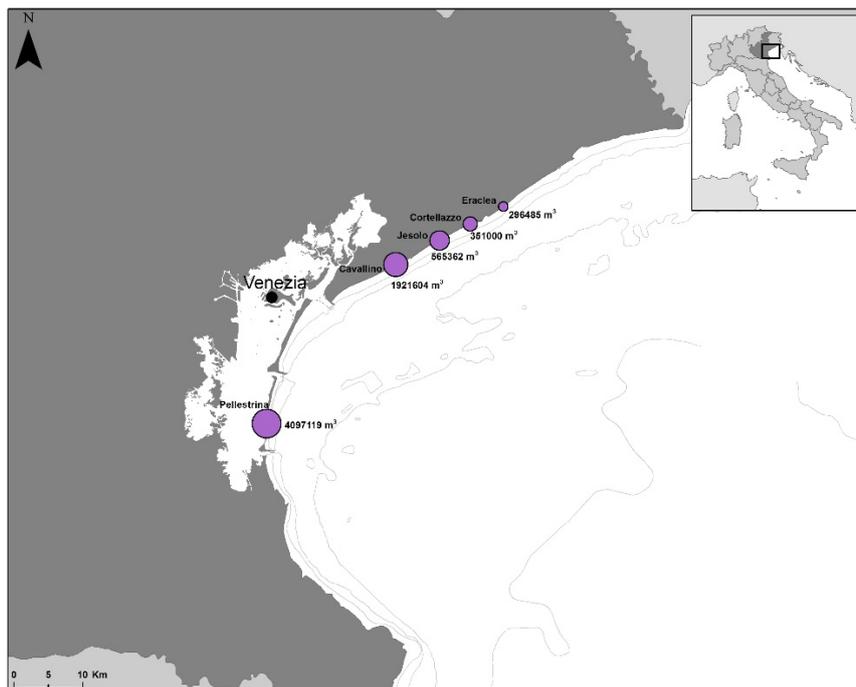


Figura 4-270: Regione Veneto: siti sottoposti a ripascimento e relativi volumi di sabbia relitta sversata (ISPRA, Annuario dei dati ambientali 2023).

## 5 SCENARIO DI RIFERIMENTO

L'allegato VI alla Parte II del D. Lgs. 152/2006 prevede tra i contenuti del rapporto ambientale la descrizione dell'evoluzione probabile dello stato ambientale senza l'attuazione del piano o del programma.

La proposta di PNIEC esamina gli scenari in termini di emissioni e di raggiungimento dei target globali e settoriali per il 2030 delineati nel PNIEC 2019.

Da tale analisi emerge una distanza nel loro raggiungimento, dovuta sia al fatto che fossero notevolmente sfidanti in relazione alle effettive possibilità di conseguirli in termini di investimenti e tempi realizzativi, sia agli ostacoli che si sono incontrati per la loro realizzazione, legati alle difficoltà autorizzative per i nuovi impianti a fonti rinnovabili, e infine per il rallentamento delle attività nei recenti periodi di crisi. Ciò determina un maggiore sforzo nel traguardare i nuovi obiettivi di riduzione delle emissioni fissati a livello comunitario al 2030, che dovranno essere fissati in modo pragmatico ed effettivamente conseguibile.

Se confrontati con gli obiettivi declinati nel PNIEC 2019, tali valori hanno messo in luce delle distanze rispetto agli obiettivi che ci si prefiggeva di raggiungere. A livello esemplificativo, al 2030:

- la penetrazione delle fonti rinnovabili a politiche vigenti assume un valore del 26%, contro un obiettivo del PNIEC 2019 del 30%;
- il consumo finale a politiche vigenti assume un valore di 111 Mtep, contro un obiettivo del PNIEC 2019 di 104 Mtep;
- la riduzione delle emissioni nei settori ESR a politiche vigenti assume un valore di 29,3%, contro un obiettivo del PNIEC 2019 del 33%.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Questi “gap” possono essere imputati principalmente all'eccessivo ottimismo del Piano 2019 circa la possibilità di raggiungere gli obiettivi, all'incompleta attuazione delle misure previste e al mutato contesto (pandemia, ripresa economica, guerra).

Per fornire una base analitica al Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima sono stati realizzati:

- uno scenario di riferimento, che descrive l'evoluzione del sistema energetico con politiche e misure correnti;
- uno scenario di policy, che considera gli effetti sia delle misure ad oggi già programmate che di quelle ancora in via di definizione nel percorso verso gli obiettivi strategici al 2030.

Si riporta di seguito una sintesi degli obiettivi e dei risultati degli scenari di riferimento e di policy riportati nella proposta di piano, che esprime il grado di raggiungimento dei target con il mix di misure estremamente sfidanti ipotizzato.

	unità di misura	Dato rilevato	PNIEC 2019		PNIEC 2024: Scenario di riferimento	PNIEC 2024: Scenario di policy <sup>30</sup>	Obiettivi FF55 RepowerEU
			2022	2021	2030	2030	2030
Emissioni Gas Serra							
Riduzione dei GHG vs 2005 per tutti gli impianti vincolati dalla normativa ETS	%	-45%	-44%	-56%	-58%	-66%	-62% <sup>31</sup>
Riduzione dei GHG vs 2005 per tutti i settori non ETS	%	-20%	-23%	-33%	-29,3%	-40,6%	-43,7% <sup>32, 33</sup>
Emissioni e assorbimenti di GHG da LULUCF	MtCO <sub>2</sub> eq	-21,2	-	-	-28,4	-28,4	-35,8 <sup>32</sup>
Energie rinnovabili							
Quota di energia da FER nei consumi finali lordi di energia (criteri di calcolo RED 3)	%	19%	20%	30%	26%	39,4%	38,7%
Quota di energia da FER nei consumi finali lordi di energia nei trasporti (criteri di calcolo RED 3)	%	8%	9%	17%	15%	34%	29,6% <sup>34</sup> - 39,1%
Quota di energia da FER nei consumi finali lordi per riscaldamento e raffreddamento (criteri di calcolo RED 3)	%	21%	22%	34%	24%	36%	29,6% <sup>32</sup> - 39,1%

<sup>30</sup> scenario costruito considerando le misure previste a giugno 2024

<sup>31</sup> vincolante solo per le emissioni complessive a livello di Unione europea

<sup>32</sup> vincolante

<sup>33</sup> vincolante non solo il 2030 ma tutto il percorso dal 2021 al 2030

<sup>34</sup> vincolante per gli operatori economici

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

	unità di misura	Dato rilevato	PNIEC 2019		PNIEC 2024: Scenario di riferimento	PNIEC 2024: Scenario di policy <sup>30</sup>	Obiettivi FF55 RepowerEU
		2022	2021	2030	2030	2030	2030
Quota di energia da FER nei consumi finali del settore elettrico	%	37%	37%	55%	53%	63%	Non previsto
Quota di idrogeno da FER rispetto al totale dell'idrogeno dell'industria	%	0%	0%	0%	4%	54%	42% <sup>32</sup>
Efficienza Energetica							
Consumi di energia primaria	Mtep	140	141	125	133	123	111
Consumi di energia finale	Mtep	112	115	104	111	102	93
Risparmi annui cumulati nei consumi finali tramite regimi obbligatori efficienza energetica	Mtep	3,8	0,9	51,4		73,4	73,4 <sup>32</sup>

Il percorso da compiere richiederà uno sforzo, in particolar modo per quanto attiene la riduzione dei consumi e delle emissioni nei settori legati agli impegni dell'Effort Sharing Regulation (ESR), cioè in settori quali trasporti, civile, agricoltura, rifiuti e piccola-media industria. Questo significa che, oltre alle azioni di decarbonizzazione dei settori industriali energivori e termoelettrici legati agli obiettivi dell'Emission Trading Scheme (di seguito ETS), per i quali sarà importante sfruttare tutte le tecnologie disponibili, occorrerà agire diffusamente con misure drastiche anche nella riduzione dei consumi e delle emissioni carboniche del terziario, del settore residenziale, e in particolare del trasporto attraverso un deciso shift modale verso il trasporto pubblico (TPL), e la riduzione dei fabbisogni di mobilità, senza trascurare il ricambio dei mezzi pubblici e privati verso veicoli più efficienti e a ridotte emissioni di CO<sub>2</sub>.

### 5.1 Emissioni gas climalteranti

In riferimento agli scenari elaborati a supporto del PNIEC, le proiezioni a politiche e misure vigenti delle emissioni di gas serra disaggregate per settore fino al 2040 sono di seguito riportate (cfr PNIEC paragrafo 4.2.1).

*Tabella 5-1 - Emissioni di gas serra disaggregate per settore (Mt CO<sub>2</sub>eq), storico e scenario di riferimento [Fonte: ISPRA]*

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Emissioni di GHG, Mt CO <sub>2</sub> eq.	2005	2015	2020	2021	2022	2025	2030	2035	2040
<b>DA USI ENERGETICI, di cui:</b>	<b>488</b>	<b>360</b>	<b>300</b>	<b>332</b>	<b>338</b>	<b>310</b>	<b>274</b>	<b>249</b>	<b>239</b>
Industrie energetiche	160	106	82	86	95	68	54	39	39
Industrie manifatturiere e costruzioni	92	56	46	55	55	56	54	52	51
Trasporti	128	107	87	103	110	110	93	86	80
Civile	96	82	79	82	73	72	69	67	66
Altri usi energetici e fuggitive	12	9	7	6	6	4	4	4	4
<b>DA ALTRE FONTI, di cui:</b>	<b>107</b>	<b>83</b>	<b>79</b>	<b>79</b>	<b>75</b>	<b>80</b>	<b>75</b>	<b>72</b>	<b>69</b>
Processi industriali	48	30	25	26	24	31	28	27	27
Agricoltura (allevamenti e coltivazioni)	35	32	34	33	31	32	31	31	31
Rifiuti	24	20	20	20	20	17	15	14	12
<b>TOTALE (escluso LULUCF)</b>	<b>596</b>	<b>443</b>	<b>379</b>	<b>411</b>	<b>413</b>	<b>390</b>	<b>349</b>	<b>320</b>	<b>308</b>
<b>LULUCF</b>	<b>-34</b>	<b>-42</b>	<b>-27</b>	<b>-25</b>	<b>-21</b>	<b>-28</b>	<b>-28</b>	<b>-25</b>	<b>-31</b>

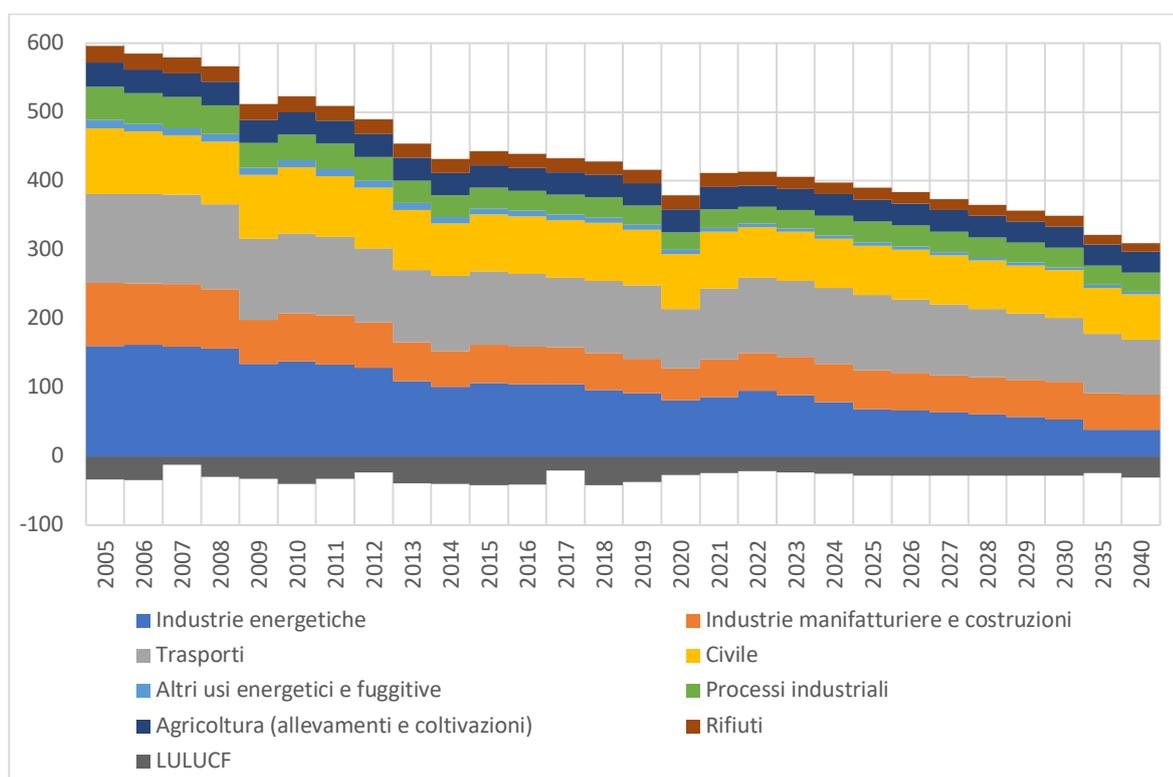


Figura 5-1 - Emissioni di gas serra disaggregate per settore (Mt CO<sub>2</sub>eq), storico e scenario di riferimento [Fonte: ISPRA]

L'analisi settoriale nel periodo 2021 - 2030 evidenzia che:

- si ha una riduzione molto importante delle emissioni nelle industrie energetiche (-38%), principalmente dovuta alla riduzione delle emissioni del settore elettrico. In questo settore le emissioni sono direttamente legate alla produzione elettrica da combustibili fossili. La notevole crescita della produzione elettrica da fonti rinnovabili e l'incremento di efficienza termoelettrica dal 2008 hanno contribuito alla riduzione delle emissioni negli anni storici. La riduzione delle emissioni negli anni di proiezione è dovuta

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

all'ulteriore incremento di efficienza termoelettrica, della quota di rinnovabili e alla progressiva eliminazione dei combustibili a più alto contenuto di carbonio;

- nel settore dei trasporti le proiezioni mostrano una diminuzione delle emissioni del 10%, ciò è dovuto all'incremento della domanda di trasporto e alla messa in atto di politiche poco incisive sullo shift modale;
- nel settore civile si nota una diminuzione delle emissioni del 16% principalmente per l'incremento dell'efficienza e per la progressiva eliminazione dei combustibili più inquinanti; anche gli stili di vita e gli andamenti delle temperature, soprattutto invernali, giocano un ruolo determinante;
- le emissioni dall'industria, per quanto riguarda i consumi energetici mostrano una notevole contrazione nel periodo 2005-2015 (circa -40%) in parte dovuta alla crisi economica e in parte alla variazione strutturale delle attività e all'incremento di efficienza dei processi produttivi. Nel periodo 2021-2030 le emissioni del settore industria rimangono pressoché costanti a fronte di una ripresa produttiva molto forte secondo le proiezioni dei driver utilizzati per l'elaborazione degli scenari; ciò implica un continuo efficientamento delle produzioni e un graduale passaggio a vettori energetici meno emissivi;
- per quanto riguarda i processi industriali e i gas fluorurati si registra un lieve incremento delle emissioni a fronte di una ripresa produttiva dovuto alla mancanza di soluzioni tecnologiche efficaci in grado di contenere le emissioni non energetiche nel breve periodo;
- le emissioni dai rifiuti mostrano un elevato tasso di riduzione dal 2021 al 2030 (-23%) principalmente dovuto alla diminuzione del conferimento dei rifiuti destinati in discarica;
- l'agricoltura presenta un andamento piuttosto stabile nel periodo 2021-2030, le misure già in essere non incidono molto sul settore le cui emissioni totali non si riducono significativamente;
- per quanto riguarda il settore LULUCF, l'anno 2022 è caratterizzato da un livello di assorbimenti molto contenuto; lo scenario di riferimento restituisce comunque un quadro con assorbimenti netti in riduzione. Questo risultato riflette un incremento emissivo dovuto all'aumento dell'incidenza degli incendi, sia nelle superfici forestate che nelle altre terre boscate.

La figura successiva mostra un focus sul peso dei diversi settori soggetti al regolamento ESR nello scenario di riferimento. È evidente dal grafico che trasporti e civile continuano ad essere i settori predominanti in termini emissivi (insieme rappresentano quasi due terzi delle emissioni) e per i quali sarà necessario adottare politiche e misure aggiuntive.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

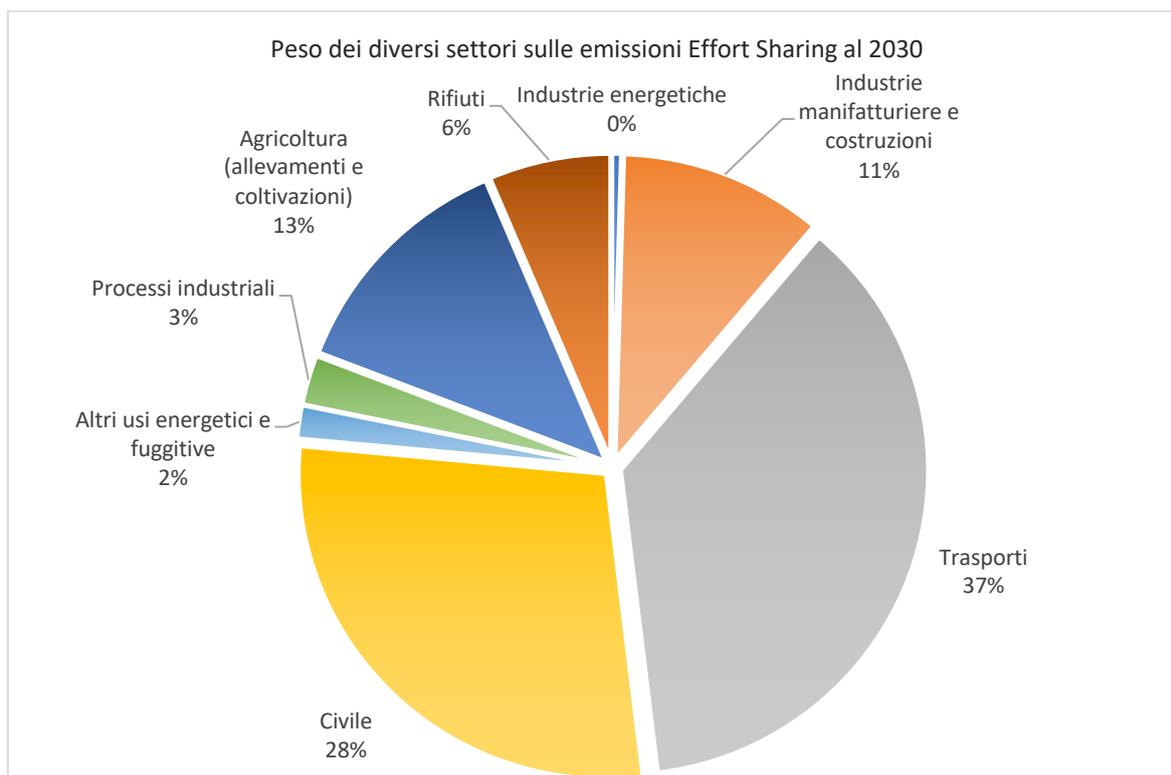


Figura 5-2 - Emissioni di gas serra per settore in percentuale sul totale Effort Sharing al 2030 nello scenario di riferimento [Fonte: ISPRA]

La tabella successiva mostra le emissioni nazionali (senza LULUCF), per tipo di gas, in termini di CO<sub>2</sub>eq. La CO<sub>2</sub> rappresenta oltre l'80% delle emissioni totali. È utile notare però che, sebbene anche gli altri gas contribuiscano a ridurre il livello di emissione totale, il loro ruolo tende a crescere progressivamente nel tempo. La riduzione di metano è dovuta soprattutto al settore dei rifiuti. La riduzione dei gas fluorurati è dovuta principalmente all'implementazione dello specifico Regolamento europeo che ne disciplina l'utilizzo.

Tabella 5-2 - Emissioni di gas serra dal 2005 al 2040, disaggregate per gas (Mt CO<sub>2</sub>eq), storiche fino al 2022 e scenario di riferimento [Fonte: ISPRA]

Emissioni di GHG, Mt CO <sub>2</sub> eq.	2005	2015	2020	2021	2022	2025	2030	2035	2040
Anidride carbonica	502	362	303	337	342	324	288	264	255
Metano	55	49	47	47	46	41	39	37	35
Protossido di azoto	26	17	18	17	16	17	17	17	16
F-gas (HFCs, PFCs, SF <sub>6</sub> , NF <sub>3</sub> )	12	14	11	10	10	8	5	3	2
TOTALE	596	443	379	411	413	390	349	320	308

## 5.2 Fonti energetiche rinnovabili

In termini di sviluppo delle FER nel periodo 2025-2040 le seguenti tabelle mostrano rispettivamente l'evoluzione a politiche attuali delle quote FER complessive e nei settori elettrico, termico e trasporti. Nell'evoluzione tendenziale al 2030 le FER contribuiscono al 26,2% dei consumi finali lordi di energia, con un

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

incremento di circa otto punti percentuali rispetto al 19,2% del 2022 (dato storico). Guardando alla prospettiva al 2040 la quota FER cresce ulteriormente arrivando al 31,4%.

Tabella 5-3: Quota FER totale 2025-2040 con politiche vigenti e confronto il 2022 (ktep) [Fonte: RSE]

	2022	2025	2030	2040
<b>Numeratore - Energia da FER</b>	<b>22.568</b>	<b>25.770</b>	<b>30.632</b>	<b>36.985</b>
Produzione lorda di energia elettrica da FER	10.370	12.255	15.066	20.088
Consumi finali FER per riscaldamento e raffrescamento	10.626	11.394	12.545	13.394
Consumi finali di FER nei trasporti	1.573	2.122	3.021	3.503
<b>Denominatore - Consumi finali lordi complessivi</b>	<b>117.448</b>	<b>117.343</b>	<b>116.987</b>	<b>117.751</b>
<b>Quota FER complessiva (%)</b>	<b>19,2%</b>	<b>22,0%</b>	<b>26,2%</b>	<b>31,4%</b>

### Settore elettrico

A politiche vigenti, si prevede che il contributo nel settore elettrico raggiunga 15,1 Mtep al 2030 di generazione lorda da FER, pari a 175 TWh (al netto della quota di circa 1 TWh destinata alla produzione di idrogeno verde). Al 2030 si raggiunge una copertura del 53,2% dei consumi interni lordi di energia elettrica con energia rinnovabile rispetto al 37,1% del 2022 (dato storico). Analizzando le singole fonti, il significativo potenziale residuo tecnicamente ed economicamente sfruttabile e la riduzione dei costi di fotovoltaico ed eolico prospettano, per queste tecnologie una crescita anche a politiche attuali. Sempre nello stesso orizzonte temporale è considerata una crescita della produzione geotermica e una stabilizzazione della produzione da idroelettrico mentre si rileva una riduzione significativa delle bioenergie, sia per l'ipotesi di assenza di regimi di incentivazione specifici per queste tipologie di fonti nello scenario a politiche attuali, sia per la competizione con la produzione di biometano promossa dal PNRR. In prospettiva 2040 la quota di FER elettriche cresce fino al 68,8%

Tabella 5-4: Quota FER nel settore elettrico 2025-2040 con politiche vigenti e confronto con il 2022 (TWh) [Fonte: RSE]

	2022	2025	2030	2040
<b>Produzione rinnovabile lorda<sup>(1)</sup></b>	<b>120,6</b>	<b>142,5</b>	<b>175,2</b>	<b>233,6</b>
Idrica (normalizzata)	48,1	47,5	46,9	46,9
Eolica (normalizzata)	21,0	27,8	43,4	69,8
Geotermica	5,8	7,3	7,7	7,7
Bioenergie <sup>(2)</sup>	17,5	13,9	10,1	9,7
Solare	28,1	46,0	67,2	99,6
<b>Denominatore - Consumi Interni Lordi di energia elettrica</b>	<b>325,1</b>	<b>327,0</b>	<b>329,6</b>	<b>339,5</b>
<b>Quota FER-E (%)</b>	<b>37,1%</b>	<b>43,6%</b>	<b>53,2%</b>	<b>68,8%</b>

(1) al netto della quota destinata alla produzione di idrogeno verde con elettrolizzatori

(2) compresa la quota FER da rifiuti. Si considerano solo le produzioni da materie prime che rispettano i requisiti di sostenibilità.

### Settore termico

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Anche il settore termico riveste un ruolo importante nella evoluzione a politiche correnti delle rinnovabili: in termini assoluti si prevede, infatti, il raggiungimento di circa 12,5 Mtep di FER al 2030. La crescita è legata all'incremento della componente rinnovabile delle pompe di calore annuali e a un maggiore ricorso a impianti solari termici, geotermici e a bioenergie<sup>35</sup>. Al 2030 la quota di FER termiche raggiunge il 24,3% contro il 20,6% del 2022 (dato storico). In prospettiva 2040 la quota di FER termiche cresce fino al 26,1%.

Tabella 5-5 - Quota FER nel settore termico 2025-2040 con politiche vigenti e confronto con il 2022 (ktep) [Fonte: RSE]

	2022	2025	2030	2040
<b>Numeratore</b>	<b>10.626</b>	<b>11.394</b>	<b>12.545</b>	<b>13.394</b>
Produzione lorda di calore derivato da FER	373	410	416	476
Consumi finali FER per riscaldamento	10.252	10.984	12.129	12.919
di cui bioenergie <sup>(1)</sup>	6.827	7.410	7.939	7.937
di cui solare	263	348	503	503
di cui geotermico	110	137	137	137
di cui energia ambiente da pdc	3.052	3.078	3.539	4.329
di cui idrogeno	0	12	12	12
<b>Denominatore - Consumi Finali Lordi nel settore termico</b>	<b>51.538</b>	<b>52.489</b>	<b>51.598</b>	<b>51.382</b>
<b>Quota FER-C (%)</b>	<b>20,6%</b>	<b>21,7%</b>	<b>24,3%</b>	<b>26,1%</b>

(1) Incluso consumo di biometano

### Settore trasporti

La direttiva RED III, approvata a livello comunitario nel 2023, ma non ancora recepita nella legislazione nazionale, cambia i metodi di calcolo della quota FER trasporti rispetto ai criteri impostati nella precedente direttiva RED II. Viene attribuito un maggior peso all'idrogeno, ma complessivamente rende più sfidante raggiungere gli obiettivi, dato che nei consumi finali lordi vengono inclusi i consumi di tutti i segmenti dei trasporti, incluse la navigazione e l'aviazione internazionale. La quota di FER nel settore trasporti secondo RED III si attesta al 15,4% al 2030, principalmente per la crescita di biometano avanzato, biocarburanti ed energia elettrica su strada, e cresce fino al 19,2% al 2040, complice anche una maggiore penetrazione dell'idrogeno.

Tabella 5-6 - Quota FER nel settore trasporti 2025-2040 con politiche vigenti e confronto con il 2022 - criteri di calcolo impostati secondo le regole della Direttiva RED III (ktep) [Fonte: RSE]

<sup>35</sup> Incluso biometano e biogas

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

	coeff. RED III	2022	2025	2030	2040
<b>Numeratore - Energia da FER</b>		<b>3.477</b>	<b>4.751</b>	<b>6.868</b>	<b>8.964</b>
Biocarburanti double counting avanzati	2	433	514	770	871
Biocarburanti double counting non avanzati	2	858	948	1.118	1.165
Biocarburanti single counting	1	98	172	335	466
Biometano single counting	1	5	-	-	-
Biometano double counting avanzato	2	180	478	759	887
Quota rinnovabile energia elettrica su strada	4	19	59	140	387
Quota rinnovabile energia elettrica su rotaia	1,5	178	208	265	373
Quota rinn. energia elettrica su altre modalità	1	90	96	122	156
Idrogeno da fonti rinnovabili	2	0	9	40	114
<b>Denominatore - Consumi finali lordi nei trasporti*</b>		<b>43.642</b>	<b>43.105</b>	<b>44.712</b>	<b>46.602</b>
<b>Quota FER-T (%)</b>		<b>8,0%</b>	<b>11,0%</b>	<b>15,4%</b>	<b>19,2%</b>

(\*) La direttiva RED III considera l'intero settore dei trasporti inclusa la navigazione internazionale e l'aviazione internazionale.

Eolico offshore

Nel 2022 è stato inaugurato in Italia il primo parco eolico offshore. *“Situato al largo di Taranto, nel Mar Ionio, ha una capacità di 30 MW – un valore inferiore rispetto agli impianti già in funzione nell'Europa settentrionale, ma non trascurabile a livello locale: per 25 anni produrrà oltre 58.000 MWh annui di elettricità, di cui almeno il 10% destinato al porto di Taranto, uno dei principali del Mediterraneo”.*  
<https://www.enelgreenpower.com/it/learning-hub/energie-rinnovabili/energia-eolica/parco-eolico-offshore>)

Dall'eolico offshore è atteso un rilevante contributo nel mix energetico, come testimoniato dall'elevato numero di richieste di autorizzazione in corso sul sito del MASE.

Un parco eolico offshore è un impianto di produzione di energia elettrica che usa turbine eoliche poste in mare aperto che si possono suddividere in due grandi categorie a seconda della tecnica adottata, ovvero in pale eoliche fissate al fondale marino oppure pale poste su piattaforme galleggianti (floating), più adatta in alto mare.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

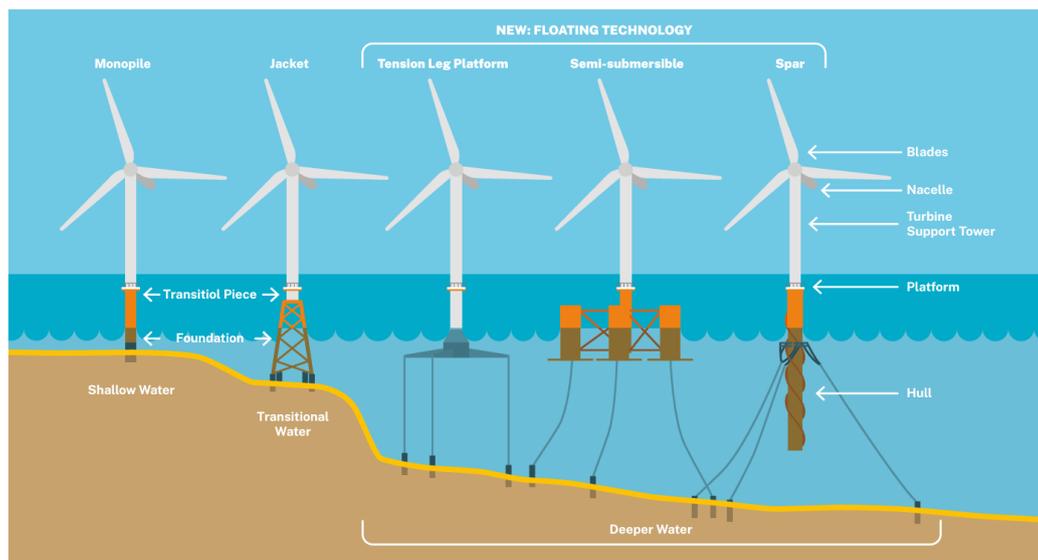


Figura 5-3: Le principali tipologie di turbine eoliche offshore. Fonte: Bureau of Safety and Environmental Enforcement, 2024. Tratto da: *Eolico Offshore Galleggiante: OPPORTUNITÀ NEL PERCORSO DI DECARBONIZZAZIONE E RICADUTE INDUSTRIALI PER L'ITALIA*. The European House – Ambrosetti, Renantis, BlueFloat, Acciaierie D'Italia, Fincantieri (<https://www.ambrosetti.eu/search/?search=eolico>)

Il funzionamento di un parco eolico offshore è analogo a quello dei parchi sulla terraferma: l'elettricità è generata da turbine azionate dalla rotazione delle lame, a loro volta mosse dal vento.

L'elettricità prodotta da un impianto eolico offshore viene trasportata sulla terraferma tramite cavi sottomarini e poi smistata nella rete di distribuzione. (<https://www.enelgreenpower.com/it/learning-hub/energie-rinnovabili/energia-eolica/parco-eolico-offshore>)

Il fattore vento rappresenta pertanto un elemento dirimente nella selezione del sito di installazione (Figura 5-4), come dimostrato dalla distribuzione degli impianti eolici onshore.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

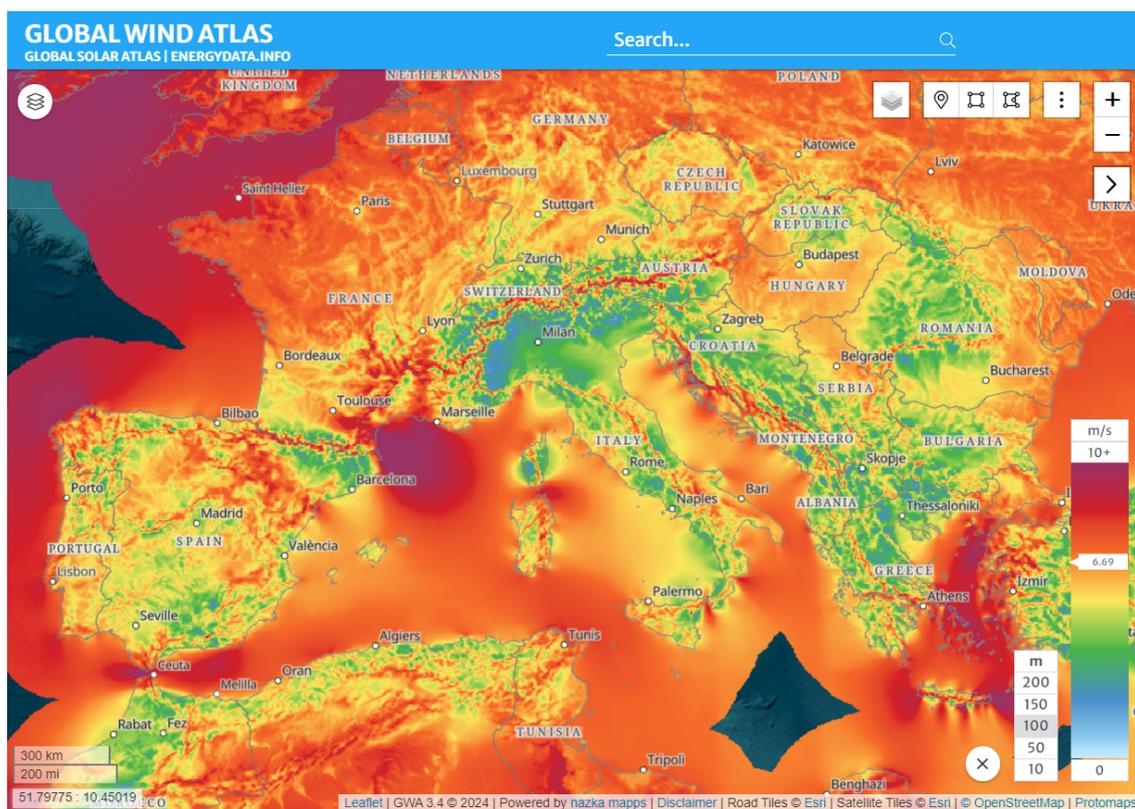


Figura 5-4: Carta della velocità del vento, altezza 100m (<https://globalwindatlas.info/en>)

Al fine di definire il numero di procedure attualmente in corso presso il Ministero dell'ambiente e della Sicurezza energetica, è stato consultato il portale “Valutazioni e Autorizzazioni Ambientali: VAS - VIA – AIA” (<https://va.mite.gov.it/it-IT>) ricercando come tipologia di opera gli “Impianti eolici offshore”.

The screenshot shows the search interface of the 'Valutazioni e Autorizzazioni Ambientali: VAS - VIA - AIA' portal. The page has a dark header with the logo of the Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica and the text 'VALUTAZIONI E AUTORIZZAZIONI AMBIENTALI: VAS - VIA - AIA'. Below the header, there is a navigation menu with links for HOME, RICERCA, PROCEDURE, DATI E STRUMENTI, COMUNICAZIONE, COLLEGAMENTI, and CONTATTI. The main content area is titled 'Progetti - VIA: Ricerca' and contains several search filters: 'Ricerca libera' with a search bar and radio buttons for 'Progetti' and 'Documenti'; 'Ricerca per procedura' with a search bar for 'Codice procedura (ID\_VIP)'; 'Ricerca per tipologia di opera' with a dropdown menu for 'Procedura' and a search bar; and 'Ricerca territoriale' with a dropdown menu for 'Territorio/Area marina' and a search bar.

Come riportato nella Tabella 5-7, al **31/07/2024**, sul portale “Valutazioni e Autorizzazioni Ambientali: VAS - VIA – AIA” risultano **n. 102 procedure in corso** per impianti eolici off-shore; come risulta evidente nella figura ZZZ, nel 2022 e 2023 si osserva l'avvio del maggior numero di procedure relative ad impianti eolici offshore.

Tra il 2006 e 2019 sono state avviate n. 15 procedure, per una delle quali è stata realizzata l'opera.

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

Tabella 5-7: Numero di procedure in corso e anno di avvio.

Procedure in corso al 31/07/2024 "eolico off-shore"	Tot	Anno													
		2024	2023	2022	2021	2020	2019	2015	2013	2012	2010	2009	2008	2006	
<b>Valutazione Impatto Ambientale</b>	<b>102</b>														
Valutazione preliminare	1					1									
Verifica di Assoggettabilità a VIA	1							1							
Definizione contenuti SIA (Scoping)	17	1	4	9	1	1	1								
Valutazione Impatto Ambientale	9								1	1	1	2	4	2	
Verifica di Ottemperanza	1														
Definizione contenuti SIA (PNIEC-PNRR)	59	2	32	22	3										
Valutazione Impatto Ambientale (PNIEC-PNRR)	10	6	4												
Provvedimento Unico in materia Ambientale (PNIEC-PNRR)	4	2	1	1	1										

(*)	<b>unico impianto offshore realizzato</b>
	<b>Verifica ottemperanza dell’unico impianto realizzato</b>



Figura 5-5: Numero di procedure per anno relative agli impianti eolici off-shore.

Nella Tabella 5-8, viene riportato il numero di procedure suddiviso per regione; le regioni caratterizzate da maggiore ventosità sono anche quelle caratterizzate dal maggior numero di procedure in corso (Puglia, Sardegna e Sicilia).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Tabella 5-8: Numero di procedure per impianti eolici offshore suddiviso per regione.

Regione	N. procedure in corso
Abruzzo	1
Calabria	5
Emilia-Romagna	2
Lazio	8
Liguria/Toscana	1
Molise	1
Puglia	31
Puglia/Basilicata	1
Sardegna	26
Sicilia	26

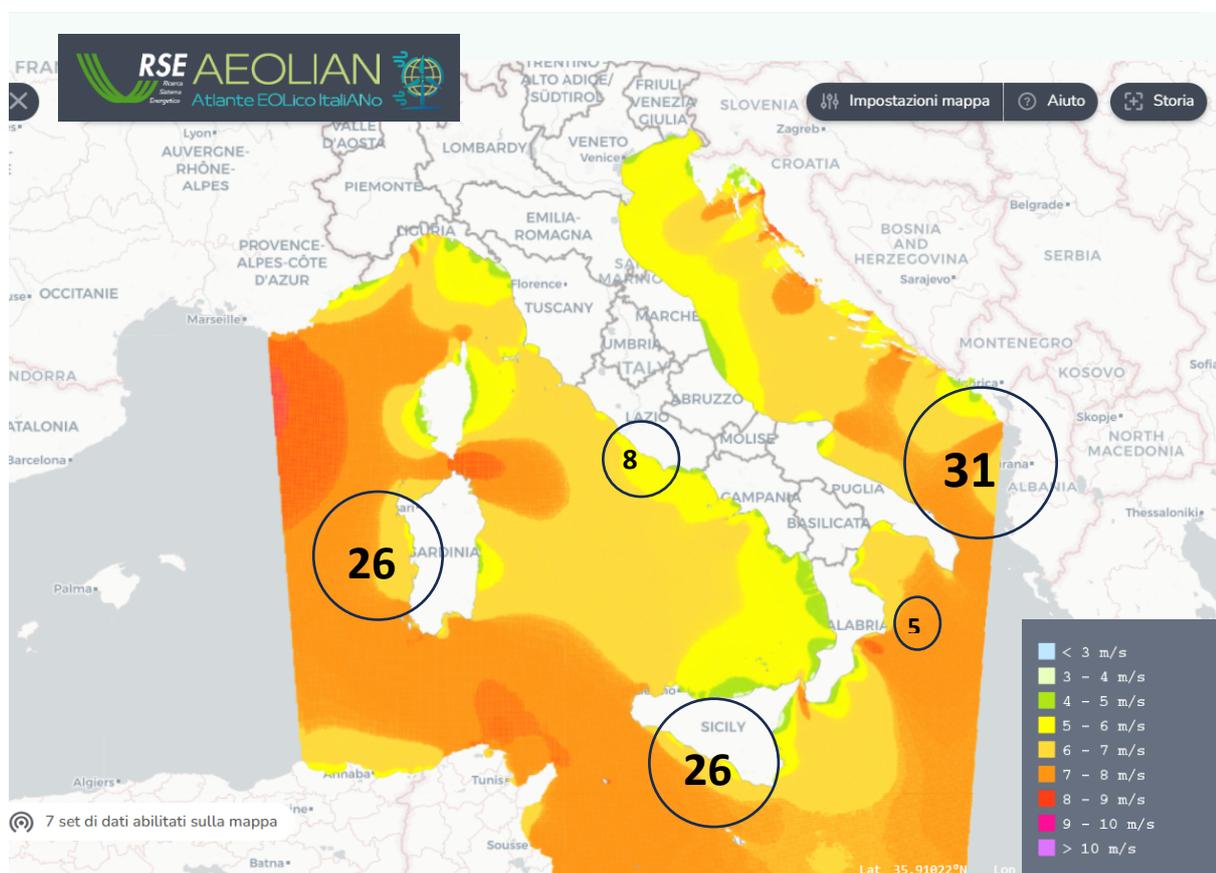


Figura 5-6: Numero di procedure per impianti eolici offshore suddiviso per regione

Base cartografica costituita da una raccolta che contiene le mappe di velocità del vento espresse in m/s calcolate come media annua su 30 anni di dati a diverse altezze. In particolare, queste elaborazioni derivano dalla nuova banca dati anemologica italiana costituita da 30 anni di dati a passo temporale orario e spaziale di 1.4 km, utilizzando il modello meteorologico Weather Research and Forecasting (WRF) combinato con un post-processing statistico basato su Analog Ensemble (AnEn). Fonte: Ricerca sul Sistema Energetico - RSE SpA <https://atlanteolico.rse-web.it/>

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

**5.3 Risorse energetiche**

Nelle tabelle seguenti sono riportate le proiezioni relative a produzione, importazioni nette di prodotti energetici e dipendenza energetica nel periodo 2025-2040 a politiche attuali.

Nel medio e lungo termine emerge, in termini di mix energetico, il ruolo maggiormente significativo delle FER a discapito delle contribuzioni delle altre fonti, che pure si associa a una diminuzione della disponibilità energetica lorda<sup>36</sup>.

Con riferimento alla produzione nazionale, si segnala un incremento complessivo dovuto esclusivamente all'apporto delle FER (+33% nel 2040 rispetto ai livelli del 2025, pari a +10 Mtep prodotti, principalmente per effetto delle tecnologie fotovoltaiche ed eoliche).

Quanto alle importazioni, la contrazione è confermata nel medio e lungo periodo per tutti i tipi di prodotti energetici, fatta eccezione per le FER, che in ogni caso rappresentano una parte residuale delle importazioni nette totali. In particolare, si osserva una riduzione rilevante per i volumi relativi al gas naturale (-11 Mtep importati al 2040 rispetto al 2025, corrispondenti a una variazione negativa del 20%).

In conseguenza alle dinamiche di importazioni e produzione interna per tipo di fonte e prodotto, la dipendenza energetica cala nel lungo termine, passando dal 74,5% nel 2025, al 71,2% nel 2030 e al 68,0% nel 2040.

Tabella 5-9 - Risorse energetiche interne, proiezioni 2025-2040, scenario di riferimento (ktep)

	2025	2030	2040
<b>Produzione nazionale</b>	<b>37.664</b>	<b>41.438</b>	<b>45.074</b>
Solidi	-	-	-
Prodotti petroliferi	3.961	3.530	2.803
Gas naturale	2.548	2.299	803
Rinnovabili*	31.155	35.609	41.468

\*Include i biocarburanti per trasporto, il biometano, l'energia ambiente e la quota dei rifiuti non rinnovabili

Tabella 5-10- Importazioni nette, proiezioni 2025-2040, scenario di riferimento (ktep)

	2025	2030	2040
<b>Importazioni nette</b>	<b>110.112</b>	<b>102.506</b>	<b>95.642</b>
Solidi	3.410	2.647	2.648
Greggio e prodotti petroliferi	47.884	46.403	45.992
Gas naturale	53.691	48.197	42.938
Energia elettrica	3.712	3.715	2.260
Rinnovabili*	1.415	1.544	1.804

\* Include i biocarburanti per trasporto.

Tabella 5-11- Dipendenza energetica, proiezioni 2025-2040, scenario di riferimento (%)

<sup>36</sup> La disponibilità energetica lorda è calcolata come somma della produzione nazionale, importazioni nette, variazioni delle scorte e prodotti sottoposti a riciclaggio e a recupero.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

	2025	2030	2040
<b>Dipendenza energetica</b>	74.5%	71.2%	68.0%

#### 5.4 Proiezioni climatiche future

In riferimento agli scenari climatici futuri si fa riferimento ai contenuti del quadro climatico riportato nel Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici<sup>37</sup>, nel quale le analisi relative al trentennio climatologico 1981-2010 sono state utilizzate come base conoscitiva utile per l'interpretazione delle proiezioni climatiche future.

Le caratteristiche del clima (sia in termini di valori medi che di estremi) vengono descritte attraverso il popolamento di 27 indicatori climatici, 2 dei quali sono riferiti alle aree marine, messi in relazione con specifici pericoli climatici quali: aumento delle temperature, impatti sulla domanda energetica, dissesto geoidrologico, siccità, desertificazione, ondate di caldo, ondate di freddo, tempeste di vento, incendi, disagio termico.

Tali indicatori sono stati calcolati sia per il periodo di riferimento, 1981-2010, che per le proiezioni future: nel periodo di riferimento sono riportati come valori medi, mentre per le proiezioni sono riportati in termini di variazione tra il periodo futuro selezionato e quello di riferimento, utilizzando differenti scenari di emissione e diversi modelli climatici.

Per la definizione del clima sul periodo di riferimento è stato utilizzato il dataset grigliato di osservazioni E-OBS<sup>38</sup>, alla risoluzione di circa 12 km, scelto perché rende disponibile il maggior numero di variabili spazializzate sul territorio nazionale.

Le mappe dei valori medi stagionali, nel trentennio 1981-2010, della precipitazione totale e della temperatura media sono rappresentate nella Figura 5-7. Per quanto riguarda la precipitazione totale, nella penisola italiana si registrano i valori più alti durante la stagione autunnale soprattutto in Liguria e Friuli-Venezia Giulia; le aree geografiche del Sud - Italia e le Isole, invece risultano, in particolare nella stagione estiva, le meno piovose. In termini di temperatura media i valori più bassi si registrano in tutte le stagioni lungo le catene montuose delle Alpi e degli Appennini. La forte differenza orografica è messa in luce nella stagione estiva dalla distribuzione dei valori della temperatura media.

Oltre ai valori medi della precipitazione cumulata e della temperatura media, sono stati calcolati sul periodo di riferimento 1981-2010 i valori medi annuali/stagionali di diversi indicatori climatici, utili a comprendere l'evoluzione di specifici pericoli climatici. La Figura 5-8 riporta la distribuzione spaziale, relativamente al periodo di riferimento 1981-2010, degli indicatori ritenuti più rilevanti anche in relazione alla loro rappresentatività dei pericoli climatici attesi. Nella penisola i valori massimi degli indici di siccità (in termini di occorrenza percentuale della classe di siccità estrema) vengono registrati nelle aree a nord-ovest della nazione e i valori tendono a diminuire muovendosi verso sud. I massimi valori della precipitazione giornaliera sono stati registrati in Liguria, al confine tra Emilia-Romagna e Toscana, e in Friuli-Venezia Giulia al confine con la Slovenia; queste aree, insieme all'arco alpino piemontese risultano essere anche quelle che mediamente nel periodo di riferimento hanno registrato il maggior numero di giorni con precipitazioni superiore a 20 mm.

Il nord-est italiano presenta, nel periodo di riferimento, i valori maggiori dell'indice di durata dei periodi di caldo.

Per la precipitazione cumulata, l'autunno è la stagione con accumuli maggiori sulle tre aree geografiche (Nord Est, Nord Ovest e Centro), mentre l'inverno risulta essere la più piovosa per il Sud e le Isole.

<sup>37</sup> <https://www.mase.gov.it/pagina/piano-nazionale-di-adattamento-ai-cambiamenti-climatici>

<sup>38</sup> versione 25 attualmente disponibile sulla piattaforma C3S di Copernicus

(<https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/insitu-gridded-observations-europe?tab=overview>)

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Le aree di Centro e Nord Italia sono quelle dove i valori di precipitazione, sia in termini di accumuli che di eventi intensi, sono maggiori, in contrapposizione alle temperature che seguono l'andamento opposto. Nonostante i valori maggiori di precipitazione totale media annuale, le aree geografiche del Nord-Est e Nord-Ovest sono quelle che hanno registrato le percentuali di siccità più alte, con una dispersione areale di pochi punti percentuali.

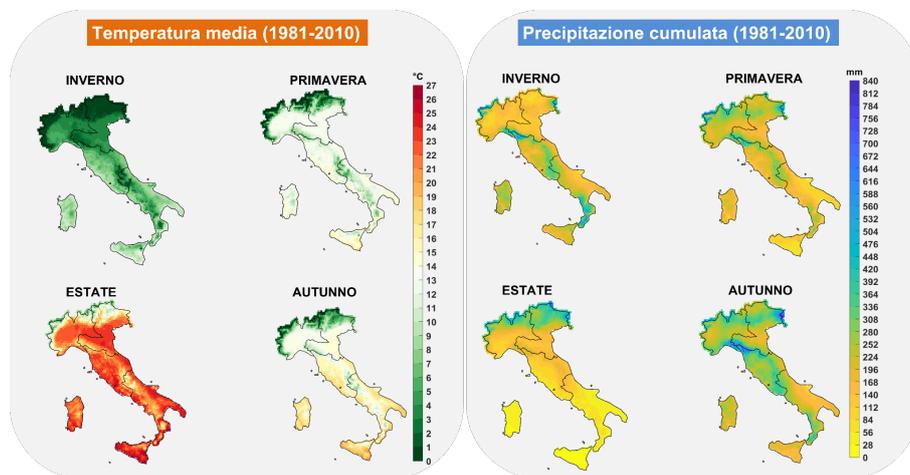


Figura 5-7: Valori medi stagionali delle temperature medie e delle precipitazioni cumulate su periodo di riferimento 1981-2010 a partire dal dataset grigliato E-OBS v25. Fonte: elaborazioni Fondazione CMCC.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

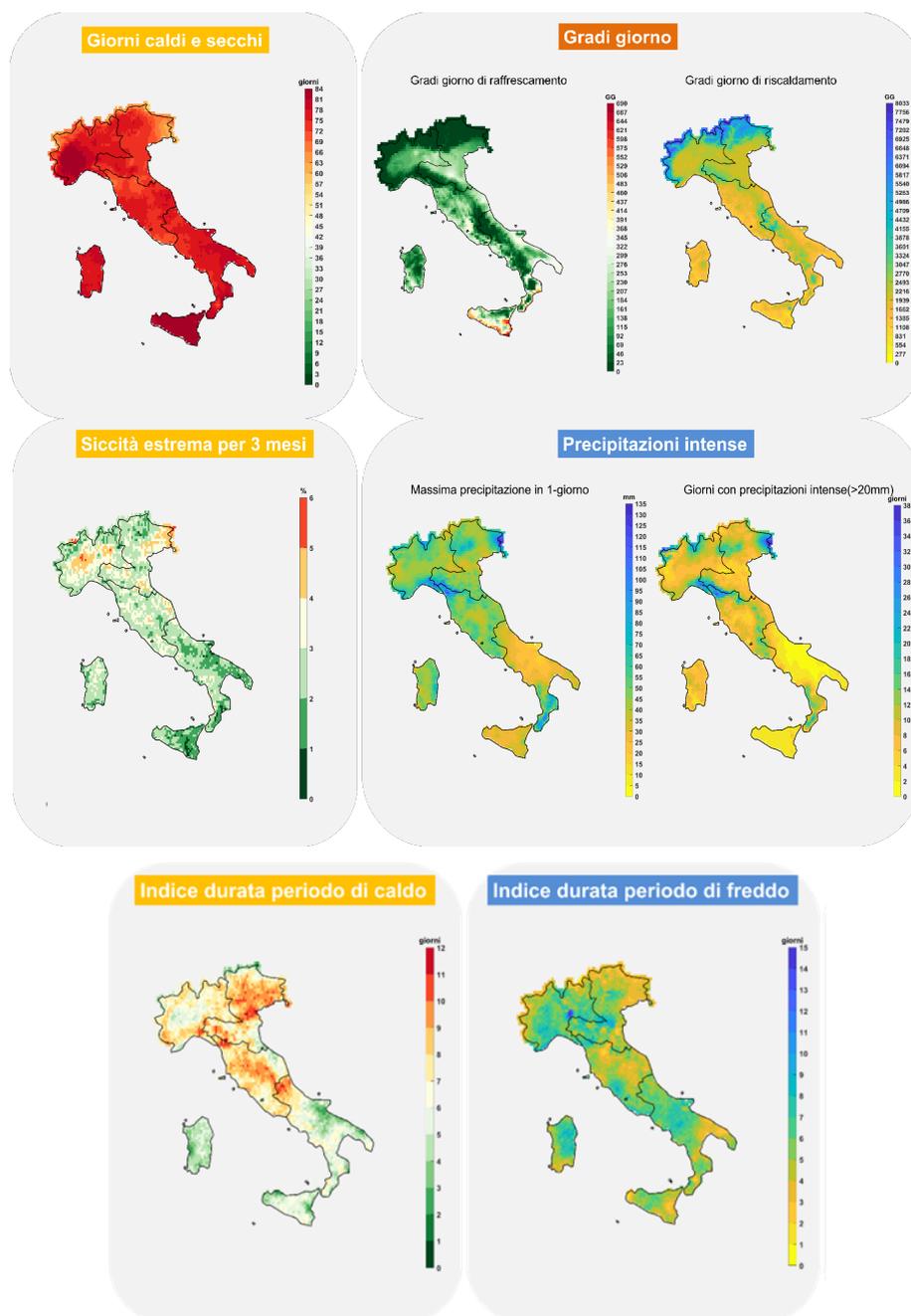


Figura 5-8: Mappe di alcuni degli indicatori climatici<sup>39</sup> analizzati sul periodo di riferimento 1981-2010 a partire dal dataset grigliato E-OBS v25. Fonte: elaborazioni Fondazione CMCC.

<sup>39</sup> - Giorni caldi – secchi: numero di giorni con Tmedia maggiore del 75° percentile e con precipitazione minore del 25° percentile della distribuzione del periodo di riferimento.

- Gradi giorni di riscaldamento (HDD): somma delle differenze tra la soglia di 18°C e Tmedia giornaliera (se minore di 15°C).
- Gradi giorni di raffreddamento (CDD): somma delle differenze tra la Tmedia giornaliera (se maggiore di 24°C) e la soglia di 21°C.
- Precipitazioni intense: precipitazione massima giornaliera (RX1DAY), numero di giorni con precipitazione superiore a 20 mm (R20).
- Siccità estrema per 3 mesi (SPI3): Indice standardizzato di precipitazione per periodi di 3 mesi (percentuale dell'occorrenza della classe "estremamente asciutto" dell'indice SPI3 calcolato su un periodo di 3 mesi).
- Indice di durata dei periodi di caldo (WSDI): numero di giorni l'anno con Tmax maggiore del 90° percentile della distribuzione nel periodo di riferimento per almeno 6 giorni consecutivi.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Le variazioni climatiche attese sono relative al trentennio centrato sull'anno 2050 (2036-2065), rispetto al periodo 1981-2010, considerando tre diversi scenari di emissione IPCC: RCP8.5, RCP4.5, RCP2.6. Tali variazioni sono state calcolate a partire da un ensemble di 14 modelli climatici disponibili nell'ambito del programma EURO-CORDEX alla maggior risoluzione (circa 12 km) disponibile sulla piattaforma Copernicus<sup>40</sup>. L'utilizzo di questo insieme di modelli climatici ha permesso di valutare non solo il valore medio (denominato "ensemble mean" e ritenuto in letteratura il valore più affidabile), ottenuto a partire dai valori dei singoli modelli che rappresentano l'ensemble, ma anche la dispersione dei singoli modelli intorno a questo valore medio (incertezza). Il calcolo della dispersione è molto importante per una valutazione dell'accordo tra i modelli nella valutazione dell'indicatore e permette di stimare l'incertezza associata al segnale climatico. Nel seguito, la dispersione verrà quantificata attraverso il calcolo della deviazione standard: in altre parole, per ogni punto del dominio, quanto più è basso il valore di deviazione standard tanto più elevato è l'accordo tra i modelli climatici dell'ensemble EURO-CORDEX. Per ciascun indicatore analizzato, dunque, sono state calcolate le variazioni medie attese in futuro, corredate dall'informazione relativa all'incertezza, per ciascuno scenario di emissione considerato. In particolare, gli scenari IPCC considerati nella presente analisi sono:

- RCP8.5 ("Business-as-usual") – crescita delle emissioni ai ritmi attuali. Assume, entro il 2100, concentrazioni atmosferiche di CO<sub>2</sub> triplicate o quadruplicate (840-1120 ppm) rispetto ai livelli preindustriali (280 ppm). Lo scenario RCP 8.5 risulta caratterizzato dal verificarsi di un consumo intensivo di combustibili fossili e dalla mancata adozione di qualsiasi politica di mitigazione con un conseguente innalzamento della temperatura globale pari a +4-5°C rispetto ai livelli preindustriali atteso per la fine del secolo
- RCP4.5 ("Forte mitigazione") – assumono la messa in atto di alcune iniziative per controllare le emissioni. Sono considerati scenari di stabilizzazione: entro il 2070 le emissioni di CO<sub>2</sub> scendono al di sotto dei livelli attuali (400 ppm) e la concentrazione atmosferica si stabilizza, entro la fine del secolo, a circa il doppio dei livelli preindustriali. In RCP6.0, le emissioni di CO<sub>2</sub> continuano a crescere fino a circa il 2080; le concentrazioni impiegano più tempo a stabilizzarsi e sono circa il 25% superiori rispetto ai valori di RCP4.5.
- RCP2.6 ("Mitigazione aggressiva") – emissioni dimezzate entro il 2050. Assume strategie di mitigazione 'aggressive' per cui le emissioni di gas serra iniziano a diminuire dopo circa un decennio e si avvicinano allo zero più o meno in 60 anni a partire da oggi. Secondo questo scenario è improbabile che si superino i 2°C di aumento della temperatura media globale rispetto ai livelli preindustriali. L'incremento di temperatura coerente con questo scenario è di circa 3 gradi a fine secolo (rispetto ai livelli preindustriali, circa 2°C rispetto ad oggi).

Gli incrementi della temperatura associati a ciascuno dei tre scenari presentati, è relativo a valori medi validi a livello globale, mentre per il territorio italiano sono leggermente superiori, come si evince dalle elaborazioni proposte in Figura 5-5 (che prendono come riferimento il periodo 1976-2005). Per quanto riguarda la temperatura media, entro il 2100 è attesa mediamente sull'area italiana una crescita con valori compresi tra 1° C (secondo lo scenario RCP2.6) e 5°C secondo lo scenario RCP8.5. Nella Figura 5-9 è stato utilizzato il test di Mann-Kendall<sup>41</sup>, con un livello di confidenza del 95% per valutare la significatività statistica del trend di crescita dell'anomalia di temperatura calcolata a partire dai modelli EURO-CORDEX. I trend risultano statisticamente significativi per tutti e tre gli scenari IPCC considerati (nella Figura 5-5 i trend statisticamente significativi sono individuati da un asterisco).

---

-- Indice di durata dei periodi di freddo (CSDI): numero di giorni l'anno con T<sub>min</sub> minore del 10° percentile della distribuzione nel periodo di riferimento per almeno 6 giorni consecutivi.

<sup>40</sup> [https://surfobs.climate.copernicus.eu/dataaccess/access\\_eobs.php](https://surfobs.climate.copernicus.eu/dataaccess/access_eobs.php)

<sup>41</sup> Kendall, M.G. (1975). Rank Correlation Methods. 4th Edition, Charles Griffin, London

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

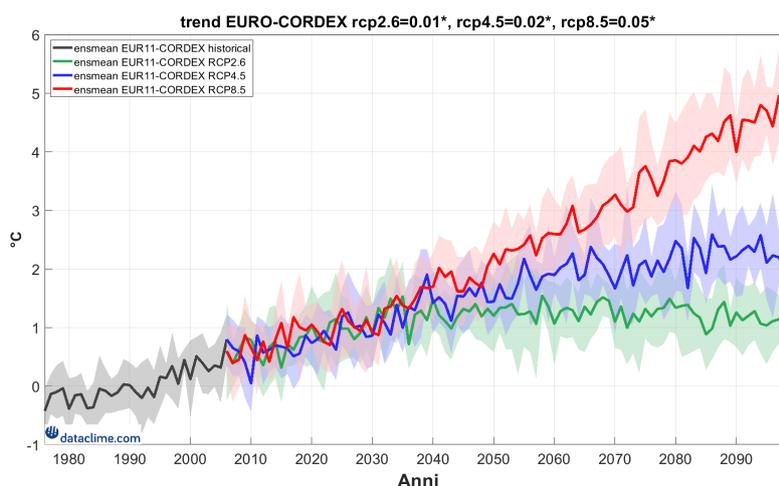


Figura 5-9: Anomalie annuali di temperatura media (°C) su scala nazionale ottenute a partire dai modelli EURO-CORDEX, considerando il periodo storico (in grigio) e gli scenari RCP8.5 (in rosso), RCP4.5 (in blu) e RCP2.6 (in verde). Le anomalie annuali sono calcolate rispetto al valore medio del periodo di riferimento 1976-2005. La linea spessa scura indica la proiezione climatica media (ensemble mean), calcolata mediando i valori annuali di tutte le simulazioni considerate per ogni scenario di concentrazione; le aree ombreggiate rappresentano il range ottenuto sommando e sottraendo all'ensemble mean la deviazione standard dei valori simulati dai modelli e forniscono una misurazione dell'incertezza delle proiezioni. Fonte: Elaborazioni Fondazione CMCC.

La Figura 5-10 riporta le variazioni annuali per la precipitazione totale e la temperatura media su scala annuale, insieme alla stima dell'incertezza. Tale analisi evidenzia un generale aumento delle temperature per tutti gli scenari considerati (RCP 2.6, RCP 4.5, RCP8.5), più pronunciato considerando lo scenario RCP 8.5, con incrementi superiori ai 2°C.

Per quanto riguarda le precipitazioni, invece, le proiezioni indicano per il sud Italia, in particolare per lo scenario RCP8.5, una diminuzione delle precipitazioni complessive annue. Nello specifico, lo scenario RCP 8.5 proietta una generale riduzione nel sud Italia e in Sardegna (fino al 20% nel 2050s<sup>42</sup>) e un aumento nelle aree geografiche Nord-Ovest e Nord-Est. Lo scenario RCP 2.6 proietta un aumento rilevante delle precipitazioni sul nord Italia e una lieve riduzione al sud. In generale, la stima delle variazioni di precipitazione, sia in senso spaziale che temporale, è più incerta di quella delle variazioni della temperatura essendo le precipitazioni già soggette a forti variazioni naturali (MATTM, SNACC, Rapporto sullo stato delle conoscenze, 2014). Come mostrato in Figura 5-6, si osserva infatti una maggiore dispersione (espressa in termini di deviazione standard) intorno ai valori medi per le variazioni di precipitazione rispetto a quelle di temperatura. Tali incertezze appaiono particolarmente pronunciate nel nord Italia, secondo lo scenario RCP2.6.

<sup>42</sup> si intende il trentennio centrato intorno al 2050 ovvero 2036-2065 su cui è stata eseguita l'analisi.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

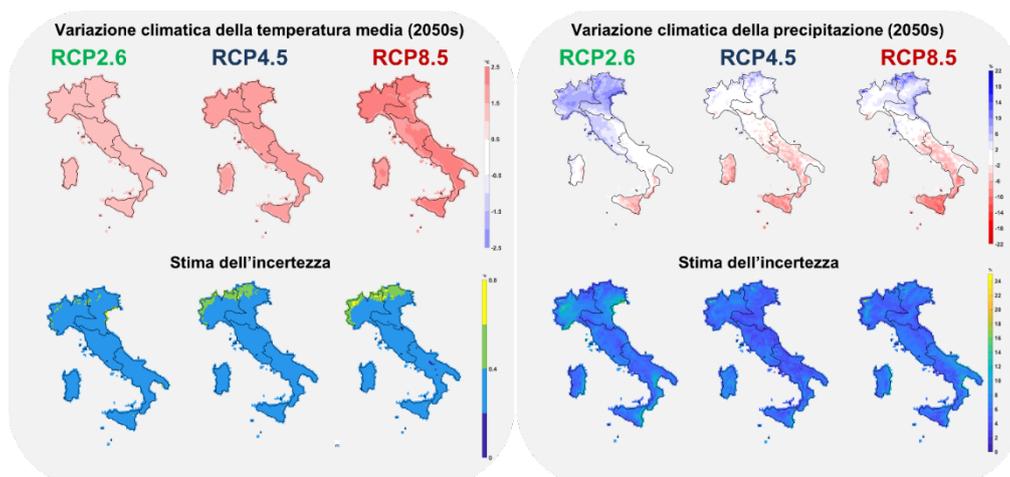


Figura 5-10: Variazioni climatiche annuali delle temperature medie e delle precipitazioni cumulate medie per il periodo 2036-2065 (2050s), rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, per gli scenari RCP 2.6, RCP 4.5 e RCP8.5. I valori sono espressi in termini di media (ensemble mean) e deviazione standard (dispersione attorno al valore medio) calcolati sull'insieme delle proiezioni dei modelli climatici regionali disponibili nell'ambito del programma EURO-CORDEX.

In Figura 5-11 sono riportate a titolo esemplificativo alcune delle mappe più rilevanti (in termini di variazione attesa) per alcuni degli indicatori climatici considerati.

Per quanto riguarda gli impatti sulla domanda energetica, si evince una generale riduzione, in particolare nelle aree montane, dei gradi giorno di riscaldamento (HDDs) e un generale aumento dei gradi giorno di raffreddamento (CDDs) per le aree pianeggianti e costiere. Tali variazioni, più marcate considerando lo scenario RCP8.5, comportano una ridotta esigenza di energia necessaria per il riscaldamento degli ambienti e un incremento della richiesta di energia per il loro raffreddamento, in particolare nella stagione estiva, a causa dell'aumento della frequenza e dell'intensità delle ondate di caldo.

Infatti, è da attendersi un aumento generalizzato del pericolo legato alle ondate di caldo, contrariamente ad una generale riduzione dei fenomeni di ondata di freddo sull'intero territorio nazionale soprattutto nello scenario RCP 8.5. Per lo stesso scenario è inoltre atteso un significativo aumento del pericolo incendi, fino al 20% in particolare sugli Appennini e sulle Alpi.

Per quanto riguarda il dissesto geo-idrologico, sono state valutate diverse caratteristiche delle precipitazioni intense e dalle analisi si evince un generale incremento sia dei cumuli giornalieri sia dell'intensità e della frequenza degli eventi estremi di precipitazione, specialmente per lo scenario RCP 8.5, ed in particolar modo per le aree del centro-nord. Questo aspetto denota un potenziale aumento del pericolo per fenomeni di frane meteo-indotte e fenomeni di alluvioni che tuttavia necessita di essere studiato con maggior dettaglio locale grazie a modelli di impatto accoppiati a modelli di pericolo.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

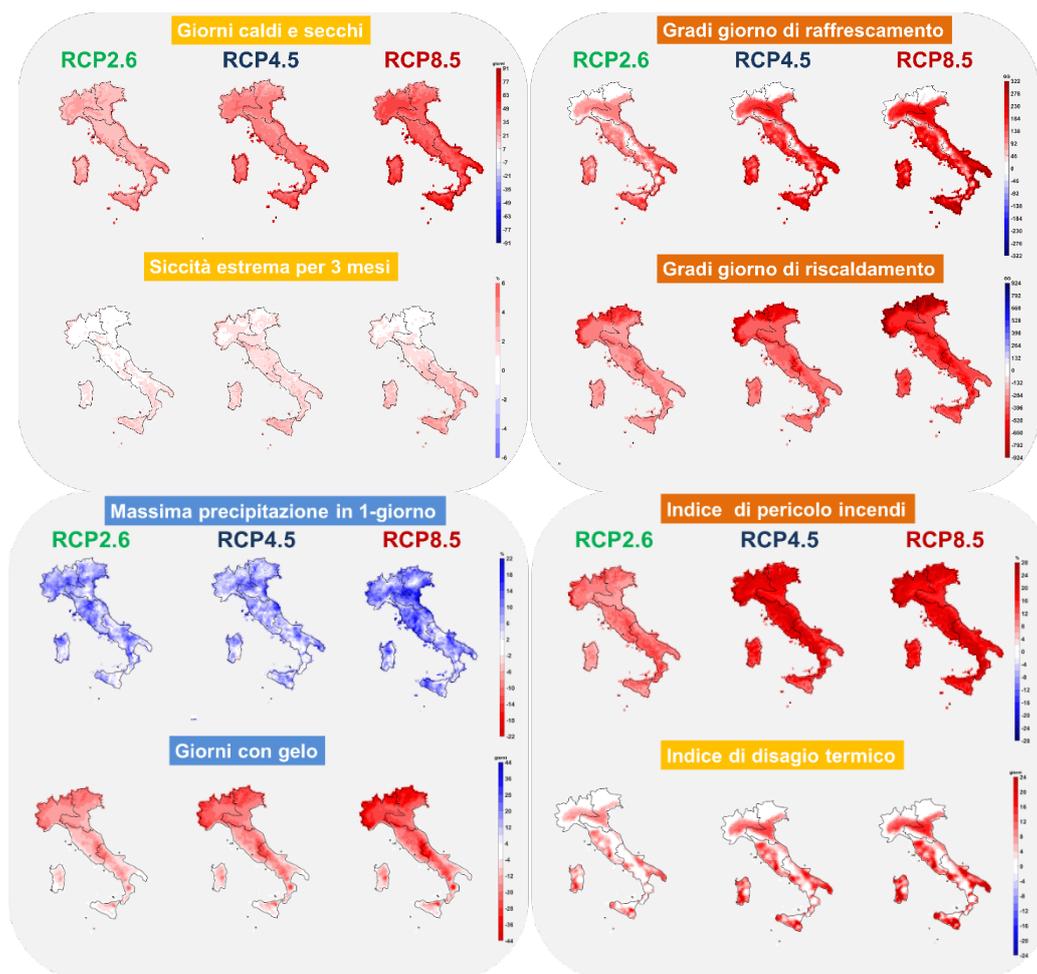


Figura 5-11: Variazioni climatiche annuali (ensemble mean) per alcuni degli indicatori climatici<sup>43</sup> analizzati per il periodo 2036-2065 (2050s), rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, per gli scenari RCP 2.6, RCP 4.5 e RCP8.5. Fonte: Elaborazioni Fondazione CMCC.

Relativamente alla siccità, questa viene valutata mediante l'indice SPI<sup>44</sup> considerando diverse finestre temporali per i cumuli di precipitazione (3 mesi, 6 mesi, 9 mesi, 12 mesi e 24 mesi). Tale indice, a seconda dell'arco temporale considerato, può fornire indicazioni su impatti a medio e a lungo termine (impatti prevalentemente agronomici sulla durata di 3-6 mesi, impatti di tipo prevalentemente idrologico e socioeconomico sulla durata 12-24 mesi). Per tutte le scale temporali considerate, è da attendersi un incremento del numero di episodi di siccità severa ed estrema (in termini di variazione dell'occorrenza rispetto al periodo climatologico), in particolare per lo scenario RCP8.5 nel sud Italia (incluso le isole).

Per la valutazione degli altri pericoli climatici analizzati si rimanda al PNACC e alle relative mappe degli indicatori elaborati disponibili sulla Piattaforma nazionale sull'adattamento ai cambiamenti climatici: <https://climadat.isprambiente.it/pnacc/dati-indicatori-mappe-pnacc/>.

<sup>43</sup> FWI - Indice di pericolo incendio (basato su velocità massima del vento, umidità relativa, precipitazione cumulata, temperatura). *Indice di disagio termico (Humidex5)*: misura del calore percepito che risulta dall'effetto combinato dell'umidità e della temperatura – (Categoria 5: numero di giorni per anno nel quale l'indice humidex è maggiore di 45°C).

<sup>44</sup> McKee, T.B., Doesken, N.J., and Kleist, J., 1993: The relationship of drought frequency and duration of time scales. In Proc. of Eighth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, January 17–23, 1993, Anaheim CA.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

**5.5 Consumo di suolo**

Fare una valutazione degli scenari di trasformazione del territorio italiano non è semplice, in quanto va considerato un complesso sistema di obiettivi, politiche e azioni a diverso livello<sup>45</sup> che riguardano la tutela del suolo e del territorio. Alla luce dei nuovi dati di consumo di suolo (Munafò, 2023) si potrebbe stimare, nel caso in cui la velocità di trasformazione dovesse confermarsi pari a quella attuale anche nei prossimi anni, il nuovo consumo di suolo, che sarebbe pari a 1.981 km<sup>2</sup> tra il 2022 e il 2050 e a 566 km<sup>2</sup> se l'azzeramento fosse anticipato al 2030. Se invece si dovesse tornare alla velocità media registrata nel periodo 2006-2012, si sfiorerebbero i 3.000 km<sup>2</sup>. Nel caso in cui si attuasse una progressiva riduzione della velocità di trasformazione, ipotizzata nel 15% ogni triennio, si avrebbe un incremento delle aree artificiali di 379 km<sup>2</sup>, prima dell'azzeramento al 2030, o di 851 km<sup>2</sup>, prima dell'azzeramento al 2050. Sono tutti valori molto lontani dagli obiettivi di sostenibilità dell'Agenda 2030 che, sulla base delle attuali previsioni demografiche, imporrebbero addirittura un saldo negativo del consumo di suolo.

In particolare, per gli impianti fotovoltaici a terra che, tra le tecnologie e i vettori energetici in attuazione del PNIEC rappresentano quelle più impattanti sul tema uso del territorio, sulla base dello scenario al 2030 previsto dal Piano, si stima (Rapporto "Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici" – SNPA edizione 2023) preliminarmente un incremento di consumo di suolo di 340 Km<sup>2</sup> per la realizzazione di circa 19 GW di potenza a terra. (considerando la ripartizione pari al 34% circa a terra e al 66% non a terra). Nell'ipotesi estrema in cui tutta la nuova potenza prevista per raggiungere gli obiettivi al 2030 (circa 55 GW a partire dalla potenza installata al 2022 pari a circa 25 GW) venisse installata a terra si potrebbero consumare fino a 990 km<sup>2</sup> di suolo.

Per ulteriori dati e informazioni e approfondimenti correlati alle previsioni delle pressioni che l'attuazione delle misure del PNIEC potranno esercitare sul territorio si rimanda al capitolo 4 della proposta di PNIEC in particolare con riferimento alle esigenze di capacità di trasmissione di energia elettrica e quindi di ampliamento della RTN fino al 2040. I paragrafi 4.5.1 (*Esigenze di incremento della capacità di trasmissione con l'estero*) e 4.5.2 (*Proiezioni delle esigenze di ampliamento della RTN almeno fino al 2040*) riportano elementi a supporto delle valutazioni.

**5.6 Richieste di connessioni alla RTN**

Il raggiungimento degli obiettivi di decarbonizzazione, in particolare dei target al 2030 di quota di capacità rinnovabile necessaria a coprire il 65% dei consumi finali del settore elettrico, deve prendere in considerazione le richieste di connessione alla rete elettrica per impianti rinnovabili. In tal senso, a supporto anche dell'analisi di un potenziale scenario previsionale di distribuzione territoriale di potenza rinnovabile installata, possono essere considerati i dati relativi alle richieste di connessione suddivise per fonte (fotovoltaico o eolico, on-shore e off-shore) effettuate da proponenti di progetti di produzione di EE presenti sul portale Terna (<https://www.terna.it/it/sistema-elettrico/rete/econnexion>).

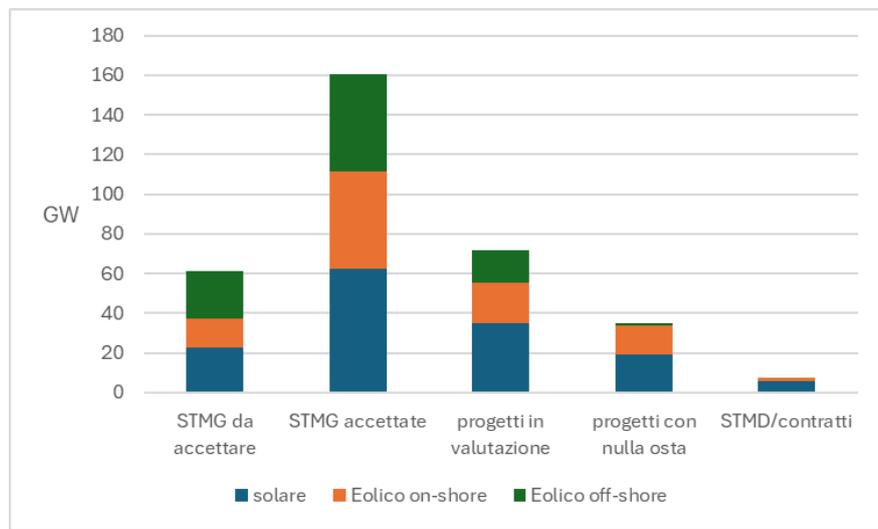
Al 31 marzo 2024 sono presenti 5678 pratiche per un totale di 336,38 GW di potenza (impianti mediamente di circa 59 MW) ripartiti tra solare, eolico on-shore e eolico off-shore rispettivamente: 43% (144,84 GW), 30%

---

<sup>45</sup> Strategia europea per il suolo e gli orientamenti comunitari  
Agenda Globale per lo sviluppo sostenibile e gli obiettivi per la tutela del suolo e del territorio  
Tutela dell'ambiente nella Costituzione italiana  
Strategia Nazionale per la Biodiversità al 2030  
Strategia Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile  
Piano per la transizione ecologica  
Fondo nazionale per il contrasto al consumo di suolo

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

(101,14 GW) e 27% (90,41 GW). La ripartizione della potenza per fonte e stato delle pratiche è riportata nel grafico seguente.



STMG: Soluzione Tecnica Minima Generale

Figura 5-12: Richieste di connessione per fonte (GW) e stato pratiche al 31/03/2024. Fonte Terna

Le seguenti mappe rappresentano la distribuzione a livello comunale delle richieste per fonte energetica.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

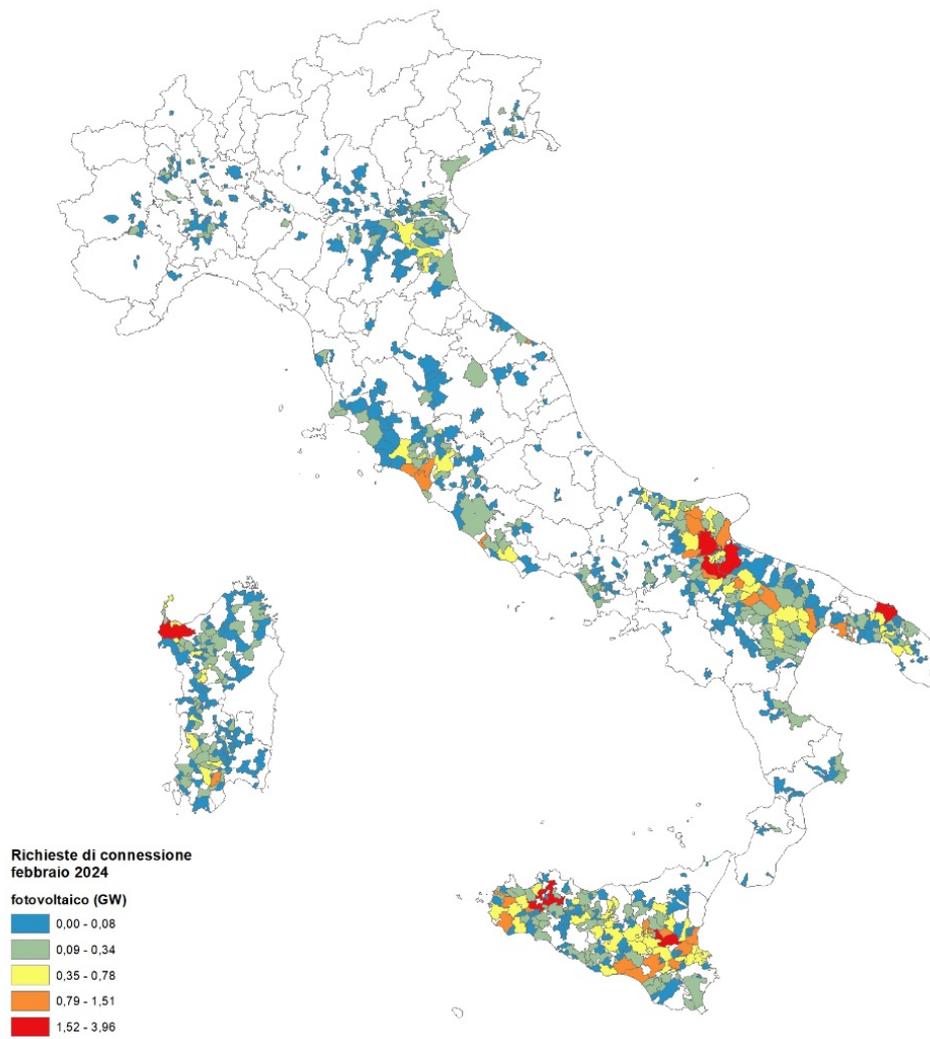


Figura 5-13: Richieste di connessione su base comunale per solare fotovoltaico – febbraio 2024. Elaborazione ISPRA su dati TERNA

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

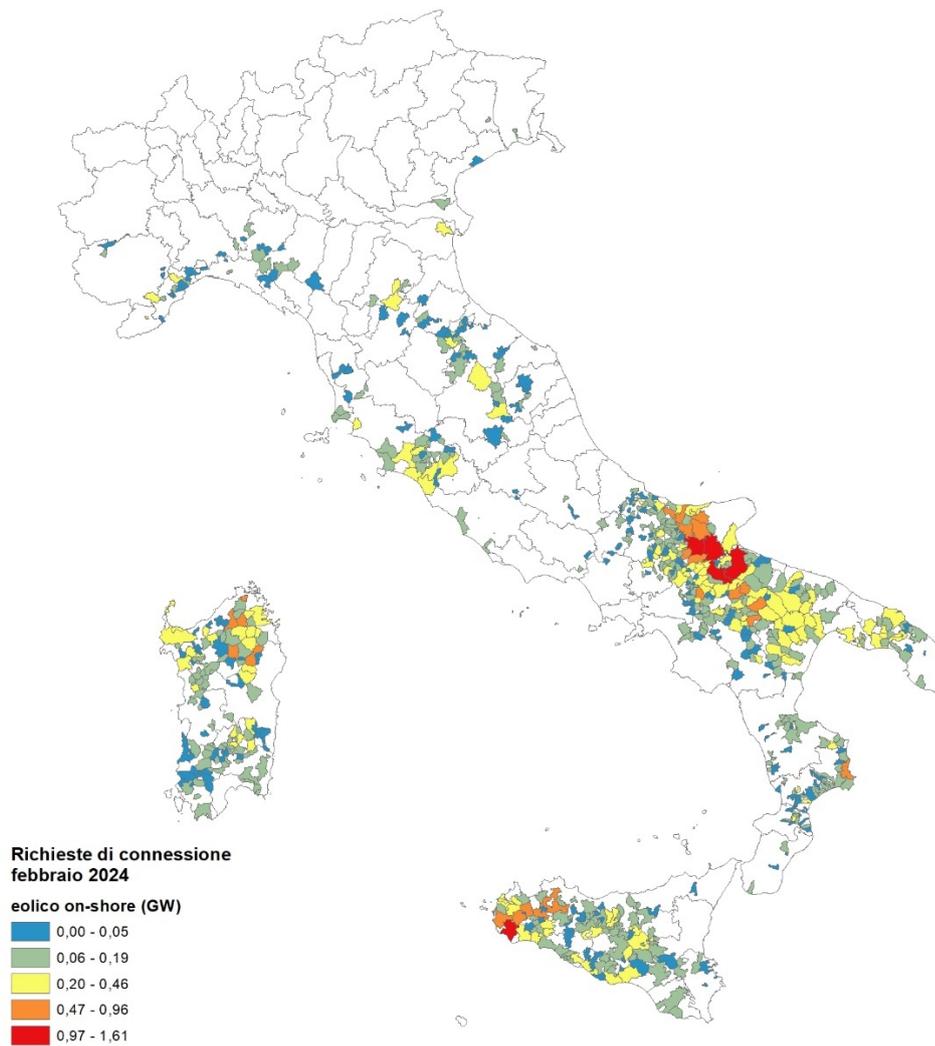


Figura 5-14: Richieste di connessione su base comunale per eolico on-shore – febbraio 2024. Elaborazione ISPRA su dati TERNA

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

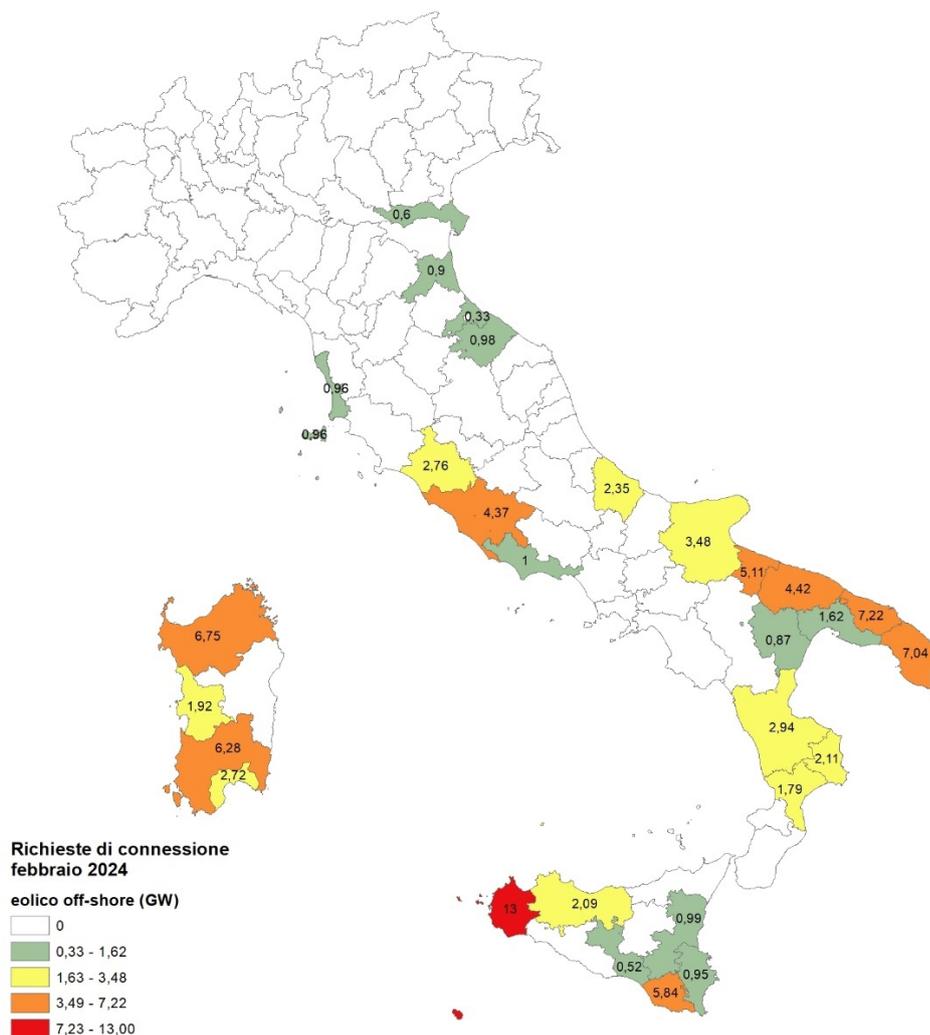


Figura 5-15: Richieste di connessione su base provinciale per eolico off-shore – febbraio 2024. Elaborazione ISPRA su dati TERNA

Con il PIANO INDUSTRIALE 2024-2028 (approvato a marzo 2024), Terna ha previsto una significativa crescita degli investimenti, i più alti mai registrati nella storia del Gruppo, che nell'arco di Piano saranno pari complessivamente a 16,5 miliardi di euro, +65% rispetto all'ultimo Piano, di cui 2,6 miliardi di euro nel 2024. L'obiettivo è di abilitare il sistema elettrico italiano per la transizione energetica e per raggiungere gli obiettivi del Green Deal europeo e del Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC) in tema di decarbonizzazione.

Terna ha altresì previsto uno stanziamento di circa 2 miliardi di euro in digitalizzazione e innovazione, al fine di realizzare una transizione energetica e una contestuale transizione digitale che la accompagni e la sostenga (Twin Transition). La trasformazione digitale coinvolgerà anche i sistemi di gestione della rete, nonché il controllo della catena di approvvigionamento e l'efficienza delle persone del Gruppo.

Terna ha pianificato tale investimento per rafforzare ed espandere la rete di trasmissione, nonché per sviluppare la capacità di interconnessione con l'estero, al fine di garantire una crescente sicurezza, resilienza ed efficienza del sistema anche di fronte a una sempre maggiore integrazione di energia da fonti rinnovabili.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Gli interventi previsti nel Piano 2024-2028 di Terna sono *legati alla realizzazione di linee in corrente continua e alla costruzione di collegamenti in cavo sottomarino, alla risoluzione delle congestioni di rete, all'incremento della capacità di trasporto tra le diverse zone di mercato, all'integrazione delle fonti rinnovabili e al miglioramento della qualità del servizio* (<https://www.terna.it/it/media/comunicati-stampa/dettaglio/piano-industriale-2024-2028-risultati-31-dicembre-2023>).

Terna nel *Piano di Sviluppo della Rete 2023* descrive *gli obiettivi e i criteri in cui si articola il processo di pianificazione della rete elettrica di trasmissione nazionale, nel contesto nazionale ed europeo*, introducendo il progetto della rete **Hypergrid**, che sfrutterà le tecnologie della trasmissione dell'energia in corrente continua (HVDC, High Voltage Direct Current).

Complessivamente, *Terna realizzerà un'imponente operazione di ammodernamento di elettrodotti già esistenti sulle dorsali est e ovest del Paese, fino alle regioni del Sud e le isole, accompagnata da nuovi collegamenti sottomarini a 500 kV*. (<https://www.terna.it/it/sistema-elettrico/programmazione-territoriale-efficiente/piano-sviluppo-rete>)

Per il progetto Hypergrid, *lo scenario energetico di riferimento è caratterizzato da una crescita significativa delle FER sul territorio nazionale e in particolare nella zona Sud e nelle Isole dove sono maggiormente concentrate le richieste di connessione (sia on-shore che off-shore), mentre le previsioni di evoluzione del carico confermano la concentrazione dei carichi nella zona Nord/Centro Nord del Paese. Questo accentuerà l'attuale condizione di esercizio elettrico e del mercato che vede la zona Nord del paese alimentata da flussi di potenza rilevante da Sud, Isole e interconnessioni con l'estero*.

Pertanto, *lo sviluppo delle infrastrutture di rete deve necessariamente essere orientato a garantire l'integrazione efficiente delle energie rinnovabili in forte crescita nonché a creare le condizioni ottimali per il raggiungimento degli obiettivi di decarbonizzazione, in linea con lo scenario previsto di sviluppo delle FER*.

La nuova rete Hypergrid è articolata in cinque dorsali che includono le diverse porzioni della futura rete DC (Figura 5-16):

1. L' HVDC Milano – Montalto;
2. I Central Link;
3. La Dorsale Sarda che comprende l' HVDC Fiumesanto – Montalto (Sapei 2) e il Sardinian Link;
4. La Dorsale Ionica - Tirrenica che comprende l' HVDC Priolo - Rossano - Montecorvino - Latina;
5. La Dorsale Adriatica che include i collegamenti HVDC previsti da Foggia a Forlì.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

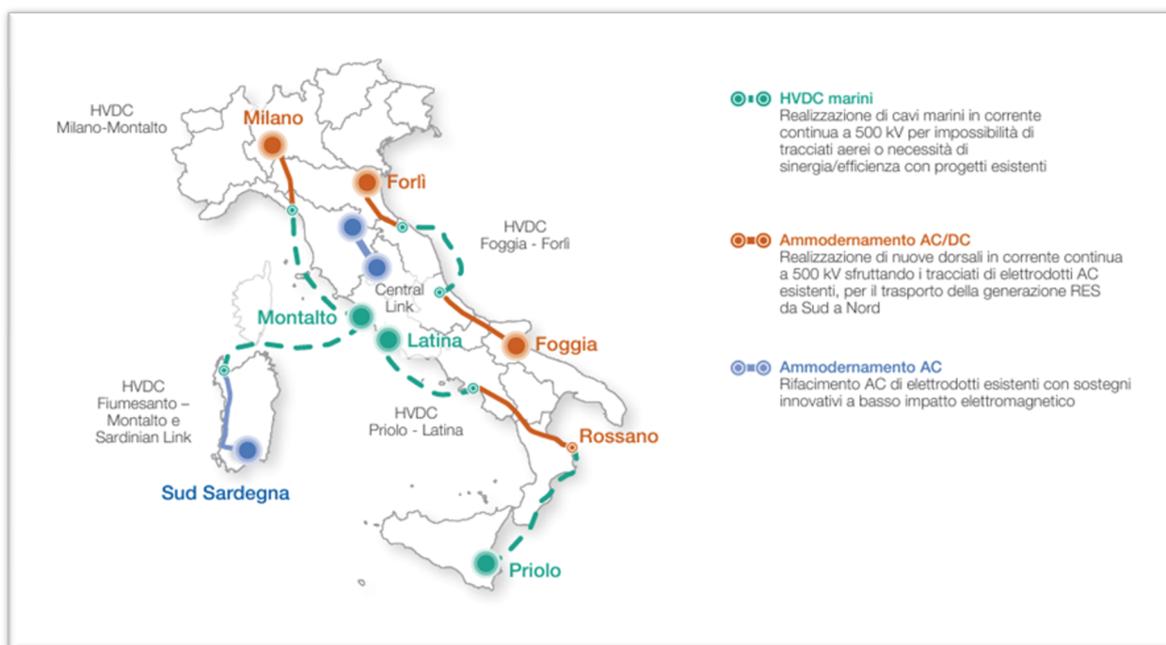


Figura 5-16: I nuovi interventi Hypergrid (tratto da Piano Sviluppo 2023 - Progetto Hypergrid necessità Sviluppo infrastrutturale. <https://www.terna.it/>).

La rete Hypergrid è inoltre stata pianificata e articolata in sinergia e in coordinamento con gli interventi già pianificati o esistenti, sia **HVDC** (Tyrrhenian Link<sup>46,47</sup>, Adriatic Link<sup>48</sup>, SA.CO.I.3<sup>49</sup>, SA.PEI<sup>50</sup>) che **HVAC** (Elettrodotti 380 kV Bolano – Annunziata<sup>51</sup>, Montecorvino – Benevento<sup>52</sup> e Foggia – Gissi<sup>53</sup>).

L'architettura di rete complessiva del Piano di Sviluppo 2023, sulla base della quale *i nuovi interventi Hypergrid del Piano di Sviluppo 2023 nascono con l'obiettivo di creare sinergia con le opere di sviluppo già pianificate (nel PdS 2021 e precedenti) e con le infrastrutture esistenti*, è rappresentata nella Figura 5-17, dove, inoltre, è rappresentata l'architettura di rete nell'orizzonte post 2032.

<sup>46</sup> Decreto direttoriale 239/EL-526/389/2023 del 5 settembre 2023. Autorizzazione a Terna S.p.A. alla costruzione e all'esercizio dell'opera elettrica denominata "**Tyrrhenian link - Collegamento West**" e opere connesse nei Comuni di Termini Imerese (PA), Quartu Sant'Elena, Maracalagonis, Sinnai, Settimo San Pietro, Quartucciu, Selargius (CA).

<sup>47</sup> Decreto n. 239/EL486/368/2022 del 19 settembre 2022. Autorizzazione a Terna S.p.A. alla costruzione e all'esercizio alla costruzione e all'esercizio dell'opera elettrica denominata "**Tyrrhenian link – Collegamento Est**" e opere connesse nei Comuni di Termini Imerese (PA), di Battipaglia e di Eboli (SA).

<sup>48</sup> Decreto Direttoriale n. 239/EL-538/398/2024 del 31 gennaio 2024. Autorizzazione, rilasciata alla società Terna S.p.A., alla costruzione ed all'esercizio del collegamento in corrente continua a 500 kV di potenza pari a 1000 MW Centro Sud/centro Nord "Adriatic Link" e opere connesse, nei Comuni di Cepagatti, Spoltore, Cappelle sul Tavo, Montesilvano e Città di Sant'Angelo, in provincia di Pescara, Regione Abruzzo e nel Comune di Fano, in provincia di Pesaro e Urbino, Regione Marche.

<sup>49</sup> SA.CO.I.3 - Rinnovo e potenziamento del collegamento HVDC Sardegna-Corsica-Italia (opere in territorio italiano. Decreto VIA:DM\_2022-0000123.

<sup>50</sup> Delibera numero 144, del 02 Dicembre 2005. Primo programma delle opere strategiche (Legge n.443/2001): Nuovo collegamento sottomarino a 500 kV in corrente continua SAPEI (SARDEGNA- PENISOLA ITALIANA).

<sup>51</sup> Procedimento autorizzativo in corso.

<sup>52</sup> Procedimento autorizzativo in corso.

<sup>53</sup> Elettrodotto aereo a 380 kV doppia terna "Gissi-Larino-Foggia". Decreto VIA: DM\_2023-0000411.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

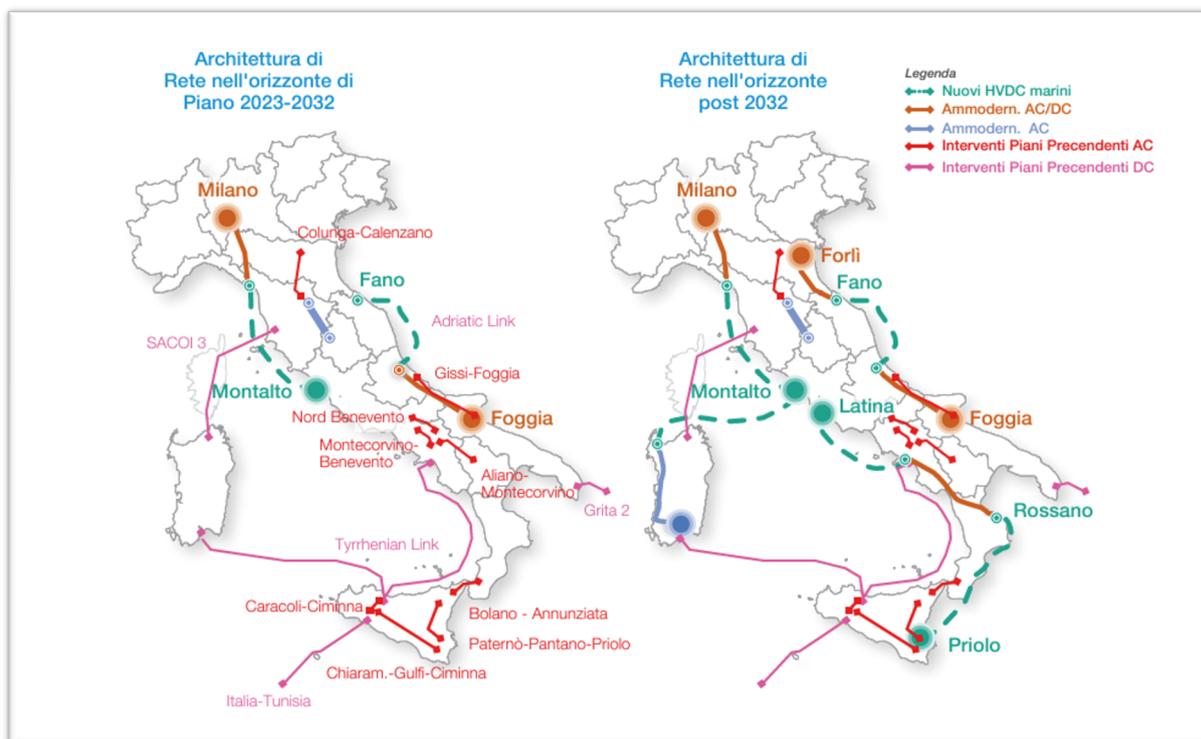


Figura 5-17- Principali interventi di rete previsti nell'orizzonte di Piano Sviluppo 2023 e post 2032 (tratto da Piano Sviluppo 2023 - Progetto Hypergrid necessità Sviluppo infrastrutturale. <https://www.terna.it/>).

Nel complesso, gli interventi di Hypergrid, integrati con i precedenti sviluppi di rete o asset esistenti, apporteranno un incremento di NTC (Net Transfer Capacity) sulle sezioni che supererà i **30 GW**, consentendo quindi di raddoppiare la capacità di scambio tra zone di mercato, passando dagli attuali **16 GW** a oltre **30 GW** (Tabella 5-12).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Tabella 5-12: Incrementi di capacità fra le zone di mercato PdS 2021 e PdS 2023 (tratto da Piano Sviluppo 2023 - Progetto Hypergrid necessità Sviluppo infrastrutturale. <https://www.terna.it/>).

CAPACITÀ PER ZONE			
ZONE	ATTUALE	PDS21	PDS23
↓ Nord > Centro Nord	4,3	5,3	7,3
↑ Centro Nord > Nord	3,1	4,5	6,5
↓ Centro Nord > Centro Sud	2,9	4,1	5,7
↑ Centro Sud > Centro Nord	2,8	4,0	6,4
↑ Centro Sud <> Nord	0,0	0,0	2,0
↓ Centro Sud > Sud	2,0	3,6	6,2
↑ Sud > Centro Sud	5,0	6,2	8,8
↑ Sicilia <> Centro Sud	0,0	1,0	1,0
↓ Sud > Calabria	1,1	2,0	4,0
↑ Calabria > Sud	2,4	3,3	5,3
↓ Centro Sud > Sardegna	0,7	0,7	1,7
↑ Sardegna > Centro Sud	0,9	0,9	1,9
↑ Sicilia <> Sardegna	0,0	1,0	1,0
↓ Calabria > Sicilia	1,5	2,0	4,0
↑ Sicilia > Calabria	1,2	2,0	4,0
↑ TOT (A SALIRE)	15,4	23	37

(Tratto da Piano Sviluppo 2023 - Progetto Hypergrid necessità Sviluppo infrastrutturale

<https://www.terna.it/it/sistema-elettrico/programmazione-territoriale-efficiente/piano-sviluppo-rete>)

### Interventi di interconnessione con l'estero

Terna ha incluso nel Piano di Sviluppo della RTN ulteriori progetti di Interconnessione, già previsti nell'edizione del 2021, attualmente autorizzati o per i quali è in corso o sarà avviata la progettazione preliminare o di dettaglio:

1. Interconnessione 220 kV tra Italia e Austria<sup>54</sup>;
2. collegamento HVDC - 200 kV denominato SA.CO.I. 3 Sardegna-Corsica-Italia Continentale<sup>55</sup>;
3. collegamento HVDC Italia – Tunisia: tale progetto è inserito in accordo al Regolamento UE 347/2013 nella lista dei Progetti di Interesse Comune (PCI); ad aprile 2022 è stata depositata presso il MASE l'istanza autorizzativa<sup>56</sup>,

<sup>54</sup> Decreto interministeriale N.239/ EL-354-280-2019 del 18 aprile 2019 - Autorizzazione dell'“interconnector” denominato “Italia- Austria”.

<sup>55</sup> SA.CO.I.3 - Rinnovo e potenziamento del collegamento HVDC Sardegna-Corsica-Italia (opere in territorio italiano. Decreto VIA:DM\_2022-0000123.

<sup>56</sup> Decreto Direttoriale n. 239/EL-532/404/2024 del 10 maggio 2024. Autorizzazione, rilasciata alla società Terna S.p.A., alla costruzione ed all'esercizio del collegamento in corrente continua a 500 kV di potenza pari a 600 MW interconnessione “Italia - Tunisia” e opere connesse, consistente nella realizzazione di un collegamento ad altissima tensione in corrente continua (HVDC), tra la stazione elettrica esistente di Partanna (TP) in Sicilia, lato Italia ed una stazione di nuova realizzazione nella penisola di Capo Bon in Tunisia e dei relativi impianti necessari per il collegamento alla rete in corrente alternata.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

4. il progetto di un nuovo collegamento HVDC tra Italia e Grecia, denominato GR.ITA. 2;
5. il progetto di interconnessione in corrente alternata sulla frontiera Svizzera connesso al più ampio progetto di Razionalizzazione della Valchiavenna.



Figura 5-18. Progetti di interconnessione pianificati da Terna (tratto da Piano Sviluppo 2023 - Progetto Hypergrid necessità Sviluppo infrastrutturale. <https://www.terna.it/>).

Nel Piano Sviluppo 2023, Terna conferma i possibili progetti di interconnessione, finanziati da soggetti privati selezionati, quali:

1. frontiera Italia-Francia: uno dei due moduli di conversione con annessa linea in cavo dell'interconnessione HVDC Piossasco-Grand'Île (entrato in esercizio il 7 novembre 2022);
2. frontiera Italia- Austria: interconnessione in cavo 220 kV Nauders (AT) – Glorenza (IT);
3. frontiera Italia-Slovenia: interconnessione – Italia-Slovenia – Ottimizzazione rete esistente 380/220 kV.

#### Ulteriori progetti di interconnessione allo studio

Di seguito si riporta una sintesi dei progetti allo studio atti ad incrementare la capacità di trasporto con le diverse frontiere della penisola:

1. Frontiera Nord-Est: in sinergia con le infrastrutture per il trasporto ferroviario della Galleria di Base del Brennero, sono in corso le valutazioni e gli studi per la realizzazione di una nuova interconnessione tra Italia e Austria;
2. Frontiera Nord-Ovest: sono in fase di studio, congiuntamente con il gestore di rete francese RTE, nuove opportunità di interconnessione di medio e lungo termine tra l'Italia e la regione Sud-Ovest della Francia;

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

3. Frontiera Nord Africa: sono allo studio ulteriori possibilità di interconnessione con i Paesi del Nord Africa (ad es. l'Algeria).

Principali progetti di interconnessione merchant line<sup>57</sup>

Nel Piano Sviluppo 2023, Terna riporta anche i progetti di interconnessione proposti da soggetti non titolari di concessioni di trasporto e distribuzione di energia elettrica<sup>58</sup>, che possono essere oggetto di richiesta di esenzione ai sensi del Decreto del Ministro delle Attività Produttive 21 ottobre 2005 o del Regolamento (CE) n. 943/2019.

Nella Tabella 5-13 sono elencate le iniziative Merchant Line per le quali è stata richiesta la connessione sulla rete in alta tensione gestita da Terna.

Tabella 5-13: Progetti di interconnessione pianificati e sviluppati su iniziative private (tratto da Piano Sviluppo 2023 - Progetto Hypergrid necessità Sviluppo infrastrutturale. <https://www.terna.it/>).

FRONTIERA	PROGETTO	SOCIETÀ	AC/DC	TENSIONE [kV]	POTENZA [MW]
Italia-Tunisia	Montalto-Rejim Maatoug	NUR POWER ITALY SRL	DC	500	2000
Italia-Svizzera	Mese-Castasegna	MERA	AC	220	250
Italia-Svizzera <sup>59</sup>	Verderio-Sils	GREENCONNECTOR SRL	DC	400	1000
Italia-Francia	Cesana-Briançon	ENEL PRODUZIONE SPA	AC	132	150
Italia-Svizzera	Mese-Castasegna	ENEL PRODUZIONE SPA	AC	132	100
Italia-Slovenia	Redipuglia-Vrtojba	ADRIA LINK	AC	110	150
Italia-Austria	Somplago-Wurmlach	ALPE ADRIA ENERGIA SPA	AC	220	300
Italia Malta	Ragusa Maghtab	ENEMALTA PLC	AC	220	500
Italia-Austria	Prati di Vizze -Steinach	MEMC SPA	AC	132	80

Relativamente ai progetti sopra elencati, ARERA con la delibera 674/2018/1/EEL "Valutazione dello schema di Piano decennale di Sviluppo della Rete di Trasmissione Nazionale 2018" individua come prioritari i progetti merchant lines che sono inclusi nella lista PCI o hanno già ricevuto un'esenzione da disposizioni del Regolamento (CE) 943/2019:

1. interconnessione DC 400 kV Verderio (IT) - Sils (CH), inclusa nell'elenco dei progetti PCI che interessano l'Italia;

<sup>57</sup> Decreto 21 ottobre 2005 del Ministero delle Attività Produttive. Modalità e criteri per il rilascio dell'esenzione dalla disciplina del diritto di accesso dei terzi alle nuove linee elettriche di interconnessione con i sistemi elettrici di altri Stati. ([GU Serie Generale n.256 del 03-11-2005](#))

<sup>58</sup> Articolo 1 quinquies, comma 6, del decreto legge 29 agosto 2003, n. 239, come convertito dalla legge 27 ottobre 2003, n. 290.

<sup>59</sup> Decreto n. 239/EL-117/214/2014-PU del 26 agosto 2022. Rinnovo della pubblica utilità del progetto definitivo presentato della Greenconnector S.r.l. per la costruzione e l'esercizio del collegamento (merchant line) in corrente continua a 400 kV -1000 MW tra la stazione elettrica di "Verderio", a Verderio Inferiore (Lecco, Italia) e la stazione elettrica di Sils i.D. (Cantone dei Grigioni, Svizzera) ed opere connesse, fino al confine di Stato italiano,

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

2. interconnessione AC 220 kV Mese (IT)- Castesegna (CH), inclusa nell'elenco dei progetti PCI che interessano l'Italia;
3. interconnessione AC 110 kV Redipuglia (IT) - Vrtojba (SI), ha ricevuto esenzione;
4. interconnessione AC 110-132 kV Dekani (SI) - Zaule (IT), ha ricevuto esenzione.

## 5.7 Condotte

A gennaio 2024 il Consiglio di Amministrazione di Snam ha approvato il piano strategico 2023-2027, che delinea gli investimenti e principali target al 2027, principalmente *destinati al rafforzamento delle infrastrutture di trasporto, stoccaggio e GNL e ai business della transizione (biometano, CCS, idrogeno ed efficienza energetica)*. (<https://www.snam.it/it/media/news-e-comunicati-stampa/comunicati-stampa/2024/snam-piano-strategico-2023-2027.html>)

### 5.7.1 Rete di trasporto del gas naturale

Nel *Piano decennale di sviluppo della rete di trasporto di gas naturale 2023-2032* di SNAM RETE GAS, sono riportati gli *interventi sulla rete di trasporto del gas naturale*, la cui realizzazione *a regime porterà allo sviluppo di nuova capacità di trasporto, alla posa di oltre 3.800 km di gasdotti e all'installazione di circa 270 MW di potenza, in particolare:*

- *incremento della capacità di trasporto da sud Italia di + 24 MSmc/g (266 GWh/g), dalla Puglia di + 9 MSmc/g (100 GWh/g) e dai punti interconnessi con i terminali di rigassificazione di +52 MSmc/g (572 GWh/g);*
- *incremento della quota di biometano nella rete di trasporto, fino a 5,2 BSmc anno (55 TWh/a);*
- *sviluppo della rete gasdotti per ca. 820 km, sostituzione e mantenimento della rete gasdotti per ca. 3.000 km;*
- *elettificazione del parco compressor della rete di trasporto per 237 MW e installazione di nuova potenza per 33 MW.*

Nella Figura 5-19 sono raffigurati i progetti principali.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima



Figura 5-19. Progetti principali previsti nel Piano decennale di sviluppo della rete di trasporto di gas naturale 2023-2032 di SNAM RETE.

I progetti di rete nazionale compresi nel Piano rispondono alle esigenze di potenziamento delle infrastrutture per la creazione di nuova capacità di importazione e di esportazione o di altri benefici incrementali, quali ad esempio la riduzione delle emissioni e l'incremento della flessibilità per il sistema elettrico, nei progetti aventi connotazione di "sector coupling".

Per il dimensionamento degli interventi e il calcolo della capacità di trasporto ad essi correlata, Snam Rete Gas tiene conto dei diversi scenari giornalieri derivati dalle previsioni di domanda e offerta nel periodo decennale. In particolare, per il dimensionamento degli interventi sulle dorsali di importazione, si utilizza lo scenario estivo, caratterizzata da prelievi ridotti, come condizione cautelativa di progetto tesa a garantire il corretto dimensionamento delle infrastrutture di trasporto.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Tabella 5-14: Principali progetti di sviluppo di rete nazionale riportati nel Piano decennale di sviluppo della rete di trasporto di gas naturale 2023-2032 di SNAM RETE.

PRINCIPALI PROGETTI DI SVILUPPO DI RETE NAZIONALE			
Categoria	Progetto	Entrata in Esercizio	Progetti con decisione finale di investimento (FID)
Sviluppo	Linea Adriatica 1° fase	2026	FID
	Linea Adriatica 2° fase	2027	FID
	Met. Matagiola-Francavilla Fontana	2030	NO FID (*)
	Centrali Dual Fuel (**)	2026-2032	NO FID/FID
	Potenziamento export fase 1	2026	FID
	Potenziamento export fase 2	2031	NO FID
	Allacciamento FSRU Ravenna	2024	FID
	Collegamento FSRU Alto Tirreno	2026	NO FID
	Interconnessione Malta	2028	NO FID
	Ulteriori potenziamenti da sud	Fuori Piano	NO FID
	Virtual Pipeline	2026-2029	NO FID

Di seguito si riportano alcune informazioni sui principali progetti di sviluppo di rete nazionale riportati nel Piano decennale di sviluppo della rete di trasporto di gas naturale 2023-2032 di SNAM RETE e riportati nella Tabella 5-14.

1. Progetto Linea Adriatica. L'infrastruttura costituisce un potenziamento – sotto forma di una dorsale parallela a quella attualmente esistente - della direttrice che trasporta il gas dal sud del paese fino al nodo di Minerbio, punto baricentrico della rete sul quale si innestano i metanodotti che raggiungono le principali aree del mercato e gli stoccaggi del nord Italia. Il progetto consiste nella realizzazione della centrale di compressione di Sulmona di potenza complessiva di 33 MW e di un gasdotto di 425 km e di diametro DN1200, suddiviso in tre sezioni: Sulmona - Foligno, 170 km; Foligno - Sestino, 115 km; Sestino - Minerbio, 140 km.

Il progetto è stato suddiviso in due fasi complementari: Fase 1 Linea Adriatica e Fase 2 Linea Adriatica

2. Gasdotto Matagiola - Massafra (tratto Matagiola – Francavilla). Il progetto prevede quindi la realizzazione del gasdotto nel tratto da Matagiola a Francavilla, di ca. 40 km con diametro DN1400, in grado di garantire una capacità di trasporto di 53 MSmc/g dal PdE di Melendugno e da altri eventuali PdE di nuova realizzazione.
3. Centrali di compressione Dual Fuel. Snam Rete Gas ha pianificato l'installazione, nelle centrali di compressione, di elettrocompressori in sostituzione dei turbocompressori più vecchi, sui quali sarebbe comunque necessario intervenire per il mantenimento della potenza di compressione necessaria. Di seguito vengono elencati i sottoinsiemi di centrali dove sono previsti gli interventi: Dorsale di importazione da nord est (PdE Malborghetto)

Dorsale di importazione da nord (PdE Passo Gries)

Dorsale di importazione da Sud (PdE di Mazara del Vallo, Gela, TAP)

Centrale di Poggio Renatico.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

4. Potenziamento Export Fase 1 - Potenziamento Centrale di Poggio Renatico e reverse flow della Centrale di Malborghetto. Il progetto ha come obiettivo l'incremento della capacità di trasporto verso l'Austria e consiste nella realizzazione di una nuova unità di compressione elettrica da 15 MW nella centrale di Poggio Renatico, in aggiunta alle 4 unità di compressione esistenti.
5. Progetto Potenziamento Export Fase 2 - Gasdotto Poggio Renatico – Zimella. Il progetto consiste di un nuovo gasdotto di DN1200 lungo circa 65km, che dalla centrale di Poggio Renatico raggiungerà il nodo di Zimella con un tracciato parallelo rispetto all'infrastruttura di trasporto esistente.
6. FSRU di Ravenna. L'allacciamento del terminale FSRU di Ravenna alla rete di trasporto nazionale è costituito da un primo gasdotto, di ca. 10 km e DN650, offshore per gran parte del suo percorso e da un secondo gasdotto a terra di ca. 31 km e DN 900 con relativo impianto di riduzione della pressione, che interconnette l'impianto con il nodo di Ravenna Terra.
7. Interconnessione Malta. Il progetto di connessione di Malta alla rete Europea del gas e per la parte relativa alla rete di trasporto consiste nella realizzazione di un nuovo impianto di interconnessione e misura presso Gela.
8. Ulteriori potenziamenti da Sud. Il progetto prevede ulteriori potenziamenti (440 km DN1200, 50 MW) lungo la direttrice Sud – Nord, per incrementare la capacità di trasporto dal sud Italia in relazione a nuovi possibili gasdotti di importazione e/o terminali GNL. Le attività realizzative del progetto "Ulteriori Potenziamenti a Sud" sono previste al di fuori del perimetro temporale del Piano.
9. Virtual Pipeline Sardegna. Il progetto, in fase di definizione tra Regione Sardegna e Governo, dovrebbe prevedere, in una prima fase, il posizionamento di un solo FSRU ormeggiato a Porto Torres adeguatamente dimensionato per il soddisfacimento del fabbisogno regionale, anche attraverso i depositi costieri già autorizzati (Oristano).

(Fonte: <https://www.arera.it/comunicati-operatore/dettaglio/piani-decennali-di-sviluppo-della-rete-di-trasporto-24>)

#### Altri Trasportatori della Rete Regionale

Tratto da: <https://www.arera.it/fileadmin/allegati/operatori/gas/pds/DocumentoCoordinamento2023.pdf>

Il Documento di coordinamento tra l'impresa maggiore di trasporto e gli altri gestori del sistema di trasporto, predisposto da Snam Rete Gas, in qualità di impresa maggiore di trasporto, ai sensi dell'articolo 5 della delibera 468/2018/R/Gas, contiene tutti gli interventi contenuti nei Piani decennali di sviluppo della rete di trasporto del gas naturale 2023-2032 dei gestori del sistema di trasporto, inclusi i propri.

Tra questi interventi, si evidenziano i seguenti Progetti per la transizione energetica previsti dalla Società Gasdotti Italia:

- Hydrogen Readyness
- SINBIO
- Progetto HyBRIDS (Hydrogen Bidirectional Redelivery Injection & Dynamic Storage facility)
- Helios Valley ASI
- Progetto PEGASUS (Production of Electrolyzed GAs Sustainable & Safe).

#### 5.7.2 Rete di trasporto dell'idrogeno

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

*Il trasporto di miscele di H<sub>2</sub> fino al 100% può essere effettuato senza alcuna sostanziale modifica dei gasdotti, a condizione che sia applicata una riduzione della pressione di trasporto, che può arrivare fino al 50% per i gasdotti di diametro maggiore. Tale approccio minimizza gli interventi sui gasdotti esistenti, ma richiede maggiori interventi sulle centrali di compressione, il cui numero e potenza unitaria aumentano con il diminuire della pressione di esercizio dei gasdotti.*

*L'analisi di adeguatezza della rete di Snam Rete Gas, allo stato attuale quasi completata, evidenzia la sostanziale idoneità di circa il 99% dei gasdotti esistenti al trasporto di miscele di idrogeno fino al 100%, a valle di interventi localizzati, quali ad esempio la sostituzione di alcuni componenti e/o la riduzione della pressione massima di esercizio su alcune sezioni di gasdotto.*

*Il progetto della rete di trasporto di idrogeno prevede una rete di gasdotti in grado di collegare le produzioni nazionali di idrogeno prevalentemente ubicate al Sud ed ulteriori volumi provenienti dal Nord Africa con le principali aree di consumo italiane, fino ai punti di interconnessione con le reti estere, mediante dorsali di trasporto e le loro derivazioni principali, in gran parte ubicate lungo corridoi esistenti.*

In Figura 5-20 è raffigurato il disegno della rete di trasporto dell'idrogeno.



Figura 5-20: Backbone Italiana per il trasporto di H<sub>2</sub>.

Le dorsali e le principali derivazioni verso le aree di consumo e produzione nazionale costituiscono la prima fase di sviluppo di una rete idrogeno dedicata. *Il progetto della rete idrogeno prevede il ricorso, ove*

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

*tecnicamente fattibile, al "repurposing" di gasdotti esistenti, ove questo non è ritenuto fattibile, è stata prevista la realizzazione di nuovi gasdotti.*

*La rete costituita dalle dorsali e dalle principali derivazioni si estende per complessivi 2900 km da Mazara a Tarvisio e Passo Gries, con diametri compresi tra DN 750 e DN 1200 per l'infrastruttura principale e diametri compresi fra DN 400 e DN 600 per il repurposing. La lunghezza complessiva dei gasdotti per i quali si prevede il "repurposing" è di circa 1700 km, mentre per quanto riguarda le nuove realizzazioni, si prevede una lunghezza complessiva di circa 1200 km.*

Di seguito la descrizione della rete di trasporto idrogeno nelle sue componenti principali.

- Dorsale da Sud. Si sviluppa per circa 1580 km dal punto di entrata di Mazara del Vallo (TP) fino al nodo di Minerbio (BO).
- Dorsale Est. Si estende per una lunghezza di circa 340 km da Minerbio fino a Tarvisio.
- Dorsale Ovest. Si estende per una lunghezza di circa 410 km da Poggio Renatico (FE) fino al confine con la Svizzera a Passo Gries (VB).

La rete di trasporto europea dell'idrogeno

Snam è coinvolta nell'iniziativa European Hydrogen Backbone (EHB), insieme ad altri operatori di infrastrutture gas, che condividono il disegno di una rete pan-Europea di gasdotti dedicati al trasporto di idrogeno.

Di seguito una rappresentazione della rete europea di trasporto idrogeno al 2040.

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

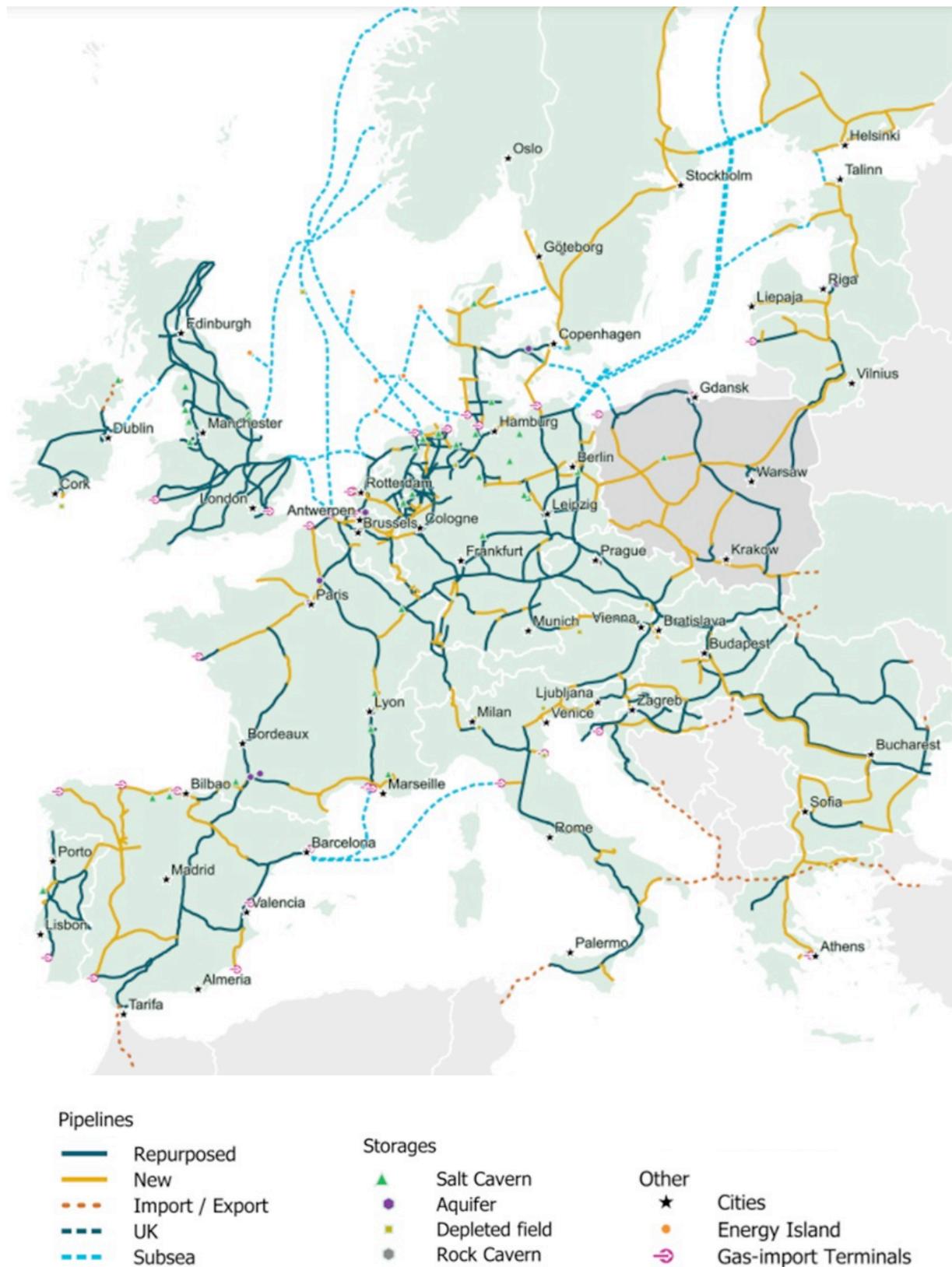


Figura 5-21. Rappresentazione della rete europea di trasporto idrogeno al 2040.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

**5.8 Rifiuti da pannelli solari**

Il rapporto del 2016 dell'Agencia internazionale per le energie rinnovabili (International Renewable Energy Agency, IRENA) e dell'Agencia internazionale dell'energia - Photovoltaic Power System Programme (IEA-PVPS) ha presentato le prime proiezioni globali per i futuri volumi di rifiuti di pannelli fotovoltaici fino al 2050.

La diffusione del solare fotovoltaico è cresciuta a ritmi senza precedenti dall'inizio degli anni 2000. La capacità fotovoltaica installata globale ha raggiunto i 222 gigawatt (GW) alla fine del 2015, con la previsione di un aumento fino a 4.500 GW entro il 2050. Con l'aumento del mercato globale del fotovoltaico è previsto anche un conseguente aumento del volume dei pannelli fotovoltaici dismessi.

Lo studio è stato condotto analizzando e confrontando due scenari per i volumi globali di rifiuti di pannelli fotovoltaici fino al 2050:

- **dismissione regolare:** presuppone una durata di 30 anni per i pannelli solari, senza logoramento anticipato;
- **dismissione anticipata:** tiene conto dei guasti "precoci", "di metà vita" e "per usura" prima dei 30 anni di vita.

Nello scenario di dismissione regolare, i rifiuti dei pannelli fotovoltaici ammontavano a 43.500 t entro la fine del 2016, con un aumento previsto a 1,7 milioni di t nel 2030 ed un aumento ancora più drastico, fino a circa 60 milioni di t, entro il 2050.

La proiezione dello scenario di dismissione anticipata stimava un flusso totale di rifiuti fotovoltaici molto più elevato, con 250.000 t soltanto entro la fine del 2016. Questa stima saliva a 8 milioni di t nel 2030 e a 78 milioni di t nel 2050.

La quantità stimata al 2016 costituiva lo 0,1%-0,6% della massa cumulativa di tutti i pannelli installati (4 milioni di tonnellate), per salire al 4% dei pannelli fotovoltaici installati al 2030, con quantità di rifiuti entro il 2050 (5,5-6 milioni di tonnellate) quasi pari alla massa contenuta nei nuovi impianti (6,7 milioni di tonnellate).

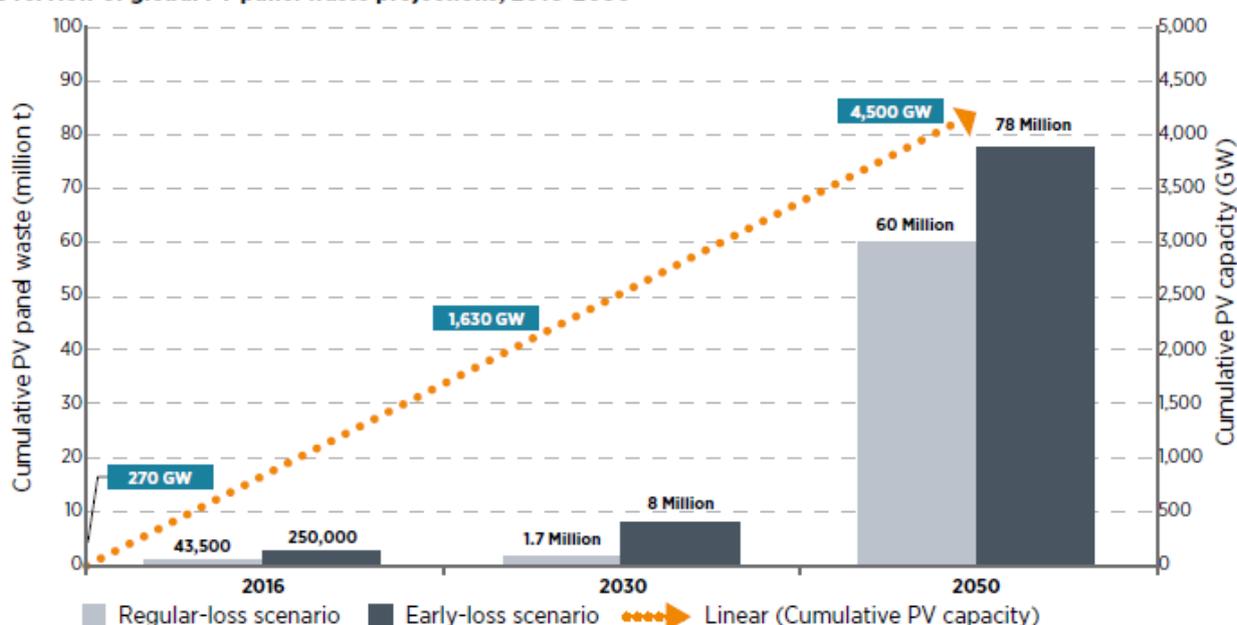
**Overview of global PV panel waste projections, 2016-2050**

Figura 5-22: Panoramica delle proiezioni globali sui rifiuti dei pannelli fotovoltaici, 2016-2050 (IRENA and IEA-PVPS, 2016)

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Lo studio riporta anche stime sui rifiuti dei pannelli fotovoltaici per alcuni paesi, selezionati in base alla loro leadership regionale per quanto riguarda la diffusione del fotovoltaico e la crescita prevista.

Per quanto riguarda l'Italia, si prevede che dovrà affrontare tra le 140.000 e le 500.000 tonnellate di rifiuti di pannelli fotovoltaici entro il 2030.

Tabella 5-15: Risultati modellistici dei volumi cumulativi stimati di rifiuti dei pannelli fotovoltaici a fine vita per i paesi europei (t) (IRENA and IEA-PVPS, 2016)

Year	2016		2020		2030		2040		2050	
Scenario (regular-loss/early-loss)	regular loss	early loss								
<b>Europe</b>										
Germany	3,500	70,000	20,000	200,000	400,000	1,000,000	2,200,000	2,600,000	4,300,000	4,300,000
Italy	850	20,000	5,000	80,000	140,000	500,000	1,000,000	1,200,000	2,100,000	2,200,000
France	650	6,000	1,500	25,000	45,000	200,000	400,000	800,000	1,500,000	1,800,000
United Kingdom	250	2,500	650	15,000	30,000	200,000	350,000	600,000	1,000,000	1,500,000
Turkey	30	70	100	350	1,500	11,000	20,000	100,000	200,000	400,000
Ukraine	40	450	150	2,500	5,000	25,000	50,000	100,000	210,000	300,000
Denmark	80	400	100	2,000	4,000	22,000	40,000	70,000	130,000	125,000
Russian Federation	65	65	100	350	1,000	12,000	20,000	70,000	150,000	200,000

La gestione del fine vita potrebbe diventare una componente significativa della catena del valore del fotovoltaico. Come sottolineano i risultati del rapporto, il riciclaggio dei pannelli fotovoltaici al termine del loro ciclo di vita può sbloccare un ampio stock di materie prime e altri componenti preziosi. Il materiale recuperato rimesso nell'economia può servire per la produzione di nuovi pannelli fotovoltaici o essere venduto sui mercati globali delle materie prime, aumentando così la sicurezza del futuro approvvigionamento di materie prime. Stime preliminari suggeriscono che le materie prime tecnicamente recuperabili dai pannelli fotovoltaici potrebbero fruttare complessivamente un valore fino a 450 milioni di dollari (in termini del 2016) entro il 2030. Ciò equivale alla quantità di materie prime attualmente necessarie per produrre circa 60 milioni di nuovi pannelli, o 18 GW di capacità di generazione di energia. Entro il 2050, il valore recuperabile potrebbe superare complessivamente i 15 miliardi di dollari, equivalenti a 2 miliardi di pannelli, ovvero 630 GW.

Bibliografia: IRENA and IEA-PVPS, 2016. *End-of-Life Management: Solar Photovoltaic Panels*. International Renewable Energy Agency and International Energy Agency Photovoltaic Power Systems.

## 6 ANALISI DEGLI EFFETTI AMBIENTALI

Secondo quanto richiesto dalla normativa in materia di VAS (art. 13 c. 4 del D.lgs 152/06) "Nel rapporto ambientale debbono essere individuati, descritti e valutati gli impatti significativi che l'attuazione del piano o del programma proposto potrebbe avere sull'ambiente e sul patrimonio culturale...",

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

La valutazione dei possibili effetti ambientali significativi costituisce un'attività centrale dell'intero percorso di VAS poiché consente di orientare le scelte del Piano al fine di garantirne la sostenibilità ambientale e di definire misure adeguate al monitoraggio ambientale.

L'analisi degli effetti ambientali tiene conto del percorso valutativo che a partire dall'analisi del contesto ambientale, dagli obiettivi e dalle azioni del Piano, stima quali-quantitativamente gli effetti ambientali del Piano ponendoli in relazione all'evoluzione dello stato dell'ambiente.

Le informazioni e le analisi oggetto del rapporto ambientale saranno riportate come indicato nel D.lgs 152/06 *"...nei limiti in cui possono essere ragionevolmente richieste, tenuto conto del livello delle conoscenze e dei metodi di valutazione correnti, dei contenuti e del livello di dettaglio del piano o del programma"*.

Al fine di guidare e supportare l'analisi degli effetti ambientali, la Tabella 6-1 riassume le tipologie di interventi connessi alle misure definite dal PNIEC articolati nelle 5 dimensioni e per settori, indicando dove l'attuazione degli interventi prevede la realizzazione (potenziamento o nuova costruzione) di opere (impianti, infrastrutture) sul territorio.

Per ciascun intervento è riportato il tema ambientale potenzialmente interessato in termini sia positivi che negativi che è oggetto della descrizione e valutazione dei potenziali effetti ambientali nel presente capitolo.

L'analisi dei potenziali effetti negativi è accompagnata dall'indicazione di criteri di attenzione da tener presente in fase attuativa come misure di prevenzione e mitigazione degli effetti ambientali significativi in linea con quanto previsto all'allegato VI lett. g) del d.lgs 152/06: *"misure previste per impedire, ridurre e compensare nel modo più completo possibile gli eventuali impatti negativi significativi sull'ambiente dell'attuazione del piano o del programma;"*.

Il PNIEC, nell'ambito del processo di decarbonizzazione, contribuisce al perseguimento degli obiettivi europei in materia di energia e ambiente relativi alla riduzione dei consumi e all'incremento dell'efficienza energetica, alla riduzione delle emissioni di gas serra, all'incremento della quota rinnovabile nel mix energetico del Paese e risponde all'esigenza di mantenere la sicurezza e la adeguatezza del sistema energetico nazionale.

In termini generali e complessivi l'attuazione delle misure del PNIEC comporta, pertanto, nel medio-lungo termine impatti positivi correlati al contrasto e alla mitigazione dei cambiamenti climatici a cui le misure di riduzione dei gas climalteranti sono rivolte.

Le misure di riduzione delle emissioni di gas serra comportano indirettamente effetti positivi anche rispetto alle emissioni di altri inquinanti in atmosfera contribuendo quindi al miglioramento della qualità dell'aria nei territori interessati da tali effetti e riducendo al contempo l'esposizione della popolazione agli inquinanti.

Nel percorso di transizione, il PNIEC tiene in attenta considerazione i vari aspetti di sostenibilità economica e sociale, nonché di compatibilità con altri obiettivi di tutela ambientale, prestando la dovuta attenzione per assicurare la compatibilità tra gli obiettivi energetici e climatici e gli obiettivi di tutela del paesaggio, di qualità dell'aria e dei corpi idrici, di salvaguardia della biodiversità e di tutela dei suoli e del patrimonio verde di grandi assorbimenti di anidride carbonica quali le foreste, i boschi e le aree agricole, tema di particolare rilevanza come hanno mostrato i recenti eventi meteorologici.

Da un punto di vista "territoriale", gli interventi necessari per la crescente decarbonizzazione del sistema richiederanno la diffusa costruzione di impianti e infrastrutture che possono avere impatti ambientali. Alcuni di questi impatti possono essere attenuati - ad esempio promuovendo la diffusione del fotovoltaico su superfici già costruite o comunque non idonee ad altri usi - ma per garantire la stabilità del sistema energetico occorrerà costruire nel medio termine una serie di infrastrutture fisiche quali potenziamento delle interconnessioni elettriche e di gas, rigassificatori (unità galleggianti di rigassificazione e stoccaggio di gas FRSU, rigassificatori costieri), depositi GNL, parchi eolici offshore e onshore, impianti fotovoltaici offshore e a

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

terra, stoccaggi di energia su vasta scala (es. accumuli idrici), sistemi di cattura e stoccaggio dell'anidride carbonica, bioenergie (impianti per la produzione di energia), come sintetizzato in Tabella 6-1.

Il quadro completo delle misure considerate per il raggiungimento degli obiettivi del PNIEC è riportato alle tabelle 2 e 3 del documento di PNIEC.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Tabella 6-1: Sintesi degli interventi per dimensione (in azzurro interventi che comportano realizzazione di opere sul territorio (impianti, infrastrutture...))

Ambito/settore	Interventi	Opere per l'attuazione degli interventi	Temi ambientali pertinenti (positivi e negativi)
<b>EMISSIONI</b>			
Settori ETS	Phase-out del carbone		Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale,
	Realizzazione di unità termoelettriche addizionali alimentate a gas	Unità termoelettriche addizionali alimentate a gas	Biodiversità e ecosistemi Uso, copertura e degrado del suolo Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale Paesaggio e beni culturali
	Incremento delle rinnovabili nel mix di generazione elettrica e dell'efficienza energetica nei processi di lavorazione anche attraverso lo sviluppo di combustibili green alternativi quali il biometano e l'idrogeno negli usi finali ed energetici, inclusi i settori industriali "Hard-to-Abate"		Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale
	Implementazione della cattura, trasporto e stoccaggio/utilizzo della CO <sub>2</sub> (CCUS)	Sistemi di trasporto, cattura e stoccaggio CO <sub>2</sub>	Ecosistemi marino-costieri Specie aliene Qualità delle acque marino-costiere
Civile	Efficientamento edifici esistenti attraverso riqualificazione e applicazioni di tecnologie come, ad esempio, pompe di calore e sistemi BACS		Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria Beni culturali Rifiuti
	Impiego rinnovabili	Rinnovabili domestiche	Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Ambito/settore	Interventi	Opere per l'attuazione degli interventi	Temi ambientali pertinenti (positivi e negativi)
			Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale Beni culturali Rifiuti
	Misure di cambiamento comportamentale per la riduzione della domanda di energia		Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale
Trasporti	Sostituzione parco veicolare pubblico e privato obsoleto con veicoli più efficienti e a ridotte emissioni di CO <sub>2</sub>		Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale Rifiuti
	Sviluppo mobilità condivisa/pubblica e favorire lo shift modale privato-pubblico		Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale
	Incremento mobilità dolce		Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale
	Elettrificazione trasporto auto		Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale Rifiuti
	Shift modale gomma-ferro		Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale
	Riduzione del fabbisogno di mobilità (es. politiche per SW, riduzione giornate lavorative a parità di ore lavorate)		Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale
	Promozione strumenti per la pianificazione della mobilità		

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Ambito/settore	Interventi	Opere per l'attuazione degli interventi	Temi ambientali pertinenti (positivi e negativi)
Agricoltura	Cambiamenti delle pratiche agricole così come delineate dalla Politica Agricola Comune e nei Piani di Sviluppo Rurale		Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria Qualità delle acque interne, Uso, copertura e degrado del suolo
<b>RINNOVABILI</b>			
Settore elettrico	Misure per la diffusione di impianti a fonti rinnovabili tramite piccoli impianti (comunità energetiche rinnovabili, autoconsumo singolo o collettivo, misure fiscali) e impianti di dimensioni maggiori	Parchi eolici offshore e onshore Impianti fotovoltaici offshore e a terra	Biodiversità e ecosistemi terrestri Specie aliene
	Misure per sostenere impianti basati su tecnologie innovative (eolico offshore, solare termodinamico, geotermia a ridotto impatto ambientale e oceanica, tecnologie sfruttamento energia marina, fotovoltaico floating e agrivoltaico)	Impianti basati su tecnologie innovative	Foreste e agroecosistemi Acque interne Ecosistemi marino-costieri Uso, copertura e degrado del suolo Paesaggio e beni culturali Rifiuti
	Misure per salvaguardia e potenziamento delle produzioni di impianti esistenti competitivi (fotovoltaico e eolico)	Interventi di salvaguardia e potenziamento di impianti esistenti competitivi (eolico e fotovoltaico)	Rumore
	Semplificazione e accelerazione delle procedure autorizzative a tutti i livelli		
	Processo di individuazione delle aree idonee di concerto con le Regioni attraverso un percorso di condivisione e ripartizione degli obiettivi su scala territoriale		Paesaggio e beni culturali Aree tutelate e sensibili in relazione alle diverse tematiche ambientali
	Sviluppo dell'idrogeno in particolare nell'industria e nei trasporti (stima al 2030 di un consumo di 250 kton/anno di idrogeno corrispondente ad una installazione di una		Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Ambito/settore	Interventi	Opere per l'attuazione degli interventi	Temi ambientali pertinenti (positivi e negativi)
	capacità elettrica di circa 3 GW di elettrolizzatori)		
Trasporti	Obbligo di immissione in consumo di prodotti rinnovabili in capo ai fornitori		Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale
	Utilizzo dei biocarburanti in purezza		Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale, Uso, copertura e degrado del suolo
Rinnovabili termiche	Obbligo di integrazione delle FER termiche negli edifici	Rinnovabili domestiche	Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale Paesaggio e beni culturali Rifiuti
	Promozione del teleriscaldamento e obbligo di fornitura di calore rinnovabile	Teleriscaldamento	Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale Biodiversità e ecosistemi Uso, copertura e degrado del suolo Paesaggio e beni culturali
	Penetrazione dei vettori biometano e idrogeno (in particolare in ambito industriale)		Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale
	Diffusione delle pompe di calore nel settore civile		Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale Paesaggio e beni culturali Rifiuti
<b>EFFICIENZA ENERGETICA</b>			

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Ambito/settore	Interventi	Opere per l'attuazione degli interventi	Temi ambientali pertinenti (positivi e negativi)
civile	Incrementare notevolmente il tasso di ristrutturazione degli edifici, prevedendo una significativa penetrazione di tecnologie per l'elettificazione dei consumi, per l'automazione e controllo e una massiva diffusione degli interventi di isolamento delle superfici disperdenti		Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale Paesaggio e beni culturali Rifiuti
	Pompe di calore come sistema principale di riscaldamento da installare sia in corrispondenza di riqualificazioni profonde degli edifici che ad integrazione dei sistemi di distribuzione del calore vigenti		Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale Rifiuti
	Diffusione di impianti fotovoltaici domestici e di impianti microeolici	Rinnovabili domestiche	Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria Paesaggio e beni culturali Rifiuti
	Piano di efficientamento del parco immobiliare e di riduzione dei consumi energetici per la PA		Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale Rifiuti
	Aggiornamento delle misure esistenti per includere la promozione dell'efficienza energetica negli edifici del settore non residenziale privato		Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale
trasporti	Contenimento del fabbisogno di mobilità, incremento della mobilità collettiva, in particolare su rotaia, spostamento del trasporto merci da gomma a ferro, incremento della mobilità dolce		Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale
	Per il residuo fabbisogno di mobilità privata e merci, promozione dell'uso dei carburanti		Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Ambito/settore	Interventi	Opere per l'attuazione degli interventi	Temi ambientali pertinenti (positivi e negativi)
	alternativi e del vettore elettrico, accrescendo la quota di rinnovabili		Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale Uso, copertura e degrado del suolo Rifiuti
<b>SICUREZZA ENERGETICA</b>			
Settore elettrico	Potenziamento delle interconnessioni elettriche tramite progetti di medio e lungo termine, individuati dal gestore del sistema elettrico nazionale, che consentiranno un aumento della capacità di interconnessione con l'estero	Potenziamento e nuove interconnessioni elettriche (mare e terra)	Biodiversità e ecosistemi terrestri Specie aliene Foreste e agroecosistemi Ecosistemi marino-costieri Uso, copertura e degrado del suolo Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale Paesaggio e beni culturali Rifiuti
	Aumento della capacità di accumulo da indirizzare sempre di più verso soluzioni "energy intensive", per limitare a quanto economicamente efficiente il fenomeno dell'overgeneration e favorire il raggiungimento degli obiettivi di consumo di energia rinnovabile	Stoccaggi di energia (accumuli idrici, ecc.)	Biodiversità e ecosistemi terrestri Foreste e agroecosistemi Uso, copertura e degrado del suolo Qualità delle acque interne Gestione e sfruttamento della risorsa idrica Pericolosità geologica e idraulica Paesaggio e beni culturali Rifiuti
Settore gas	Incremento della capacità di rigassificazione e della relativa fornitura di GNL (nuovi Floating Storage and Regasification Unit – FSRU di Piombino e Ravenna in esercizio nel 2023-25 ed incremento della capacità di rigassificazione dei terminali esistenti)	Rigassificatori (unità galleggianti di rigassificazione e stoccaggio di gas FRSU, rigassificatori costieri) depositi GNL	Biodiversità e ecosistemi terrestri Specie aliene Ecosistemi marino-costieri Qualità delle acque marino-costiere Paesaggio e beni culturali Rifiuti

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Ambito/settore	Interventi	Opere per l'attuazione degli interventi	Temi ambientali pertinenti (positivi e negativi)
	Rafforzamento di alcune infrastrutture transfrontaliere e interne Ampliamento della capacità di trasporto sud-nord lungo la dorsale Adriatica	Potenziamento e nuove interconnessioni gas (mare e terra)	Biodiversità e ecosistemi terrestri Specie aliene Foreste e agroecosistemi Uso, copertura e degrado del suolo Rifiuti
	Sostituzione di metanodotti ormai giunti alla fine della loro vita utile. Tali metanodotti saranno inoltre hydrogen ready, utili pertanto nel lungo termine al trasporto dell'idrogeno	Potenziamento e nuove interconnessioni gas (mare e terra)	Biodiversità e ecosistemi terrestri Specie aliene Foreste e agroecosistemi Uso, copertura e degrado del suolo Rifiuti
<b>MERCATO INTERNO DELL'ENERGIA</b>			
	Potenziare le interconnessioni elettriche e il market coupling con gli altri Stati membri dell'Unione	Potenziamento e nuove interconnessioni elettriche (mare e terra)	Biodiversità e ecosistemi terrestri Specie aliene Foreste e agroecosistemi Ecosistemi marino-costieri Uso, copertura e degrado del suolo Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale Paesaggio e beni culturali Rifiuti
	PdS TERNA: sviluppare infrastrutture che integrino le fonti di energia rinnovabile (FER) e aumentino la capacità di trasporto tra le diverse zone di mercato, risolvendo le congestioni del sistema elettrico.	Potenziamento e nuove interconnessioni elettriche (mare e terra)	Biodiversità e ecosistemi terrestri Specie aliene Foreste e agroecosistemi Ecosistemi marino-costieri Uso, copertura e degrado del suolo Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale Paesaggio e beni culturali Rifiuti

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Ambito/settore	Interventi	Opere per l'attuazione degli interventi	Temi ambientali pertinenti (positivi e negativi)
	Accelerazione e semplificazione degli iter autorizzativi sia per le opere di sviluppo di rete che per la connessione di impianti rinnovabili		
	Integrazione tra sistemi (elettrico, idrico e gas in particolare), da avviare in via sperimentale, anche con lo scopo di studiare le più efficienti modalità per l'accumulo di lungo termine di energia rinnovabile	Stoccaggi di energia	Biodiversità e ecosistemi terrestri Foreste e agroecosistemi Uso, copertura e degrado del suolo Qualità delle acque interne Gestione e sfruttamento della risorsa idrica Pericolosità geologica e idraulica
	Approfondimenti per introdurre interventi di efficienza e di installazione di impianti a fonti rinnovabili in autoconsumo		Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale Paesaggio e beni culturali
<b>RICERCA, INNOVAZIONE E COMPETITIVITÀ</b>			
	Ricerca e potenziale sviluppo delle nuove tecnologie sul nucleare		
	Sviluppo di tecnologie che attualmente sono ancora nella fase dimostrativa o prototipale, soprattutto nelle applicazioni dell'industria hard to abate e del trasporto pesante		

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

PNIEC e adattamento ai CC

Le misure previste dal PNIEC indirettamente supportano le azioni di adattamento comunque necessarie per contrastare i CC poiché forniscono il contributo al contenimento degli impatti e delle vulnerabilità ai CC (adattamento) dei sistemi esposti. L'adattamento e la mitigazione sono, infatti, strategie complementari: quanto maggiore sarà la mitigazione, tanto minori saranno le esigenze di adattamento e viceversa.

Al riguardo come anche ripreso ai paragrafi 4 e 7 del presente rapporto è auspicabile un coordinamento tra PNIEC e PNACC soprattutto in sede di controllo dello stato di attuazione delle misure e di verifica dell'efficacia nel perseguimento degli obiettivi.

Di seguito sono riportate indicazioni sulle modalità con cui le azioni per la mitigazione dei CC non comportino incremento delle vulnerabilità dei sistemi esposti ai CC, contribuendo quindi anche all'adattamento. Il riferimento adottato è quello delle misure settoriali individuate dal PNACC (allegato IV DB azioni settoriali). Nello specifico, sono state verificate le possibili associazioni tra le misure del PNIEC e le azioni del PNACC, al fine di mettere in evidenza modalità virtuose di attuazione delle misure del Piano aumentandone l'adattabilità ai CC. La figura seguente (Figura 6-1) illustra tale confronto, indicando per ogni tipologia di misura del PNIEC le possibili misure del PNACC ad esse associabili.

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

Figura 6-1: Comparazione tra misure PNIEC e azioni di adattamento Allegato IV PNACC – DB azioni settoriali

AZIONI PNIEC			MISURE PNACC					
Ambito/settore	Interventi	Opere per l’attuazione degli interventi	ID 13/07	Obiettivo	Azione/Misura	Descrizione	Tipo di misura	
EMISSIONI								
Settori ETS	Phase-out del carbone		EN010	Incrementare la resilienza del sistema energetico e ridurre la vulnerabilità della produzione idroelettrica e termoelettrica	<b>Sostituire i combustibili fossili utilizzati dalle centrali termoelettriche tradizionali (da carbone e olio combustibile a gas naturale)</b>	Sostituire i combustibili fossili utilizzati dalle centrali termoelettriche tradizionali (da carbone e olio combustibile a gas naturale)	GREY	
			EN013	Incrementare la resilienza del sistema energetico e ridurre la vulnerabilità della produzione idroelettrica e termoelettrica	<b>Riduzione della produzione degli impianti nel periodo estivo</b>	Riduzione della produzione degli impianti nel periodo estivo	SOFT	
			EN025	Promuovere ed incrementare una miglior gestione della domanda di energia per riscaldamento e raffrescamento	<b>Utilizzo di contratti che prevedano l’interrompibilità del servizio</b>	Introduzione di sistemi che consentano di governare l’offerta di energia elettrica in funzione della variabilità della domanda	SOFT	
	realizzazione di unità termoelettriche addizionali alimentate a gas			EN011	Incrementare la resilienza del sistema energetico e ridurre la vulnerabilità della produzione idroelettrica e termoelettrica	<b>Sostituzione dei sistemi di raffreddamento a ciclo aperto con sistemi a ciclo chiuso</b>	Utilizzo di sistemi di raffreddamento che riducano la dipendenza dalla disponibilità di risorse idriche per il raffreddamento	GREY
				EN012	Incrementare la resilienza del sistema energetico e ridurre la vulnerabilità della produzione idroelettrica e termoelettrica	<b>Utilizzo di raffredatori ad aria, pompe addizionali o torri di raffreddamento</b>	Utilizzo di sistemi di raffreddamento che riducano la dipendenza dalla disponibilità di risorse idriche per il raffreddamento	GREY
				EN015	Incrementare la resilienza del sistema energetico e ridurre la vulnerabilità della produzione idroelettrica e termoelettrica	<b>Rafforzamento del controllo/monitoraggio della variabilità dell’apporto d’acqua</b>	Ottimizzazione della gestione della risorsa idrica in relazione alla produzione idroelettrica, alla tutela delle condizioni ecologiche e agli altri usi idrici	SOFT
				EN020	Incrementare l’utilizzo di fonti energetiche alternative	<b>Diversificazione delle fonti primarie</b>	Diversificazione delle fonti energetiche in modo da aumentare la sicurezza degli approvvigionamenti	SOFT
	incremento delle rinnovabili nel mix di generazione elettrica e dell’efficienza energetica nei processi di lavorazione anche attraverso lo sviluppo di combustibili green alternativi quali il biometano e l’idrogeno negli usi finali ed energetici, inclusi i settori industriali “Hard-to-Abate”			EN019	Incrementare la resilienza del sistema energetico e ridurre la vulnerabilità della produzione idroelettrica e termoelettrica	<b>Introduzione di sistemi di raffreddamento più efficaci per gli impianti a biomassa</b>	Disponibilità di sistemi di raffreddamento che riducano la vulnerabilità degli impianti nei confronti di ondate di calore	GREY
				EN021	Incrementare l’utilizzo di fonti energetiche alternative	<b>Promozione delle fonti rinnovabili e dell’efficienza energetica</b>	Riduzione dell’uso di fonti energetiche fossili al fine di ridurre la vulnerabilità del sistema energetico	SOFT
	implementazione della cattura, trasporto e stoccaggio/utilizzo della CO2 (CCUS)		sistemi di trasporto, cattura e stoccaggio CO2	-	-	-	-	-

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

AZIONI PNIEC			MISURE PNACC				
Ambito/settore	Interventi	Opere per l’attuazione degli interventi	ID 13/07	Obiettivo	Azione/Misura	Descrizione	Tipo di misura
Civile	Efficientamento edifici esistenti attraverso riqualificazione e applicazioni di tecnologie come, ad esempio, pompe di calore e sistemi BACS)		EN001	Promuovere ed incrementare una miglior gestione della domanda di energia per riscaldamento e raffrescamento	<b>Interventi di adattamento degli edifici esistenti</b>	Realizzazione di interventi di retrofit del patrimonio edilizio esistente per la riduzione dei fabbisogni di climatizzazione, sia per la stagione invernale che per quella estiva	GREY
			EN003	Riduzione delle perdite di energia dalle reti di trasmissione e distribuzione	<b>Promozione dello sviluppo di "microgrid "</b>	Riduzione del livello di dipendenza energetica delle realtà locali, accompagnato da un’attenta analisi delle situazioni locali per individuare i casi in cui le microgrid comportino effettivi vantaggi rispetto alla rete pubblica, per minimizzare i rischi derivanti da un’ eccessiva frammentazione del sistema	GREY
			EN007	Incrementare l’utilizzo di fonti energetiche alternative	<b>Installazione di sistemi di monitoraggio dell’andamento delle fonti rinnovabili</b>	Installazione di sistemi di monitoraggio per facilitare l’integrazione di fonti rinnovabili intermittenti	SOFT
	Impiego rinnovabili	Rinnovabili domestiche	EN003	Riduzione delle perdite di energia dalle reti di trasmissione e distribuzione	<b>Promozione dello sviluppo di "microgrid "</b>	Riduzione del livello di dipendenza energetica delle realtà locali, accompagnato da un’attenta analisi delle situazioni locali per individuare i casi in cui le microgrid comportino effettivi vantaggi rispetto alla rete pubblica, per minimizzare i rischi derivanti da un’ eccessiva frammentazione del sistema	GREY
			EN007	Incrementare l’utilizzo di fonti energetiche alternative	<b>Installazione di sistemi di monitoraggio dell’andamento delle fonti rinnovabili</b>	Installazione di sistemi di monitoraggio per facilitare l’integrazione di fonti rinnovabili intermittenti	SOFT
			EN021	Incrementare l’utilizzo di fonti energetiche alternative	<b>Promozione delle fonti rinnovabili e dell’efficienza energetica</b>	Riduzione dell’uso di fonti energetiche fossili al fine di ridurre la vulnerabilità del sistema energetico	SOFT
			EN023	Incrementare l’utilizzo di fonti energetiche alternative	<b>Utilizzo di sistemi di stoccaggio dell’energia</b>	Installazione di sistemi che permettano di affrontare il carattere intermittente delle fonti rinnovabili e l’aumento della variabilità legato ai cambiamenti climatici	GREY
			EN024	Promuovere ed incrementare una miglior gestione della domanda di energia per riscaldamento e raffrescamento	<b>Integrazione e sviluppo delle reti</b>	Aumento del grado di interconnessione della rete elettrica anche al fine di integrare i contributi da fonte rinnovabile	GREY
	misure di cambiamento comportamentale per la riduzione della domanda di energia		EN026	Promuovere ed incrementare una miglior gestione della domanda di energia per riscaldamento e raffrescamento	<b>Promozione dell’evoluzione in corso da un sistema centralizzato a uno distribuito</b>	Promozione della generazione elettrica da parte dei consumatori, al fine di ridurre la vulnerabilità della rete	GREY
			EN008	Incrementare la resilienza del sistema energetico e ridurre la vulnerabilità della produzione idroelettrica e termoelettrica	<b>Razionalizzazione, programmazione e riduzione dei consumi nel periodo estivo</b>	Adozione di provvedimenti per ottimizzare la produzione elettrica in situazioni di emergenza e la gestione dell’acqua (usi agricoli, industriali, produzione elettrica, usi civili, navigazione fluviale)	GREY

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

AZIONI PNIEC			MISURE PNACC				
Ambito/settore	Interventi	Opere per l’attuazione degli interventi	ID 13/07	Obiettivo	Azione/Misura	Descrizione	Tipo di misura
Trasporti	sostituzione parco veicolare obsoleto pubblico e privato obsoleto con veicoli più efficienti e a ridotte emissioni di CO2		-	-	-	-	-
	sviluppo mobilità condivisa/pubblica e favorire lo shift modale privato-pubblico		TR001	Sensibilizzare, formare e coinvolgere i principali attori nel settore trasporti sull’adattamento al cambiamento climatico	<b>Sensibilizzare gli attori dei grandi nodi infrastrutturali</b>	Sensibilizzare enti ed istituzioni responsabili dei grandi nodi infrastrutturali (aeroporti, porti, centri logistici) ad uno sviluppo infrastrutturale ed una gestione attenta ai cambiamenti climatici	SOFT
			TR012	Sperimentare materiali, strutture, impianti e tecnologie più resilienti all’aumento delle temperature e della variabilità delle precipitazioni	<b>Interventi sperimentali di adattamento e relativo monitoraggio</b>	Effettuare interventi di stabilizzazione del sedime ferroviario e di modifica delle tecniche di costruzione dei binari, con l’utilizzo di strutture resilienti alle alte temperature e all’incremento di eventi climatici estremi; Promuovere, quando necessario, la progettazione d’infrastrutture di trasporto in grado di sopportare eventi meteorologici estremi, l’uso di materiali resistenti agli estremi termici e l’utilizzo di asfalti drenanti; Rivedere ed allargare se necessario, in relazione alle nuove evidenze scientifiche, gli attuali perimetri di sicurezza delle infrastrutture viarie; monitorare ed adeguare i sistemi fognari di drenaggio delle acque nei punti più suscettibili ad allagamenti e di cruciale importanza per la mobilità; Incrementare il monitoraggio e gli interventi di manutenzione degli argini dei bacini idrici in prossimità dei passaggi ferroviari in riferimento al mutato regime idraulico; Considerare il miglioramento dei sistemi di drenaggio stradali, attraverso la possibile implementazione d’interventi verdi, che aiutino anche a migliorare l’integrazione delle infrastrutture viarie nel paesaggio circostante	SOFT
			TR014	Sensibilizzare e coinvolgere i principali attori nel settore trasporti sull’adattamento al cambiamento climatico	<b>Istituire un tavolo intersettoriale e multi-stakeholder per la definizione di criteri comuni, analisi unitarie di vulnerabilità, opzioni sinergiche e priorità di intervento</b>	Dare priorità alla manutenzione e all’adeguamento ai cambiamenti climatici in atto e futuri delle infrastrutture di trasporto già esistenti, rispetto alla progettazione di nuove; Sviluppare metodi di valutazione dei costi-benefici socioeconomici dell’adattamento al cambiamento climatico nei trasporti, con speciale attenzione ai costi legati ad eventuali interruzioni di vie di comunicazione particolarmente sensibili; Promuovere ricerche e studi sull’istituzione di particolari meccanismi assicurativi per provvedere nuovi strumenti che garantiscano il risarcimento dell’incremento dei danni potenziali correlati ai fenomeni del dissesto idraulico	SOFT
	incremento mobilità dolce		TR003	Integrare i rischi connessi al cambiamento climatico nella pianificazione e progettazione verso la resilienza e l’adattamento	<b>Valutare la sinergia ed i co-benefici della mobilità sostenibile (mitigazione e adattamento)</b>	Incentivare una mobilità lenta e sostenibile che riduca il più possibile il suo impatto sul territorio e che condivida obiettivi e finalità con le politiche di mitigazione Migliorare la segnaletica e l’informazione al pubblico riguardo le opportunità della mobilità ciclistica regionale, nel tentativo di ridurre l’impatto antropico sul territorio e le sollecitazioni alla rete viaria urbana ed extraurbana Garantire la continuità e il buono stato della rete ciclistica extraurbana, colmando le lacune di percorsi spesso frammentati ed isolati tra loro, nel tentativo di incrementare l’utilizzo dei mezzi ciclabili anche negli spostamenti al di fuori dai centri abitati;	SOFT
elettificazione del trasporto auto			EN021	Incrementare l’utilizzo di fonti energetiche alternative	<b>Promozione delle fonti rinnovabili e dell’efficienza energetica</b>	Riduzione dell’uso di fonti energetiche fossili al fine di ridurre la vulnerabilità del sistema energetico	SOFT

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

AZIONI PNIEC			MISURE PNACC					
Ambito/settore	Interventi	Opere per l’attuazione degli interventi	ID 13/07	Obiettivo	Azione/Misura	Descrizione	Tipo di misura	
Trasporti	shift modale gomma-ferro		TR012	Sperimentare materiali, strutture, impianti e tecnologie più resilienti all’aumento delle temperature e della variabilità delle precipitazioni	<b>Interventi sperimentali di adattamento e relativo monitoraggio</b>	<p>Effettuare interventi di stabilizzazione del sedime ferroviario e di modifica delle tecniche di costruzione dei binari, con l’utilizzo di strutture resilienti alle alte temperature e all’incremento di eventi climatici estremi;</p> <p>Promuovere, quando necessario, la progettazione d’infrastrutture di trasporto in grado di sopportare eventi meteorologici estremi, l’uso di materiali resistenti agli estremi termici e l’utilizzo di asfalti drenanti;</p> <p>Rivedere ed allargare se necessario, in relazione alle nuove evidenze scientifiche, gli attuali perimetri di sicurezza delle infrastrutture viarie;</p> <p>Monitorare ed adeguare i sistemi fognari di drenaggio delle acque nei punti più suscettibili ad allagamenti e di cruciale importanza per la mobilità;</p> <p>Incrementare il monitoraggio e gli interventi di manutenzione degli argini dei bacini idrici in prossimità dei passaggi ferroviari in riferimento al mutato regime idraulico;</p> <p>Considerare il miglioramento dei sistemi di drenaggio stradali, attraverso la possibile implementazione d’interventi verdi, che aiutino anche a migliorare l’integrazione delle infrastrutture viarie nel paesaggio circostante</p>	SOFT	
	riduzione del fabbisogno di mobilità (es. politiche per SW e riduzione giornate lavorative)		-	-	-	-	-	
	promozione strumenti per la pianificazione della mobilità			TR001	Sensibilizzare, formare e coinvolgere i principali attori nel settore trasporti sull’adattamento al cambiamento climatico	<b>Sensibilizzare gli attori dei grandi nodi infrastrutturali</b>	Sensibilizzare enti ed istituzioni responsabili dei grandi nodi infrastrutturali (aeroporti, porti, centri logistici) ad uno sviluppo infrastrutturale ed una gestione attenta ai cambiamenti climatici	SOFT
				TR002	Integrare i rischi connessi al cambiamento climatico nella pianificazione e progettazione verso la resilienza e l’adattamento	<b>Valutare possibili revisioni dei criteri pianificatori e/o progettuali</b>	<p>Verificare ed aggiornare se necessario i processi autorizzativi e le basi normative della pianificazione d’infrastrutture di trasporto in considerazione ai mutamenti climatici in atto e futuri;</p> <p>Rivedere ed allargare se necessario, in relazione alle nuove evidenze scientifiche, gli attuali perimetri di sicurezza delle infrastrutture viarie regionali e monitorare i sistemi fognari di drenaggio delle acque nei punti più suscettibili ad allagamenti e di cruciale importanza per la mobilità</p>	SOFT
				TR013	Messa in sicurezza delle infrastrutture	<b>Attivare programmi di verifica dello stato di manutenzione nelle infrastrutture più sensibili</b>	<p>Promuovere iniziative d’individuazione e ripristino dei ponti fluviali con cedimenti strutturali dovuti a piene improvvise e un Tavolo sulle infrastrutture critiche, coordinato dalla Protezione Civile;</p> <p>Valutare con gli Enti gestori le possibili iniziative per promuovere un’analisi sullo stato di fatto delle gallerie e dei tunnel per individuare le priorità di intervento, per orientare gli interventi di manutenzione straordinaria e indirizzare eventuali scelte di investimento;</p> <p>Promuovere nella manutenzione d’infrastrutture di trasporto l’uso di materiali resistenti agli estremi termici e l’utilizzo di asfalti drenanti.</p>	SOFT
		TR014	Sensibilizzare e coinvolgere i principali attori nel settore trasporti sull’adattamento al cambiamento climatico	<b>Istituire un tavolo intersettoriale e multi-stakeholder per la definizione di criteri comuni, analisi unitarie di vulnerabilità, opzioni sinergiche e priorità di intervento</b>	<p>Dare priorità alla manutenzione e all’adeguamento ai cambiamenti climatici in atto e futuri delle infrastrutture di trasporto già esistenti, rispetto alla progettazione di nuove;</p> <p>Sviluppare metodi di valutazione dei costi-benefici socioeconomici dell’adattamento al cambiamento climatico nei trasporti, con speciale attenzione ai costi legati ad eventuali interruzioni di vie di comunicazione particolarmente sensibili;</p> <p>Promuovere ricerche e studi sull’istituzione di particolari meccanismi assicurativi per provvedere nuovi strumenti che garantiscano il risarcimento dell’incremento dei danni potenziali correlati ai fenomeni dei dissesti idraulico</p>	SOFT		

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

AZIONI PNIEC			MISURE PNACC				
Ambito/settore	Interventi	Opere per l’attuazione degli interventi	ID 13/07	Obiettivo	Azione/Misura	Descrizione	Tipo di misura
Agricoltura	cambiamenti delle pratiche agricole così come delineate dalla Politica Agricola Comune e nei Piani di Sviluppo Rurale		AG001	Migliorare l’educazione e la formazione per la gestione delle risorse nel settore agricolo	<b>Trasferimento di conoscenze e azioni di informazione</b>	Attività dimostrative e azioni di informazione rivolte agli addetti dei settori agricolo, alimentare e forestale, alle PMI operanti nelle zone rurali. Nell’ambito di questa misura si potrebbero sistematizzare e diffondere le conoscenze ed i dati esistenti sui cambiamenti climatici in agricoltura e sulle buone pratiche per l’adattamento, attraverso azioni di sensibilizzazione e comunicazione orientate ad accrescere la conoscenza sulle capacità adattative da parte degli operatori del settore	SOFT
			AG002	Migliorare l’educazione e la formazione per la gestione delle risorse nel settore agricolo	<b>Servizi di consulenza e di assistenza alla gestione delle aziende agricole</b>	Sostegno alla formazione dei consulenti e sostegno per aiutare gli aventi diritto ad avvalersi di servizi di consulenza, relativamente alle conoscenze e all’adozione di pratiche agronomiche e di nuove tecnologie che facilitino l’adattamento ai cambiamenti climatici.	SOFT
			AG003	Migliorare l’efficienza aziendale e aumentare l’integrazione territoriale delle imprese agricole	<b>Investimenti in immobilizzazioni materiali per l’efficientamento delle aziende agricole, promozione di forme di sharing e investimenti per la trasformazione e commercializzazione dei prodotti</b>	Investimenti in strutture e impianti che facilitino l’adattamento ai cambiamenti climatici come ad esempio strutture per la protezione da gelo e grandine; miglioramenti strutturali per il benessere degli animali finalizzati a favorire l’adattamento al cambiamento climatico e alla realizzazione di condizioni più favorevoli di quanto già previsto o per adeguamenti alle norme obbligatorie già vigenti in materia; acquisto di macchine innovative per la lavorazione minima, semina su sodo, agricoltura di precisione, che riducono il consumo carburanti ed emissioni e ottimizzano l’uso delle risorse e acquisto di macchinari impianti o attrezzature funzionali ai processi di lavorazione e trasformazione del prodotto agricolo al fine di efficientare l’uso delle risorse e il trattamento dei reflui e degli scarti di lavorazione dei prodotti agricoli. Promozione di forme di condivisione dei mezzi.	GREY
			AG004	Migliorare l’efficienza aziendale e aumentare l’integrazione territoriale delle imprese agricole	<b>Investimenti in immobilizzazioni materiali per l’efficientamento delle reti e risparmio idrico</b>	Investimenti per il miglioramento sostanziale delle reti irrigue a diretto servizio delle aziende agricole al fine di ottimizzare l’uso della risorsa idrica ed eliminare o ridurre le perdite	GREY
			AG005	Promuovere l’uso di strumenti e investimenti per la prevenzione e gestione del rischio in agricoltura	<b>Prevenzione per il potenziale produttivo agricolo a rischio</b>	Investimenti in misure di prevenzione nelle aree a rischio idrogeologico e sistemazione del reticolo idraulico (naturale e/o artificiale)	SOFT
			AG007	Promuovere la fattibilità economica e ambientale delle attività imprenditoriali, garantendo iniziative globalmente sostenibili con approccio innovativo e multifunzionale	<b>Aiuti all’avviamento di attività imprenditoriali per attività extra-agricole nelle zone rurali</b>	Aumentare la resilienza delle zone rurali, grazie al loro mantenimento attivo attraverso la promozione dello sviluppo delle aziende agricole e delle imprese, di progetti collettivi e approcci comuni per l’adattamento e la mitigazione del cambiamento climatico Sostegno delle spese per la costituzione, l’organizzazione, il coordinamento, gli studi propedeutici e l’animazione delle forme associate dei soggetti coinvolti nell’agricoltura sociale e nelle fattorie didattiche, al fine di sviluppare nuovi rapporti di cooperazione tra diversi operatori, e creare reti o nuove attività delle stesse, con il fine ultimo di mantenere un tessuto sociale in aree soggette ad abbandono. Promozione e realizzazione di orti urbani per aumentare, anche nelle aree urbane, il livello di consapevolezza relativamente all’importanza del contesto rurale e al suo mantenimento.	SOFT
			AG008	Implementazione di pratiche agricole benefiche per il clima e l’ambiente	<b>Tecniche agronomiche a ridotto impatto ambientale per la difesa del suolo</b>	Adozione di pratiche agricole che concorrono a migliorare la gestione del suolo e/o prevenirne l’erosione (Conversione di seminativi in prati permanenti; Agricoltura conservativa)	SOFT
			AG009	Implementazione di pratiche agricole benefiche per il clima e l’ambiente	<b>Sostegno per la conservazione on farm e l’uso delle risorse genetiche vegetali di interesse agrario a rischio di erosione genetica</b>	Conservazione, moltiplicazione e coltivazione di materiale vegetale di varietà a rischio di erosione genetica	SOFT
			AG010	Promuovere ed incentivare la creazione di casi studio regionali per la valutazione costi benefici delle misure di adattamento implementate	<b>Realizzazione di progetti pilota e sviluppo di nuovi prodotti, pratiche, processi e tecnologie</b>	Realizzazione di progetti pilota e di sviluppo di nuovi prodotti, pratiche, processi e tecnologie per il settore agroalimentare e forestale.	SOFT
			AG011	Implementazione di pratiche agricole benefiche per il clima e l’ambiente	<b>Diversificazione culturale quale pratica agricola benefica per il clima e l’ambiente</b>	Diversificazione delle attività produttive attraverso l’inserimento di nuove colture e/o sistemi colturali che contribuiscano a stabilizzare i redditi aziendali	SOFT

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

AZIONI PNIEC			MISURE PNACC				
Ambito/settore	Interventi	Opere per l’attuazione degli interventi	ID 13/07	Obiettivo	Azione/Misura	Descrizione	Tipo di misura
Agricoltura	cambiamenti delle pratiche agricole così come delineate dalla Politica Agricola Comune e nei Piani di Sviluppo Rurale		AG012	Implementazione di pratiche agricole benefiche per il clima e l’ambiente	<b>Mantenimento prati permanenti e/o aree di interesse ecologico quale pratica agricola benefica per il clima e l’ambiente</b>	Mantenere il prato permanente esistente e/o aree di interesse ecologico sulla superficie agricola (almeno il 5% dei seminativi dell’azienda per le aziende il cui seminativo supera i 15ha)	SOFT
			AG013	Promuovere il benessere animale	<b>Benessere animale</b>	Promozione di operazioni in grado di incrementare significativamente il benessere degli animali, individuando specifici ed oggettivi interventi zootecnici, come ad esempio premi agli allevatori che si impegnano a superare le norme minime vigenti in materia di benessere animale e che, per farlo, sostengono costi aggiuntivi e mancati redditi. Nello specifico si intende l’installazione ventilatori con o senza nebulizzazione, raffrescamento artificiale con acqua sopra falda ed in sala attesa, spazzole del tegumento basculanti e/o fisse, reti ombreggianti, ombreggiamento e frangivento naturale arborato, per favorirne l’adattamento ai cambiamenti climatici. La misura prevede anche il sostegno per corsi di formazione per l’ottimale utilizzo di tali tecnologie.	GREY
			AG014	Promuovere l’uso di strumenti e investimenti per la prevenzione e gestione del rischio in agricoltura	<b>Gestione del rischio (e.g. sistemi decisionali e di early warning)</b>	Promuovere l’offerta e l’uso di strumenti di gestione del rischio climatico in agricoltura (Sistemi previsionali, sistemi di supporto alle decisioni, sistemi early warning per rischi di fitopatie e attacchi patogeni, di alluvioni e altri eventi estremi; sistemi di supporto alle decisioni nel medio periodo mensili e stagionali..)	SOFT
			AG015	Promuovere la selezione di genotipi resilienti e resistenti ai cambiamenti climatici e salvaguardia delle razze locali con caratteristiche di resilienza ai cambiamenti climatici	<b>Miglioramento genetico patrimonio zootecnico e salvaguardia della biodiversità</b>	Promuovere il miglioramento genetico del patrimonio zootecnico e la biodiversità animale attraverso un sistema innovativo integrato di assistenza zootecnica	SOFT
			AG016	Promuovere e sostenere la ricerca per la valutazione del rischio e per lo sviluppo di soluzioni di adattamento e mitigazione	<b>Valutazione del rischio climatico in agricoltura e aggiornamento periodico delle mappe di rischio</b>	Applicazione delle recenti metodologie per la valutazione del rischio in agricoltura, con la produzione di mappe di rischio, aggiornate periodicamente in considerazione dell’evoluzione degli scenari climatici per l’Italia	SOFT
			AG018	Promuovere e sostenere la ricerca per la valutazione del rischio e per lo sviluppo di soluzioni di adattamento e mitigazione	<b>Promuovere la ricerca per soluzioni di adattamento e mitigazione per il settore agricolo</b>	Sostenere in modo mirato la ricerca per definire soluzioni alternative in termini di varietà colturali, pratiche agricole, tecniche di lavorazione del suolo, ottimizzazione della risorsa idrica, in funzione delle specifiche condizioni ambientali, dei cambiamenti climatici e delle nuove tecnologie disponibili (es. sviluppo DSS=sistemi di supporto alle decisioni).	SOFT
			AG019	Rafforzare le forme di cooperazione tra aziende e operatori del settore	<b>Creazione di reti di conoscenza e piattaforme di confronto tra operatori del settore</b>	Creare una connessione costante fra le aziende finalizzata alla costituzione di una rete di conoscenze, consultazione, pianificazione e distribuzione condivisa delle diverse colture in base alle esigenze locali, nazionali e internazionali e promuovere la creazione di piattaforme di confronto e dialogo tra beneficiari finali, decisori, ricercatori e rappresentanti delle filiere produttive già esistenti e/o da implementare	SOFT
			AG020	Promuovere ed incentivare la creazione di casi studio regionali per la valutazione costi benefici delle misure di adattamento implementate	<b>Attivare casi studio regionali per la valutazione costi benefici delle misure di adattamento</b>	Promuovere ed incentivare la creazione di casi studio regionali per la valutazione costi benefici delle misure di adattamento implementate	SOFT
			AG021	Migliorare l’educazione e la formazione per la gestione delle risorse nel settore agricolo	<b>Formazione assistenza tecnica per la gestione della risorsa idrica</b>	Investimenti sul capitale umano per il miglioramento della gestione dell’acqua nei comprensori irrigui che fanno capo a infrastrutture di approvvigionamento idrico; formazione per il supporto all’irrigazione pianificata sulla base degli effettivi fabbisogni irrigui stimati e riduzione rischio di salinizzazione in zone aride.	SOFT
			AG022	Migliorare l’efficienza aziendale e aumentare l’integrazione territoriale delle imprese agricole	<b>Promozione della diffusione dell’agricoltura di precisione</b>	Promuovere la diffusione dell’agricoltura di precisione al fine di utilizzare in maniera più efficiente (sito specifica) i mezzi di produzione (es. nutrienti e acqua). L’ottimizzazione degli input colturali consente di incrementare la produttività colturale e l’adattamento ai cambiamenti climatici, rispettando contemporaneamente gli obiettivi di mitigazione e riducendo i danni derivanti dall’uso non controllato degli stessi (es. inquinamento N nelle falde)	SOFT
AG023	Implementazione di pratiche agricole benefiche per il clima e l’ambiente	<b>Sostituzione colture o varietà coltivate</b>	Sostituzione delle colture o varietà in relazione alle caratteristiche ambientali specifiche dei siti e riduzione di cultivar che necessitano di enorme richiesta idrica (mais) nelle aree in cui la risorsa idrica è scarsa e in quelle minacciate dalla siccità	SOFT			

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

AZIONI PNIEC			MISURE PNACC				
Ambito/settore	Interventi	Opere per l'attuazione degli interventi	ID 13/07	Obiettivo	Azione/Misura	Descrizione	Tipo di misura
Agricoltura	cambiamenti delle pratiche agricole così come delineate dalla Politica Agricola Comune e nei Piani di Sviluppo Rurale		AG024	Promuovere il benessere animale	<b>Pratiche innovative nei sistemi di allevamento</b>	Adozione di pratiche innovative nei sistemi di allevamento per minimizzare l'impatto ambientale anche attraverso la revisione di piani alimentari	SOFT
			AG025	Implementazione di pratiche agricole benefiche per il clima e l'ambiente	<b>Diversificazione delle attività produttive</b>	Diversificazione delle attività produttive tramite la creazione di filiere per favorire un uso più efficiente delle risorse naturali con produzione di proteine anche in aree marginali (ad es. produzione di foraggi e contestuale allevamento di bestiame)	SOFT
			AG026	Implementazione di pratiche agricole benefiche per il clima e l'ambiente	<b>Mantenimento di pratiche tradizionali (ad es. pascoli arborati)</b>	Promozione del mantenimento di pratiche di gestione dei pascoli tradizionali, come il pascolo arborato, al fine di una gestione più sostenibile del territorio.	GREEN
			AG027	Promuovere l'uso di strumenti e investimenti per la prevenzione e gestione del rischio in agricoltura	<b>Recupero, ristrutturazione e manutenzione delle sistemazioni idraulico-agrarie</b>	Recupero, ristrutturazione e manutenzione delle sistemazioni idraulico-agrarie in particolare negli ambienti collinari, attraverso la progettazione partecipata a scala di micro bacino (terrazzamenti, ciglionamenti, impianti di filari a girapoggio, ecc)	GREY
			AG028	Promuovere e sostenere la ricerca per la valutazione del rischio e per lo sviluppo di soluzioni di adattamento e mitigazione	<b>Sviluppo del miglioramento genetico e selezione delle colture</b>	Sviluppo del miglioramento genetico e selezione delle colture in relazione alle caratteristiche ambientali specifiche dei siti per promuovere l'adattamento al cambiamento climatico	SOFT

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

AZIONI PNIEC			MISURE PNACC					
Ambito/settore	Interventi	Opere per l’attuazione degli interventi	ID 13/07	Obiettivo	Azione/Misura	Descrizione	Tipo di misura	
<b>RINNOVABILI</b>								
Settore elettrico	misure per la diffusione di impianti a fonti rinnovabili tramite piccoli impianti (comunità energetiche rinnovabili, autoconsumo singolo o collettivo, misure fiscali) e impianti di dimensioni maggiori	parchi eolici offshore e onshore impianti fotovoltaici offshore e a terra	EN003	Riduzione delle perdite di energia dalle reti di trasmissione e distribuzione	<b>Promozione dello sviluppo di "microgrid "</b>	Riduzione del livello di dipendenza energetica delle realtà locali, accompagnato da un’attenta analisi delle situazioni locali per individuare i casi in cui le microgrid comportino effettivi vantaggi rispetto alla rete pubblica, per minimizzare i rischi derivanti da un’ eccessiva frammentazione del sistema	GREY	
	misure per sostenere impianti basati su tecnologie innovative (eolico offshore, solare termodinamico, geotermia a ridotto impatto ambientale e oceanica, tecnologie sfruttamento energia marina, fotovoltaico floating e agrivoltaico)		EN021	Incrementare l’utilizzo di fonti energetiche alternative	<b>Promozione delle fonti rinnovabili e dell’efficienza energetica</b>	Riduzione dell’uso di fonti energetiche fossili al fine di ridurre la vulnerabilità del sistema energetico	SOFT	
			EN023	Incrementare l’utilizzo di fonti energetiche alternative	<b>Utilizzo di sistemi di stoccaggio dell’energia</b>	Installazione di sistemi che permettano di affrontare il carattere intermittente delle fonti rinnovabili e l’aumento della variabilità legato ai cambiamenti climatici	GREY	
			EN005	Riduzione delle perdite di energia dalle reti di trasmissione e distribuzione	<b>Interramento di parte della rete</b>	Riduzione dell’esposizione della rete al surriscaldamento e, nello stesso tempo, minimizzazione degli impatti visivi e ambientali	GREY	
			EN006	Riduzione delle perdite di energia dalle reti di trasmissione e distribuzione	<b>Utilizzo di sistemi di trasmissione flessibili in corrente alternata</b>	Utilizzo di sistemi di trasmissione in corrente alternata per rendere i sistemi più controllabili	GREY	
	misure per la salvaguardia e potenziamento delle produzioni di impianti esistenti competitivi (fotovoltaico e eolico)		EN024	Promuovere ed incrementare una miglior gestione della domanda di energia per riscaldamento e raffrescamento	<b>Integrazione e sviluppo delle reti</b>	Aumento del grado di interconnessione della rete elettrica anche al fine di integrare i contributi da fonte rinnovabile	GREY	
			EN028	Incremento della resilienza del sistema energetico	<b>Sviluppo di sistemi di stoccaggio diffuso</b>	Promuovere lo sviluppo di sistemi di stoccaggio diffuso dell’elettricità che possano contribuire a ridurre lo sbilanciamento. Tali sistemi potranno inoltre permettere di programmare meglio la produzione rinnovabile e eventualmente spostarla in ore a più alto fabbisogno se necessario.	GREY	
	semplificazione e accelerazione delle procedure autorizzative a tutti i livelli		-	-	-	-	-	-
	processo di individuazione delle aree idonee di concerto con le Regioni attraverso un percorso		-	-	-	-	-	-
	sviluppo dell’idrogeno in particolare nell’industria (stima al 2030 di un consumo di 250 kton/anno di idrogeno corrispondente ad una installazione di una capacità elettrica di circa 3 GW di elettrolizzatori)		EN023	Incrementare l’utilizzo di fonti energetiche alternative	<b>Utilizzo di sistemi di stoccaggio dell’energia</b>	Installazione di sistemi che permettano di affrontare il carattere intermittente delle fonti rinnovabili e l’aumento della variabilità legato ai cambiamenti climatici	GREY	
	EN028	Incremento della resilienza del sistema energetico	<b>Sviluppo di sistemi di stoccaggio diffuso</b>	Promuovere lo sviluppo di sistemi di stoccaggio diffuso dell’elettricità che possano contribuire a ridurre lo sbilanciamento. Tali sistemi potranno inoltre permettere di programmare meglio la produzione rinnovabile e eventualmente spostarla in ore a più alto fabbisogno se necessario.	GREY			
Trasporti	obbligo di immissione in consumo di prodotti rinnovabili in capo ai fornitori		EN021	Incrementare l’utilizzo di fonti energetiche alternative	<b>Promozione delle fonti rinnovabili e dell’efficienza energetica</b>	Riduzione dell’uso di fonti energetiche fossili al fine di ridurre la vulnerabilità del sistema energetico	SOFT	
	utilizzo dei biocarburanti in purezza		EN021	Incrementare l’utilizzo di fonti energetiche alternative	<b>Promozione delle fonti rinnovabili e dell’efficienza energetica</b>	Riduzione dell’uso di fonti energetiche fossili al fine di ridurre la vulnerabilità del sistema energetico	SOFT	

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

AZIONI PNIEC			MISURE PNACC				
Ambito/settore	Interventi	Opere per l’attuazione degli interventi	ID 13/07	Obiettivo	Azione/Misura	Descrizione	Tipo di misura
Rinnovabili termiche	l’obbligo di integrazione delle FER termiche negli edifici,	Rinnovabili domestiche	EN003	Riduzione delle perdite di energia dalle reti di trasmissione e distribuzione	Promozione dello sviluppo di "microgrid "	Riduzione del livello di dipendenza energetica delle realtà locali, accompagnato da un’attenta analisi delle situazioni locali per individuare i casi in cui le microgrid comportino effettivi vantaggi rispetto alla rete pubblica, per minimizzare i rischi derivanti da un’ eccessiva frammentazione del sistema	GREY
			EN007	Incrementare l’utilizzo di fonti energetiche alternative	Installazione di sistemi di monitoraggio dell’andamento delle fonti rinnovabili	Installazione di sistemi di monitoraggio per facilitare l’integrazione di fonti rinnovabili intermittenti	SOFT
			EN021	Incrementare l’utilizzo di fonti energetiche alternative	Promozione delle fonti rinnovabili e dell’efficienza energetica	Riduzione dell’uso di fonti energetiche fossili al fine di ridurre la vulnerabilità del sistema energetico	SOFT
	la promozione del teleriscaldamento e l’obbligo di fornitura di calore rinnovabile.	teleriscaldamento	EN011	Incrementare la resilienza del sistema energetico e ridurre la vulnerabilità della produzione idroelettrica e termoelettrica	Sostituzione dei sistemi di raffreddamento a ciclo aperto con sistemi a ciclo chiuso	Utilizzo di sistemi di raffreddamento che riducano la dipendenza dalla disponibilità di risorse idriche per il raffreddamento	GREY
			EN012	Incrementare la resilienza del sistema energetico e ridurre la vulnerabilità della produzione idroelettrica e termoelettrica	Utilizzo di raffreddatori ad aria, pompe addizionali o torri di raffreddamento	Utilizzo di sistemi di raffreddamento che riducano la dipendenza dalla disponibilità di risorse idriche per il raffreddamento	GREY
			EN019	Incrementare la resilienza del sistema energetico e ridurre la vulnerabilità della produzione idroelettrica e termoelettrica	Introduzione di sistemi di raffreddamento più efficaci per gli impianti a biomassa	Disponibilità di sistemi di raffreddamento che riducano la vulnerabilità degli impianti nei confronti di ondate di calore	GREY
	Penetrazione del vettore biometano e idrogeno (in particolare in ambito industriale).		EN020	Incrementare l’utilizzo di fonti energetiche alternative	Diversificazione delle fonti primarie	Diversificazione delle fonti energetiche in modo da aumentare la sicurezza degli approvvigionamenti	SOFT
			EN021	Incrementare l’utilizzo di fonti energetiche alternative	Promozione delle fonti rinnovabili e dell’efficienza energetica	Riduzione dell’uso di fonti energetiche fossili al fine di ridurre la vulnerabilità del sistema energetico	SOFT
	diffusione delle pompe di calore nel settore civile		EN003	Riduzione delle perdite di energia dalle reti di trasmissione e distribuzione	Promozione dello sviluppo di "microgrid "	Riduzione del livello di dipendenza energetica delle realtà locali, accompagnato da un’attenta analisi delle situazioni locali per individuare i casi in cui le microgrid comportino effettivi vantaggi rispetto alla rete pubblica, per minimizzare i rischi derivanti da un’ eccessiva frammentazione del sistema	GREY
			EN021	Incrementare l’utilizzo di fonti energetiche alternative	Promozione delle fonti rinnovabili e dell’efficienza energetica	Riduzione dell’uso di fonti energetiche fossili al fine di ridurre la vulnerabilità del sistema energetico	SOFT

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

civile	incrementare notevolmente il tasso di ristrutturazione degli edifici, prevedendo una significativa penetrazione di tecnologie per l'elettrificazione dei consumi, per l'automazione e controllo e una massiva diffusione degli interventi di isolamento delle superfici disperdenti.		EN001	Promuovere ed incrementare una miglior gestione della domanda di energia per riscaldamento e raffrescamento	<b>Interventi di adattamento degli edifici esistenti</b>	Realizzazione di interventi di retrofit del patrimonio edilizio esistente per la riduzione dei fabbisogni di climatizzazione, sia per la stagione invernale che per quella estiva	GREY
			EN008	Incrementare la resilienza del sistema energetico e ridurre la vulnerabilità della produzione idroelettrica e termoelettrica	<b>Razionalizzazione, programmazione e riduzione dei consumi nel periodo estivo</b>	Adozione di provvedimenti per ottimizzare la produzione elettrica in situazioni di emergenza e la gestione dell'acqua (usi agricoli, industriali, produzione elettrica, usi civili, navigazione fluviale)	GREY
	pompe di calore come sistema principale di riscaldamento da installare sia in corrispondenza di riqualificazioni profonde degli edifici che ad integrazione dei sistemi di distribuzione del calore vigenti.		EN008	Incrementare la resilienza del sistema energetico e ridurre la vulnerabilità della produzione idroelettrica e termoelettrica	<b>Razionalizzazione, programmazione e riduzione dei consumi nel periodo estivo</b>	Adozione di provvedimenti per ottimizzare la produzione elettrica in situazioni di emergenza e la gestione dell'acqua (usi agricoli, industriali, produzione elettrica, usi civili, navigazione fluviale)	GREY
	diffusione di impianti fotovoltaici domestici.	Rinnovabili domestiche	EN003	Riduzione delle perdite di energia dalle reti di trasmissione e distribuzione	<b>Promozione dello sviluppo di "microgrid"</b>	Riduzione del livello di dipendenza energetica delle realtà locali, accompagnato da un'attenta analisi delle situazioni locali per individuare i casi in cui le microgrid comportino effettivi vantaggi rispetto alla rete pubblica, per minimizzare i rischi derivanti da un'eccessiva frammentazione del sistema	GREY
			EN007	Incrementare l'utilizzo di fonti energetiche alternative	<b>Installazione di sistemi di monitoraggio dell'andamento delle fonti rinnovabili</b>	Installazione di sistemi di monitoraggio per facilitare l'integrazione di fonti rinnovabili intermittenti	SOFT
			EN021	Incrementare l'utilizzo di fonti energetiche alternative	<b>Promozione delle fonti rinnovabili e dell'efficienza energetica</b>	Riduzione dell'uso di fonti energetiche fossili al fine di ridurre la vulnerabilità del sistema energetico	SOFT
			EN023	Incrementare l'utilizzo di fonti energetiche alternative	<b>Utilizzo di sistemi di stoccaggio dell'energia</b>	Installazione di sistemi che permettano di affrontare il carattere intermittente delle fonti rinnovabili e l'aumento della variabilità legato ai cambiamenti climatici	GREY
			EN025	Promuovere ed incrementare una miglior gestione della domanda di energia per riscaldamento e raffrescamento	<b>Utilizzo di contratti che prevedano l'interrompibilità del servizio</b>	Introduzione di sistemi che consentano di governare l'offerta di energia elettrica in funzione della variabilità della domanda	SOFT
			EN026	Promuovere ed incrementare una miglior gestione della domanda di energia per riscaldamento e raffrescamento	<b>Promozione dell'evoluzione in corso da un sistema centralizzato a uno distribuito</b>	Promozione della generazione elettrica da parte dei consumatori, al fine di ridurre la vulnerabilità della rete	GREY
			EN028	Incremento della resilienza del sistema energetico	<b>Sviluppo di sistemi di stoccaggio diffuso</b>	Promuovere lo sviluppo di sistemi di stoccaggio diffuso dell'elettricità che possano contribuire a ridurre lo sbilanciamento. Tali sistemi potranno inoltre permettere di programmare meglio la produzione rinnovabile e eventualmente spostarla in ore a più alto fabbisogno se necessario.	GREY
	piano di efficientamento del parco immobiliare e di riduzione dei consumi energetici per la PA		EN001	Promuovere ed incrementare una miglior gestione della domanda di energia per riscaldamento e raffrescamento	<b>Interventi di adattamento degli edifici esistenti</b>	Realizzazione di interventi di retrofit del patrimonio edilizio esistente per la riduzione dei fabbisogni di climatizzazione, sia per la stagione invernale che per quella estiva	GREY
			EN008	Incrementare la resilienza del sistema energetico e ridurre la vulnerabilità della produzione idroelettrica e termoelettrica	<b>Razionalizzazione, programmazione e riduzione dei consumi nel periodo estivo</b>	Adozione di provvedimenti per ottimizzare la produzione elettrica in situazioni di emergenza e la gestione dell'acqua (usi agricoli, industriali, produzione elettrica, usi civili, navigazione fluviale)	GREY
	aggiornamento delle misure esistenti per includere la promozione dell'efficienza energetica negli edifici del settore non residenziale privato,		EN001	Promuovere ed incrementare una miglior gestione della domanda di energia per riscaldamento e raffrescamento	<b>Interventi di adattamento degli edifici esistenti</b>	Realizzazione di interventi di retrofit del patrimonio edilizio esistente per la riduzione dei fabbisogni di climatizzazione, sia per la stagione invernale che per quella estiva	GREY
			EN008	Incrementare la resilienza del sistema energetico e ridurre la vulnerabilità della produzione idroelettrica e termoelettrica	<b>Razionalizzazione, programmazione e riduzione dei consumi nel periodo estivo</b>	Adozione di provvedimenti per ottimizzare la produzione elettrica in situazioni di emergenza e la gestione dell'acqua (usi agricoli, industriali, produzione elettrica, usi civili, navigazione fluviale)	GREY

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

AZIONI PNIEC			MISURE PNACC				
Ambito/settore	Interventi	Opere per l’attuazione degli interventi	ID 13/07	Obiettivo	Azione/Misura	Descrizione	Tipo di misura
trasporti	contenimento del fabbisogno di mobilità, incremento della mobilità collettiva, in particolare su rotaia, lo spostamento del trasporto merci da gomma a ferro, incremento e della mobilità dolce.		TR003	Integrare i rischi connessi al cambiamento climatico nella pianificazione e progettazione verso la resilienza e l’adattamento	<b>Valutare la sinergia ed i co-benefici della mobilità sostenibile (mitigazione e adattamento)</b>	Incentivare una mobilità lenta e sostenibile che riduca il più possibile il suo impatto sul territorio e che condivida obiettivi e finalità con le politiche di mitigazione Migliorare la segnaletica e l’informazione al pubblico riguardo le opportunità della mobilità ciclistica regionale, nel tentativo di ridurre l’impatto antropico sul territorio e le sollecitazioni alla rete viaria urbana ed extraurbana Garantire la continuità e il buono stato della rete ciclistica extraurbana, colmando le lacune di percorsi spesso frammentati ed isolati tra loro, nel tentativo di incrementare l’utilizzo dei mezzi ciclabili anche negli spostamenti al di fuori dai centri abitati;	SOFT
			TR012	Sperimentare materiali, strutture, impianti e tecnologie più resilienti all’aumento delle temperature e della variabilità delle precipitazioni	<b>Interventi sperimentali di adattamento e relativo monitoraggio</b>	Effettuare interventi di stabilizzazione del sedime ferroviario e di modifica delle tecniche di costruzione dei binari, con l’utilizzo di strutture resilienti alle alte temperature e all’incremento di eventi climatici estremi; Promuovere, quando necessario, la progettazione d’infrastrutture di trasporto in grado di sopportare eventi meteorologici estremi, l’uso di materiali resistenti agli estremi termici e l’utilizzo di asfalti drenanti; Rivedere ed allargare se necessario, in relazione alle nuove evidenze scientifiche, gli attuali perimetri di sicurezza delle infrastrutture viarie; monitorare ed adeguare i sistemi fognari di drenaggio delle acque nei punti più suscettibili ad allagamenti e di cruciale importanza per la mobilità; Incrementare il monitoraggio e gli interventi di manutenzione degli argini dei bacini idrici in prossimità dei passaggi ferroviari in riferimento al mutato regime idraulico; Considerare il miglioramento dei sistemi di drenaggio stradali, attraverso la possibile implementazione d’interventi verdi, che aiutino anche a migliorare l’integrazione delle infrastrutture viarie nel paesaggio circostante	SOFT
			TR013	Messa in sicurezza delle infrastrutture	<b>Attivare programmi di verifica dello stato di manutenzione nelle infrastrutture più sensibili</b>	Promuovere iniziative d’individuazione e ripristino dei ponti fluviali con cedimenti strutturali dovuti a piene improvvise e un Tavolo sulle infrastrutture critiche, coordinato dalla Protezione Civile; Valutare con gli Enti gestori le possibili iniziative per promuovere un’analisi sullo stato di fatto delle gallerie e dei tunnel per individuare le priorità di intervento, per orientare gli interventi di manutenzione straordinaria e indirizzare eventuali scelte di investimento; Promuovere nella manutenzione d’infrastrutture di trasporto l’uso di materiali resistenti agli estremi termici e l’utilizzo di asfalti drenanti.	SOFT
			TR014	Sensibilizzare e coinvolgere i principali attori nel settore trasporti sull’adattamento al cambiamento climatico	<b>Istituire un tavolo intersettoriale e multi-stakeholder per la definizione di criteri comuni, analisi unitarie di vulnerabilità, opzioni sinergiche e priorità di intervento</b>	Dare priorità alla manutenzione e all’adeguamento ai cambiamenti climatici in atto e futuri delle infrastrutture di trasporto già esistenti, rispetto alla progettazione di nuove; Sviluppare metodi di valutazione dei costi-benefici socioeconomici dell’adattamento al cambiamento climatico nei trasporti, con speciale attenzione ai costi legati ad eventuali interruzioni di vie di comunicazione particolarmente sensibili; Promuovere ricerche e studi sull’istituzione di particolari meccanismi assicurativi per provvedere nuovi strumenti che garantiscano il risarcimento dell’incremento dei danni potenziali correlati ai fenomeni dei dissesto idraulico	SOFT
	Per il residuo fabbisogno di mobilità privata e merci, promozione dell’uso dei carburanti alternativi e del vettore elettrico, accrescendo la quota di rinnovabili		EN020	Incrementare l’utilizzo di fonti energetiche alternative	<b>Diversificazione delle fonti primarie</b>	Diversificazione delle fonti energetiche in modo da aumentare la sicurezza degli approvvigionamenti	SOFT
			EN021	Incrementare l’utilizzo di fonti energetiche alternative	<b>Promozione delle fonti rinnovabili e dell’efficienza energetica</b>	Riduzione dell’uso di fonti energetiche fossili al fine di ridurre la vulnerabilità del sistema energetico	SOFT
			EN023	Incrementare l’utilizzo di fonti energetiche alternative	<b>Utilizzo di sistemi di stoccaggio dell’energia</b>	Installazione di sistemi che permettano di affrontare il carattere intermittente delle fonti rinnovabili e l’aumento della variabilità legato ai cambiamenti climatici	GREY

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

AZIONI PNIEC			MISURE PNACC				
Ambito/settore	Interventi	Opere per l’attuazione degli interventi	ID 13/07	Obiettivo	Azione/Misura	Descrizione	Tipo di misura
<b>SICUREZZA ENERGETICA</b>							
Settore elettrico	potenziamento delle interconnessioni elettriche tramite progetti di medio e lungo termine, individuati dal gestore del sistema elettrico nazionale, che consentiranno un aumento della capacità di interconnessione con l’estero,	potenziamento e nuove interconnessioni elettriche (mare e terra)	EN024	Promuovere ed incrementare una miglior gestione della domanda di energia per riscaldamento e raffrescamento	<b>Integrazione e sviluppo delle reti</b>	Aumento del grado di interconnessione della rete elettrica anche al fine di integrare i contributi da fonte rinnovabile	GREY
			EN027	Incremento della resilienza del sistema energetico	<b>Promuovere la coordinazione con i TSO</b>	Promuovere la coordinazione con i Transmission System Operators (TSO) dei paesi confinanti al fine di incrementare l’efficacia della leva degli scambi internazionali come ulteriore elemento di resilienza del sistema	SOFT
	aumento della capacità di accumulo da indirizzare sempre di più verso soluzioni “energy intensive”, per limitare a quanto economicamente efficiente il fenomeno dell’overgeneration e favorire il raggiungimento degli obiettivi di consumo di energia rinnovabile	stoccaggi di energia (accumuli idrici...)	EN018	Incrementare la resilienza del sistema energetico e ridurre la vulnerabilità della produzione idroelettrica e termoelettrica	<b>Introduzione di incentivi economici per lo sviluppo di nuova capacità di stoccaggio</b>	Aumento dei volumi dei serbatoi per far fronte alla crescente variabilità delle precipitazioni e delle disponibilità idriche	SOFT
			EN023	Incrementare l’utilizzo di fonti energetiche alternative	<b>Utilizzo di sistemi di stoccaggio dell’energia</b>	Installazione di sistemi che permettano di affrontare il carattere intermittente delle fonti rinnovabili e l’aumento della variabilità legato ai cambiamenti climatici	GREY
			EN025	Promuovere ed incrementare una miglior gestione della domanda di energia per riscaldamento e raffrescamento	<b>Utilizzo di contratti che prevedano l’interrompibilità del servizio</b>	Introduzione di sistemi che consentano di governare l’offerta di energia elettrica in funzione della variabilità della domanda	SOFT
			EN028	Incremento della resilienza del sistema energetico	<b>Sviluppo di sistemi di stoccaggio diffuso</b>	Promuovere lo sviluppo di sistemi di stoccaggio diffuso dell’elettricità che possano contribuire a ridurre lo sbilanciamento. Tali sistemi potranno inoltre permettere di programmare meglio la produzione rinnovabile e eventualmente spostarla in ore a più alto fabbisogno se necessario.	GREY
Settore Gas	incremento della capacità di rigassificazione e della relativa fornitura di GNL (nuovi Floating Storage and Regasification Unit – FSRU di Piombino e Ravenna in esercizio nel 2023-25 ed incremento della capacità di rigassificazione dei terminali esistenti)	rigassificatori (unità galleggianti di rigassificazione e stoccaggio di gas FRSU, rigassificatori costieri)	EN010	Incrementare la resilienza del sistema energetico e ridurre la vulnerabilità della produzione idroelettrica e termoelettrica	<b>Sostituire i combustibili fossili utilizzati dalle centrali termoelettriche tradizionali (da carbone e olio combustibile a gas naturale)</b>	Sostituire i combustibili fossili utilizzati dalle centrali termoelettriche tradizionali (da carbone e olio combustibile a gas naturale)	GREY
	rafforzamento di alcune infrastrutture transfrontaliere e interne. ampliamento della capacità di trasporto sud-nord lungo la dorsale Adriatica	potenziamento e nuove interconnessioni gas (mare e terra)	-	-	-	-	-
	sostituzione di metanodotti ormai giunti alla fine della loro vita utile. Tali metanodotti saranno inoltre hydrogen ready, utili pertanto nel lungo termine al trasporto dell’idrogeno	potenziamento e nuove interconnessioni gas (mare e terra)	-	-	-	-	-

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

AZIONI PNIEC			MISURE PNACC				
Ambito/settore	Interventi	Opere per l'attuazione degli interventi	ID 13/07	Obiettivo	Azione/Misura	Descrizione	Tipo di misura
<b>MERCATO INTERNO DELL'ENERGIA</b>							
			EN005	Riduzione delle perdite di energia dalle reti di trasmissione e distribuzione	<b>Interramento di parte della rete</b>	Riduzione dell'esposizione della rete al surriscaldamento e, nello stesso tempo, minimizzazione degli impatti visivi e ambientali	GREY
			EN006	Riduzione delle perdite di energia dalle reti di trasmissione e distribuzione	<b>Utilizzo di sistemi di trasmissione flessibili in corrente alternata</b>	Utilizzo di sistemi di trasmissione in corrente alternata per rendere i sistemi più controllabili	GREY
			EN024	Promuovere ed incrementare una miglior gestione della domanda di energia per riscaldamento e raffrescamento	<b>Integrazione e sviluppo delle reti</b>	Aumento del grado di interconnessione della rete elettrica anche al fine di integrare i contributi da fonte rinnovabile	GREY
			EN027	Incremento della resilienza del sistema energetico	<b>Promuovere la coordinazione con i TSO</b>	Promuovere la coordinazione con Transmission System Operators (TSO) dei paesi confinanti al fine di incrementare l'efficacia della leva degli scambi internazionali come ulteriore elemento di resilienza del sistema	SOFT
PdS TERNA: sviluppare infrastrutture che integrino le fonti di energia rinnovabile (FER) e aumentino la capacità di trasporto tra le diverse zone di mercato, risolvendo le congestioni del sistema elettrico.			EN005	Riduzione delle perdite di energia dalle reti di trasmissione e distribuzione	<b>Interramento di parte della rete</b>	Riduzione dell'esposizione della rete al surriscaldamento e, nello stesso tempo, minimizzazione degli impatti visivi e ambientali	GREY
			EN006	Riduzione delle perdite di energia dalle reti di trasmissione e distribuzione	<b>Utilizzo di sistemi di trasmissione flessibili in corrente alternata</b>	Utilizzo di sistemi di trasmissione in corrente alternata per rendere i sistemi più controllabili	GREY
			EN023	Incrementare l'utilizzo di fonti energetiche alternative	<b>Utilizzo di sistemi di stoccaggio dell'energia</b>	Installazione di sistemi che permettano di affrontare il carattere intermittente delle fonti rinnovabili e l'aumento della variabilità legato ai cambiamenti climatici	GREY
			EN024	Promuovere ed incrementare una miglior gestione della domanda di energia per riscaldamento e raffrescamento	<b>Integrazione e sviluppo delle reti</b>	Aumento del grado di interconnessione della rete elettrica anche al fine di integrare i contributi da fonte rinnovabile	GREY
			EN025	Promuovere ed incrementare una miglior gestione della domanda di energia per riscaldamento e raffrescamento	<b>Utilizzo di contratti che prevedano l'interrompibilità del servizio</b>	Introduzione di sistemi che consentano di governare l'offerta di energia elettrica in funzione della variabilità della domanda	SOFT
			EN028	Incremento della resilienza del sistema energetico	<b>Sviluppo di sistemi di stoccaggio diffuso</b>	Promuovere lo sviluppo di sistemi di stoccaggio diffuso dell'elettricità che possano contribuire a ridurre lo sbilanciamento. Tali sistemi potranno inoltre permettere di programmare meglio la produzione rinnovabile e eventualmente spostarla in ore a più alto fabbisogno se necessario.	GREY
accelerazione e semplificazione degli iter autorizzativi sia per le opere di sviluppo di rete che per la connessione di impianti rinnovabili,			EN023	Incrementare l'utilizzo di fonti energetiche alternative	<b>Utilizzo di sistemi di stoccaggio dell'energia</b>	Installazione di sistemi che permettano di affrontare il carattere intermittente delle fonti rinnovabili e l'aumento della variabilità legato ai cambiamenti climatici	GREY
			EN024	Promuovere ed incrementare una miglior gestione della domanda di energia per riscaldamento e raffrescamento	<b>Integrazione e sviluppo delle reti</b>	Aumento del grado di interconnessione della rete elettrica anche al fine di integrare i contributi da fonte rinnovabile	GREY
			EN025	Promuovere ed incrementare una miglior gestione della domanda di energia per riscaldamento e raffrescamento	<b>Utilizzo di contratti che prevedano l'interrompibilità del servizio</b>	Introduzione di sistemi che consentano di governare l'offerta di energia elettrica in funzione della variabilità della domanda	SOFT

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

AZIONI PNIEC			MISURE PNACC				
Ambito/settore	Interventi	Opere per l’attuazione degli interventi	ID 13/07	Obiettivo	Azione/Misura	Descrizione	Tipo di misura
	Integrazione tra sistemi (elettrico, idrico e gas in particolare), da avviare in via sperimentale, anche con lo scopo di studiare le più efficienti modalità per l’accumulo di lungo termine di energia rinnovabile.	stoccaggi di energia	EN015	Incrementare la resilienza del sistema energetico e ridurre la vulnerabilità della produzione idroelettrica e termoelettrica	<b>Rafforzamento del controllo/monitoraggio della variabilità dell’apporto d’acqua</b>	Ottimizzazione della gestione della risorsa idrica in relazione alla produzione idroelettrica, alla tutela delle condizioni ecologiche e agli altri usi idrici	SOFT
			EN017	Incrementare la resilienza del sistema energetico e ridurre la vulnerabilità della produzione idroelettrica e termoelettrica	<b>Aumento dei volumi dei serbatoi di stoccaggio nella gestione ordinaria</b>	Aumento dei volumi dei serbatoi per far fronte alla crescente variabilità delle precipitazioni e delle disponibilità idriche	GREY
			EN018	Incrementare la resilienza del sistema energetico e ridurre la vulnerabilità della produzione idroelettrica e termoelettrica	<b>Introduzione di incentivi economici per lo sviluppo di nuova capacità di stoccaggio</b>	Aumento dei volumi dei serbatoi per far fronte alla crescente variabilità delle precipitazioni e delle disponibilità idriche	SOFT
			EN023	Incrementare l’utilizzo di fonti energetiche alternative	<b>Utilizzo di sistemi di stoccaggio dell’energia</b>	Installazione di sistemi che permettano di affrontare il carattere intermittente delle fonti rinnovabili e l’aumento della variabilità legato ai cambiamenti climatici	GREY
			EN028	Incremento della resilienza del sistema energetico	<b>Sviluppo di sistemi di stoccaggio diffuso</b>	Promuovere lo sviluppo di sistemi di stoccaggio diffuso dell’elettricità che possano contribuire a ridurre lo sbilanciamento. Tali sistemi potranno inoltre permettere di programmare meglio la produzione rinnovabile e eventualmente spostarla in ore a più alto fabbisogno se necessario.	GREY
	approfondimenti per introdurre interventi di efficienza e di installazione di impianti a fonti rinnovabili in autoconsumo		EN003	Riduzione delle perdite di energia dalle reti di trasmissione e distribuzione	<b>Promozione dello sviluppo di "microgrid"</b>	Riduzione del livello di dipendenza energetica delle realtà locali, accompagnato da un’attenta analisi delle situazioni locali per individuare i casi in cui le microgrid comportino effettivi vantaggi rispetto alla rete pubblica, per minimizzare i rischi derivanti da un’eccessiva frammentazione del sistema	GREY
			EN007	Incrementare l’utilizzo di fonti energetiche alternative	<b>Installazione di sistemi di monitoraggio dell’andamento delle fonti rinnovabili</b>	Installazione di sistemi di monitoraggio per facilitare l’integrazione di fonti rinnovabili intermittenti	SOFT
			EN020	Incrementare l’utilizzo di fonti energetiche alternative	<b>Diversificazione delle fonti primarie</b>	Diversificazione delle fonti energetiche in modo da aumentare la sicurezza degli approvvigionamenti	SOFT
			EN021	Incrementare l’utilizzo di fonti energetiche alternative	<b>Promozione delle fonti rinnovabili e dell’efficienza energetica</b>	Riduzione dell’uso di fonti energetiche fossili al fine di ridurre la vulnerabilità del sistema energetico	SOFT
			EN024	Promuovere ed incrementare una miglior gestione della domanda di energia per riscaldamento e raffrescamento	<b>Integrazione e sviluppo delle reti</b>	Aumento del grado di interconnessione della rete elettrica anche al fine di integrare i contributi da fonte rinnovabile	GREY
			EN026	Promuovere ed incrementare una miglior gestione della domanda di energia per riscaldamento e raffrescamento	<b>Promozione dell’evoluzione in corso da un sistema centralizzato a uno distribuito</b>	Promozione della generazione elettrica da parte dei consumatori, al fine di ridurre la vulnerabilità della rete	GREY
<b>RICERCA, INNOVAZIONE E COMPETITIVITÀ</b>							
	ricerca e potenziale sviluppo delle nuove tecnologie sul nucleare		-	-	-	-	-
	sviluppo di tecnologie che attualmente sono ancora nella fase dimostrativa o prototipale, soprattutto nelle applicazioni dell’industria hard to abate e del trasporto pesante		-	-	-	-	-

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Il perseguimento, da parte del Piano, di obiettivi di adattamento ai cambiamenti climatici non riguarda solamente la fase di predisposizione del Piano stesso, ma può essere approfondito in fase di attuazione delle azioni previste. In questo senso di seguito vengono trattate le possibili misure e/o alternative orientate a migliorare l'adattamento del Piano in fase di attuazione. In linea generale, per le azioni che prevedono la realizzazione di infrastrutture, queste dovrebbero presentare un livello adeguato di resilienza agli estremi climatici acuti e cronici, essere in linea con gli obiettivi dell'accordo di Parigi (vale a dire l'obiettivo mondiale in materia di adattamento) e contribuire agli obiettivi del quadro di riferimento di Sendai per la riduzione del rischio di catastrofi.

Un'analisi, in termini di adattamento ai CC, delle opere che verranno realizzate in attuazione del Piano può essere impostata adottando quale riferimento la Comunicazione della Commissione Europea 2021/C 373/01 "Orientamenti tecnici per infrastrutture a prova di clima nel periodo 2021-2027".

Nella Tabella 6-2 sono riportati, per ognuna delle principali conseguenze in atto e attese dai CC, gli elementi di verifica preventiva che andranno considerati già in fase di progettazione, nonché alcuni spunti sulle alternative e le misure da mettere in atto.

Tabella 6-2: Schema di analisi delle criticità climatiche e delle possibili misure/alternative

Principali conseguenze dei cambiamenti climatici in relazione alle azioni del Piano	Principali domande utili ad analizzare le questioni legate all'adattamento ai CC	Esempi di alternative e misure connesse all'adattamento ai CC
Ondate di calore	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Il progetto proposto limiterà la circolazione dell'aria o ridurrà gli spazi aperti?</li> <li>- Assorbirà o genererà calore?</li> <li>- Emetterà composti organici volatili (COV) e ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) e contribuirà alla formazione di ozono troposferico nei giorni soleggiati e caldi?</li> <li>- Le ondate di calore possono avere effetti sul progetto proposto?</li> <li>- Il progetto farà aumentare la domanda di energia e il fabbisogno idrico a fini di raffreddamento?</li> <li>- I materiali utilizzati durante la costruzione sono in grado di resistere a un aumento delle temperature (o sono soggetti, ad esempio, a usura o degrado superficiale)?</li> </ul>	<p>Garantire che il progetto proposto sia protetto contro gli esaurimenti da calore. Incoraggiare una progettazione ottimale in termini di prestazioni ambientali e ridurre la necessità di raffreddamento. Ridurre l'accumulo termico in un progetto proposto (ad esempio utilizzando materiali e colorazioni differenti).</p>

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Principali conseguenze dei cambiamenti climatici in relazione alle azioni del Piano	Principali domande utili ad analizzare le questioni legate all'adattamento ai CC	Esempi di alternative e misure connesse all'adattamento ai CC
Siccità	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Il progetto proposto farà aumentare il fabbisogno idrico?</li> <li>- Avrà effetti negativi sulle falde acquifere?</li> <li>- Il progetto proposto è vulnerabile alla riduzione dei deflussi fluviali o all'aumento della temperatura dell'acqua?</li> <li>- Aggraverà l'inquinamento delle acque (soprattutto nei periodi di siccità caratterizzati da riduzione dei tassi di diluizione, aumento delle temperature e torbidità)?</li> <li>- Altererà la vulnerabilità dei paesaggi o delle superfici boschive agli incendi? Il progetto proposto è situato in una zona vulnerabile agli incendi?</li> <li>- I materiali utilizzati durante la costruzione sono in grado di resistere a un aumento delle temperature?</li> </ul>	<p>Garantire che il progetto proposto sia protetto dagli effetti della siccità (ad esempio utilizzando processi e materiali efficienti dal punto di vista idrico in grado di resistere a temperature elevate).            Installare pozzi d'acqua per l'abbeveraggio del bestiame all'interno dei sistemi di allevamento. Introdurre tecnologie e metodi per la raccolta delle acque meteoriche.            Predisporre sistemi di trattamento delle acque reflue all'avanguardia che rendano possibile il riutilizzo dell'acqua.</p>
Incendi boschivi	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'area proposta per il progetto è esposta a rischi di incendio?</li> <li>- I materiali utilizzati durante la costruzione sono resistenti al fuoco?</li> <li>- Il progetto proposto aumenta il rischio di incendi (ad esempio mediante la presenza di vegetazione nell'area interessata dal progetto)?</li> </ul>	<p>Utilizzare materiali da costruzione resistenti al fuoco.            Creare uno spazio di protezione dagli incendi all'interno e nei dintorni dell'area del progetto.</p>
Regimi alluvionali ed eventi piovosi estremi	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Il progetto proposto sarà a rischio perché situato in una golena?</li> <li>- Modificherà la capacità di gestione naturale delle inondazioni delle golene attualmente esistenti?</li> <li>- Modificherà la capacità di ritenzione delle acque nel bacino di drenaggio?</li> <li>- Gli argini sono sufficientemente stabili da resistere alle inondazioni?</li> <li>- Il progetto sarà a rischio a causa dell'innalzamento del livello delle acque sotterranee vicine alla superficie?</li> </ul>	<p>Valutare modifiche della progettazione costruttiva che tengano conto dell'innalzamento del livello delle acque, anche sotterranee (ad esempio costruendo su pilastri, circondando qualsiasi infrastruttura vulnerabile alle inondazioni o a rischio di inondazioni con barriere che utilizzano la potenza di sollevamento della massa d'acqua in avvicinamento per alzarsi automaticamente, installando valvole antiriflusso nei sistemi di drenaggio per proteggere gli interni dalle inondazioni).            Migliorare il drenaggio del progetto.</p>

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Principali conseguenze dei cambiamenti climatici in relazione alle azioni del Piano	Principali domande utili ad analizzare le questioni legate all'adattamento ai CC	Esempi di alternative e misure connesse all'adattamento ai CC
Tempeste e raffiche di vento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Il progetto proposto sarà a rischio a causa di tempeste e venti forti?</li> <li>- La caduta di oggetti (ad esempio alberi) situati in prossimità del progetto può influire sul progetto stesso e sul suo funzionamento?</li> <li>- In caso di forti tempeste la connettività del progetto alle reti dell'energia, dell'acqua, dei trasporti e delle telecomunicazioni è garantita?</li> </ul>	Garantire che il progetto sia in grado di resistere a un aumento dei venti e delle tempeste forti.
Smottamenti	Il progetto si trova in un'area che potrebbe essere colpita da precipitazioni estreme e smottamenti?	Proteggere le superfici e controllare l'erosione superficiale (ad esempio incoraggiando rapidamente la copertura vegetale tramite idrosemina, impiantamento, piantumazione di alberi). Mettere in atto progetti che controllino l'erosione (ad esempio canali di drenaggio e condotti per l'acqua adeguati).
Innalzamento del livello del mare, tempeste, onde di tempesta, erosione costiera, regimi idrologici e intrusione salina	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Il progetto proposto è situato in aree che potrebbero risentire dell'innalzamento del livello del mare?</li> <li>- Le mareggiate causate da tempeste possono incidere sul progetto?</li> <li>- Il progetto proposto è situato in una zona a rischio di erosione costiera? Farà diminuire o aumentare il rischio di erosione costiera?</li> <li>- È situato in aree che possono essere soggette a intrusione salina?</li> <li>- L'intrusione dell'acqua di mare può provocare perdite di sostanze inquinanti?</li> </ul>	Valutare modifiche della progettazione costruttiva che tengano conto dell'innalzamento del livello del mare, ad esempio costruendo su pilastri.
Ondate di freddo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Il progetto proposto può essere interessato da brevi periodi di clima insolitamente freddo, tempeste o gelate?</li> <li>- I materiali utilizzati durante la costruzione sono in grado di resistere a un abbassamento delle temperature?</li> <li>- Il ghiaccio può incidere sul funzionamento del progetto?</li> <li>- In caso di ondate di freddo la connettività del progetto alle reti dell'energia, dell'acqua, dei trasporti e delle telecomunicazioni è garantita?</li> <li>- Carichi di neve elevati possono incidere sulla stabilità della costruzione?</li> </ul>	Garantire che il progetto sia protetto dalle ondate di freddo e dalla neve (ad esempio utilizzando materiali da costruzione in grado di resistere alle basse temperature e garantendo che il progetto possa resistere all'accumulo di neve).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

<b>Principali conseguenze dei cambiamenti climatici in relazione alle azioni del Piano</b>	<b>Principali domande utili ad analizzare le questioni legate all'adattamento ai CC</b>	<b>Esempi di alternative e misure connesse all'adattamento ai CC</b>
Danni da congelamento-scongelo	Il progetto proposto è a rischio di danni da congelamento-scongelo (ad esempio progetti infrastrutturali fondamentali)?	Garantire che il progetto (ad esempio le infrastrutture fondamentali) sia in grado di resistere ai venti e impedire all'umidità di entrare nella struttura (ad esempio utilizzando materiali o pratiche ingegneristiche differenti).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Si riporta di seguito un'analisi principalmente qualitativa dei potenziali effetti ambientali legati soprattutto alla realizzazione di impianti e infrastrutture sul territorio per le diverse tematiche ambientali.

La Tabella 3-2 del capitolo 3 di correlazione delle 5 dimensioni dell'energia, a cui sono associati specifiche tipologie di misure (vedi Tabella 6-1), con gli obiettivi ambientali di riferimento, rappresenta una sintesi delle valutazioni espresse nei seguenti paragrafi in termini qualitativi dei potenziali effetti ambientali intesi come ostacolo al raggiungimento dell'obiettivo di sostenibilità (effetto potenzialmente negativo) o agevolazione al raggiungimento dell'obiettivo di sostenibilità (effetto potenzialmente positivo).

### 6.1 Emissioni in atmosfera e qualità dell'aria

Per quanto riguarda le emissioni, sistemi di monitoraggio sono già in essere. A livello internazionale esiste il reporting MMR (Monitoring Mechanism Regulation) e quello relativo alla NEC (National Emissions Ceilings) che già rispondono a tali esigenze. Ulteriori valutazioni dovrebbero essere affrontate nel PNCA (Programma Nazionale di Controllo dell'Inquinamento Atmosferico). ISPRA è responsabile del coordinamento del sistema nazionale e della realizzazione dell'inventario nazionale delle emissioni in atmosfera sia per quanto riguarda le emissioni di gas climalteranti che per gli inquinanti legati alla qualità dell'aria. Conseguentemente ISPRA produce annualmente l'inventario delle emissioni dal 1990 all'anno N-2 (dove N è l'anno in corso) sottoposto periodicamente a processi di review da parte degli organismi internazionali preposti assicurando il monitoraggio delle emissioni in atmosfera.

In termini generali, l'incremento della quota rinnovabile e l'aumento dell'efficienza energetica comportano la riduzione delle emissioni inquinanti poiché riducono i consumi di combustibili fossili, soprattutto solidi e liquidi, in numerosi casi key categories emissive per gli inquinanti atmosferici come si evince dalle descrizioni dei trend delle emissioni riportate nel capitolo 4. Es. phase-out del carbone al 2025.

Lo sviluppo del settore delle FER termiche è condizionato dagli impatti emissivi relativi al particolato degli impianti di riscaldamento esistenti a biomasse solide. Pertanto, l'installazione di nuovi impianti di riscaldamento a biomasse dovrà essere guidata in modo da favorire gli impianti moderni a basse emissioni e ad alta efficienza. Il PNCA è lo strumento deputato per valutazioni più precise circa le apparecchiature a biomassa solida consentite anche in relazione alle esperienze regionali in materia.

Per quanto riguarda le sorgenti emissive ETS, le riduzioni attese dal piano sono più performanti rispetto alle categorie ESR e anche per quanto riguarda gli inquinanti atmosferici in genere le riduzioni sono più spinte.

In riferimento alla qualità dell'aria, poiché le relazioni tra emissioni e concentrazioni che determinano la qualità dell'aria non sono lineari, nel rapporto ambientale sarà possibile effettuare valutazioni qualitative sugli effetti della riduzione delle emissioni inquinanti.

Al riguardo si rappresenta che il D.lgs. 30 maggio 2018, n. 81, attuazione della direttiva (UE) 2016/2284 concernente la riduzione delle emissioni nazionali di determinati inquinanti atmosferici, prevede l'elaborazione e l'adozione dei programmi nazionali di controllo dell'inquinamento atmosferico (PNCA) che devono essere aggiornati ogni 4 anni. In tale sede dovrà essere garantita la coerenza delle politiche e misure, nonché delle proiezioni emissive e dovranno essere realizzate tutte le valutazioni richieste in termini di impatti sulla qualità dell'aria, incluso, ove necessario, il ricorso alla modellistica atmosferica, soprattutto per valutare gli inquinanti parzialmente o completamente di origine secondaria. Tale valutazione dovrà essere fatta conformemente ai requisiti richiesti dal summenzionato D.lgs. 81/2018 e, più in generale, dalle norme vigenti in materia di qualità dell'aria e inquinamento atmosferico.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

**6.2 Biodiversità e ecosistemi**

L'incremento della produzione/consumo di energia proveniente da fonti rinnovabili e l'aumento dell'efficienza energetica, relative ai vari settori a cui saranno indirizzate le azioni previste dal PNIEC, contribuiranno alla riduzione delle emissioni di gas serra e quindi alla mitigazione degli impatti dovuti ai cambiamenti climatici. Le misure che verranno attuate nell'ambito del PNIEC comporteranno pertanto, a livello generale, effetti positivi correlati alla diminuzione delle emissioni, non solo per quanto riguarda la salute umana ma anche per la biodiversità. Va tuttavia evidenziato che il Piano, pur fissando obiettivi energetici di riduzione delle emissioni, anche grazie all'utilizzo di nuove tecnologie utili al raggiungimento degli obiettivi di decarbonizzazione e di efficienza e sicurezza, prevede il sostegno alla filiera delle energie rinnovabili che, se non fossero realizzate in modo sostenibile, potrebbe avere effetti negativi sulle risorse naturali e sulla biodiversità.

Alcuni di questi potenziali effetti, dovuti soprattutto alla realizzazione e alla messa in esercizio di alcuni impianti (fotovoltaici, eolici, idroelettrici, per la produzione di biomasse, etc) sono:

- alterazione degli ecosistemi naturali;
- generale declino di alcune popolazioni;
- scomparsa o rarefazione di specie per perdita o alterazione degli habitat naturali;
- variazione dell'uso dei suoli agricoli e degli habitat seminaturali;
- alterazione delle normali interazioni ecologiche tra specie;
- invasioni di specie aliene e invasive;
- prelievo di risorse forestali per la produzione energetica dalle biomasse

Nelle opportune valutazioni da svolgersi nelle successive fasi di progettazione e attuazione degli interventi previsti dal Piano, sarà, quindi, necessario valutare localmente gli effetti sulla biodiversità relativi a questo tipo di impatti.

Si riporta di seguito un'analisi qualitativa dei potenziali effetti negativi che gli interventi previsti dal Piano potrebbero avere relativamente alla Biodiversità terrestre. Le misure considerate rilevanti per questa componente sono quelle che verranno messe in atto per incrementare la produzione da FER che prevederanno la costruzione di nuovi impianti e/o il potenziamento degli impianti esistenti, nonché la realizzazione di interconnessioni elettriche e di gas, stoccaggi di energia su vasta scala (accumuli idrici...), impianti per la produzione di bioenergie.

Impianti fotovoltaici - Solare fotovoltaico a terra

Il PNIEC evidenzia che in termini di tecnologie, quelle che vedranno maggiormente crescere il proprio contributo sono il fotovoltaico e l'eolico, per via della loro maggiore competitività che comporta minori costi per il sistema. Lo scenario di policy elaborato per il Piano prevede che al 2030 siano installati complessivamente circa 131 GW di impianti a fonti rinnovabili (di cui circa 80 GW fotovoltaici e circa 28 GW eolici), con un incremento di capacità di circa 74 GW rispetto al 2021 (di cui circa +57 GW da fotovoltaico e circa +17 GW da eolico). Tale capacità potrebbe svilupparsi per una parte significativa al centro-sud del Paese per via della maggiore producibilità eolica e solare. Per quanto riguarda il fotovoltaico, come riportato nel documento di PNIEC, *“si seguirà un approccio ispirato alla riduzione del consumo di territorio per indirizzare la diffusione della significativa capacità incrementale di fotovoltaico prevista per il 2030, promuovendone l'installazione innanzitutto su edificato, tettoie, parcheggi, aree di servizio, ecc. Rimane tuttavia importante per il raggiungimento degli obiettivi al 2030 la diffusione anche di grandi impianti fotovoltaici a terra, privilegiando però zone improduttive, non destinate ad altri usi, quali le superfici non utilizzabili a uso agricolo, anche attraverso il processo in corso di identificazione delle aree idonee e, conformemente a quanto disposto*

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

*dalla Direttiva 2023/2413, nei prossimi due anni delle aree di accelerazione. In tale prospettiva andranno favorite le realizzazioni in aree marginali, siti contaminati, discariche e aree lungo il sistema infrastrutturale. In luogo di impianti fotovoltaici a terra standard si favoriranno particolarmente le installazioni agrivoltaiche, volte a massimizzare la sinergia tra la produzione di elettricità e l'attività agricola, nel rispetto di determinati requisiti tecnici e ambientali."*

Per quanto riguarda gli impianti fotovoltaici installati su edificato, tettoie, parcheggi, aree di servizio, etc., non sono previste interferenze con la componente biodiversità; quindi, la valutazione dei possibili effetti è rivolta principalmente agli impatti legati agli impianti realizzati a terra. Tali effetti sono dovuti al disturbo delle specie floristiche e faunistiche arrecato dalle attività di cantiere necessarie per la realizzazione degli impianti e alla messa in esercizio degli impianti stessi.

L'installazione delle centrali fotovoltaiche prevede generalmente la rimozione della copertura vegetale superficiale preesistente che potrebbe determinare frammentazione e alterazione degli habitat naturali, perdita di specie floristiche minacciate e/o sottoposte a tutela e perdita di colture agricole di pregio.

Per quanto riguarda la fauna, gli effetti indiretti possono essere legati alla frammentazione e all'alterazione della qualità degli habitat, e al rumore generato durante le attività di cantiere. L'entità del disturbo è legata anche alla eventuale alterazione di aree naturali che fungono da siti trofici oltre che da rifugio e riparo per la fauna selvatica. I potenziali effetti negativi, in fase di esercizio, sono dovuti principalmente all'occupazione del suolo e quindi alla frammentazione, all'alterazione e alla distruzione di habitat, all'uso di diserbanti per il mantenimento delle superfici libere da copertura vegetale, alla colonizzazione di specie invasive; inoltre, si potrebbe registrare, come riscontrato in alcuni casi, un fenomeno di "abbagliamento" e "confusione biologica" sull'avifauna.

Il Piano prevede che per le aree potenzialmente idonee per l'eventuale installazione di impianti fotovoltaici a terra siano da prediligere aree in disuso o comunque già in parte antropizzate o degradate. Nel caso di aree fortemente degradate, in cui la componente biodiversità ha già subito interferenze negative, in generale, l'utilizzo di tali aree per installazione di impianti fotovoltaici non aumenta le pressioni sulle componenti faunistiche e vegetazionali. Inoltre, se l'installazione dell'impianto rientra in un contesto di riqualificazione dell'area degradata, come nel caso di recupero di cave abbandonate, si possono prevedere potenziali effetti positivi dovuti alla parziale rinaturalizzazione dell'area dovuta ad eventuali misure di mitigazione messe in atto (vedi piantumazione di vegetazione perimetrale).

#### Criteri di attenzione

Per questo tipo di impianti, relativamente ai possibili effetti su flora e fauna, sarà opportuno rispettare specifiche indicazioni localizzative che evitino l'installazione in Aree Protette, in aree caratterizzate da emergenze naturalistiche e in aree a vocazione agricola. Le scelte localizzative dovranno quindi prediligere aree antropizzate e degradate da riqualificare. Durante la fase di costruzione dell'impianto è indispensabile individuare ogni soluzione tecnica per ridurre la dispersione di polveri anche nelle aree limitrofe all'impianto.

Al fine di migliorare la connettività tra i parchi solari e gli habitat seminaturali prevedere l'installazione e/o il mantenimento degli elementi naturali che possano migliorare la connettività e facilitare lo spostamento della fauna selvatica.

Al riguardo si richiama l'art. 20 del Decreto legislativo n. 99/2021, recentemente modificato dal DL del 15 maggio 2024, n. 63, in relazione a limitazioni poste per l'installazione di impianti fotovoltaici con moduli collocati a terra in zone classificate agricole dai piani urbanistici vigenti.

L'agrivoltaico rappresenta una soluzione in cui la produzione di energia pulita coesiste con l'attività agricola (decreto "Incentivo all'agrivoltaico innovativo" del MASE) in quanto prevede l'installazione dei pannelli ad almeno due metri da terra: in questo modo si può sfruttare il terreno per le coltivazioni o per il pascolo degli

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

animali e allo stesso tempo produrre energia. Si evidenzia al riguardo che alcune colture, in particolare quelle che hanno bisogno di molta luce solare (frumento, farro, grano, mais, girasole, cavolo rosso, cavolo cappuccio, miglio, zucca etc.), non sono adatte a convivere con gli impianti, anzi ne risentono. Altri effetti da valutare sono relativi ai rischi di concorrenza con le pratiche agricole, infatti, l'integrazione di impianti fotovoltaici all'interno delle aree agricole può generare controversie riguardo alla competizione per l'uso del suolo, soprattutto in regioni dove la disponibilità di terra è limitata. Il rischio è che a venir meno sia la prioritaria destinazione agricola di un terreno.

Eolico a terra

Gli effetti che tali impianti potrebbero avere sulla componente biodiversità vengono di seguito schematizzati:

- perdita di esemplari di uccelli per collisione con le pale dei generatori;
- effetto barriera nel caso di più rotori installati in serie;
- perdita di esemplari di fauna non ornitica durante la fase di costruzione (operazioni di scavo, movimentazione di terre, collisione con mezzi da lavoro e trasporto, ecc.);
- aumento del disturbo antropico con conseguente allontanamento e/o scomparsa degli individui;
- modificazione di ambienti (aree di riproduzione e di alimentazione);
- perdita e frammentazione degli habitat con conseguente scomparsa o rarefazione delle specie ad essi associate;
- perdita di specie vegetali d'interesse comunitario
- variazione dell'uso dei suoli agricoli e degli habitat seminaturali;
- consumo di suolo;
- impatti generati dalle opere connesse al mantenimento della funzionalità dell'aerogeneratore (viabilità, sottostazioni elettriche, cavidotti, ecc.).

Gli impatti maggiori, legati agli impianti eolici, si evidenziano per la componente faunistica e avifaunistica e possono manifestarsi nelle tre diverse fasi: cantiere, esercizio e dismissione.

Le classi faunistiche che possono essere maggiormente interferite, esclusa l'avifauna che viene trattata in un paragrafo a parte, sono i chiroteri e la mammalofauna stanziale. Per quest'ultima i maggiori impatti si registrano durante la fase di cantiere, mentre per i Chiroteri, oltre al rischio di collisione con le componenti mobili e conseguente morte durante la fase di esercizio, si evidenzia anche un effetto di disorientamento provocato dalle emissioni di ultrasuoni. La mortalità dei Chiroteri per interazione con le componenti mobili degli aerogeneratori è stata documentata in Europa e ritenuta possibile per 24 specie (Eurobats, 2010), 23 delle quali sono presenti anche nel territorio nazionale. Inoltre, in Italia, per due parchi eolici realizzati in Abruzzo è stata registrata una mortalità media di 0,15 chiroteri/aerogeneratore/semestre (Ferri et al., 2010). Tuttavia, in diversi contesti è stato osservato che impianti eolici collocati in pianure ed ambienti a bassa complessità morfologica risultano meno pericolosi per le specie rispetto a quelli collocati in zone di collina, valli e zone forestali.

Per quanto riguarda gli habitat, quelli potenzialmente più impattati sono rappresentati dagli habitat "aperti" ascrivibili alla categoria delle "lande aperte, praterie e garighe".

## Criteri di attenzione

Nella futura fase di attuazione degli interventi in sede progettuale particolare attenzione dovrà essere posta alle scelte localizzative e agli interventi di mitigazione, in particolare:

- Prediligere una disposizione ottimale degli aerogeneratori in termini di numero, spaziatura e ubicazione. Ad esempio, evitare la localizzazione in *Important Bird Areas* ed in corrispondenza di valichi e di aree con

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

notevole estensione di rocce affioranti, per la possibile maggiore frequentazione da parte della chiroterofauna e dell'avifauna.

- impiego di vernici nello spettro UV, campo visibile agli uccelli, per rendere più visibili le pale rotanti e vernici non riflettenti per attenuare l'impatto visivo
- applicazione di bande trasversali colorate (rosso e nero) su almeno una pala per consentire l'avvistamento delle pale da maggior distanza da parte dei rapaci
- eliminazione di superfici sulle navicelle che l'avifauna potrebbe utilizzare come posatoio
- impiego di modelli tubolari di torre per non fornire posatoi adatti alla sosta dell'avifauna limitando il rischio di collisioni
- diffusione di suoni a frequenze udibili dall'avifauna
- apposizione di luci di segnalazione intermittenti e di colore bianco con intervallo di intermittenza il più possibile ampio.
- provvedere alla piantumazione di arbusti nelle immediate vicinanze delle turbine al fine di limitare la densità di possibili prede e soprattutto la loro visibilità e di conseguenza diminuire l'interesse di rapaci per l'area di progetto
- riservare particolare attenzione, in fase di cantiere e post cantiere al ripristino, anche sfruttando tecniche di ingegneria naturalistica, delle condizioni iniziali degli habitat individuali più sensibili (lande, garighe, praterie, etc.) al fine di evitare l'ingresso o l'eccessiva diffusione di specie competitive ed invasive come (*Pteridium aquilinum*, *Brachypodium sp.* *Nardus stricta*)
- riduzione massima o arresto, nella fase di esercizio, dell'attività degli aerogeneratori, in funzione della velocità del vento, nel periodo di maggiore attività estiva e di passaggio per la chiroterofauna
- durante la fase di costruzione dell'impianto è indispensabile individuare ogni soluzione tecnica per ridurre la dispersione di polveri anche in ambienti lontani da luoghi abitati sia nel sito che nelle aree circostanti.

Stoccaggi di energia su vasta scala (accumuli idrici...) - idroelettrico e mini-idroelettrico

Come riportato nel documento di Piano *"per quanto concerne l'idroelettrico, è indubbio che si tratta di una risorsa in larga parte già sfruttata ma di grande livello strategico nella politica al 2030 e nel lungo periodo al 2050, di cui occorrerà preservare e incrementare la produzione. A riguardo, si prevede una lieve crescita della produzione, in parte derivante dall'aumento dei volumi di invaso, facilitato dalla promozione della manutenzione degli stessi, ad esempio, mediante interventi per ridurre l'accumulo di sedimenti di materiali. Tale incremento potrebbe essere utile a bilanciare eventuali cali della produzione derivanti da eventi siccitosi di grave entità."*

Per quanto riguarda le interferenze che questo tipo di impianti potrebbero avere sulla biodiversità si evidenzia che effetti negativi sono stati riscontrati sia sulla fauna acquatica (alterazione del ciclo riproduttivo, modificazione delle aree di passaggio utili per l'ittiofauna, modifiche della comunità macrobentonica, ecc.), sia per gli habitat ripariali che per quelli alluvionali.

Per quel che riguarda la componente faunistica, i gruppi di specie maggiormente sensibili sono l'avifauna, l'ittiofauna, gli anfibi, i rettili, alcuni invertebrati, il macrobenthos. Gli impatti a cui sono esposte le singole specie sono ovviamente differenti e dipendono dalle loro abitudini ed esigenze trofiche ed andranno valutati di volta in volta in base alla localizzazione e alla tipologia dell'opera.

In generale, nel caso di riattivazione di impianti esistenti e realizzazione di impianti di piccole dimensioni, in ambiti in cui sono presenti altre attività antropiche (acquedotti e canali irrigui), gli impatti a carico delle componenti ambientali possono essere considerati ridotti; al contrario invece gli impianti di nuova realizzazione, in aree naturali e semi-naturali, potrebbero determinare effetti negativi potenzialmente significativi sulla biodiversità.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Sono, inoltre, da evidenziare anche i possibili impatti sugli habitat tra cui:

- alterazione della naturalità conseguente alla riduzione delle fasce boscate riparie e alluvionali;
- restringimenti degli alvei e artificializzazione delle sponde;
- eccessiva aridità estiva del letto;
- espansione di specie aliene invasive vegetali e animali;
- fenomeni di inquinamento idrico;
- disturbo acustico;
- rimozione della vegetazione per interventi di pulitura e manutenzione degli alvei per esigenze operative legate all'impianto.

Per i sistemi di accumulo idrico valgono le stesse considerazioni; in particolare sono possibili impatti sugli habitat fluviali, che caratterizzano le aree interferite dagli impianti, e di conseguenza sulla fauna e sulla flora ad essi associata.

Particolare attenzione dovrà essere posta:

- al mantenimento del Deflusso Minimo Vitale (DMV) e del Deflusso Ecologico (DE);
- alla tutela e conservazione della vegetazione ripariale e retroripariale nelle aree di pertinenza fluviale, senza trascurare le aree aperte nei contesti in forte dinamica di abbandono e ricolonizzazione forestale;
- alla connettività ecologica, ponendo particolare attenzione alle aree ecologicamente connesse alle dinamiche fluviali, ai boschi esistenti e potenziali, alle aree caratterizzate dalla presenza di habitat d'interesse comunitario e prioritario.
- garantire, per l'ittiofauna, la risalita a livello delle briglie di presa e curare la loro realizzazione nella maniera più naturale possibile, facendo in modo di prevedere sempre la presenza di acqua nella struttura;
- ai piedi della briglia mantenere piccoli specchi d'acqua, anche nei periodi di magra, possibilmente collegati perennemente al fiume e alla risalita per i pesci, in modo da evitare interruzioni brusche del continuum fluviatilis;
- evitare di indurre variazioni chimico-fisiche dell'acqua al passaggio di questa nelle turbine e negli ingranaggi della centralina;
- tutte le operazioni previste dovranno essere condotte, in particolare per quel che riguarda la fauna, in periodi possibilmente lontani dai periodi riproduttivi;
- In generale sarebbe opportuno preferire l'utilizzo di sistemi di accumulo già in essere piuttosto che nuovi invasi, compatibilmente con la sicurezza e l'assetto della rete.

### Bioenergie e biomasse

Per quanto riguarda queste tipologie di impianti la componente maggiormente interferita sono gli agroecosistemi e la biodiversità ad essi connessa. Normalmente la produzione di colture bioenergetiche avviene in condizioni di agricoltura intensiva; quindi, nel caso in cui queste vengano effettuate in sostituzione di colture preesistenti a vocazione estensiva e/o tradizionale, il cambio nella gestione delle pratiche agricole potrebbe causare effetti negativi sull'agroecosistema interessato. Per tali motivi in fase attuativa, nel caso in cui la produzione di colture bioenergetiche vada ad interferire con i sistemi agricoli, dovranno essere attenzionate, oltre le aree di valore ambientale e le aree agricole di pregio ed i territori con produzioni agricole di qualità e tipicità come previsto dal D.lgs 152/06 e ss.mm.ii. (All.VI), anche le aree agricole coltivate secondo il metodo dell'agricoltura biologica e biodinamica nonché le aree agricole ad alto valore naturalistico (AVN).

Per quanto riguarda i biocarburanti e bioliquidi, questi ultimi per essere conteggiati ai fini del raggiungimento di obiettivi di settore (in termini di utilizzo di rinnovabili) e per accedere agli incentivi previsti, devono rispettare i criteri di sostenibilità fissati dall'art. 17 della Direttiva 2009/28/CE, ossia, per quanto riguarda la

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

tutela del suolo, non devono essere prodotti a partire da materie prime coltivate su terreni che nel 2008 sono stati classificati: "ad elevato valore in termini di biodiversità" (foreste primarie e altri terreni boschivi, aree designate a vario titolo per scopi di protezione della natura, terreni erbosi naturali ad elevata biodiversità), ad elevato stock di carbonio (zone umide, zone boschive continue, terreni aventi un'estensione superiore ad un ettaro caratterizzati dalla presenza di alberi di altezza superiore a cinque metri) e torbiere. I conteggi devono, inoltre rispettare una soglia minima di risparmio nelle emissioni di CO<sub>2</sub> prodotte nell'intero ciclo di vita, rispetto a quelle prodotte dal corrispondente combustibile fossile convenzionale di riferimento.

Per quanto riguarda le biomasse, nel caso di gestione non sostenibile della filiera, si registrano possibili impatti che comprendono il disboscamento e il depauperamento del territorio; degrado e frammentazione degli habitat forestali e invasione di specie aliene. Inoltre, a questi vanno sommati gli effetti legati al disturbo sulla fauna selvatica dovuto alle operazioni di raccolta e trasporto del materiale vegetale. Si rimanda al paragrafo 6.3 per ulteriori elementi di approfondimento.

## Criteri di attenzione

- evitare l'approvvigionamento della materia prima da terreni che presentano un elevato valore in termini di biodiversità e che presentano un elevato stock di carbonio;
- evitare le interferenze con terreni agricoli con produzioni agricole di qualità e tipicità, coltivate secondo il metodo dell'agricoltura biologica e biodinamica nonché le aree agricole ad alto valore naturalistico (AVN);
- limitare le attività nelle aree di riproduzione di specie di interesse conservazionistico;
- incentivare l'utilizzo di tutte le tecniche che permettano di abbassare l'impatto delle operazioni connesse alle utilizzazioni forestali nelle fasi di esbosco e concentramento dei tronchi e delle piante (gru a cavo, risine, etc.)
- corretta programmazione delle utilizzazioni forestali al fine di ridurre gli impatti sul suolo, gli effetti negativi alla fauna selvatica durante il periodo di riproduzione e migrazione; limitazioni alle attività in aree di riproduzione di specie importanti (es. uccelli rapaci o Tetraonidi)
- protezione e salvaguardia delle specie forestali rare e sporadiche
- assicurare la rinnovazione delle specie più sensibili ed importanti in riferimento alla tipologia forestale/habitat in cui si interviene
- utilizzo di combustibili a basso impatto ambientale (benzine ecologiche specifiche per motori a due tempi), oli vegetali per il diesel, lubrificanti ecologici per mezzi meccanici in particolare motoseghe;

Potenziamento e nuove interconnessioni elettriche (mare e terra) e potenziamento e nuove interconnessioni gas (mare e terra)

Gli effetti negativi, legati a questo tipo di infrastrutture, si evidenziano sia per la componente faunistica che vegetazionale, e possono manifestarsi nelle tre diverse fasi: cantiere, esercizio e dismissione. Tali effetti vengono di seguito sintetizzati:

- emissioni sonore e relativi fenomeni di inquinamento acustico riconducibili alle lavorazioni previste in fase di cantiere, cui potrebbero conseguire interferenze sulla componente faunistica ed avifaunistica;
- perdita di esemplari di fauna ornitica per elettrocuzione e collisione;
- perdita di esemplari di fauna non ornitica durante la fase di costruzione (operazioni di scavo, movimentazione di terre, collisione con mezzi da lavoro e trasporto, ecc.);
- frammentazione e alterazione degli habitat con conseguente scomparsa o rarefazione delle specie ad essi associate;
- variazione dell'uso dei suoli agricoli e degli habitat seminaturali;

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

- perdita dei servizi ecosistemici, riconducibile all'occupazione di superfici durante la fase di cantiere e di esercizio;
- invasione di specie aliene ed invasive;
- potenziale degrado della posidonia oceanica, dovuta alla posa in opera in ambienti sottomarini;
- aumento della torbidità delle acque, riconducibile alla posa in opera dei cavi durante le fasi di cantiere, cui potrebbero conseguire interferenze sulla biodiversità della fauna e flora marina.

Per questo tipo di impianti, relativamente ai possibili effetti su flora e fauna, nelle successive fasi attuative, sarà opportuno rispettare specifiche indicazioni localizzative, che evitino l'installazione in Aree Protette, in aree caratterizzate da emergenze naturalistiche ed in territori agricoli con produzioni agricole di qualità e tipicità, coltivate secondo il metodo dell'agricoltura biologica e biodinamica nonché le aree agricole ad alto valore naturalistico (AVN). Limitare le attività nelle aree di riproduzione di specie importanti e/o di interesse conservazionistico. Si dovrà prevedere il recupero ambientale di tutte le aree interessate dalle opere non più necessarie alla fase di esercizio, in particolare piste ed aree di cantiere o di deposito materiali. Negli interventi di recupero vegetazionale dovranno essere utilizzate esclusivamente specie vegetali autoctone ed ecotipi locali.

Stoccaggio geologico on-shore di CO<sub>2</sub>

Per quanto riguarda il confinamento geologico, gli acquiferi salini profondi rappresentano ottimi candidati per il confinamento della CO<sub>2</sub>. Sono serbatoi geologici profondi ad alta porosità che contengono acqua non potabile altamente salina, sono in grado di intrappolare l'anidride carbonica in modo permanente e rappresentano strutture geologiche di grande estensione e molto diffuse.

Le perforazioni tramite pozzi necessarie per accumulare la CO<sub>2</sub> possono determinare pericolose discontinuità nella tenuta. La CO<sub>2</sub> iniettata ad alta pressione potrebbe, infatti, causare forti tensioni interne con conseguente frattura della roccia.

In questo caso, una ipotetica fuga di anidride carbonica può rappresentare un potenziale impatto per gli ecosistemi terrestri in funzione delle caratteristiche del singolo sito.

In termini generali, si può assistere, negli ecosistemi terrestri, ad impatti sulla vegetazione. Concentrazioni di CO<sub>2</sub> pari a circa il 20-30% dei gas presenti nel suolo possono favorire la fertilizzazione delle piante e aumentare il tasso di crescita di alcune specie, valori al di sopra di questa soglia possono essere letali per alcune di esse. Questo effetto è tuttavia estremamente localizzato attorno al punto di fuoriuscita del gas.

Inoltre, si può assistere, qualora la CO<sub>2</sub> intercettasse una falda acquifera, ad una alterazione della composizione chimica dell'acqua di falda poiché l'acqua diventa più acida e alcuni elementi possono essere rilasciati dalle rocce e dai minerali presenti.

Inoltre, l'acidificazione dell'acqua di falda può comportare lo scioglimento della roccia, una diminuzione della sua integrità strutturale e la formazione di voragini. Questo tipo di impatto si può verificare solo in condizioni geologiche e idrologiche molto specifiche (zone tettoniche attive, presenza di acquiferi di elevata portata, presenza di rocce granulari con cemento carbonatico e/rocce calcaree).

In ultimo, l'aumento della pressione nella roccia serbatoio dovuto all'iniezione della CO<sub>2</sub> potrebbe, in casi specifici, aumentare la probabilità di eventi microsismici e di movimenti del terreno su piccola scala (cfr par. 6.9.1 pericolosità sismica e da fagliazione superficiale).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

6.2.1 Avifauna

Al fine di valutare i possibili impatti che gli interventi previsti dal Piano possono avere nei confronti della componente ornitica e della chiropterofauna, verranno di seguito prese in considerazione le misure previste per incrementare la produzione da FER e in particolare la realizzazione degli impianti eolici, sia on-shore che off-shore, fotovoltaici e le relative interconnessioni elettriche, nonché gli impianti di rigassificazione del GNL.

Fra le diverse misure previste dal piano, la realizzazione degli impianti eolici on- e off-shore rappresenta l'intervento che può avere maggiori ricadute sulle componenti faunistiche prese in considerazione. I rischi associati dipendono da diversi fattori legati alle specie coinvolte, al tipo di impianto e alle caratteristiche ambientali dell'area interessata dalla sua presenza (Marques et al., 2014; Schuster, Bulling, & Koppel, 2015). I principali impatti sulla componente ornitica dovuti alla realizzazione degli impianti eolici, sia on-shore che off-shore, si possono riassumere in: mortalità da collisione, disturbo, perdita di habitat, creazione di barriere con conseguente interferenza con i movimenti migratori e di alimentazione (Furness et al., 2013; May et al. 2020a).

Furness et al. (2013) hanno stimato il grado di vulnerabilità alla collisione di 38 specie ornitiche marine. I fattori presi in considerazione sono stati: la frequenza di volo ad altezza pale, il grado di manovrabilità del volo e la probabilità di voli notturni. Caradriformi e Laridi sono risultati i gruppi più vulnerabili, mentre Gaviformi, Procellariiformi e alcuni Anatidi hanno mostrato un indice di rischio minore.

Gauld et al. (2022) hanno fatto un'analoga stima per gli impianti on-shore sulla base dei tracciati GPS di 27 specie di uccelli al fine di individuare le aree di maggior sensibilità al rischio di collisione per la presenza di impianti. Le aree più sensibili sono risultate concentrate lungo importanti corridoi migratori e lungo la linea di costa.

Oltre agli impatti diretti, anche modifiche nell'uso dello spazio causate da disturbo e perdita di habitat rappresentano un impatto indiretto dovuto alla presenza di impianti eolici. Un effetto barriera è stato evidenziato in uno studio sul Beccapesci alla Scolt Head island dove la presenza di impianti eolici off-shore ha causato una riduzione dell'utilizzo dello spazio prossimo agli stessi, in particolare durante gli spostamenti fra le aree di foraggiamento e la colonia (Thaxter et al., 2024).

Al fine di valutare il grado di vulnerabilità delle diverse aree coinvolte nella realizzazione di impianti eolici, la realizzazione di mappe di sensibilità risulta uno strumento particolarmente efficace tanto che la stessa Commissione Europea nel 2020 ha diffuso un manuale di indirizzo (European Commission, 2020). Tali mappe si rivelano particolarmente utili nel caso si prevedano interventi normativi volti ad una semplificazione delle procedure autorizzative sia degli impianti FER sia delle opere di rete connesse, poiché permettono l'identificazione delle aree più idonee all'installazione di nuovi impianti a monte delle richieste autorizzative. Maggior vulnerabilità è legata alle aree di alimentazione dei nidificanti, alla distribuzione degli svernanti e alle rotte di migrazione, con particolare riferimento alle specie la cui altezza di volo è potenzialmente interessata dal posizionamento delle pale eoliche.

ISPRA, su richiesta del MiTE, ha elaborato nel 2021 una mappa di sensibilità dell'avifauna migratrice e nidificante per l'eolico off-shore volta a permettere una prima identificazione delle aree maggiormente sensibili, nelle quali il posizionamento di impianti ad energia rinnovabile dovrebbe essere evitato o mitigato (ISPRA, 2021).

Nella mappa di sensibilità degli uccelli durante il periodo della migrazione (Figura 6-2) vengono mostrate le aree marine maggiormente sensibili, ubicate lungo le due principali direttrici di migrazione (*flyway*) che interessano l'Italia. La prima, orientata prevalentemente da NE a SO, interessa soprattutto Sicilia e Calabria. Tra le specie che seguono questa direttrice ve ne sono alcune estremamente vulnerabili e contraddistinte da uno stato di conservazione sfavorevole a livello globale e nazionale, come ad esempio il Capovaccaio (Buechley et al. 2021). La seconda direttrice passa attraverso la Toscana, la Corsica e la Sardegna, con un

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

orientamento vicino all'asse N-S. Dati acquisiti attraverso la tecnica dell'inanellamento indicano come questa direttrice sia seguita anche da un gran numero di piccoli uccelli, tra cui numerosi passeriformi.

È importante evidenziare che lo sforzo di campionamento non è omogeneo e alcune aree apparentemente a bassa priorità possono invece essere caratterizzate da carenza di dati: è il caso del Mare Adriatico, attraversato ogni anno dalle popolazioni nidificanti in Europa dell'est, Russia, e Asia centrale, aree in cui la proporzione di uccelli a cui è stato applicato uno strumento GPS è probabilmente inferiore che in altri Paesi Europei.

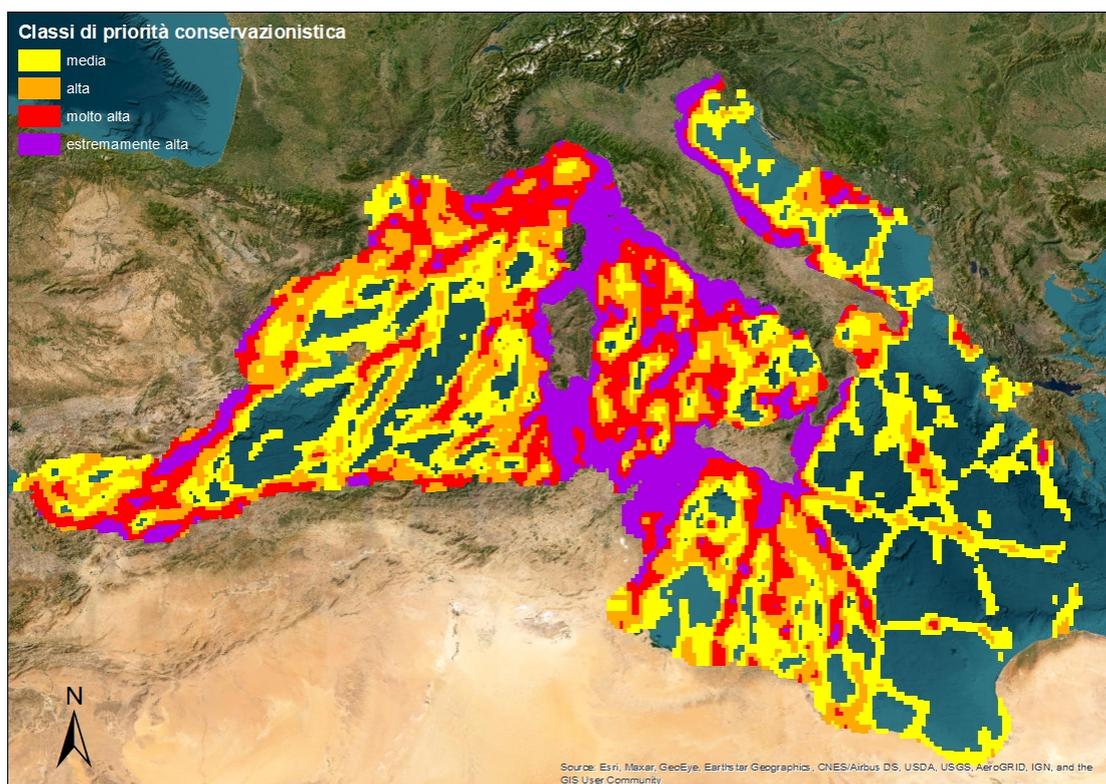


Figura 6-2: Mappa di sensibilità durante i movimenti migratori (Modificata da 'Mappe di sensibilità dell'avifauna per l'eolico offshore'. ISPRA, 2021. Relazione per il MiTE)

La mappa di sensibilità relativa ai movimenti dell'avifauna marina in periodo riproduttivo (Figura 6-3) risulta dalla sovrapposizione dei dati di tracciamento disponibili relativi per la quasi totalità ad endemismi del Mediterraneo. La mappa sintetizza le aree maggiormente frequentate dalle diverse specie durante la fase di nidificazione che si estende stagionalmente tra gennaio per le specie più precoci (Marangone dal ciuffo) e ottobre inoltrato per quelle più tardive (Berta maggiore, Falco della regina). Particolarmente evidenti i frequenti pendolarismi tra le principali colonie sarde e le ricche acque costiere del Golfo del Leone, mentre per le colonie dello stretto di Sicilia, gli spostamenti sono diretti soprattutto verso acque più meridionali, fertilizzate dal volume d'acqua in entrata da Gibilterra e dalle fluttuazioni tidali del Golfo di Gabes, uniche per entità nell'ambito del Mediterraneo.

Anche in questo caso è necessario evidenziare che i risultati sono condizionati dalla disponibilità di dati di tracciamento, che non risulta omogenea fra le diverse specie e aree.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

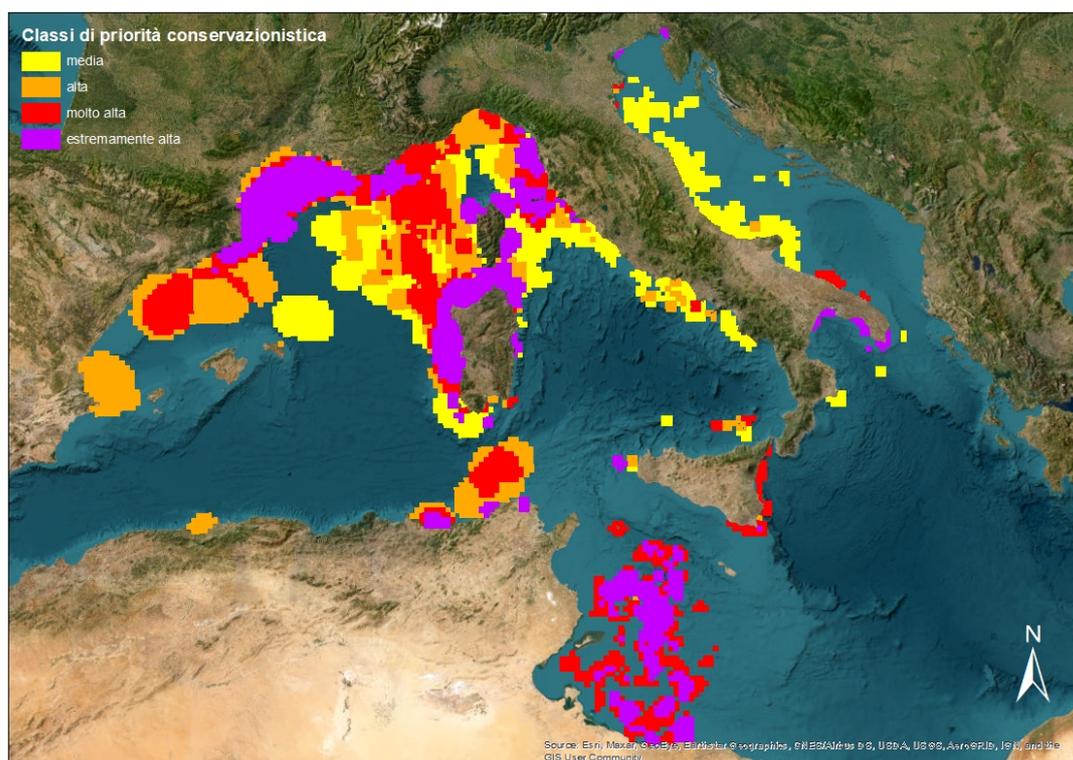


Figura 6-3: Mappa di sensibilità durante la stagione riproduttiva (Modificata da 'Mappe di sensibilità dell'avifauna per l'eolico offshore'. ISPRA, 2021. Relazione per il MiTE)

Al fine di ridurre il rischio di collisione con le turbine, che rappresenta uno dei principali impatti diretti in fase di esercizio, sono state proposte diverse misure di mitigazione volte a rendere più visibili le pale degli aerogeneratori alle specie ornitiche. Le principali misure da adottare includono l'impiego di (a) dispositivi (e.g., radar) atti a rilevare la presenza di avifauna, con sistemi di blocco automatico delle pale per il periodo di passaggio, (b) segnalazione luminosa notturna basata su emissioni discontinue e lunghezze d'onda non attrattive per l'avifauna e (c) colorazione delle pale. In particolare l'impiego della colorazione nera della terza pala (Figura 6-4) si è dimostrata efficace nell'aumentare la sua visibilità e nel ridurre quindi il rischio di collisione in impianti on-shore (May et al., 2020b), mentre Martin & Banks (2023) hanno proposto più elaborati pattern acromatici (alternando fasce bianche e nere) nel caso di impianti off-shore (Figura 6-5).



Figura 6-4: Terza pala nera proposta da May et al. (2020) per gli impianti on-shore

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima



Figura 6-5: Pattern acromatico proposto da Martin& Banks (2023) per gli impianti off-shore

L'impatto delle centrali fotovoltaiche sull'avifauna è meno conosciuto, anche se è ragionevole ritenere che l'impatto più evidente della realizzazione di nuovi impianti a terra sia la perdita di habitat disponibile per la nidificazione e l'alimentazione, come anche di siti di sosta e riposo per gli uccelli migratori, a causa della variazione dell'uso e del consumo dei suoli agricoli e seminaturali. Il posizionamento e la gestione dei pannelli fotovoltaici può causare una degradazione dell'habitat attraverso una modificazione dei suoli (ciclo del carbonio, comunità microbica) e della vegetazione (in termini di comunità e biomassa) e al consumo di acqua (Hernandez et al. 2014), che di conseguenza porta ad una diminuzione della biodiversità e della disponibilità trofica per gli uccelli. Particolare attenzione va posta nel caso di posizionamento delle centrali fotovoltaiche in prossimità di aree protette o comunque importanti per la conservazione, che rappresentano aree rifugio per le specie animali (Rehbein et al. 2020). Ad esempio, in caso di presenza di zone umide nelle vicinanze dell'impianto va valutato il possibile impatto di mortalità diretta da collisione sugli uccelli acquatici dovuto all'"effetto specchio" dei pannelli stessi. In tutti i casi, è bene prevedere monitoraggi pre- e post opera sulle popolazioni di uccelli presenti nell'area destinata all'installazione degli impianti.

Per ridurre gli effetti negativi sulle popolazioni di uccelli e sulla biodiversità in generale, è bene pianificare attentamente la selezione delle aree idonee per lo sviluppo dell'energia solare incrociando i dati spaziali sulle priorità di conservazione, il potenziale solare e la morfologia (pendenza, esposizione, rugosità) del territorio (Cameron et al. 2012). In caso di impatti residui risulta necessario prevedere anche interventi di compensazione, ad esempio destinando a protezione aree equivalenti per l'utilizzo da parte delle specie interessate (Kiesecker et al. 2010).

La selezione di aree a bassa priorità di conservazione, come ad esempio aree già degradate o gestite secondo i criteri dell'agricoltura intensiva, per il posizionamento di nuovi impianti fotovoltaici, può portare ad un effetto netto positivo sulla biodiversità se gli impianti stessi vengono gestiti in modo appropriato: una review recente sugli effetti degli interventi di gestione ha evidenziato come alcuni di questi, ad esempio mantenere i margini con una vegetazione semi-naturale con un'alta varietà di specie selvatiche di piante da fiore, porta ad un aumento degli insetti impollinatori (Blaydes et al. 2021) con un possibile effetto positivo a cascata su altre specie che si nutrono di semi o insetti come gli uccelli.

La pianificazione degli impianti eolici deve tenere conto anche del potenziale impatto sulla chiropterofauna a causa di collisione diretta (Arnett et al. 2008; Horn et al. 2008; Rodrigues et al. 2008; Rydell et al. 2012; Hayes 2013), ma anche del disturbo o interruzione delle rotte di commuting e migratorie, nonché dei percorsi di spostamento locali (Rodrigues et al. 2008; Jones et al. 2009; Cryan 2011; Roscioni et al. 2014) e della perdita di habitat di foraggiamento o dei siti di rifugio (Rodrigues et al. 2008). A ciò si aggiunge il rischio di fatali barotraumi a causa delle modifiche della pressione dell'aria in prossimità delle pale (Baerwald et al., 2008).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Diversi studi europei e nordamericani hanno evidenziato un impatto diretto sui Chiroteri derivante dai movimenti delle pale degli impianti eolici con conseguente mortalità elevata, anche maggiore di quella a carico degli uccelli (Arnett 2008; Rydell et al. 2012, Lehnert et al. 2014, Thaxter et al. 2017). Diversi Autori hanno mostrato eventi di mortalità in tarda estate e autunno, frequentemente a carico di specie migratrici (Arnett et al. 2008, Rydell et al. 2010, Amorim et al. 2012), ma anche popolazioni residenti possono essere impattate da impianti eolici (Arnett et al. 2005) e in Europa meridionale anche la primavera e inizio estate sono risultati periodi sensibili per molte specie (Camina 2012).

Le aree caratterizzate da maggior sensibilità rispetto alla realizzazione di impianti eolici comprendono tutte le zone a meno di 5 km da: i) aree con concentrazione di zone di foraggiamento, riproduzione e rifugio dei Chiroteri; ii) siti di rifugio di importanza nazionale e regionale; iii) stretti corridoi di migrazione.

Inoltre, in una review del 2017 Thaxter et al. hanno valutato la potenziale vulnerabilità di 888 specie di Chiroteri al rischio di collisione con le pale di impianti eolici on-shore, verificando un'influenza della distanza di dispersione delle specie sul tasso di collisione.

Per l'Italia ad oggi non è possibile tracciare le principali rotte migratorie nel territorio nazionale a causa della carenza di dati (Roscioni & Spada, 2014), anche se tale conoscenza risulta dirimente visto che a livello internazionale la maggior parte della mortalità è stata registrata lungo corridoi migratori (Arnett et al. 2008; Cryan 2011). Nonostante ciò, è noto che le aree con maggior probabilità di presenza di Chiroteri, quindi caratterizzate da maggior sensibilità, sono quelle che si trovano in prossimità di elementi caratteristici del territorio, come ad esempio fondovalle con fiumi, creste montuose, passi montani, zone umide, corsi d'acqua e linee di costa (Roscioni et al. 2014, Rodrigues et al., 2015). A ciò si aggiunge il fatto che diverse specie attraversano il mare aperto durante la migrazione (Rydell et al. 2014), pertanto anche gli impianti off-shore possono generare un impatto sulla chiroterofauna.

Impianti eolici non dovrebbero inoltre essere realizzati in aree forestali, prevedendo un buffer di almeno 200 m da queste, che rappresentano l'habitat d'elezione per le specie diffuse in Europa (Kelm et al., 2014). Oltre alla localizzazione degli impianti in relazione agli habitat dei Chiroteri, anche la velocità del vento gioca un ruolo importante sulla probabilità di presenza e quindi sul rischio di impatto. Infatti, a ridotta velocità del vento, il volo degli insetti e l'attività dei Chiroteri avvengono a maggiori altitudini, aumentando la probabilità di presenza degli stessi in corrispondenza delle pale rotanti (Rodrigues et al., 2015). È stato evidenziato che una porzione rilevante di collisioni con turbine in attività si verifica in condizioni di bassa velocità del vento (Arnett et al. 2008) e alte temperature (Amorim et al. 2012).

Inoltre, una maggior sensibilità è legata ad aree che si trovano a meno di 5 km dalle colonie e/o con presenza di specie minacciate, a meno di 10 Km da siti protetti (Aree Protette o Siti Natura 2000) o nel caso in cui l'impianto divida due zone umide. Per quanto concerne invece la dimensione dell'impianto, una potenza superiore a 50-75 MW e un numero di generatori  $\geq 10$  sono associati ad un alto impatto potenziale per i Chiroteri (Roscioni & Spada, 2014). Thaxter et al. (2017) hanno evidenziato una correlazione positiva fra la capacità e dimensione delle turbine e il tasso di collisione, anche se un maggior numero di piccole turbine era associato ad una maggior mortalità rispetto ad un minor numero di turbine di grandi dimensioni per unità di energia eolica prodotta.

Le variabili che possono determinare una maggiore o una minore mortalità nei Chiroteri in corrispondenza degli impianti eolici possono essere riassunte come segue :

1. La mortalità è maggiore in notti con bassa velocità del vento (Arnett et al. 2008; Horn et al. 2008; Baerwald et al. 2009; Arnett et al. 2011), in particolare con velocità  $< 7$  m/s (velocità misurata a 106 m dal suolo).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

2. La mortalità aumenta esponenzialmente con l'altezza della torre eolica, in particolare con torri di altezza superiore ai 70 m (Barclay et al. 2007).
3. Le specie europee maggiormente a rischio e per le quali è stato registrato il maggior numero di carcasse sono quelle adattate a foraggiare in aree aperte, quindi quelle comprese nei generi *Nyctalus*, *Pipistrellus*, *Vespertilio* ed *Eptesicus* (Rydell et al. 2010, 2012)
4. Il periodo in cui si riscontra la maggior parte delle fatalità (90% in Nord Europa) è compreso tra fine luglio ed ottobre, in concomitanza con il periodo delle migrazioni autunnali, anche se un numero considerevole di specie rinvenute morte in corrispondenza di impianti eolici sono considerate sedentarie o migratrici a corto raggio, come ad esempio il pipistrello nano (*P. pipistrellus*) o il serotino di Nilsson (*Eptesicus nilsoni*) (Rydell et al. 2010).

Al fine di mitigare e ridurre al massimo l'impatto degli impianti eolici sui Chiroterri possono essere previste varie misure sito-specifiche sia in fase di costruzione che di esercizio.

Le attività previste per la fase di costruzione dell'impianto eolico devono essere pianificate nel periodo dell'anno in cui i Chiroterri sono meno attivi, generalmente da novembre a marzo, anche se in climi più temperati tale periodo si può ridurre a dicembre-febbraio. Vanno comunque minimizzate le fonti di rumore, vibrazioni e illuminazione (Rodrigues et al 2014; Jones et al. 2009).

In fase di esercizio la misura più comune ed efficace consiste nel limitare l'operatività delle turbine nei periodi di massima attività giornaliera dei Chiroterri, quindi nelle ore notturne, e nei periodi migratori (agosto-settembre). Il curtailment, cioè la sospensione delle attività delle turbine con basse velocità del vento, è risultata l'unica misura di mitigazione efficace (Arnett 2005; Horn et al. 2008) dato che anche piccole variazioni nell'operatività delle turbine hanno portato a una evidente riduzione della mortalità (Baerwald et al. 2009; Arnett et al. 2011). È stato suggerito che le luci di sicurezza dell'impianto, il colore delle turbine e gli effetti acustici possono attirare insetti e di conseguenza Chiroterri nelle zone di rischio (Horn et al. 2008, Rydell et al. 2010, Long et al. 2011, Kunz et al. 2007). Pertanto, andrebbero pianificate misure che minimizzino queste fonti d'attrazione. Una possibile misura proposta da Hotker et al. (2006) consiste nel limitare l'illuminazione per la sicurezza del volo, compatibilmente con le prescrizioni ENAC, ai soli aerogeneratori considerati sensibili, favorendo l'utilizzo di luci intermittenti e con l'intensità più bassa possibile.

L'impatto delle centrali fotovoltaiche sull'avifauna è meno conosciuto, anche se è ragionevole ritenere che l'impatto più evidente della realizzazione di nuovi impianti a terra sia la perdita di habitat disponibile per la nidificazione e l'alimentazione, come anche di siti di sosta e riposo per gli uccelli migratori, a causa della variazione dell'uso e del consumo dei suoli agricoli e seminaturali. Il posizionamento e la gestione dei pannelli fotovoltaici può causare una degradazione dell'habitat attraverso una modificazione dei suoli (ciclo del carbonio, comunità microbica) e della vegetazione (in termini di comunità e biomassa) e al consumo di acqua (Hernandez et al. 2014), che di conseguenza porta ad una diminuzione della biodiversità e della disponibilità trofica per gli uccelli. Particolare attenzione va posta nel caso di posizionamento delle centrali fotovoltaiche in prossimità di aree protette o comunque importanti per la conservazione, che rappresentano aree rifugio per le specie animali (Rehbein et al. 2020). Ad esempio, in caso di presenza di zone umide nelle vicinanze dell'impianto va valutato il possibile impatto di mortalità diretta da collisione sugli uccelli acquatici dovuto all'"effetto specchio" dei pannelli stessi. In tutti i casi, è bene prevedere monitoraggi pre- e post opera sulle popolazioni di uccelli presenti nell'area destinata all'installazione degli impianti.

Per ridurre gli effetti negativi sulle popolazioni di uccelli e sulla biodiversità in generale, è bene pianificare attentamente la selezione delle aree idonee per lo sviluppo dell'energia solare incrociando i dati spaziali sulle priorità di conservazione, il potenziale solare e la morfologia (pendenza, esposizione, rugosità) del territorio (Cameron et al. 2012). In caso di impatti residui risulta necessario prevedere anche interventi di

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

compensazione, ad esempio destinando a protezione aree equivalenti per l'utilizzo da parte delle specie interessate (Kiesecker et al. 2010).

La selezione di aree a bassa priorità di conservazione, come ad esempio aree già degradate o gestite secondo i criteri dell'agricoltura intensiva, per il posizionamento di nuovi impianti fotovoltaici, può portare ad un effetto netto positivo sulla biodiversità se gli impianti stessi vengono gestiti in modo appropriato: una review recente sugli effetti degli interventi di gestione ha evidenziato come alcuni di questi, ad esempio mantenere i margini con una vegetazione semi-naturale con un'alta varietà di specie selvatiche di piante da fiore, porta ad un aumento degli insetti impollinatori (Blaydes et al. 2021) con un possibile effetto positivo a cascata su altre specie che si nutrono di semi o insetti come gli uccelli.

Studi recenti evidenziano un effetto negativo degli impianti fotovoltaici a terra anche sull'attività dei Chiroteri, ma non sulla ricchezza di specie (Szabadi et al. 2023, Tinsley et al. 2023). Non è chiaro, tuttavia se la diminuita attività sia dovuta ad un evitamento diretto dei pannelli (rischio di collisione per i pipistrelli che tentano di abbeverarsi, come dimostrato da Greif & Siemers 2010) oppure ad una diminuzione della disponibilità di insetti-preda nell'area dell'impianto. È stato inoltre ipotizzato un impatto indiretto per i Chiroteri in quanto tali opere si comporterebbero come trappole ecologiche per diverse specie di insetti. Le superfici dei pannelli, infatti polarizzano la luce attirando gli insetti legati alle zone umide per la riproduzione, che li scambiano per specchi d'acqua e vi depositano sopra le proprie ovature, che vanno in tal modo perdute (Horvath et al. 2010).

Possibili mitigazioni a questi impatti includono la riduzione della densità dei pannelli all'interno del sito, il mantenimento e miglioramento della vegetazione di confine in termini di area e diversità e un'adeguata piantumazione per migliorare le risorse di foraggiamento per quelle specie identificate come a rischio dalla realizzazione dell'impianto (Boughey et al. 2011, Olimpi & Philpott 2018). Questo dovrebbe avvenire sia all'interno dei siti fotovoltaici che nell'area circostante.

Anche in questi casi, rimangono valide le considerazioni già espresse per gli impianti eolici riguardo alla pianificazione di nuovi progetti, che dovrebbe evitare le aree maggiormente sensibili per i Chiroteri, e le raccomandazioni sulle tempistiche e le modalità con cui portare avanti le attività previste per la fase di costruzione degli impianti, in modo da ridurre al minimo il disturbo per queste specie.

L'impatto delle interconnessioni elettriche sull'avifauna, così come delle nuove linee elettriche connesse alla realizzazione di FER, va valutato in termini di rischio di collisione ed elettrocuzione degli uccelli (Pirovano, & Cocchi, 2008), anche in relazione al posizionamento delle linee stesse rispetto ad aree di interesse naturalistico (aree protette e Natura2000) e ad elementi morfologici legati al movimento degli uccelli. I fattori più importanti che possono incrementare la mortalità per elettrocuzione sono le caratteristiche delle linee (ridotta distanza tra i conduttori) e dei sostegni (possibilità di posa). Il rischio di collisione dipende invece dalla vicinanza di elementi del paesaggio che favoriscono la concentrazione degli uccelli (zone umide, rotte di migrazione, valichi montani) (Pirovano, & Cocchi, 2008). Esistono delle soluzioni che possono mitigare i rischi, ad esempio per ridurre il rischio di collisione si applicano spirali per aumentare la visibilità della linea; per limitare il rischio di elettrocuzione è necessario isolare il tratto di conduttore in prossimità dei sostegni oppure distanziare maggiormente il posatoio degli uccelli dai cavi in tensione (Pirovano, & Cocchi, 2008).

Le diverse specie di uccelli hanno una sensibilità diversa ai due tipi di rischio, e ciò dipende in particolare dalla loro morfologia e dal comportamento: ad esempio uccelli con un alto carico alare (rapporto peso / superficie dell'ala) come i galliformi hanno un maggiore probabilità di collisione con le linee elettriche, mentre specie con un basso carico alare come i rapaci diurni sono caratterizzate da un'alta manovrabilità nel volo, ma possono essere soggette ad elettrocuzione per il loro comportamento di posarsi su sostegni alti per individuare le prede (Janss 2000).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

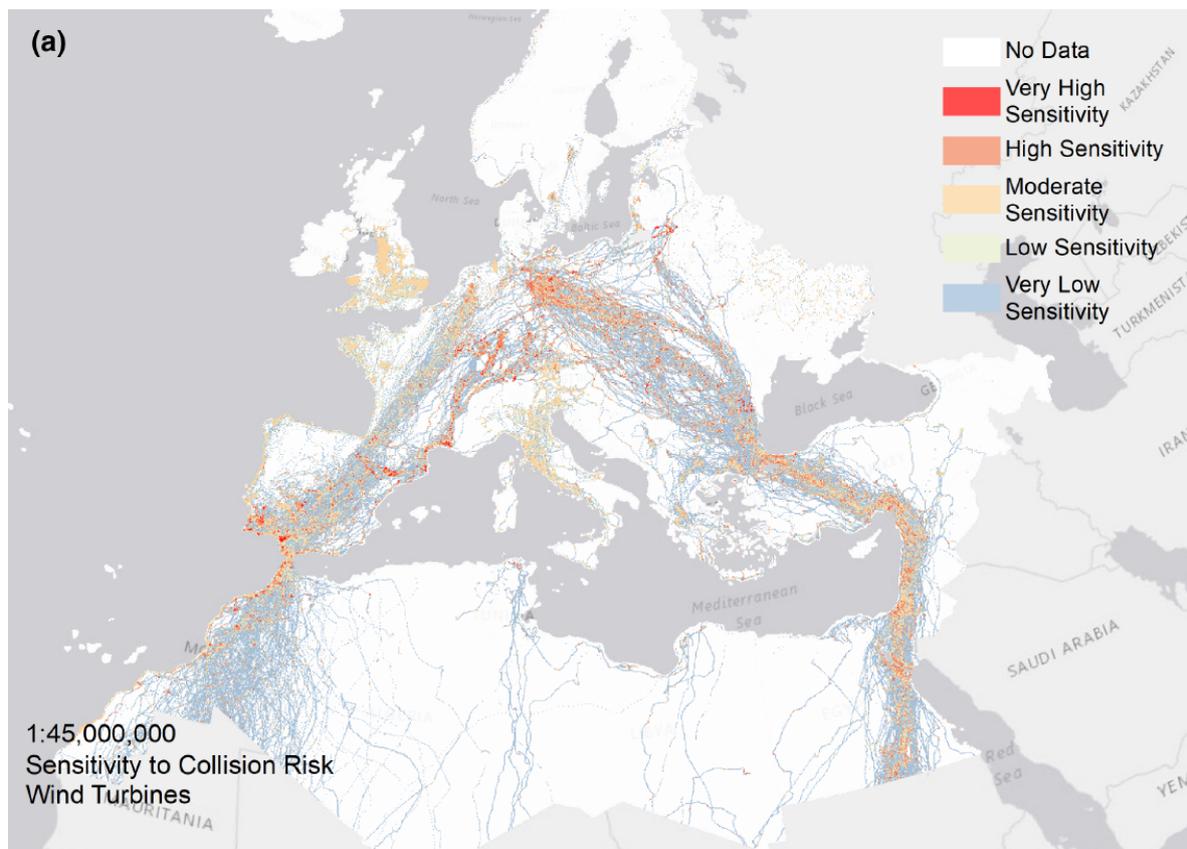


Figura 6-6 Mappa di sensibilità dell'avifauna alle linee elettriche durante tutto l'anno (Gauld et al. 2022)

Recentemente Gauld e collaboratori (2022) hanno valutato la sensibilità dell'avifauna alle linee elettriche in Europa e Nord Africa, analizzando i dati GPS di 27 specie e tenendo conto delle caratteristiche morfologiche e comportamentali (in particolare l'altezza di volo) delle singole specie che possono portare alla collisione o elettrocuzione con questi elementi. Per l'Italia, è possibile individuare una fascia di priorità che attraversa la penisola dalle regioni nord-orientali a quelle centrali tirreniche. La disponibilità di dati su un limitato numero di specie non permette comunque di escludere altre aree di sensibilità per l'avifauna italiana. L'identificazione di aree ad alta vulnerabilità (combinando le mappe di sensibilità con la presenza attuale di linee a trasmissione elettrica) è utile non solo per stabilire le priorità di intervento di mitigazione per ridurre il rischio di collisione con le linee elettriche esistenti, ma anche per valutare potenziali impatti cumulativi con altre infrastrutture energetiche.

Le infrastrutture energetiche, come pali e linee di trasmissione e distribuzione elettrica, possono rappresentare una minaccia anche per i Chiroteri, almeno dal punto di vista indiretto: impatti indiretti includono l'introduzione di barriere al movimento, la frammentazione dell'habitat e il disturbo. Tutto ciò può causare l'evitamento/abbandono del sito da parte di una popolazione, la perdita di rifugi e modifiche nel comportamento (Manville 2016), sebbene le evidenze in tal senso siano scarse (RPS 2015). Questi effetti indiretti sono infatti difficili da quantificare, da separare da altri impatti e per la maggior parte non sono stati testati quantitativamente. Gli studi sugli effetti della gestione della vegetazione (taglio di alberi e siepi) lungo le linee elettriche suggeriscono un effetto negativo sulla presenza dei Chiroteri dei tagli estesi, a causa anche della diminuzione degli insetti. Questi studi affermano quindi i potenziali benefici del mantenimento di un

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

mosaico di tipi di habitat arboreo-arbustivi dopo il disturbo, e consigliano di evitare i boschi di latifoglie nella pianificazione ed elaborazione di nuovi progetti (RPS 2015).

La mortalità diretta da collisione è anch'essa possibile ma al momento si hanno solo informazioni aneddotiche, essendo stata osservata incidentalmente nelle ricerche sulla mortalità degli uccelli nei corridoi degli elettrodotti di trasmissione e distribuzione. Si ritiene che le raccomandazioni e le migliori pratiche per ridurre al minimo gli impatti sugli uccelli migratori possano giovare anche ai pipistrelli, soprattutto quando vengono installati dispositivi di marcatura dei fili per gli uccelli. Tuttavia, finché non saranno condotte ricerche specifiche sulle cause delle collisioni dei pipistrelli con i cavi, tali benefici rimangono speculativi (Manville 2016).

Anche gli impatti sull'avifauna dei terminali di rigassificazione del GNL sono poco conosciuti ma in parte possono valere le evidenze consolidate sulle interazioni tra uccelli e piattaforme (petrolifere o di gas naturale) offshore, in particolare l'attrazione da parte delle luci in funzione sugli impianti stessi, che può far deviare dal loro percorso gli individui in migrazione con conseguente dispendio di energie, e che in alcune condizioni atmosferiche può portare a collisioni multiple (Ronconi et al. 2015). Un possibile sistema di mitigazione di questo impatto è l'utilizzo di luci nella parte blu-verde dello spettro visibile, che apparentemente provocano un minor disturbo all'orientamento magnetico degli uccelli rispetto alle frequenze d'onda lunghe, cioè le luci bianche e rosse (Poot et al. 2008). Vi sono poi impatti specifici dei terminali di rigassificazione del GNL, in relazione sia all'installazione e al funzionamento dell'impianto, sia all'aumento di traffico marino locale per la gestione dell'impianto stesso. Questi includono: impatti chimici, per il rilascio in mare di ipoclorito di sodio e altre sostanze in fase di esercizio, con conseguente diminuzione della disponibilità trofica; impatti fisici, per il rilascio di acqua, utilizzata per riscaldare il gas liquefatto, di qualche grado più bassa dell'acqua del mare circostante; possibile aumento della torbidità dell'acqua con conseguente aumento della difficoltà nell'approvvigionamento di cibo da parte degli uccelli marini; inquinamento acustico e luminoso. Anche in questo caso è opportuno prevedere monitoraggi pre- e post opera sulle popolazioni di uccelli che frequentano sia il tratto di mare interessato dall'installazione dell'impianto e dall'aumentato traffico di vascelli di servizio, sia eventuali aree umide retrostanti l'area di costa interessata.

### 6.2.2 Specie alloctone invasive

L'incremento della produzione/consumo di energia da fonti rinnovabili e la riduzione dei consumi finali di energia nei vari settori a cui volgono le azioni previste dal PNIEC contribuiranno fortemente alla riduzione delle emissioni di gas a effetto serra e quindi alla mitigazione del fenomeno dei cambiamenti climatici in atto. Di conseguenza, ci si aspetta che le misure che verranno attuate nell'ambito del PNIEC avranno, a livello generale, effetti positivi diretti correlati alla diminuzione delle emissioni, non solo sulla salute umana ma anche su quella animale.

Dall'analisi delle pressioni e minacce a cui sono sottoposte fauna e flora italiane, risulta evidente che la degradazione/frammentazione/distruzione dell'habitat è la più consistente, seguita dalla presenza di specie aliene invasive.

In riferimento quindi alla perdita e alla degradazione degli habitat, è fondamentale assicurare che il PNIEC venga attuato evitando quanto più possibile che le nuove installazioni o il potenziamento di quelle esistenti vadano ad aggiungere fattori di pressione.

Più complesso è il discorso relativo alle specie aliene invasive: se infatti la riduzione delle emissioni climato-alteranti potrà comportare una diminuzione degli effetti connessi ai cambiamenti climatici, inclusa quindi una diminuzione della presenza di specie aliene invasive, alcune azioni specifiche del Piano, che potranno causare un disturbo diretto degli habitat, potrebbero avere come conseguenza diretta e indiretta un aumento della

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

presenza delle specie aliene invasive: è il caso dell'introduzione involontaria di specie aliene invasive attraverso la movimentazione di terreno durante la costruzione di impianti eolici onshore (Bennun et al., 2021) o del disturbo agli habitat fluviali derivante provocato dagli impianti idroelettrici e di accumulo della risorsa, che potrebbe favorire una sopravvivenza maggiore di specie alloctone rispetto a quelle autoctone.

Più in generale, tutte le attività connesse con la costruzione e la gestione di impianti onshore e offshore, indipendentemente dalla tipologia di impianto e dall'ambito energetico<sup>60</sup>, comportano un rischio di introduzione di nuove specie aliene invasive e diffusione di quelle esistenti (Bennun et al., 2021; IPIECA & OGP, 2010). Tale rischio è amplificato quando le attività vengono condotte in aree remote, con poca o nessuna attività umana precedente, spostando attrezzature e personale specializzato tra un sito e l'altro e sviluppando elementi lineari su larga scala, come le condutture transfrontaliere.

Nell'ambito offshore, i percorsi principali di introduzione di specie aliene invasive, tutti riconducibili allo spostamento di imbarcazioni, sono il *biofouling*, le acque di zavorra e l'introduzione diretta attraverso altri mezzi, come ad esempio propaguli vegetali o sedimenti sulle ancore. A ciò si aggiunge la possibilità che il substrato duro utilizzato per le fondazioni possa fornire un habitat per le specie invasive, consentendo alle nuove specie di insediarsi nell'area o quelle già presenti di espandersi (Geburzi & McCarthy, 2018; Iacarella et al., 2019).

In ambito terrestre la movimentazione di terra (o altri materiali da scavo o estrazione), attrezzature, persone o componenti può facilitare l'introduzione di specie aliene invasive, per esempio attraverso il loro trasporto su macchinari o attaccati a indumenti, ecc. A ciò si aggiunge che la creazione di nuovi habitat, ad esempio attraverso la perturbazione del terreno durante la costruzione o la creazione di spazi aperti, può facilitare la diffusione di specie aliene invasive già presenti sul sito (Silva & Passos, 2017).

Nel caso di impianti idroelettrici e di sistemi di accumulo idrico, le alterazioni alla composizione della biodiversità conseguenti alla loro realizzazione possono portare a un aumento delle specie esotiche invasive. Le specie invasive possono comparire in qualsiasi momento durante la costruzione o il funzionamento di una centrale idroelettrica: portate con i materiali di costruzione (es. la sabbia e gli aggregati possono contenere i semi e le spore di specie aliene), o diffuse da monte, da valle o attraverso trasferimenti tra bacini. In genere, è più probabile che piante invasive terrestri si svilupperanno durante il periodo di costruzione, mentre la flora e la fauna invasive acquatiche possano proliferare durante il funzionamento (International Hydropower Association, 2021).

Per quanto riguarda biocarburanti e bioliquidi, per essere conteggiati ai fini del raggiungimento di obiettivi di settore (in termini di utilizzo di rinnovabili) o per accedere ad incentivi, devono rispettare i criteri di sostenibilità fissati dall'art. 17 della Direttiva 2009/28/CE. Tali criteri non contemplano, tuttavia, i rischi connessi alla possibilità di introduzione di specie aliene invasive lungo tutta la filiera dei biocarburanti. Ciascuno dei diversi passaggi nella filiera presenta rischi specifici che devono essere gestiti e mitigati (IUCN, 2009). Le piante utilizzate come materia prima per i biocarburanti possono diventare invasive quando vengono introdotte in nuove aree, ma anche successivamente, nelle fasi di produzione, raccolta, trasporto e processamento. Piante aliene la cui invasività è riconosciuta non dovrebbero essere utilizzate a tale scopo in assenza di una preventiva valutazione del rischio di diffusione rispetto allo specifico contesto di impianto e alle attività di trattamento successive; tale valutazione, inoltre, dovrebbe valutare anche la possibile introduzione involontaria di patogeni o organismi dannosi (*hitchhikers*) veicolati dalla specie utilizzata come materia prima.

---

<sup>60</sup> (I) Eolico on-shore e off-shore, (II) Idroelettrico, (III) opere necessarie per l'attuazione delle politiche/misure del PNIEC tra cui rigassificatori, (IV) sistemi di trasporto, cattura e stoccaggio CO<sub>2</sub>, (V) potenziamento e nuove interconnessioni elettriche (mare e terra), (VI) potenziamento e nuove interconnessioni gas (mare e terra)

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Criteria di attenzione

Per minimizzare il rischio di introduzione e diffusione di specie aliene invasive connessi con la costruzione e gestione degli impianti ad energia solare a terra e degli impianti ad energia eolica onshore e offshore si può fare riferimento alle misure previste nelle specifiche linee guida sviluppate dall'IUCN (Bennun et al., 2021). Le linee guida mirano a fornire un supporto pratico per lo sviluppo di questa tipologia di impianti in un'ottica di gestione efficace dei rischi di impatto sulla biodiversità e i servizi ecosistemici. Le linee guida possono essere applicate a tutte le fasi progettuali e gestionali, dalla pianificazione iniziale fino allo smantellamento e al ripotenziamento. Il quadro concettuale utilizzato per la pianificazione e l'attuazione degli interventi è quello della "gerarchia di mitigazione", che si applica agli impatti diretti, indiretti e cumulativi.

Nello specifico, per quanto riguarda le specie aliene invasive, le linee guida indicano come misure di mitigazione per gli impianti solari a terra (Cap. 4) nella fase di costruzione, la prevenzione dell'introduzione, del movimento e della diffusione di specie invasive all'interno e all'esterno del cantiere, ad esempio lavando i veicoli prima che dell'ingresso nel cantiere in aree appositamente designate. Un'indicazione viene data anche per eventuali interventi di restauro ambientale dove si raccomanda l'utilizzo di specie autoctone e non invasive per le opere paesaggistiche e di ripristino.

Per quanto riguarda gli impianti eolici a terra (Cap. 5), in riferimento alle specie aliene invasive, le linee guida indicano come misure di mitigazione, nella fase di costruzione, la prevenzione dell'introduzione, del movimento e della diffusione di specie invasive all'interno e all'esterno del cantiere, ad esempio lavando i veicoli prima che dell'ingresso nel cantiere in aree appositamente designate. Un'indicazione viene data anche per eventuali interventi di restauro ambientale dove si raccomanda l'utilizzo di specie autoctone e non invasive per le opere paesaggistiche e di ripristino.

Per quanto riguarda gli impianti offshore (Cap. 6), l'attenzione è prioritariamente concentrata sui controlli di tutte le imbarcazioni utilizzate per la costruzione e la gestione/manutenzione di un parco eolico, per evitare la potenziale introduzione accidentale di specie aliene marine invasive attraverso gli scafi delle navi (fouling) e l'acqua di zavorra. In particolare, si raccomanda l'adozione di protocolli di igiene/manutenzione per le imbarcazioni e per le attrezzature trasportate.

Per minimizzare il rischio di introduzione e diffusione di specie aliene invasive connessi con la costruzione e gestione degli impianti idroelettrici si può fare riferimento alle misure previste nelle specifiche linee guida sviluppate dall'IHA (International Hydropower Association, 2021).

Le suddette linee guida, sebbene siano espressamente dedicate a illustrare i rischi che la costruzione e la gestione di un impianto idroelettrico comporta in termini di introduzione di specie aliene invasive e a delineare le misure di prevenzione e mitigazione dei rischi, affrontano più in generale il tema degli impatti sulla biodiversità. Un capitolo specifico descrive in modo dettagliato e con il supporto di numerosi casi-studio, le metodologie e gli approcci da utilizzare per mitigare gli impatti sia per i progettisti che per gli utilizzatori dell'impianto, nonché le eventuali misure di compensazione. Una raccomandazione cruciale tra quelle specifiche per le specie aliene invasive è l'invito al soggetto costruttore a monitorare costantemente la comparsa di specie invasive, soprattutto vegetali, nelle fasi costruttive e intervenire immediatamente per la loro rimozione. Tale principio, noto come *early warning and rapid response*, è uno dei cardini dell'approccio alla gestione delle specie aliene invasive sviluppato a livello internazionale dall'IUCN.

Per minimizzare il rischio di introduzione e diffusione di specie aliene invasive connessi con la costruzione e gestione degli impianti per la produzione di biocarburanti si può fare riferimento alle misure previste nelle specifiche linee guida sviluppate dall'IUCN (2009). Le linee guida sono state sviluppate per sensibilizzare sul tema delle invasioni biologiche e, soprattutto, supportare il settore della produzione di biofuel, i decisori politici e i soggetti istituzionali coinvolti nella progettazione e conduzione di impianti sostenibili. Le linee guida

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

dividono la catena di approvvigionamento in 4 stadi: (1) selezione degli stock e dei siti di impianto, (2) spostamento degli stock nel sito, (3) produzione e (4) raccolto, trasporto, processamento e vendita. Per ognuno di questi stadi le linee guida illustrano i rischi specifici e le diverse opzioni per mitigarli o gestirli. Le misure di mitigazioni sono ripartite in funzione del soggetto destinatario: governi, sviluppatori e investitori.

Per minimizzare il rischio di introduzione e diffusione di specie aliene invasive connessi con la costruzione e gestione degli impianti legati all'utilizzo di fonti energetiche gassose onshore e offshore (infrastrutture di connessione, rigassificatori, sistemi di trasporto, cattura e stoccaggio CO<sub>2</sub>) si può fare riferimento alle misure previste nelle specifiche linee guida sviluppate dall'IPIECA e OGP (2010). Il documento fornisce una guida per la prevenzione e il contenimento delle specie aliene invasive nei progetti e nelle operazioni onshore e offshore legate alla coltivazione di combustibili fossili, espressamente destinate ai responsabili dei progetti e delle operazioni, che dovranno applicarlo alle attività specifiche, tenendo conto delle condizioni e dei rischi locali. Il documento, incentrato sul presupposto che le misure preventive, piuttosto che quelle reattive, siano la chiave per affrontare il problema, si concentra sulle attività *upstream* e *midstream*, ossia l'esplorazione, lo sviluppo del giacimento, la produzione e il trasporto alla raffineria. Sebbene le attività a valle, come la raffinazione e la distribuzione, non siano trattate in modo specifico, molte delle attività fisiche discusse in questo documento (come il disboscamento del terreno e il trasporto delle attrezzature) si verificano anche nei progetti e nelle operazioni a valle. All'illustrazione di dettaglio delle possibili vie di ingresso delle specie aliene attraverso la costruzione e gestione degli impianti legati all'utilizzo di fonti energetiche gassose, segue la sezione dedicata alle linee guida di intervento (Sezione 2). Tra le misure relative alle operazioni preparatorie alla costruzione di impianti (offshore e onshore), merita un richiamo l'attenzione che deve essere dedicata agli aspetti logistici e alle caratteristiche del contesto ambientale in cui verrà collocato l'impianto, in particolare quando si parla di contesti vulnerabili (es. isole) o ad elevata biodiversità. Tra le misure relative agli impianti onshore, invece, merita di essere sottolineata l'attenzione per la biosicurezza da assicurare per i trasporti di mezzi, strumentazione, materiali (es. terreno, acqua, materiale vegetale) e le misure specificamente dedicate alla costruzione di infrastrutture lineari (strade, ferrovie, condutture, ecc.) considerate un'attività particolarmente rischiosa. Tra le misure relative agli impianti offshore, grande spazio è dedicato alle misure per la gestione degli aspetti critici connessi con l'utilizzo dei vettori navali: il *biofouling* e le *ballast water*.

### 6.3 Patrimonio forestale

L'effetto positivo del PNIEC di contribuire a contrastare gli impatti dei cambiamenti climatici vale anche per la componente patrimonio forestale per la quale si traduce nel miglioramento dello stato di salute degli ecosistemi.

I valori di defogliazione indicano il livello di resilienza o di suscettività delle specie all'impatto causato da deposizioni atmosferiche e inquinanti gassosi. I dati rilevati negli ultimi 25 anni (1997-2021) mostrano un andamento altalenante, con anni di attenuazione e anni di crescita del fenomeno della defogliazione, e sembrano dimostrare che le latifoglie abbiano una maggiore sensibilità all'impatto delle deposizioni atmosferiche e degli inquinanti gassosi. Nel periodo di osservazione i valori totali si attestano in media intorno al 30-35%, con oscillazioni in alcuni periodi, come nel biennio 2017-2018 in cui il fenomeno è peggiorato (con valori totali superiori al 38%), per poi migliorare nel 2019-2020 (valori totali compresi tra 35 e 36%), per poi peggiorare nuovamente nel 2021 (Figura 6-7), anno nel quale si è raggiunto un valore totale del 42%, mai raggiunto prima. Bisognerà attendere i prossimi anni per capire se tale valore indichi un *trend* di peggioramento, o se sia stato un dato episodico.

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

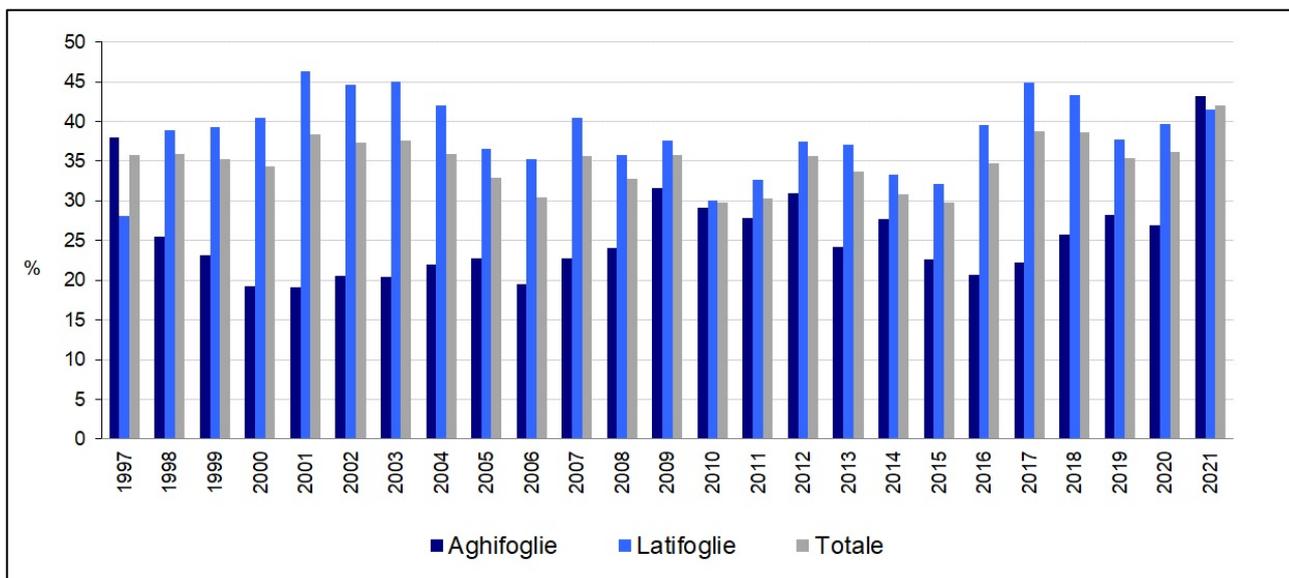


Figura 6-7: Andamento annuale della distribuzione percentuale degli alberi campionati per i quali è stato rilevato grado di defogliazione > 25%

L'aumento delle temperature in un contesto di cambiamento climatico determina lo spostamento altitudinale delle principali specie arboree forestali nelle montagne italiane.

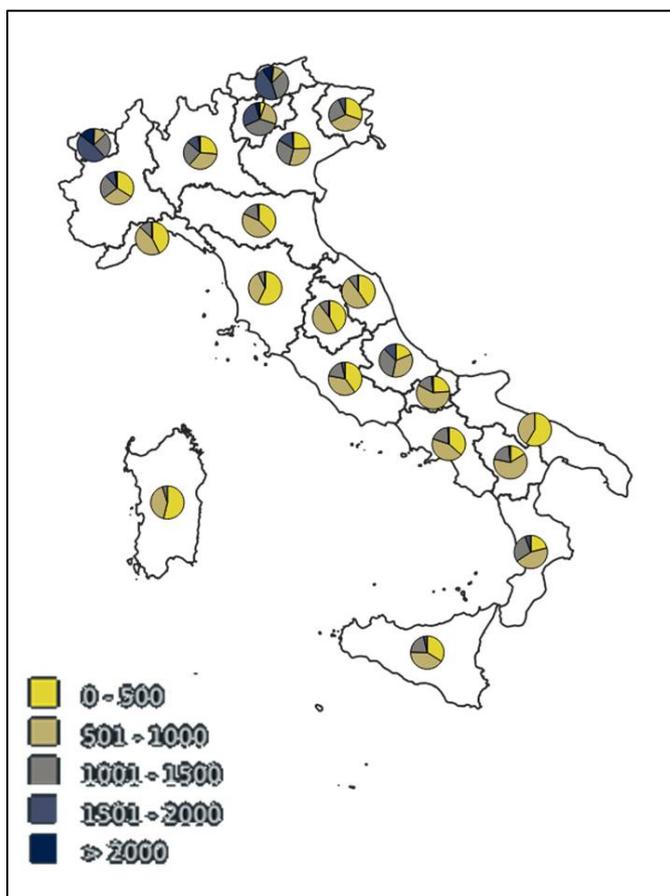


Figura 6-8: Distribuzione altitudinale - Statistiche per regione

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

Statistiche affidabili sui flussi di biomassa legnosa - traslochi e perdite di biomassa dovute a incendi e malattie forestali - a fini economici e ambientali rappresentano una priorità per la politica forestale e ambientale dell'UE. Monitorare la mobilitazione e l'uso della biomassa è anche cruciale per misurare l'efficienza materiale del settore forestale e della bioenergia e per valutare i progressi nazionali verso obiettivi di economia e bioeconomia circolari. Dati e informazioni adeguate e accessibili sui flussi di biomassa, pertanto, sono elementi strategici per migliorare i processi decisionali a diverse scale (dal continente al paesaggio). Di conseguenza, la disponibilità di informazioni adeguate e aggiornate deve costituire la spina dorsale per monitorare i progressi verso l'attuazione delle strategie forestali e ambientali.

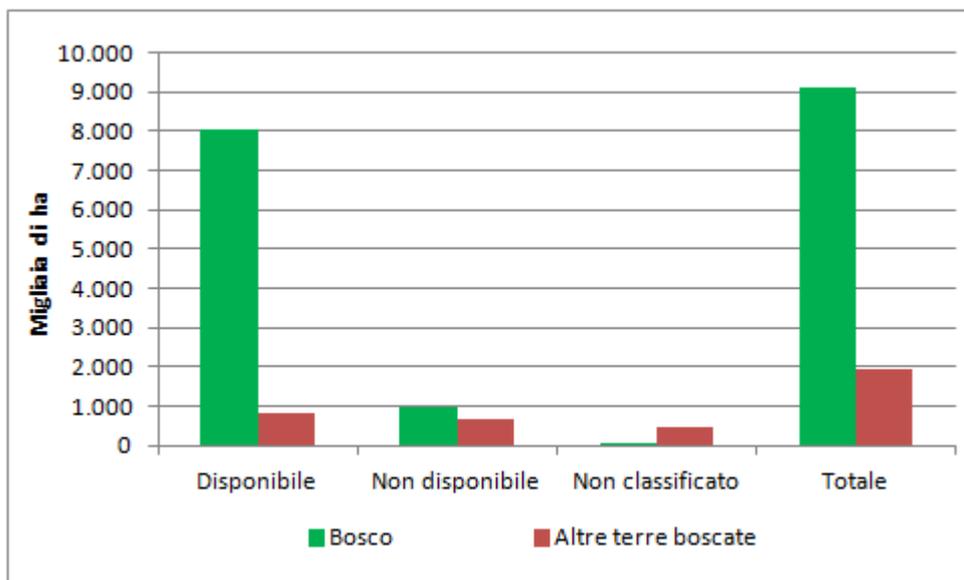


Figura 6-9: Disponibilità al prelievo legnoso

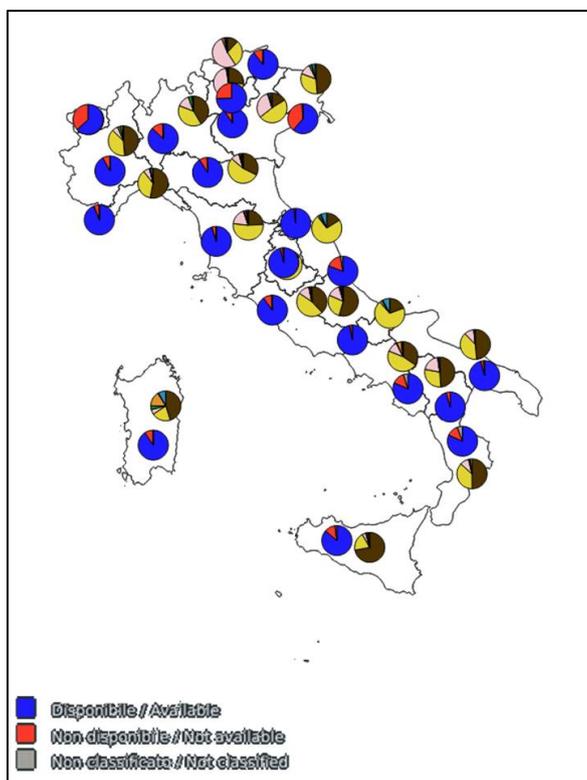


Figura 6-10: Disponibilità al prelievo legnoso - Statistiche per regione

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

L'attuazione delle misure e la realizzazione sul territorio delle opere necessitano di opportune valutazioni da svolgersi nella futura fase di progettazione e attuazione dei singoli interventi previsti dal Piano non solo a scala nazionale ma anche e soprattutto a scala locale.

Le misure considerate rilevanti per questa componente sono quelle che verranno messe in atto per incrementare la produzione da FER e che prevedono la costruzione di nuovi impianti e/o il potenziamento degli impianti esistenti.

In relazione all'analisi dei possibili effetti negativi che gli interventi previsti dal Piano potrebbero avere relativamente al Patrimonio forestale, la degradazione, frammentazione, trasformazione degli habitat forestali sono le principali pressioni e minacce da tenere in considerazione.

In riferimento alla perdita e alla degradazione degli habitat è fondamentale assicurare che l'attuazione del PNIEC non aggiunga ulteriori fattori di pressione con le nuove installazioni o il potenziamento di quelle esistenti. Per la realizzazione degli impianti risulterà opportuno rispettare le specifiche indicazioni localizzative, quali evitare l'installazione in aree naturali e/o semi-naturali e in aree agricole inutilizzate, dando priorità alle aree antropizzate e/o artificializzate da riqualificare.

Dal 1990 al 2018 (dati Corine Land Cover - CLC) una superficie pari a 10.189 ha è passata dalla categoria "Territori boscati e ambienti semi-naturali" a "Superfici artificiali" mentre gli ettari passati alla categoria "Superfici agricole utilizzate" sono stati 25.114. Il trend di passaggio alle superfici artificiali (Figura 6-11) è in diminuzione (4.017 ha trasformati dal 1990 al 2000 contro 821 ha dell'ultimo periodo valutato, dal 2012 al 2018)

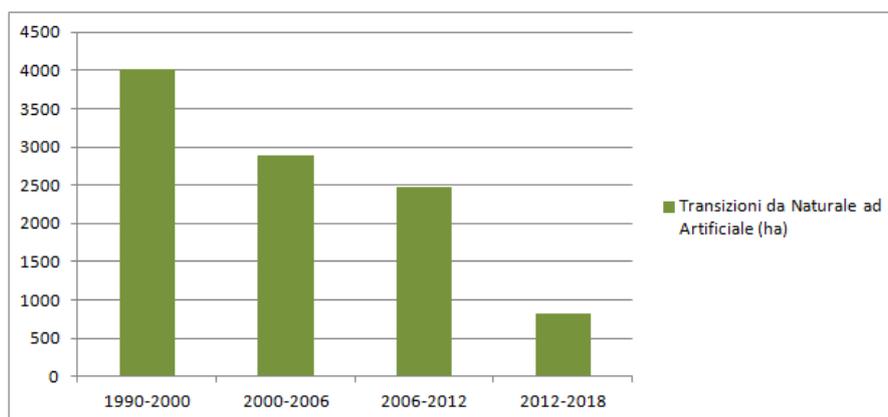


Figura 6-11: Ettari di superfici naturali trasformate in superfici artificiali (dati CLC)

Nel Rapporto SNPA (37/23) "Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici" l'analisi dei cambiamenti di uso del suolo consente di leggere da un diverso punto di vista gran parte delle trasformazioni individuate nell'analisi della copertura del suolo (Figura 6-12). Il principale flusso di cambiamento riguarda l'espansione delle aree urbane e delle aree destinate ad attività estrattive, soprattutto in conseguenza dell'aumento del consumo di suolo. Le colture permanenti fanno registrare un aumento di oltre 3.400 ettari e le altre aree con usi non economici un aumento di quasi 1.400 ettari, mentre i seminativi e gli usi forestali mostrano una riduzione di 14.456 e 11.794 ettari rispettivamente. Andando più nel dettaglio dei singoli flussi di cambiamento di uso del suolo (Figura 6-13), le principali trasformazioni sono associate alla diminuzione dei seminativi, che da un lato si trasformano in aree a uso urbano (13.444 ettari) e dall'altro sono interessate dalla conversione verso altre tipologie di usi agricoli, in primo luogo colture permanenti (9.982 ettari). La diminuzione di aree agricole, associata all'espansione delle aree urbane, è ravvisabile anche con riferimento a foraggiere e colture permanenti che, tra il 2012 e il 2018, hanno subito una diminuzione di oltre 5.000 ettari passati a uso urbano. Un secondo importante flusso di cambiamento riguarda la diminuzione della classe di

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

foreste e arboricoltura da legno, in primo luogo a causa degli incendi boschivi. Tale cambiamento riguarda gran parte degli 11.000 ettari di trasformazioni da foreste e arboricoltura da legno a altri usi non economici. Circa 2.300 ettari di diminuzione delle aree a uso forestale sono invece connessi con l'espansione delle aree urbane. Gli oltre 8.500 ettari di aumento di "foreste e arboricoltura da legno" sono invece legati a fenomeni di rinaturalizzazione delle aree agricole e di crescita del bosco nelle aree con copertura arbustiva o soggette a incendi nel 2012, e quindi interessate da ripresa vegetativa. Importanti anche le conversioni delle aree a uso forestale in usi agricoli.

Classe	Cambiamenti di uso (2012-2018)	ha	%
1	Agricolo	-6.052	-0,05
1.1	Seminativi	-14.456	-0,19
1.2	Foraggiere	-1.191	-0,13
1.3	Colture permanenti	3.489	0,16
1.4	Aree agroforestali	-197	-0,12
1.5	Altre aree agricole	6.303	0,32
2	Foreste e arboricoltura da legno	-11.794	-0,13
3	Cave e miniere	2.984	6,71
4	Urbano e aree assimilate	14.522	0,49
5	Usi d'acqua	-1.118	-0,25
6	Usi non economici	1.458	0,03
6.1	Zone umide	59	0,11
6.2	Altri usi non economici	1.398	0,03

Figura 6-12: Cambiamenti di uso del suolo (2012-2018). Fonte "Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici". Edizione 2023. Report SNPA 37/23

2012 \ 2018	2018											Totale
	Seminativi	Foraggiere	Colture permanenti	Aree agroforestali	Altre aree agricole	Foreste e arboricoltura da legno	Cave e miniere	Urbano e aree assimilate	Usi d'acqua	Zone umide	Altri usi non economici	
Seminativi	-	288	2.280	426	4.689	491	669	10	183	56	11.264	20.356
Foraggiere	175	-	417	34	186	129	45	0	59	49	297	1.392
Colture permanenti	1.092	2.739	-	70	1.779	697	175	1	4.158	10	2.200	12.921
Aree agroforestali	286	154	173	-	146	70	1	0	16	339	2.314	3.499
Altre aree agricole	1.630	584	13.444	132	-	32	9.982	0	5.350	66	1.338	32.558
Foreste e arboricoltura da legno	348	74	1.582	14	352	-	399	0	92	12	193	3.067
Cave e miniere	158	115	3.821	11	4.044	87	-	8	708	0	543	9.493
Urbano e aree assimilate	0	8	139	0	54	0	1	-	1	0	14	218
Usi d'acqua	71	122	2.782	4	684	8	588	0	-	5	141	4.406
Zone umide	54	1	20	299	123	0	7	0	0	-	21	523
Altri usi non economici	4.748	292	2.786	1.391	6.045	362	1.114	2	141	45	-	16.926
Totale	8.562	4.376	27.444	2.381	18.102	1.876	12.982	20	10.709	583	18.324	-

Figura 6-13: Flussi di cambiamento tra le classi di uso del suolo nel periodo 2012 - 2018. I cambiamenti sono espressi in ettari, escludendo quelli di dimensione inferiore a un ettaro. I flussi contrassegnati con asterisco (\*) sono legati a variazioni tecniche connesse con il progressivo aggiornamento al terzo livello di classificazione. Fonte "Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici". Edizione 2023. Report SNPA 37/23

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

La frammentazione del territorio indotta dal consumo di suolo è un processo che genera una progressiva riduzione della superficie degli ambienti naturali e seminaturali e un aumento del loro isolamento. La riduzione della dimensione degli spazi naturali e più in generale non artificiali al di sotto di una soglia minima pari a 1.000 m<sup>2</sup> li rende classificabili come superficie degradata. La trasformazione di *patch* di territorio di grandi dimensioni in parti di territorio di minor estensione e più isolate è frutto principalmente dei fenomeni di espansione urbana, che si attuano secondo forme più o meno sostenibili, e dello sviluppo della rete infrastrutturale volta a migliorare il collegamento delle aree urbanizzate mediante opere lineari. Il 40,75% del territorio nazionale risulta nel 2022 classificato a elevata e molto elevata frammentazione.

Il degrado del suolo si traduce in una riduzione della capacità produttiva biologica del suolo nonché degli altri servizi ecosistemici che esso supporta. Il processo di degrado è indissolubilmente legato alla perdita di biodiversità e agli impatti dei cambiamenti climatici. Per la valutazione del degrado del suolo occorre comunque considerare diversi fattori interdipendenti che concorrono con differente incidenza sul fenomeno. Negli ultimi anni l'Italia ha aderito al progetto pilota sulla *Land Degradation Neutrality* (LDN), promosso dal Segretariato della Convenzione delle Nazioni Unite per la lotta alla desertificazione e al programma *LDN Target Setting* lanciato dallo stesso Segretariato per aiutare e affiancare i paesi nell'individuazione dei *target* volontari di LDN e nella definizione delle misure associate per il raggiungimento del *target* 15.3 degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile, da valutare attraverso l'evoluzione della "Percentuale di territorio degradato su superficie totale del territorio" (Indicatore di sviluppo sostenibile 15.3.1). Sono stati adottati, per la valutazione dell'indicatore in Italia, i tre sub-indicatori proposti dall'UNCCD nell'ambito della politica di LDN (copertura del suolo, contenuto in carbonio organico e indice di produttività del suolo) richiamati con maggior dettaglio nel paragrafo 4.7.2 del presente rapporto.

Si riporta di seguito un approfondimento in riscontro all'osservazione pervenuta da Regione Valle D'Aosta (MASE-2024-0037702):

*Sulla base delle peculiarità ambientali del contesto regionale, si sottolinea come la matrice forestale assuma una importante rilevanza a fini economici e come una sua gestione a livello locale possa contenere emissioni di gas climalteranti. Inoltre, fondamentale è anche il servizio ecosistemico svolto in relazione alla perdita di suolo, al suo degrado e alla sua erosione.*

*Pertanto, al fine di contemperare i vari benefici attribuibili a tale matrice, si evidenzia l'importanza di prendere in considerazione sia misure volte a garantire il necessario stoccaggio di Carbonio, sia misure di valorizzazione della biomassa a fini energetici e, in senso lato, economici, nonché misure volte alla gestione della componente forestale in un'ottica di preservazione dal dissesto idrogeologico e da fenomeni di degrado del suolo.*

A luglio 2023 la Commissione Europea ha pubblicato le Linee guida per una gestione forestale più vicina alla natura ([https://environment.ec.europa.eu/publications/guidelines-closer-nature-forest-management\\_en](https://environment.ec.europa.eu/publications/guidelines-closer-nature-forest-management_en)) con lo scopo di supportare le autorità competenti e le principali parti interessate a sviluppare e promuovere pratiche adattative e rispettose della biodiversità nella gestione forestale su diversa scala. Scopo principale della cosiddetta *closer to nature forest management* è favorire una transizione verso una silvicoltura più resiliente basata sui processi naturali dell'ecosistema forestale attraverso: mescolanza di specie per albero o gruppo di alberi; rigenerazione naturale o impianto diversificato su piccola scala; copertura forestale continua che eviti il più possibile il disboscamento e i suoi svantaggi; progressiva irregolarità della struttura per età del soprassuolo; gestione per dimensione dell'albero o per gruppo di alberi e miglioramento della capacità di sostenere la biodiversità. Essa rappresenta un compromesso tra un approccio conservativo e di valorizzazione dal punto di vista produttivo, non solo dei prodotti legnosi e non-legnosi offerti dal bosco, ma anche dei diversi benefici e servizi che essi offrono alle comunità, inclusi i benefici ecologici (regimazione delle acque, mitigazione e adattamento al cambiamento climatico) e ricreativi. Sostanzialmente vengono riprese le linee

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

di gestione della selvicoltura naturalistica affermate in Italia, in linea teorica, da decenni. Interventi basati su tale approccio produrrebbero, ad esempio, l'indiscusso beneficio di mantenere un reticolo idraulico capace di drenare i deflussi superficiali, aumentare il grado di infiltrazione, ridurre le velocità di scorrimento con effetti sulla capacità di trasporto di materiale solido della corrente, e quindi di conseguenza sulla perdita di suolo, e soprattutto sull'entità dei volumi di piena in alveo. L'applicazione della selvicoltura più vicina alla natura in Italia è coerente con le politiche nazionali e regionali quali il Testo Unico in materia di Foreste e Filiere forestali (TUFF - D.lgs. 3 Aprile 2018 n. 34) e la Strategia Forestale Nazionale (Gazzetta Serie Generale n. 33 del 09-02-2022) che sostengono una "consolidata tradizione selvicolturale nazionale e locale, fondata su basi naturalistiche (rinnovazione naturale, *continuous forest cover* nei soprassuoli governati a fustaia, prevalenza di formazioni miste con specie autoctone e limitata presenza di specie esotiche) e di sostenibilità". Sussistono, tuttavia, importanti ostacoli a questo tipo di gestione forestale rappresentati principalmente dalla bassa percentuale delle foreste italiane dotate di un piano di gestione. Il TUFF prevede tre livelli di pianificazione: il Programma Forestale Regionale (PFR, comma 2), che ha il principale compito di contestualizzare nel territorio regionale gli obiettivi e le priorità nazionali, coordinatamente con gli altri strumenti di programmazione ambientale e paesaggistica eventualmente presenti; il Piano Forestale di Indirizzo Territoriale (PFIT, commi 3-5) un livello di pianificazione a scala territoriale (comprensoriale/sovraziendale); il Piano di Gestione Forestale (PGF, comma 6) a scala aziendale. I PFIT, che rappresentano un livello intermedio di pianificazione, hanno "lo scopo di fornire indirizzi per la gestione nel medio e lungo periodo delle risorse forestali e silvo-pastorali di proprietà pubblica, privata e collettiva" oltre a "definirne obiettivi e finalità in attuazione della politica forestale regionale, compatibilmente e in correlazione con gli altri strumenti pianificatori presenti a pari livello di scala territoriale, sia ambientali che paesaggistici, permettendo di evidenziare e valorizzare le vocazioni di ambiti territoriali relativamente omogenei". Essi, in particolare, devono "definire le loro destinazioni d'uso, le priorità di intervento necessarie alla tutela, alla gestione ed alla valorizzazione dei boschi e dei pascoli, il coordinamento tra i diversi ambiti e livelli di pianificazione territoriale e forestale vigenti, gli interventi strutturali e infrastrutturali al servizio del bosco, compresa la localizzazione della rete di viabilità forestale, gli indirizzi di gestione per le pianificazioni aziendali". Il PFIT, quindi, individua gli indirizzi di gestione e le priorità per la tutela, gestione e valorizzazione del territorio sottoposto a pianificazione, individuando in merito all'indirizzo di gestione le funzioni prevalenti (protettiva di persone, beni e infrastrutture da pericoli naturali, naturalistica, per la conservazione della biodiversità e tutela e valorizzazione del paesaggio, produttiva, sociale e culturale, ovvero con finalità turistico-ricreative, artistiche, terapeutiche, scientifiche, didattiche, educative, ecc.) al fine di promuovere la multifunzionalità del patrimonio forestale.

In riferimento ai servizi di protezione e stabilizzazione dei suoli, in particolare, si ribadisce che la presenza del bosco costituisce un valido fattore di prevenzione o comunque di attenuazione dell'erosione superficiale del suolo, che si esplica sia in relazione alla cosiddetta *splash erosion*, grazie alle chiome degli alberi che si frappongono tra le gocce di pioggia e il suolo evitando che esso venga colpito direttamente dalle gocce, sia per effetto della riduzione dei deflussi superficiali, attraverso l'azione di intercettazione delle precipitazioni, l'evaporazione dalle chiome bagnate e una maggiore traspirazione delle piante arboree rispetto ad altre forme di uso del suolo. L'efficacia del bosco rispetto all'erosione è legata alla presenza di una lettiera e di un suolo forestale ben sviluppati; la lettiera costituisce infatti un efficace ostacolo contro lo scorrimento superficiale dell'acqua, mentre i suoli forestali sono caratterizzati da una notevole permeabilità a causa del loro elevato contenuto di sostanza organica, agendo in maniera significativa sullo scorrimento superficiale dell'acqua e sull'erosione laminare. Per quanto detto, al fine di prevenire l'erosione superficiale, è essenziale garantire la copertura continua del suolo con, ad esempio, l'applicazione preferenziale di trattamenti a ceduo a sterzo o con tagli successivi o saltuari nel caso del governo ad alto fusto; questi trattamenti, infatti, contribuiscono a proteggere la lettiera forestale e a conservare la sostanza organica del suolo, che viene invece temporaneamente ridotta da interventi di taglio a raso (anche a buche) o a ceduo semplice o

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

matricinato, con un lento recupero nel caso della fustaia e una maggiore riduzione nel caso del governo a ceduo. Un elemento di attenzione è da porre, infine, all'apertura di piste forestali, alla manutenzione delle strade forestali in specie se richiedono l'uso di macchine e alla meccanizzazione delle attività di estrazione del legname e di altri prodotti forestali; è infatti necessario garantire che tali attività siano correttamente pianificate e gestite in modo sostenibile ed efficiente in modo da mitigarne gli effetti.

Si rileva, inoltre, che nel settore forestale si sono consolidate una serie di forme di partenariato e di collaborazione pubblico-privata, mirate principalmente a favorire azioni di informazione/sensibilizzazione e la diffusione di strumenti di tipo volontario, finalizzati alla promozione della gestione forestale sostenibile, all'adozione di pratiche di responsabilità sociale d'impresa e al contrasto dei processi di illegalità. Tra questi importanti strumenti figurano gli schemi di certificazione forestale, con riferimento sia alla gestione delle foreste su scala nazionale e internazionale, sia alla catena di custodia che mira a garantire la tracciabilità dei prodotti forestali attraverso le fasi di approvvigionamento, lavorazione, commercio e distribuzione del prodotto all'interno della filiera foresta-legno/carta. La certificazione è un processo volontario che porta al rilascio, da parte di un organismo terzo e indipendente (ente di certificazione accreditato a livello nazionale o internazionale), di un certificato di gestione forestale o catena di custodia. Nel caso della gestione forestale si attesta che le forme di gestione di un determinato bosco o di un determinato territorio rispondano a specifici requisiti di tutela ambientale, di equità sociale e di efficienza economica, definiti da uno *standard* nazionale di riferimento. Nel caso della catena di custodia si attesta che il percorso intrapreso dai prodotti a partire dalla foresta oppure, nel caso di materiali di riciclo, dal momento in cui il materiale viene recuperato, fino al punto in cui il prodotto viene venduto e/o viene finito ed etichettato - sia stato intrapreso secondo *standard* internazionali che ne garantiscano la tracciabilità e rintracciabilità. Attualmente esistono due schemi di certificazione forestale applicabili al contesto italiano aventi carattere internazionale: il *Forest Stewardship Council*<sup>®</sup> (FSC<sup>®</sup>) e il *Programme for Endorsement of Forest Certification schemes* (PEFC<sup>™</sup>). I proprietari e i gestori forestali possono contribuire, grazie ad una gestione forestale responsabile, a valorizzare le foreste e i servizi ecosistemici che esse forniscono alla collettività; FSC e PEFC hanno sviluppato anche strumenti per permettere ai proprietari e ai gestori forestali di verificare gli impatti delle attività di gestione sul mantenimento, conservazione, ripristino o miglioramento dei servizi ecosistemici.

La Direttiva aggiornata sulle energie rinnovabili (RED III - *Renewable Energy Directive*), infine, fissa un nuovo obiettivo vincolante di energia rinnovabile di almeno il 42,5% entro il 2030. Vengono inoltre rafforzati i criteri di sostenibilità della bioenergia, in linea con le maggiori ambizioni in materia di clima e biodiversità del *Green Deal* europeo. In futuro, questi criteri si applicheranno agli impianti più piccoli (pari o superiori a 7,5 MW) anziché alla soglia di 20 MW previsti in precedenza. Sono infine previste disposizioni volte a garantire che la biomassa forestale non provenga da determinate aree di particolare importanza dal punto di vista della biodiversità e delle scorte di carbonio quali: le foreste primarie e le superfici boschive di specie autoctone dove non vi è alcuna indicazione chiaramente visibile dell'attività umana e i processi ecologici non sono significativamente disturbati; le foreste vetuste; le foreste ad elevata biodiversità e altri terreni boschivi ricchi di specie e non degradati; le praterie ad elevata biodiversità che si estendono per più di un ettaro; le brughiere.

Le regole concordate, inoltre, stabiliscono che la biomassa legnosa dovrà essere utilizzata secondo il suo massimo valore aggiunto economico e ambientale (cd utilizzo a cascata<sup>61</sup>), ovvero nel seguente ordine di

---

<sup>61</sup> L'uso a cascata del legno si riferisce ad un uso efficiente e "circolare" delle risorse legnose favorendo prodotti a durata lunga (es. legno per uso strutturale) e il riuso e riciclo del legno. In questo modo si ottiene uno stoccaggio di medio/lungo periodo del carbonio, rinviando la restituzione all'atmosfera. L'uso a cascata della biomassa è un principio essenziale della bioeconomia circolare: il legno va impiegato per creare prodotti, solo il materiale di qualità più bassa (legname da triturazione, ramaglie, scarti delle segherie e delle lavorazioni successive, fine vita dei prodotti legnosi), può essere utilizzato per scopi energetici, salvaguardando la produzione di pannelli.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

priorità: prodotti a base di legno, prolungamento della durata di vita dei prodotti a base di legno, ri-uso, riciclaggio, bioenergia e smaltimento. Laddove nessun altro utilizzo della biomassa legnosa è economicamente sostenibile o appropriato dal punto di vista ambientale, il recupero energetico aiuta a ridurre la produzione di energia da fonti non rinnovabili. I regimi di sostegno alla bioenergia dovrebbero pertanto essere indirizzati a quelle materie prime per le quali esiste poca concorrenza di mercato con i settori dei materiali e il cui approvvigionamento è considerato positivo sia per il clima che per la biodiversità, al fine di evitare incentivi negativi per percorsi bioenergetici insostenibili, come identificato nel rapporto del *Joint Research Centre* (JRC) della Commissione Europea (2021) dal titolo “*The use of woody biomass for Energy production in the EU*” (<https://op.europa.eu/it/publication-detail/-/publication/7120db75-6118-11eb-8146-01aa75ed71a1/language-en>). Sarà vietato il sostegno finanziario per l'energia prodotta attraverso l'uso di tronchi da sega, tronchi da impiallacciatura, legname tondo di tipo industriale, ceppi e radici.

Il 24 marzo 2023 FEDERLEGNOARREDO ha presentato un Protocollo (<https://www.federlegnoarredo.it/it/federazione/progetti/ufficio-progetti-europei/progetti-europei/co2-pes-pef-in-corso/protocollo-per-l-uso-a-cascata-del-legno-l-impegno-di-federlegnoarredo>) per riaffermare il principio dell'uso a cascata del legno e per valorizzare il patrimonio forestale italiano attraverso il prelievo legnoso visto in un'ottica che valorizzi l'economia circolare e il mantenimento della CO<sub>2</sub> il più a lungo possibile nei prodotti legnosi. Tra i principi fondamentali del Protocollo vi sono la promozione dell'approvvigionamento domestico per la filiera dei prodotti a base legno (incremento del prelievo economicamente ed ambientalmente sostenibile) e le campagne di promozione e di divulgazione sulla Gestione Forestale Sostenibile e sull'utilizzo a cascata del legname nazionale. Il protocollo è rivolto a Regioni, Operatori forestali, Istituzioni regionali, Parchi, UNCEM-ANCI.

Il Cluster italiano della Bioeconomia Circolare SPRING (<https://www.clusterspring.it/>) mette insieme reti e filiere dell'industria *biobased* italiana con l'obiettivo di contribuire a creare le condizioni per lo sviluppo di un contesto e di un tessuto industriale e accademico attrattivo, dinamico, innovativo, competitivo e in continua crescita, favorendo anche la creazione di una comunità forte, coesa e rappresentativa, supportandone gli interessi di fronte alle istituzioni regionali, nazionali, europee ed internazionali, promuovendone la visibilità e la conoscenza da parte del pubblico generale e specialistico. Per raggiungere i propri obiettivi identifica e valorizza le sinergie esistenti e potenziali con tutti gli attori a livello regionale, nazionale, europeo e globale.

#### 6.4 Suolo

Gli interventi previsti in attuazione delle misure del PNIEC che comportano la realizzazione di nuove opere sul territorio (impianti e infrastrutture) o il potenziamento di opere esistenti possono generare potenziali effetti in termini di uso, copertura e degrado del suolo.

Tali opere possono infatti determinare una variazione di uso del suolo sulle aree circostanti e sugli usi potenziali; impermeabilizzazione e consumo di suolo permanente (ad es. per l'eolico dovuto alla fondazione delle torri, per l'idroelettrico e mini-idroelettrico dovuti alle opere e infrastrutture di collegamento); impermeabilizzazione e consumo di suolo reversibile (ad es. per le fasi di cantiere).

In particolare, per gli impianti fotovoltaici a terra che, tra le tecnologie e i vettori energetici in attuazione del PNIEC rappresentano quelle più impattanti sul tema uso del territorio, sulla base dello scenario al 2030 previsto dal Piano, si stima (Rapporto “Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici” – SNPA edizione 2023) preliminarmente un incremento di consumo di suolo di 340 Km<sup>2</sup> per la realizzazione di circa 19 GW di potenza a terra (considerando la ripartizione pari al 34% circa a terra e al 66% non a terra). Nell'ipotesi estrema in cui tutta la nuova potenza prevista per raggiungere gli obiettivi al 2030 (circa 55 GW a partire dalla potenza installata al 2022 pari a circa 25 GW) venisse installata a terra si potrebbero consumare

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

fino a 990 km<sup>2</sup> di suolo. Al fine di assicurare il massimo contenimento di consumo di suolo e contribuire al raggiungimento dell'obiettivo di azzeramento del consumo di suolo al 2050, la realizzazione di questa potenza dovrà prioritariamente sfruttare le superfici già edificate o compromesse (edifici, parcheggi, tettoie, cave e miniere cessate, siti di bonifica, etc), così come prevedere azioni di revamping e repowering degli impianti esistenti. Inoltre, dovrà essere previsto l'incremento dell'installazione di impianti agrivoltaici, in modo tale da coniugare la tutela del suolo e la spinta sulle rinnovabili.

Tra le opere previste, in particolare l'identificazione delle aree utili alla localizzazione di grandi impianti fotovoltaici a terra, dovrà salvaguardare le funzioni del suolo con particolare riferimento alle funzioni agricole anche potenziali, indirizzando prioritariamente verso aree già artificializzate (tessuto già urbanizzato, aree industriali, aree da bonificare) o inutilizzabili per altri scopi ed evitando, in particolare, di consumare porzioni di territorio caratterizzate da un'alta capacità d'uso del suolo o da un elevato livello di fornitura di servizi ecosistemici. Dovrà inoltre essere limitata al massimo la frammentazione di habitat e l'interruzione di corridoi ecologici.

Al riguardo l'attuale suolo consumato da impianti fotovoltaici a terra (17830 ha) risulta distribuito rispetto a specifiche tipologie di usi del suolo e tipologie di aree così come riportato nelle seguenti tabelle:

*Tabella 6-3: Distribuzione di suolo consumato (2022) da impianti fotovoltaici per unità fisiografiche del paesaggio. Fonte elaborazione ISPRA su Carta della Natura e cartografia SNPA*

unità fisiografiche	ha	perc
Pianura aperta	4643,8	26,04%
Tavolato carbonatico	3031,34	17,00%
Pianura costiera	2410,86	13,52%
Paesaggio collinare terrigeno con tavolati	1885,18	10,57%
Colline argillose	1831,9	10,27%
Pianura di fondovalle	1239,52	6,95%
Colline terrigene	749,55	4,20%
Paesaggio collinare vulcanico con tavolati	584,7	3,28%
Rilievi terrigeni con penne e spine rocciose	398,48	2,23%
Montagne terrigene	211,2	1,18%
Colline carbonatiche	210,46	1,18%
Conca intermontana	149,24	0,84%
Tavolato lavico	93,36	0,52%
Paesaggio collinare eterogeneo	92,61	0,52%
Montagne carbonatiche	91,07	0,51%
Pianura golenale	73,91	0,41%
Paesaggio a colli isolati	39,43	0,22%
Colline moreniche	19,53	0,11%
Paesaggio collinare eterogeneo con tavolati	17,78	0,10%
Colline granitiche	13,59	0,08%
Montagne porfiriche	9,46	0,05%
Rilievo costiero isolato	8,75	0,05%
Montagne metamorfiche e cristalline	5,3	0,03%
Colline metamorfiche e cristalline	4,46	0,03%
Valle montana	4,08	0,02%
Altopiano intramontano	3,24	0,02%

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

unità fisiografiche	ha	perc
Rilievo roccioso isolato	2,85	0,02%
Montagne dolomitiche	2,37	0,01%
Lagune	1,03	0,01%
Piccole isole	0,74	0,00%
Paesaggio con tavolati in aree montuose	0,2	0,00%
	<b>17830</b>	<b>100,00%</b>

Tabella 6-4: Distribuzione di suolo consumato (2022) da impianti fotovoltaici per Aree protette (EUAP) e vincoli ex art. 136 e art. 142 D.lgs 42/2004 considerati complessivamente. Fonte elaborazione ISPRA su cartografia SNPA e SITAP

Suolo consumato da fotovoltaico (ha)	EUAP (ha)	vincoli paesaggistici* (ha)
interno	20	1025
esterno	17811	16805
	<b>17830</b>	<b>17830</b>
	<b>0,11%</b>	<b>5,75%</b>

\*Sono stati considerati i beni vincolati limitatamente a quelli areali relativi a: art. 142 comma 1 lett. a), b), c), d), l); art. 136

Tabella 6-5: Distribuzione di suolo consumato (2022) da impianti fotovoltaici per classi di copertura del suolo. Fonte elaborazione ISPRA su cartografia ISPRA/SNPA

Classi di copertura suolo		Copertura suolo (ha)	perc
Erbaceo permanente	2212	10906	61,17%
Erbaceo periodico	2211	6026	33,80%
Latifoglie	2111	559	3,13%
Vegetazione arbustiva	2120	298	1,67%
Corpi idrici permanenti	3100	17	0,10%
Conifere	2112	11	0,06%
Superfici non consolidate	1220	9	0,05%
Superfici consolidate	1210	3	0,02%
Zone umide	4000	1	0,00%
		<b>17830</b>	<b>100,00%</b>

In ogni caso, per tutte le opere che dovranno essere messe in atto, si dovrà prioritariamente utilizzare aree già consumate e/o limitare l'impatto sull'uso del territorio.

Si segnala che le valutazioni dovranno essere fatte con cartografie dettagliate e aggiornate rispetto a uso e copertura del suolo, nonché rispetto agli strumenti di sintesi della pianificazione quali il mosaico dei piani urbanistici comunali.

Si richiama quanto previsto al comma 3 dell'art. 20 del D.lgs 199/2021 "Disciplina per l'individuazione di superfici e aree idonee per l'installazione di impianti a fonti rinnovabili" secondo cui i decreti attuativi di definizione dei principi e criteri omogenei per l'individuazione delle superfici e delle aree idonee e non idonee all'installazione di impianti a fonti rinnovabili aventi una potenza complessiva almeno pari a quella individuata come necessaria dal PNIEC "...tengono conto delle esigenze di tutela del patrimonio culturale e del paesaggio,

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

*delle aree agricole e forestali, della qualità dell'aria e dei corpi idrici, privilegiando l'utilizzo di superfici di strutture edificate, quali capannoni industriali e parcheggi, nonché di aree a destinazione industriale, artigianale, per servizi e logistica, e verificando l'idoneità di aree non utilizzabili per altri scopi, ivi incluse le superfici agricole non utilizzabili".*

L'art. 20 del Decreto legislativo n. 99/2021 è stato recentemente modificato dal DL del 15 maggio 2024, n. 63, in relazione a limitazioni poste per l'installazione di impianti fotovoltaici con moduli collocati a terra in zone classificate agricole dai piani urbanistici vigenti.

### Potenziali effetti sulla qualità dei suoli

Alla luce delle considerazioni riportate nel paragrafo 4.7.2, appare indispensabile considerare l'accelerazione dei fenomeni di degrado del suolo conseguenti ai cambiamenti climatici in atto e le effettive possibilità di mitigazione indotte dal PNIEC, avviando una valutazione comparativa tra: i) il degrado del suolo connesso alla realizzazione di impianti per la produzione di energie rinnovabili e ii) il degrado del suolo indotto dall'innalzamento delle temperature, dal moltiplicarsi degli eventi climatici eccezionali e dalle variazioni di uso/copertura del suolo.

Il tema della *Qualità dei suoli* sconta con evidenza la lacuna informativa derivante dall'assenza di una rete nazionale di monitoraggio; anche in quest'ottica il Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA) sta promovendo un tavolo tecnico per l'avvio di una rete nazionale di monitoraggio dei suoli, anche sulla base dei prodotti già elaborati dal Sistema, per rispondere al meglio alle esigenze avanzate dalla nuova proposta di Direttiva per il monitoraggio e la resilienza del suolo (Soil Health Law<sup>62</sup>). La realizzazione di una rete di monitoraggio permetterebbe di completare e approfondire anche la conoscenza del contenuto in carbonio organico dei suoli, partendo da metodologie di analisi comuni e condivise, nonché di tutte le altre caratteristiche in grado di definire un suolo in buona salute secondo i parametri della nuova proposta.

Il fenomeno deve essere visto anche in relazione alla perdita di suolo per *erosione idrica*, fenomeno anch'esso collegato alla meccanizzazione delle colture soprattutto nelle fasce collinari a maggiore pendenza. L'Italia, con una media di 8.77 tonnellate/ettaro \* anno, presenta attualmente i valori più alti rispetto agli altri paesi europei anche se, secondo gli scenari climatici ipotizzati, gli aumenti previsti al 2050 dovrebbero mantenersi entro range contenuti.

Relativamente agli impianti che si andranno a realizzare (soprattutto le nuove interconnessioni elettriche a terra e quelle che si andranno a potenziare) le previsioni di sviluppo dovrebbero valutare attentamente le modalità, individuando i terreni idonei ovvero una serie di terreni come inidonei all'installazione, tra i quali considerare con attenzione quelli classificati agricoli e naturali dai vigenti PRGC e ricadenti nelle più alte classi di capacità d'uso del suolo o destinati alla produzione di prodotti di qualità (D.O.C.G, D.O.C, I.G.P., etc.).

Parallelamente andrebbe valutato il potenziale di assorbimento e lo stoccaggio di carbonio dei suoli degli ecosistemi naturali interessati dai suddetti futuri interventi.

## **6.5 Risorse idriche**

### **6.5.1 Acque interne**

---

<sup>62</sup> [https://environment.ec.europa.eu/system/files/2023-07/Proposal%20for%20a%20DIRECTIVE%20OF%20THE%20EUROPEAN%20PARLIAMENT%20AND%20OF%20THE%20COUNCIL%20on%20Soil%20Monitoring%20and%20Resilience\\_COM\\_2023\\_416\\_final.pdf](https://environment.ec.europa.eu/system/files/2023-07/Proposal%20for%20a%20DIRECTIVE%20OF%20THE%20EUROPEAN%20PARLIAMENT%20AND%20OF%20THE%20COUNCIL%20on%20Soil%20Monitoring%20and%20Resilience_COM_2023_416_final.pdf)

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Il riferimento normativo per la Tutela delle acque interne, oltre che di quelle marine costiere, è rappresentato dalla Direttiva 2000/60/CE. Lo strumento di pianificazione in questo ambito sono i Piani di Gestione delle Acque (PdGA), redatti dalle Autorità di Bacino Distrettuale. Per tale ragione in fase di attuazione delle azioni previste dal PNIEC sarà fondamentale che tali piani vengano presi a riferimento per quanto attiene l'analisi delle pressioni e degli impatti, l'individuazione degli obiettivi di qualità e le misure ivi individuate per il raggiungimento degli obiettivi stabiliti. Ciò al fine di considerare, ad esempio, gli effetti cumulativi delle pressioni insistenti sui corpi idrici, o per evitare eventuali interferenze tra le azioni del Piano con le misure previste dai PdGA. Inoltre, l'attuazione delle misure del Piano non dovrà ostacolare il raggiungimento e mantenimento degli obiettivi di qualità dei corpi idrici superficiali e sotterranei fissati dalla Direttiva 2000/60/CE.

Idroelettrico

Nel Piano l'energia idroelettrica viene considerata una risorsa strategica in quanto fornisce un contributo determinante per la produzione elettrica da fonti rinnovabili (FER), sia nel presente sia in prospettiva futura. Il Piano prevede un incremento contenuto della potenza installata al 2030 (pari a 145 MW, passando dai 19.265 MW del 2022 ai 19.410 MW del 2030; Tab. 11 del Piano). A tale livello di potenza installata, tendenzialmente costante, viene però associata una produzione annua da idroelettrico in leggera flessione al 2030 (si passa dai 48,1 TWh/anno del 2022 ai 46,9 TWh/anno del 2030, dato normalizzato; Tab. 12 del Piano). Infatti, il Piano, che acquisisce le risultanze del PNACC appena aggiornato, mette in evidenza come in futuro vi sarà una riduzione della disponibilità della risorsa. Per affrontare, almeno in parte, il tema della riduzione futura di disponibilità idrica, il Piano stesso prevede la necessità di investimenti per la manutenzione delle infrastrutture già esistenti, i quali potranno portare a migliorare l'efficienza della produzione (riduzione perdite, sostituzione di turbine, ecc.) e potranno prevedere il recupero della capacità utile di invaso, in presenza di invasi ad oggi parzialmente interrati e quindi impossibilitati a mantenere la produzione originaria. Inoltre, il Piano considera attuabile lo sfruttamento idroelettrico su reti minori, andando a utilizzare ad esempio le cadute geodetiche degli acquedotti. Nel complesso il Piano prevede un moderato sviluppo del settore, in termini di capacità di produzione, tale da compensare la riduzione di produzione stimata a politiche vigenti e legata anche ai cambiamenti climatici.

Dal punto di vista degli impatti potenziali ipotizzabili in fase di attuazione del Piano va tenuto conto dei seguenti aspetti:

- Efficientamento degli impianti esistenti – il Piano non specifica nel dettaglio le tipologie di misure che verranno attuate per migliorare l'efficienza degli impianti. D'altra parte, gli interventi con questa finalità sono riconducibili a:
  - miglioramenti tecnologici volti ad una maggiore efficienza di produzione di energia (il cd *repowering*): sostituzione turbine, sensoristica per il monitoraggio dei processi, riqualificazione delle opere di presa e di scarico, delle condotte. Alcune di queste opzioni possono prevedere misure di mitigazione, quali ad esempio l'installazione di turbine fish friendly o la realizzazione di bypass per il sedimento, o di passaggi per la migrazione della fauna ittica.
  - messa in funzione di impianti inutilizzati o utilizzo a pieno regime di impianti sottoutilizzati (ovviamente senza prescindere dal rispetto dei requisiti di sicurezza). A seconda delle situazioni specifiche, la messa in opera di impianti esistenti potrà determinare un impatto significativo (se per esempio nella condizione attuale il regime idrologico non è alterato) ma costituirà una opzione ragionevolmente sostenibile se confrontata con il suo inutilizzo a fronte di impatti ambientali, comunque, presenti (alterazione delle morfologie, riduzione della dinamica fluviale, ecc.).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

- recupero della capacità di invaso dei bacini interrati o parzialmente interrati. Le modalità di recupero della capacità originaria, o il rispetto della capacità sostenibile dell'invaso, dovrà seguire quanto prescritto nel decreto dei ministeri MIMS e MASE, di recente emanazione (DM 205/2022), il quale stabilisce i criteri per la redazione del progetto di gestione degli invasi, ed introduce quindi un quadro ben definito e finalizzato al recupero della capacità di invaso, nel massimo rispetto degli obiettivi di qualità stabiliti dalla Direttiva 2000/60/CE. Il rispetto di questo decreto può garantire quindi la minimizzazione degli impatti sui corpi idrici associati alle opere.
- Pompaggi idroelettrici – Come già osservato il Piano prevede una espansione delle soluzioni per l'accumulo di energia, e tra queste annovera come fondamentale il pompaggio idroelettrico. Dal punto di vista degli impatti ambientali questa soluzione può costituire una significativa fonte di impatto nel caso ci si orienti verso la realizzazione di nuovi impianti, mentre gli impatti sono tendenzialmente minori se si prevede di sfruttare le infrastrutture già esistenti.

La scelta ambientalmente più cautelativa dovrebbe essere, in generale, quella di saturare l'utilizzo di impianti di pompaggio già realizzati, e che come evidenziato nel par. 4.8.3 sono al momento sottoutilizzati.

In seconda istanza rientrano tra le scelte più sostenibili le soluzioni che prevedano piccoli adeguamenti infrastrutturali (condotte) e tecnologici (pompe) di impianti idroelettrici già esistenti. È il caso, ad esempio, degli invasi posti in serie sul medesimo corso d'acqua e a breve distanza tra loro: mentre gli impatti ambientali delle opere e delle gestioni in essere sono in genere particolarmente significativi, la possibilità di collegare idraulicamente le centrali di monte con gli invasi di valle può prevedere un aggravio accettabile in termini di impatti negativi, se pur non trascurabile. Tra l'altro va considerato che, rispetto alla condizione di partenza (due invasi in serie), una gestione orientata al pompaggio potrebbe ridurre in parte le alterazioni del regime idrologico (portate liquide) sia nei tratti sottesi alle derivazioni e sia nei tratti a valle delle restituzioni. Resterebbero invece invariati tutti gli impatti significativi legati alle infrastrutture - e quindi alle interruzioni della continuità fluviale – dal punto di vista delle portate solide e delle comunità biologiche.

È possibile, inoltre, ipotizzare la realizzazione di impianti di pompaggio cosiddetti di tipo chiuso, in cui gli invasi di monte e di valle non sono direttamente associati agli ambiti di influenza dei corsi d'acqua a cui però sono necessariamente collegati dal punto di vista idraulico (i sistemi di pompaggio hanno un certo tasso di perdita della risorsa, legata a percolazione, evaporazione, perdite, che devono essere compensate con periodici afflussi). Queste soluzioni possono avere minori impatti potenziali sugli ecosistemi acquatici, mentre possono avere impatti molto significativi su altre componenti ambientali (suolo, paesaggio, rischio idraulico, ...).

Infine, l'ipotesi di realizzazione di nuovi impianti di pompaggio *ex novo* è l'opzione con maggior impatto ambientale. Infatti, come genericamente per tutti gli impianti idroelettrici, gli impatti sugli ecosistemi acquatici e terrestri sono una conseguenza sia della presenza delle infrastrutture (strutture di ritenuta, opere di derivazione e restituzione, condotte, linee di trasmissione, ecc.) che delle modalità di gestione degli impianti, che a sua volta condiziona l'uso della risorsa in termini di portate solide e liquide nel tratto derivato (capacità di invaso rispetto al deflusso naturale, rilascio del Deflusso Minimo Vitale o Deflusso Ecologico) e a valle della restituzione (con eventuale effetto di *hydropeaking*). Infatti, l'uso della risorsa influenza il regime idrico in alveo, il trasporto di sedimenti e la dinamica idromorfologica che a sua volta influenza gli habitat e le condizioni biologiche dei corsi d'acqua. A questi si aggiunge l'artificializzazione delle sponde e dell'alveo, e la possibilità di aumentare il rischio di fenomeni di dissesto idrogeologico. L'artificializzazione del regime idrologico provoca alterazioni degli ecosistemi acquatici in conseguenza delle mutate dinamiche di deflusso (variazione degli habitat idraulici e conseguentemente dei meso habitat) e quindi una modifica degli habitat idonei per le varie comunità vegetali e animali. La sottrazione di gran parte della portata naturale riduce anche la capacità di autodepurazione delle acque, poiché

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

indirettamente si viene a perdere l'azione fisica e biologica di filtraggio degradazione degli inquinanti propria dei corsi d'acqua, comportando con ciò il rischio di deterioramento della qualità chimica ed ecologica dei corpi idrici, e, conseguentemente, del mancato raggiungimento degli obiettivi previsti dalla DQA. Da ultimo vanno tenuti in conto gli impatti legati all'attività di cantiere (opere di cantierizzazione e viabilità).

- nuovi invasi: in termini di impatto ambientale dovranno essere considerati gli effetti significativi già menzionati nel punto precedente, che in caso di nuovi invasi risultano particolarmente accentuati in termini di modifica del regime idrologico, e quindi della dinamica e consistenza delle portate liquide e solide, richiedendo quindi una valutazione particolarmente attenta dei costi-benefici derivanti da opere di tale entità, oltre che del rispetto degli obiettivi individuati dalle Autorità di bacino distrettuale per i corpi idrici sottesi alle opere stesse.

In fase di attuazione del Piano, e quindi di individuazione delle soluzioni concrete, andrà valutata la disponibilità della risorsa idrica, e dovranno quindi essere presi in considerazione con particolare attenzione il quadro delle pressioni/impatti (prelievi d'acqua per i diversi usi, densità e caratteristiche degli impianti già in essere per il corpo idrico in esame, ecc.) ma anche delle previsioni di disponibilità della risorsa in funzione dei cambiamenti climatici, compresi aspetti strettamente legati all'andamento delle precipitazioni (carenza idrica, siccità, eventi estremi, ecc.). Il Rapporto Ambientale del PNACC dedica un'analisi specifica al tema della futura disponibilità della risorsa: ci si attende una complessiva riduzione del volume associato *all'internal flow* annuo (un indicatore che stima il volume annuale di deflusso superficiale e sotterraneo generato dalle precipitazioni meteoriche), da un minimo di riduzione dell'ordine del 10% nella proiezione a breve termine (al 2030), a un massimo dell'ordine 40% (con punte anche maggiori del 90% per alcune aree del sud Italia) nella proiezione a lungo termine (al 2100) (fonte: ISPRA - Piattaforma Nazionale sull'Adattamento ai Cambiamenti Climatici). Inoltre, le eventuali nuove infrastrutture dovranno essere sottoposte ad una puntuale valutazione ai sensi dell'art. 4 comma 7 della Direttiva 2000/60/CE, il quale prevede che gli obiettivi di qualità stabiliti dalla direttiva stessa possono essere derogati in caso di nuove modifiche idromorfologiche, ma esclusivamente sulla base della rispondenza a condizioni tassative e ben definite.

In ambito autorizzativo va sottolineato il ruolo di due Decreti della Direzione Generale competente del MASE, emanati entrambi nel 2017 (DD 29/STA e il DD 30/STA, ambedue del 13/2/2017) che regolano, rispettivamente, le valutazioni ex ante delle nuove derivazioni e i metodi di valutazione del Deflusso Minimo Vitale, inteso come deflusso ecologico ai sensi della Direttiva 2000/60/CE. L'applicazione di tali nuovi metodi per l'applicazione del DMV potrà comportare, in taluni casi, una riduzione della risorsa derivabile e quindi della producibilità idroelettrica, quale elemento aggiuntivo in fase di analisi di costi-benefici. Infine, riguardo alle concessioni per le grandi derivazioni va segnalato il decreto dei ministeri MIMS e MASE, di recente emanazione (DM 205/2022), il quale stabilisce i criteri per la redazione del progetto di gestione degli invasi, ed introduce un quadro ben definito e finalizzato al recupero della capacità di invaso originaria, nel massimo rispetto degli obiettivi di qualità stabiliti dalla Direttiva 2000/60/CE.

#### Fotovoltaico flottante

Il fotovoltaico flottante, o galleggiante, costituisce una soluzione piuttosto innovativa, almeno nella sua diffusione, che prevede l'istallazione di impianti fotovoltaici su piattaforme galleggianti. Questi impianti sono realizzati sia offshore sia su specchi d'acqua dolce.

Lo sviluppo tecnologico e l'ampliamento della capacità produttiva da fotovoltaico flottante sono considerati di interesse nel PNIEC, se pur in termini di prospettiva futura. Infatti, tra le misure previste per il raggiungimento degli obiettivi del Piano, una è orientata all'individuazione di "Criteri di inserimento e integrazione degli impianti fotovoltaici flottanti". L'orientamento dato dal Piano è inoltre quello di prevedere

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

lo sviluppo di questa soluzione, per quanto attiene le acque interne, su *“corpi idrici a minor valenza ambientale e a basso rischio idraulico e strutturale, quali bacini irrigui, cave allagate, bacini industriali.”*

Dal punto di vista ambientale sono numerosi gli aspetti di cui bisogna tenere conto, sia in termini di benefici (il mancato consumo di suolo, l'eventuale riduzione del consumo della risorsa idrica legato alla riduzione dell'evaporazione) che in termini di impatti (es. la riduzione degli scambi gassosi in superficie, la riduzione dell'irradiazione solare negli strati superficiali e profondi del bacino, l'interferenza con gli habitat ripariali ed acquatici, il disturbo dell'avifauna, la possibile modifica dei rimescolamenti verticali legati alla diversa azione del vento sulla superficie, il rischio di contaminazione con riferimento ad invasi ad uso potabile).

In generale, nel caso in cui si intenderà realizzare tali impianti su corpi idrici significativi ai sensi della DQA, andrà necessariamente verificato che questi non costituiscano pressioni significative tali da non permettere il raggiungimento degli obiettivi di qualità (o ne determinino il deterioramento). Costituendo applicazioni sperimentali sarà inoltre opportuno prevederne un monitoraggio ad hoc per ampliare le conoscenze scientifiche al riguardo.

#### Produzione di idrogeno

Il Piano dedica molto spazio alle potenzialità di sviluppo della produzione di idrogeno nei settori *hard-to-abate* e del trasporto. Riguardo alle previsioni di sviluppo il Piano tiene in considerazione quanto stabilito nella Direttiva RED III, nonché delle proposte di regolamento RefuelEU Aviation e FuelEU Maritime. Nello specifico viene previsto al 2030 un consumo di idrogeno rinnovabile pari a 0,25 Mton/anno, l'70% dei quali da produzione interna (il resto tramite importazione). Il principale metodo di produzione di idrogeno verde è basato sull'elettrolisi dell'acqua, che richiede l'approvvigionamento di risorsa idrica di qualità. Con la produzione di idrogeno esclusivamente tramite elettrolisi è possibile stimare un prelievo di circa 5,5 milioni di m<sup>3</sup>/anno per raggiungere il target di 0,175 Mton/anno di idrogeno<sup>63</sup>, che in termini di paragone costituirebbe una percentuale pari allo 0,06% rispetto ai volumi di acqua prelevati a livello nazionale per uso potabile (pari a 9,14 miliardi di m<sup>3</sup> /anno<sup>64</sup>). Questo dato di prelievo potenziale necessario alla produzione di idrogeno verde, oltre ad essere significativo in termini assoluti, può rappresentare una pressione significativa sui corpi idrici superficiali e sotterranei se tali prelievi avvengono senza tenere conto delle caratteristiche dei corpi idrici (disponibilità idrica, bilancio idrico, regime idrologico, tasso di ricarica della falda, presenza di pressioni concomitanti, ecc.). In ultima analisi lo sviluppo della produzione nazionale di idrogeno verde dovrà avvenire tenendo conto dell'analisi pressioni/impatti, degli obiettivi e delle prescrizioni contenute nei Piani di Gestione delle Acque delle Autorità di Bacino Distrettuale.

In linea generale, al fine di contenere i costi di trasporto e di gestione, gli impianti di produzione di idrogeno andrebbero installati vicino ad impianti di produzione e consumo di energia elettrica; per l'idrogeno verde, andrebbe prevista l'installazione in aree dove sia possibile accedere a fonti energetiche rinnovabili di diverso tipo (biogas, eolico, fotovoltaico ecc...) per l'alimentazione degli elettrolizzatori, permettendone l'attività per un maggior numero di ore annue possibili, diminuendo contestualmente l'incidenza del costo degli stessi sul prezzo finale dell'idrogeno prodotto.

#### Produzione di biogas - Altri effetti da produzione di biogas e geotermico sulle acque.

Tra le fonti di energia rinnovabile di interesse per il PNIEC rientra la produzione di biocarburanti - biometano in particolare - essenzialmente prodotti a partire da effluenti zootecnici, biomasse vegetali (di scarto o

<sup>63</sup> IRENA and Bluerisk (2023), Water for hydrogen production, International Renewable Energy Agency, Bluerisk, Abu Dhabi, United Arab Emirates - [https://mc-cd8320d4-36a1-40ac-83cc-3389-cdn-endpoint.azureedge.net/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Dec/IRENA\\_Bluerisk\\_Water\\_for\\_hydrogen\\_production\\_2023.pdf?rev=4b4a35632b6d48899eb02bc54fd1117f](https://mc-cd8320d4-36a1-40ac-83cc-3389-cdn-endpoint.azureedge.net/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Dec/IRENA_Bluerisk_Water_for_hydrogen_production_2023.pdf?rev=4b4a35632b6d48899eb02bc54fd1117f)

<sup>64</sup> Report ISTAT: <https://www.istat.it/it/files/2024/03/Report-GMA-Anno-2024.pdf>

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

dedicate), sottoprodotti di origine animale, fanghi di depurazione o frazione organica dei rifiuti solidi urbani. Il digestato, quale sottoprodotto della digestione anaerobica, può essere riutilizzato per la fertilizzazione in agricoltura, ma tale possibile riutilizzo, considerando il previsto trend di crescita della produzione di biometano, potrebbe costituire una pressione significativa sui corpi idrici superficiali e sotterranei (arricchimento dei nutrienti, eutrofizzazione) anche in considerazione del fatto che la fertilizzazione già oggi avviene, spesso, al limite dei massimali consentiti dalle norme (Direttiva 91/676/CEE), portando quindi ad un possibile effetto cumulativo ed ad una dinamica concorrente tra smaltimento del digestato legato alla produzione di biometano e smaltimento da altre fonti.

Pompe di calore geotermiche

Il Piano pone l'accento sullo sviluppo di pompe di calore come soluzione efficiente per il riscaldamento/raffrescamento degli edifici. Tra le soluzioni tecniche possibili, con riferimento ai possibili impatti sulla risorsa idrica, va posta l'attenzione alle pompe di calore geotermiche in ambito civile. Questa tecnologia utilizza il delta termico con il sottosuolo utilizzando come vettore la stessa acqua di falda (sistemi a ciclo aperto) o fluidi intermedi (sistemi a ciclo chiuso).

Ambedue i sistemi possono avere un impatto che andrà valutato soprattutto in termini cumulativi nelle aree in cui potrà avvenire una forte espansione di questa soluzione tecnologica. I principali effetti negativi attesi sono:

- sulle acque sotterranee, legati:
  - alla possibile perdita di inquinanti: i sistemi a ciclo chiuso utilizzano fluidi arricchiti da soluzioni antigelo, spesso particolarmente inquinanti, che possono fuoriuscire dagli impianti per malfunzionamenti o rotture (solo per i sistemi chiusi);
  - all'aumento localizzato delle temperature e conseguente alterazione delle caratteristiche chimico-fisiche delle acque;
  - alla possibile interazione idraulica tra falde superficiali e sotterranee, isolate in condizioni naturali, legata alle operazioni di perforazione ed alle caratteristiche tecniche dei pozzi;
- sulle acque superficiali: le acque prelevate dalle falde vengono rilasciate nelle acque superficiali, o nelle fognature, determinando alterazioni di tipo chimico-fisico e idrologico nelle acque superficiali e soprattutto un emungimento delle acque di falda particolarmente significativo ed impattante (solo per i sistemi aperti).

**6.6 Agricoltura**

Eventuali minacce per il settore Agricoltura, in relazione alla situazione attuale e alle proiezioni del PNIEC, sono da ricercarsi nell'ambito della "Dimensione della decarbonizzazione", in particolare per le misure e azioni relative a "Energia rinnovabile", e nell'ambito della "Dimensione della sicurezza energetica", in particolare per lo "Stato attuale di mix energetico, le risorse energetiche interne e la dipendenza dalle importazioni, compresi i rischi pertinenti". La spinta delle politiche intraprese negli ultimi anni dal nostro Paese nei confronti della produzione di energia elettrica da impianti fotovoltaici in primis, ma anche da impianti eolici, ha avuto come conseguenza la sottrazione di superficie agricola utilizzabile, con cambio di destinazione d'uso da agricoltura a produzione di energia. Visti gli obiettivi di produzione previsti per la fonte fotovoltaica dal PNIEC aggiornato, considerando anche il fabbisogno supplementare legato alla necessità di realizzare accumuli di energia elettrica, la superficie necessaria a tale produzione è decisamente importante (cfr capitolo 5 e 6 tema suolo del presente rapporto). Le esigenze di superficie della produzione di solare elettrico rischiano di andare in contrasto con le esigenze del settore Agricoltura, se tale superficie viene sottratta a quella destinata alla produzione agricola o zootecnica, e di avere impatti negativi sull'agrobiodiversità.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

A tal proposito si richiama l'art. 20 del Decreto legislativo n. 99/2021, recentemente modificato dal DL del 15 maggio 2024, n. 63, in relazione a limitazioni poste per l'installazione di impianti fotovoltaici con moduli collocati a terra in zone classificate agricole dai piani urbanistici vigenti.

Una soluzione interessante sembra essere quella dell'agrivoltaico, che permette di integrare, invece che sostituire, la generazione fotovoltaica all'interno di un'azienda agricola, posizionando i pannelli fotovoltaici non direttamente sul terreno, ma per esempio sui tetti delle pertinenze dell'azienda, o installando dei pannelli "mobili" a inseguimento solare ad altezze tali che consentono la coltivazione del terreno sottostante.

Al riguardo si richiamano le "Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici" documento, elaborato dal Gruppo di lavoro coordinato dal MITE a cui hanno partecipato: CREA - Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria, ENEA - Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile, GSE - Gestore dei servizi energetici S.p.A. ed RSE - Ricerca sul sistema energetico S.p.A., che descrive le caratteristiche minime e i requisiti che un impianto fotovoltaico dovrebbe possedere per essere definito agrivoltaico, sia per ciò che riguarda gli impianti più avanzati, che possono accedere agli incentivi PNRR, sia per ciò che concerne le altre tipologie di impianti agrivoltaici, che possono comunque garantire un'interazione più sostenibile fra produzione energetica e produzione agricola.

In tema di sinergia tra fotovoltaico e comparto agricolo la misura PNRR M2C1 2.2 "Parco Agrisolare" si pone come obiettivo di sostenere gli investimenti per la realizzazione di impianti di produzione di energia elettrica solare fotovoltaica nel settore agricolo e agroindustriale, escludendo il consumo di suolo.

Anche il ricorso ai sistemi agrivoltaici intende proprio integrare produzione agricola e generazione elettrica, senza impattare sul consumo di suolo.

Pertanto, è necessario dare continuità alle azioni previste dal PNRR a sostegno dell'agrivoltaico e creare i presupposti per la creazione di uno specifico mercato, attraverso un'accurata e attendibile valutazione del potenziale agrivoltaico del paese. Utile, a tal fine, è alimentare la ricerca su metodologie innovative, spazialmente esplicite (i.e. GIS-MCDA/AHP) per elaborare mappe del potenziale agrivoltaico su scala regionale e copertura nazionale. Metodologie di alta specializzazione che individuano l'idoneità delle aree sulla base di un insieme di criteri multidimensionali, orientati all'ottimizzazione della produzione del sistema agrivoltaico (minimizzazione dell'uso del suolo, resa energetica, produzione agricola).

Altri esempi di potenziali impatti negativi del PNIEC sul settore Agricoltura, sempre relativi alla produzione di energia da fonti rinnovabili, sono:

- Prelievo di risorse forestali per la produzione energetica dalle biomasse  
Si rimanda al paragrafo relativo agli impatti sul patrimonio forestale.
- Conversione di suoli agricoli da colture tradizionali ad agricoltura intensiva di colture destinate alla produzione di biogas e di biocarburanti:  
L'utilizzo della biomassa come fonte rinnovabile può essere realizzato nell'ambito di due sistemi: quello in cui si recupera materia prima vegetale residuale e quello in cui la materia prima vegetale deve essere prodotta con apposite coltivazioni energetiche. Mentre le biomasse residuali sono una risorsa preziosa su cui far affidamento per la produzione di energia e non producono impatti sul sistema agricolo, le colture dedicate potrebbero incidere sul consumo di suolo agricolo e sulla SAU. Occorre quindi valutare attentamente gli effettivi rischi di competizione tra le colture a destinazione alimentare, mangimistica e alla produzione di fibre tessili rispetto a quelle a destinazione energetica. Una corretta pianificazione per lo sviluppo delle filiere bioenergetiche dovrà assicurare la convivenza di queste con l'agricoltura tradizionale italiana, puntando in particolar modo su avvicendamenti colturali o sulla ripresa produttiva

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

di terreni a riposo o a rischio di marginalizzazione. Particolare attenzione va posta infine al rispetto delle tradizioni locali legate all'agricoltura e al paesaggio agricolo.

- Inquinamento dovuto all'uso del digestato che deriva dal trattamento anaerobico di scarti e residui organici:

La qualità della matrice organica di partenza del rifiuto influisce enormemente sulle caratteristiche del digestato. Il digestato che normalmente deriva da scarti agrozootecnici e da rifiuti organici da raccolta differenziata ha tendenzialmente livelli qualitativi che consentono l'uso diretto in agricoltura, mentre il digestato derivato dal trattamento dei rifiuti solidi urbani tal quali o da altri scarti come i fanghi di depurazione potrebbero non avere gli standard qualitativi necessari. La legge fissa dei limiti minimi in questo senso: ad esempio, il digestato deve contenere una quantità di sostanza organica maggiore del 20%, il fosforo totale deve essere più dello 0,4%, l'azoto totale più dell'1,5%. Relativamente alla presenza di inquinanti nel digestato proveniente da rifiuti solidi urbani tal quali o da altri scarti come i fanghi di depurazione, la Ue pone un'allerta su questo. I possibili inquinanti sono in genere i metalli pesanti, ma anche antibiotici usati in ambito zootecnico, tensioattivi, i PFAS, le microplastiche.

- Degrado e frammentazione degli habitat agricoli e conseguente distruzione di elementi di interesse ecologico e paesaggistico, tra cui siepi frangivento, arbusti, boschetti, residui di sistemazioni agricole, vecchi frutteti e vigneti, maceri e laghetti, siti idonei per il rifugio il nutrimento di uccelli e piccoli mammiferi:

La costruzione di infrastrutture per la produzione di energia rinnovabile, come parchi eolici o impianti fotovoltaici su terreni agricoli, può frammentare gli habitat naturali e agricoli. Questa frammentazione può interferire con i corridoi biologici utilizzati dalla fauna selvatica, può anche aumentare l'isolamento delle popolazioni animali, riducendo la diversità genetica e aumentando il rischio di estinzione locale per alcune specie, e avere conseguenze negative sulla diversità biologica e sulla stabilità degli ecosistemi agricoli, compromettendo la resilienza agli stress ambientali e agli eventi estremi.

- Rischi idrici:

Alcune tecnologie per la produzione di energia rinnovabile, come gli impianti idroelettrici, possono influenzare il regime idrico dei fiumi e dei bacini idrografici. Questo potrebbe avere conseguenze negative sulla disponibilità di acqua per l'irrigazione agricola.

## 6.7 Rifiuti

Il PNIEC rappresenta una importante occasione per applicare i principi cardine dell'economia circolare promossa dalla SEC (Strategia nazionale per l'economia circolare, approvata con Decreto ministeriale n. 259 del 24 giugno 2022); un documento programmatico volto all'individuazione delle azioni, obiettivi e misure che si intendono perseguire nella definizione delle politiche istituzionali volte ad assicurare un'effettiva transizione verso un'economia di tipo circolare. Il PNIEC, nel rispetto della SEC, deve assicurare la scelta di una progettazione ecocompatibile che comporti l'integrazione di valutazioni ambientali all'interno del processo di sviluppo dei prodotti, con l'obiettivo di concepire manufatti con il minimo impatto ambientale durante l'intero arco del loro ciclo di vita. Inoltre, deve garantire il rispetto delle norme di ecodesign in modo da raggiungere l'obiettivo di riduzione del consumo energetico e di mitigazione dell'impatto ambientale negativo sin dalla fase di progettazione. Infine, dovrà essere promossa la produzione di prodotti riutilizzabili, riparabili, scomponibili, aggiornabili, riciclabili e recuperabili. Le materie prime ed in particolare le materie prime critiche, che sono elementi chiave per la produzione di tecnologie rinnovabili, dovranno essere utilizzate in modo efficiente e potranno essere ricavate da materie prime secondarie o da "end of waste".

L'analisi degli effetti derivanti dall'attuazione del Piano per la componente rifiuti riguarda in particolare seguenti aspetti:

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

- l'immissione sul mercato di veicoli caratterizzati da consumi energetici ridotti e da emissioni di CO<sub>2</sub> molto basse o pari a zero consentendo l'efficientamento dei trasporti;
- la produzione di rifiuti derivanti dalla dismissione di veicoli pubblici e privati alimentati a combustibili tradizionali in favore dei veicoli a ridotte emissioni;
- la produzione di rifiuti conseguente alla realizzazione di impianti di produzione energetica da fonti rinnovabili quali impianti fotovoltaici;
- la produzione di materiali/rifiuti da costruzione e demolizione e di terre e rocce da scavo allo stato naturale per la realizzazione e/o revamping di opere infrastrutturali.
- la produzione di materiali da costruzione e demolizione finalizzati all'efficientamento energetico dell'edilizia pubblica e privata.
- Produzione di rifiuti di pile e accumulatori

Pannelli fotovoltaici

Per il raggiungimento degli obiettivi relativi all'energia da fonti rinnovabili, il Piano prevede non solo la necessità di stimolare nuova produzione, ma anche di preservare quella esistente e anzi, laddove possibile, incrementarla promuovendo il revamping e repowering di impianti esistenti.

In relazione alla produzione di nuovi pannelli fotovoltaici, l'approvvigionamento degli stessi dovrà tenere in considerazione i requisiti di durabilità e recuperabilità e dovranno essere generati con la minore impronta di carbonio possibile.

In linea generale, tutti i rifiuti/materiali che deriveranno dalle attività di *revamping/repowering* di impianti dovranno essere gestiti in base a quanto disposto dalla parte IV d.lgs. 152/06, qualora ricadano nell'ambito di applicazione della normativa di settore; in particolare, si dovrà osservare l'ordine di priorità individuato dalla gerarchia dei rifiuti assicurandone l'attuazione pratica.

In considerazione del notevole contributo alla promozione delle FER da parte del settore fotovoltaico, le attività *revamping/repowering* comporteranno un'elevata produzione di materiali e rifiuti derivanti dagli impianti fotovoltaici. Per tale flusso dei rifiuti, qualora ricorrano i requisiti previsti dall'ambito di applicazione, dovrà essere osservato quanto disposto dal d.lgs. 49/2014 (recepimento della Direttiva 2012/19/UE modificata ed integrata dalla Direttiva 2018/849/UE) sia in merito alla gestione dei rifiuti derivanti dagli impianti fotovoltaici sia riguardo il conseguimento degli obiettivi minimi di recupero individuati dallo stesso decreto. Per i rifiuti derivanti dai pannelli fotovoltaici, oggetto del d.lgs. 49/2014, che rientrano nella categoria n. 4 dei RAEE (allegato II), gli obiettivi fissati all'agosto 2015 sono i seguenti (all. V):

- 75% di recupero
- 65% di riciclaggi

Pile ed accumulatori

La dismissione dei veicoli di trasporto pubblico e privato alimentati da combustibili tradizionali e le attività di *revamping/repowering* degli impianti fotovoltaici pubblici e privati dotati di sistemi di accumulo determineranno anche la produzione dei rifiuti da batterie.

La crescente domanda di batterie nei prossimi anni, in particolare per i veicoli elettrici per il trasporto su strada e i mezzi di trasporto leggeri con trazione a batteria, renderà il mercato delle batterie sempre più strategico a livello mondiale.

Si punterà dunque allo sviluppo di batterie con un elevato livello di sostenibilità, con una bassa impronta di carbonio e un approccio ottimizzato all'economia circolare in tutte le fasi della catena del valore. Le attività di

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

ricerca saranno focalizzate, quindi, oltre che sull'avanzamento tecnologico delle batterie, sulle capacità di approvvigionamento, estrazione e lavorazione delle materie prime (primarie e secondarie).

L'attuazione del PNIEC, oltre all'attività di ricerca e sviluppo di batterie di nuova generazione, focalizza l'attenzione sul riuso, il riciclo e il recupero delle batterie esauste per rimettere in circolo materie prime fondamentali, così come previsto dal nuovo Regolamento (UE) 2023/1542 del parlamento europeo e del consiglio del 12 luglio 2023 relativo alle batterie e ai rifiuti di batterie, che modifica la direttiva 2008/98/CE e il regolamento (UE) 2019/1020 e abroga la direttiva 2006/66/C.

Rifiuti da costruzione e demolizione e terre e rocce da scavo

La progressiva decarbonizzazione comporterà la realizzazione di nuovi impianti di produzione energia elettrica da fonti rinnovabili e attività di revamping di quelli esistenti e l'efficientamento energetico dell'edilizia pubblica e privata con inevitabile produzione di rifiuti derivanti dalle attività di demolizione e costruzione e di terre e rocce da scavo.

In merito alle attività di scavo conseguenti alla realizzazione di opere infrastrutturali funzionali al raggiungimento degli obiettivi individuati dal Piano, o nuovi impianti energetici, si dovrà tenere conto di quanto previsto dalla normativa di settore sia per quanto concerne la gestione dei materiali da costruzione e demolizione sia in materia di gestione delle terre e rocce da scavo allo stato naturale. In particolare, tali flussi di materiali/rifiuti dovranno essere gestiti in conformità alla parte IV del d.lgs. 152/06 (Testo unico ambientale) e al D.P.R. 120/2017 (Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164).

A tal fine, in conformità alle Direttive Europee 2008/98 e 2018/251, dovranno essere attuate misure intese a promuovere la demolizione selettiva onde consentire la rimozione ed il trattamento sicuro di eventuali sostanze pericolose e facilitare il riutilizzo ed il riciclaggio di alta qualità tramite la rimozione selettiva dei materiali, nonché garantire l'istituzione dei sistemi di cernita dei rifiuti da costruzione e demolizione almeno per legno, carta, frazioni minerali, metalli, vetro, plastica e gesso. Inoltre, la stessa Direttiva stabilisce che entro il 2020 la preparazione per riutilizzo, il riciclaggio e altri tipi di recupero di materiale, di rifiuti da costruzione e demolizione non pericolosi, escluso il materiale allo stato naturale definito dalla voce EER 170504 dell'elenco dei rifiuti, sia aumentata almeno al 70% in peso.

Tale obiettivo, secondo i dati ISPRA disponibili, in Italia è già stato raggiunto; tuttavia, al fine del mantenimento degli obiettivi raggiunti dovrà essere garantita la corretta gestione di tali materiali al fine di limitare e prevenire la produzione di rifiuti.

Veicoli fuori uso

La dismissione dei veicoli pubblici e privati alimentati a combustibili tradizionali per privilegiare l'immissione sul mercato di veicoli elettrici, a ridotto consumo energetico e limitate emissioni di CO<sub>2</sub> comporterà la produzione di veicoli fuori uso e di tutti i rifiuti prodotti dallo smantellamento degli stessi, come filtri dell'olio, metalli ferrosi e non ferrosi, liquidi di diverso tipo, componenti contenenti mercurio, PCB, air bag, batterie e accumulatori. Analogamente il parco veicolare elettrico, attualmente presente ed in continuo aumento, produrrà ulteriori rifiuti, come ad esempio le batterie al nichel-cadmio e al piombo. Relativamente a queste ultime, gli obiettivi di raccolta individuati dalla normativa di riferimento (D.lgs. 20 novembre 2008, n. 188 - Attuazione della direttiva 2006/66/Ce) al 2021 non sono stati raggiunti. Tali target stabilivano che, entro la data del 26 settembre 2012, doveva essere conseguito, anche su base regionale, un tasso di raccolta minimo di pile ed accumulatori portatili pari al 25% del quantitativo immesso sul mercato; e, entro il 26 settembre 2016, il 45% del quantitativo immesso sul mercato.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

## 6.8 Patrimonio culturale

In riferimento a quanto dichiarato dalla Convenzione Europea del Paesaggio che lo definisce come il risultato dell'evoluzione degli eventi naturali e antropici, le interrelazioni tra il patrimonio culturale e il paesaggio e le tematiche trattate negli altri paragrafi del presente capitolo sono numerose e devono essere considerate ai fini della incidenza sul patrimonio culturale.

La diffusione degli impianti per produrre energia da fonti rinnovabili incide sui territori, trasformando i paesaggi. Per ridurre gli effetti potenzialmente negativi sui beni, è necessario coniugare gli obiettivi della transizione energetica con i dettami della pianificazione paesaggistica e la qualità della progettazione, quale sfida cruciale del prossimo futuro.

Il PNIEC è finalizzato alla identificazione delle politiche e misure nazionali per ottemperare agli obiettivi vincolanti europei al 2030 in tema di energia e di clima. In termini generali e complessivi l'attuazione delle misure del PNIEC comporterà nel medio-lungo termine impatti positivi correlati al contrasto e alla mitigazione dei cambiamenti climatici fornendo il contributo al contenimento degli impatti e delle vulnerabilità ai CC (adattamento) dei beni culturali e paesaggistici esposti.

Nel "Rapporto sullo stato delle politiche per il paesaggio" il MIC (già MiBACT) dedica due approfondimenti ai "Grandi impianti di energia rinnovabile e trasformazione del paesaggio: impianti fotovoltaici a terra" e al "Paesaggio ed energie rinnovabili".

Si riportano alcuni stralci del secondo approfondimento dove vengono citati i documenti di indirizzo e i lavori del Ministero da tenere in considerazione per l'attuazione delle misure del PNIEC.

Ben prima dell'approvazione delle Linee Guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili (decreto interministeriale 10 settembre 2010), il MiBACT aveva ritenuto urgente individuare degli strumenti di valutazione oggettiva dell'avvenuto corretto inserimento paesaggistico degli impianti eolici, che ricordiamo all'inizio degli anni 2000 stava cominciando ad assumere la connotazione di una vera e propria emergenza paesaggistica nazionale, stante la loro diffusione priva di qualsiasi regola.

L'ex Direzione generale per i beni architettonici e paesaggistici dell'allora Ministero per i beni e le attività culturali, per facilitare l'applicazione dell'Allegato Tecnico al DPCM 12 dicembre 2005 di approvazione dei criteri di redazione e i contenuti della Relazione paesaggistica prevista quale documento obbligatoriamente da allegarsi ai progetti presentati per l'ottenimento dell'autorizzazione paesaggistica, aveva pubblicato nel 2006 *le Linee Guida per l'inserimento paesaggistico degli interventi di trasformazione territoriale. Gli impianti eolici: suggerimenti per la progettazione e la valutazione*, di cui di seguito si riportano alcune considerazioni:

".....Molti dei temi qui esposti sinteticamente per la compatibilità tra paesaggio ed energie rinnovabili sono state oggetto di discussione nell'ambito dei lavori svolti presso il Ministero dello sviluppo economico per l'Osservatorio di cui all'art. 5, comma 5, del DM 15/03/2012 (cd. Osservatorio per il Burden Sharing), che vede partecipi sia rappresentanti statali dei vari Dicasteri interessati, ma soprattutto delle Regioni, diventando di fatto un proficuo luogo di scambio di esperienze, ma soprattutto di pratiche determinazioni per il raggiungimento degli obiettivi di riduzione dei gas climalteranti. Il MiBACT, con la Direzione generale Archeologia, belle arti e paesaggio, è membro dell'Osservatorio al fine di monitorare il raggiungimento degli obiettivi 20/20/20 (ma ormai anche di quelli previsti a più lungo termine per il 2030 ed il 2050 attraverso la nuova Strategia Energetica Nazionale) per la produzione di energia elettrica da FER da parte delle Regioni, ove opera naturalmente in coerenza con le competenze ad esso riservate della tutela del patrimonio culturale e del paesaggio. Nell'ambito di tale Osservatorio di settore si sono approfondite anche le tematiche relative all'individuazione di criteri per la valutazione ambientale e paesaggistica per la fornitura elettrica da fonti rinnovabili nelle aree delle cosiddette "Isole minori" e non già collegate al sistema nazionale di trasporto

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

dell'energia elettrico. L'esigenza di disporre di impianti da fonte rinnovabile in tali particolarissimi ambiti territoriali, di grande pregio paesaggistico, è stata oggetto di recente di una specifica disposizione normativa per l'incentivazione della loro installazione con il decreto ministeriale del 14 febbraio 2017 del Ministero dello sviluppo economico....”

“...un altro ambito operativo, potenzialmente positivo, di integrazione delle energie rinnovabili, connesse con il risparmio energetico degli edifici, è stato evidenziato con il documento redatto dal MiBACT per le *“Linee di indirizzo per il miglioramento dell'efficienza energetica del patrimonio culturale - Architettura, centri e nuclei storici ed urbani”* (redatto dal Gruppo di lavoro incaricato con decreto del Direttore generale per il paesaggio, le belle arti, l'architettura e l'arte contemporanee del MiBACT del 20 agosto 2013 e presentato il 28 ottobre 2015), il quale costituisce anche utile riferimento per la tutela paesaggistica degli ambiti vincolati, pur nel rispetto delle esigenze altrettanto primarie della tutela ambientale....”.

La valutazione della vulnerabilità e dei rischi cui il patrimonio culturale è soggetto, lo studio dei diversi materiali che costituiscono i beni diffusi sul territorio e le forme di degrado che li interessano – in relazione alle particolarità ambientali, alle caratteristiche del paesaggio, all'impatto antropico – costituiscono il tema prioritario nella messa a punto di strategie di protezione, controllo e prevenzione del danno per la conservazione del patrimonio culturale stesso. Per una valutazione completa del rischio è necessario introdurre il concetto di valutazione della vulnerabilità dei beni esposti; l'analisi della vulnerabilità rappresenta un compito fondamentale e non semplice per perseguire la resilienza ai disastri. La vulnerabilità può essere caratterizzata da parametri che contemplano diversi aspetti (ad esempio fisica, sociale, economica, ambientale e istituzionale) ed è fortemente dipendente dalla scala (ad esempio un sistema considerato invulnerabile, ad esempio una città, può includere sottosistemi vulnerabili, come edifici specifici) e dalla sua evoluzione (la vulnerabilità varia nelle stagioni e con il tempo, nonché in funzione della cronologia degli eventi). La vulnerabilità, in termini pratici, può essere interpretata come la combinazione di tre fattori principali di un sistema: suscettibilità, esposizione e resilienza che devono essere caratterizzati per poterne fornire una valutazione.

I potenziali effetti del PNIEC sul Patrimonio culturale sono da considerarsi diretti, indiretti e cumulativi e riconducibili essenzialmente: alla frammentazione di habitat, ambienti e reti ecologiche, per la creazione di nuove infrastrutture di produzione e di trasporto energetico, ed al nuovo consumo di suolo in aree naturali e rurali, con effetti diretti quali la frammentazione del paesaggio e alterazione/compromissione delle principali visuali e degli elementi qualificanti e connotativi, anche in senso storico e legati ad usi tradizionali.

Per quanto riguarda il paesaggio, la sua vulnerabilità legata all'evoluzione di fattori culturali e socioeconomici è aggravata dalla presenza di rischi naturali, connessi alla realtà fisica del suo ambiente, fra i quali assumono un ruolo rilevante sia le caratteristiche geomorfologiche sia i fattori climatici del contesto territoriale. A titolo di esempio si può citare la dinamica di rapida crescita dell'urbanizzazione, in particolare nelle zone pianeggianti e costiere che sta rendendo particolarmente critica la situazione di detti territori e dei paesaggi che li caratterizzano, mentre per ciò che riguarda le aree montane, oggi sempre più esposte al rischio di progressivo spopolamento, il fattore che minaccia la conservazione dei paesaggi culturali è rappresentato dall'abbandono del pascolo e dell'agricoltura tradizionale.

Con riferimento alla componente Paesaggio si devono tenere in considerazione i caratteri naturalistici e antropici che hanno nel lungo periodo determinato la conformazione tradizionale del territorio. Le tracce dell'uso di un territorio sono variegata e cospicue, dai tracciati della viabilità storica agli agglomerati urbani o di montagna, alle cascate isolate, ai ponti stradali e reti ferroviarie, ai manufatti diffusi e tutelati come lavatoi, fontane e cappelle votive. Nel valutare le trasformazioni si dovrà tener conto anche degli effetti cumulativi a lungo termine degli elementi nuovi e degli impianti.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Le valutazioni delle localizzazioni, in fase attuativa, dovranno, pertanto, tener conto delle aree particolarmente sensibili e vulnerabili, privilegiando contesti non di pregio, perseguendo in generale una riqualificazione del paesaggio.

A tal riguardo dovranno essere tenuti in adeguata considerazione anche i caratteri strutturanti del paesaggio nella maggior parte dei casi declinati a livello regionale nei piani paesaggistici, tramite le invarianti strutturali.

Inoltre, con riferimento agli effetti cumulativi si renderebbe necessaria una valutazione di carattere generale, che supera gli stessi confini amministrativi regionali.

Si rileva, inoltre, l'opportunità di inserire fra i possibili effetti che dovranno essere oggetto di valutazione, sia in relazione alla singola azione che agli effetti cumulativi, quelli sul "paesaggio archeologico", ancorché non oggetto di specifiche tutele, inteso come stratificazione dei paesaggi del passato nei diversi ambiti o comprensori geografici e conservazione delle tracce residue, a partire dai relitti delle partizioni agrarie di epoca romana.

In tale contesto è necessario tenere adeguatamente in considerazione, nella definizione ed attuazione del Piano Nazionale in oggetto, quanto già richiamato nei capitoli precedenti (*Cap.4. Contesto ambientale*) e cioè la cospicua presenza sul territorio italiano di beni culturali e paesaggistici ed il relativo regime di tutela, le componenti paesaggistiche individuate nei Piani Paesaggistici Regionali, in particolare le componenti morfologico-insediative (centri storici), le possibili interferenze tra impianti di nuova realizzazione e patrimonio archeologico conservato nel sottosuolo con relativa necessità di studi e verifiche archeologiche preventive, le modifiche del quadro visuale preesistente legate alla posa in opera delle nuove infrastrutture, il consumo di suolo e la relativa artificializzazione. Inoltre, risulta fondamentale tenere conto della valutazione dei possibili effetti cumulativi in considerazione della già rilevante presenza sul territorio nazionale di impianti di energia rinnovabile e di infrastrutture energetiche di varia tipologia, oltre che delle norme prescrittive dei singoli piani paesaggistici regionali, anche delle norme di tutela di cui al Codice, D.L.gs. n. 42/2004 e ss.mm.ii., richiamate nei capitoli precedenti.

#### Beni culturali e paesaggistici interazione terra-mare e patrimonio subacqueo

Ai fini della valutazione dei possibili impatti sul patrimonio culturale subacqueo e della salvaguardia sia dei giacimenti archeologici sommersi sia dei beni culturali e paesaggistici negli spazi di interazione terra-mare, per localizzare i contesti subacquei di interesse archeologico, nelle fasi attuative del PNIEC si dovrà tener conto di quanto contenuto nella banca dati costituita dalla Carta del rischio dei beni culturali (<http://www.cartadelrischio.beniculturali.it>) e di tutti i dati di archivio forniti dagli Uffici territoriali del MiC e dalle ordinanze delle Capitanerie di Porto.

#### Consumo di suolo

Una particolare attenzione va dedicata al consumo di suolo, avendo cura di distinguere l'occupazione dovuta a impianti eolici, fotovoltaici e agrivoltaici e solari con l'impermeabilizzazione definitiva e irreversibile del terreno causata dall'urbanizzazione e da infrastrutture "grigie".

Gli impianti che possono essere realizzati in attuazione del PNIEC: solare fotovoltaico a terra, solare a concentrazione, agrivoltaico, eolico, idroelettrico e mini-idroelettrico, geotermico, impianti termoelettrici, bioraffinerie, impianti per la produzione di biogas e biometano, possono determinare una variazione di uso del suolo sulle aree circostanti e sugli usi potenziali; impermeabilizzazione e consumo di funzioni del suolo

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

permanenti (per l'eolico dovuti alla fondazione delle torri, per l'idroelettrico e mini-idroelettrico e per l'agrivoltaico dovuti alle opere e infrastrutture di collegamento); impermeabilizzazione e consumo di funzioni del suolo reversibili per le fasi di cantiere, modificazione delle strutture lineari storiche del paesaggio e dei modelli di paesaggio agricolo.

Per limitare il consumo di suolo, ad esempio, tenendo conto che da stime fatte (fonte ASVIS Policy brief, 2023) per sostituire tutti gli impianti fossili con pannelli fotovoltaici servirebbe solo lo 0,7% del territorio nazionale (200 mila ettari), un decimo della superficie oggi edificata in Italia e tenendo conto che sono disponibili ampi spazi sugli edifici pubblici, capannoni industriali e commerciali, parcheggi, autostrade e tetti delle abitazioni private per le quali non si pone alcun conflitto estetico si potrebbe pensare di utilizzare tali superfici a disposizione.

Si evidenzia che, a seconda dei contesti, per gli edifici pubblici e le abitazioni private che fanno parte del patrimonio culturale e presentano al contempo caratteristiche di pregio, compresi taluni centri e nuclei storici, l'inserimento dei pannelli fotovoltaici potrebbe comportare elevati fattori di criticità, pertanto, tali aree potrebbero risultare non idonee.

Anche l'eolico offshore e il fotovoltaico flottante, pur non esenti da possibili effetti che andrebbero accuratamente valutati, potrebbero costituire ulteriori soluzioni al problema unitamente al tema dell'agrivoltaico, per risolvere i conflitti sull'uso del suolo e promuovere nuovi paradigmi agricoli e colturali per i Paesi poveri di suolo.

In tale contesto "Elettricità futura" stima che ben il 27% del territorio nazionale è privo di conflitti paesaggistici o con altri usi, uno spazio 40 volte più ampio di quello che sarebbe necessario, ma evidenzia che però al momento è ancora mancante l'individuazione delle aree idonee per le installazioni delle rinnovabili e per l'agrivoltaico da parte delle Regioni, in attuazione della Direttiva comunitaria RED.

A livello generale, come già detto, si raccomanda di evitare ulteriore consumo di suolo, in particolare agricolo, privilegiando la realizzazione di impianti su superfici esistenti.

#### Frammentazione del territorio e del paesaggio

Tra gli elementi che influenzano la qualità del paesaggio i processi di frammentazione del territorio costituiscono uno dei principali fattori di pressione responsabili di effetti di riduzione della continuità di ecosistemi, habitat e unità di paesaggio.

L'espansione urbana dovuta allo sviluppo delle aree edificate e della rete infrastrutturale, compresa quella con finalità di produzione, trasporto e distribuzione dell'energia, portano alla trasformazione di aree naturali o agricole di grandi dimensioni in parti di territorio di minor estensione e più isolate. Gli effetti sulla connettività ecologica dovuti all'incremento della frammentazione comporta una riduzione della qualità e valore dei paesaggi, una riduzione della resilienza e capacità degli habitat di fornire servizi ecosistemici e contribuisce a incrementare l'isolamento e la vulnerabilità delle specie faunistiche.

Il contenimento della frammentazione del territorio e del paesaggio rappresenta pertanto uno degli elementi chiave per proteggere, conservare e migliorare il capitale naturale (7° PAA dell'Unione Europea).

A livello nazionale il grado di frammentazione è monitorato attraverso l'indice "effective mesh-density (Seff<sup>65</sup>) "che misura l'ostacolo al movimento dovuto alla presenza sul territorio di barriere cosiddette "elementi

---

<sup>65</sup> L'indice rappresenta la densità delle patch territoriali (n° di meshes per 1.000 km<sup>2</sup>) calcolate secondo la metodologia dell'*effective mesh-size-meff* (Jaeger, 2000) opportunamente modificata secondo la "*cross-boundary connections (CBC) procedure*" (Moser, et al., 2007) che garantisce la continuità di territorio oltre i limiti della *reporting unit* (cella di 1 km<sup>2</sup>)

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

frammentanti". Esso è calcolato su tutto il territorio nazionale rispetto ad una griglia regolare di 1 km<sup>2</sup> (reporting unit) considerando come elementi frammentanti la copertura artificiale del suolo ottenuta a partire dalla carta nazionale ISPRA-SNPA del consumo di suolo.

Nel 2022 quasi un quarto (23,27%) del territorio nazionale risulta a frammentazione elevata, con un aumento dello 0,36% rispetto al 2012 e dell'2,23% rispetto al 2006, mentre quasi un quinto (17,48%) ricade in zone a frammentazione molto elevata, con un aumento dell'2,45% rispetto al 2012 e del 7,2% rispetto al 2006.

Poco più di un quarto del territorio nazionale (27,69%) risulta classificato a media frammentazione, con una riduzione dello 0,51% rispetto al 2012 e dell'1,72% nel 2006. I cambiamenti più rilevanti hanno riguardato soprattutto i territori a frammentazione bassa, con una riduzione di quasi 2 punti percentuali (-1,79%) tra il 2012 e il 2022 e di oltre 2 punti percentuali rispetto al 2006 (-2,17%); la variazione degli ambiti a frammentazione molto bassa risulta contenuta nel periodo 2012-2022 (-0,21%), mentre arriva a 5,6% se si estende l'intervallo di tempo fino al 2006. (Munafò, M. (a cura di), 2023. Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici)

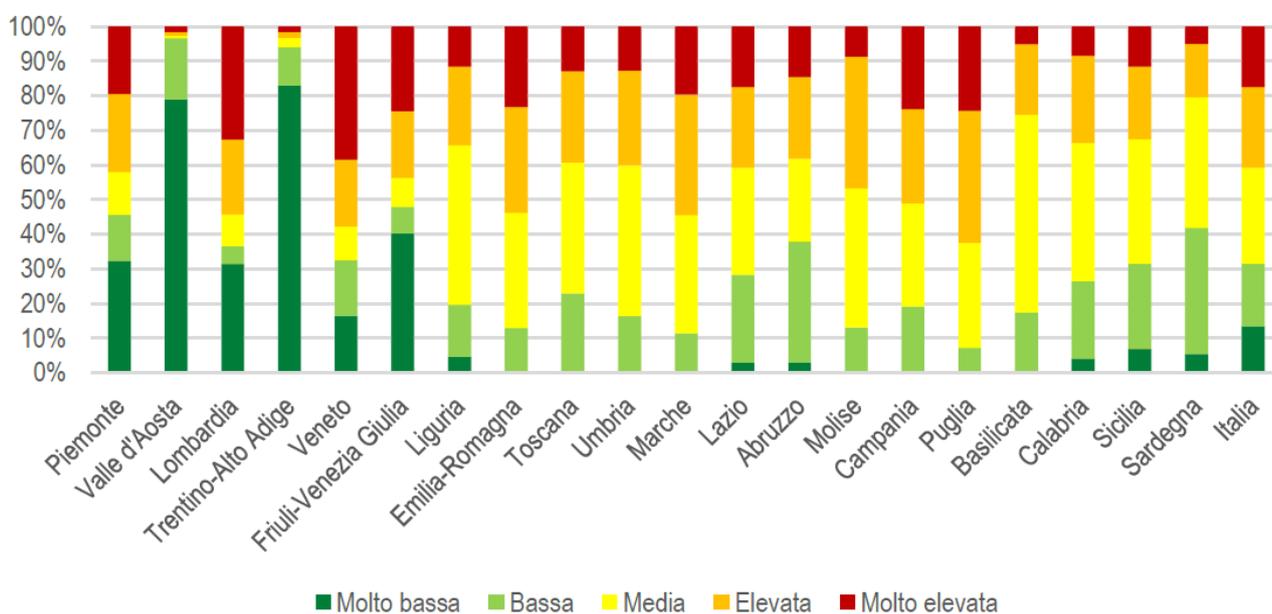


Figura 6-14: Territorio (%) coperto da ciascuna classe di frammentazione 2022. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA. Fonte: Munafò, M. (a cura di), 2023. Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici

#### Indicatori per la valutazione del Paesaggio

Il paesaggio è una componente non direttamente misurabile da un singolo indicatore. Per comprendere a fondo la sua struttura e il suo processo di formazione è necessario fare riferimento ai vari indicatori, raggruppati secondo temi/categorie specifiche.

Nell'Articolo 6 della Convenzione Europea del Paesaggio pertinente la valorizzazione del paesaggio nei termini in cui è socialmente percepito, è presente una prima definizione di indicatori di paesaggio composta da cinque temi principali.

Un set di indicatori con riferimento a quanto disponibile (Fonte Sinanet e Sitap) è riportato di seguito:

- Frammentazione del paesaggio
- Artificializzazione del paesaggio
- Urbanizzazione del paesaggio

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

- Presenza di beni ed aree vincolate e/o tutelate
- Uso del suolo
- Consumo di suolo

Nelle fasi attuative, indicatori con la finalità di seguire nel tempo gli effetti sul patrimonio culturale derivanti dalla realizzazione degli interventi e delle opere previste dal piano, anche in relazione ad eventuali interventi di mitigazione/compensazione, sono :

- per i beni archeologici, stato di conservazione del patrimonio culturale, numero di siti/evidenze relativi a beni archeologici noti a seguito di procedure di archeologia preventiva connesse alle fasi attuative del Piano;
- numero di interventi di valorizzazione del patrimonio culturale connessi alle fasi attuative del Piano;
- monitoraggio dello stato di conservazione dei beni architettonici e numero di interventi di restauro del patrimonio culturale effettuati nelle fasi attuative del Piano e che con esso possono essere messi in relazione;
- monitoraggio degli interventi di rinaturalizzazione per il recupero di zone degradate effettuati nelle fasi attuative del Piano e che con esso possono essere messi in relazione;
- monitoraggio della produttività agricola degli agrivoltaici e degli effetti indotti sull'agricoltura nelle aree circostanti, ovvero sulla conservazione/trasformazione del paesaggio circostante;
- monitoraggio degli effetti della coltivazione, negli agrivoltaici, di specie vegetali adatte per gli insetti impollinatori, sulla rigenerazione di habitat naturali minacciati dalle attività umane e quindi sulla conservazione/trasformazione del paesaggio circostante.

Ulteriori indicatori utili, molto spesso desunti dagli strumenti di pianificazione paesaggistica regionale sono quelli relativi alla valutazione degli effetti di tipo percettivo e visuale, considerando che i belvedere/punti panoramici e i percorsi della viabilità storica sono elementi del paesaggio particolarmente sensibili e suscettibili di trasformazione e/o di perdita di valore irreversibile.

#### Fonti informative

Si riporta di seguito una lista non esaustiva di strumenti a supporto dell'analisi e della caratterizzazione del patrimonio culturale:

- WebGis RAPTOR – geodatabase che censisce i siti archeologici nazionali [www.raptor.beniculturali.it](http://www.raptor.beniculturali.it);
- Siti dei Piani Paesaggistici Regionali e Piani Territoriali Regionali con valenza paesaggistica;
- Sistema Informativo Territoriale Ambientale e Paesaggistico – SITAP: <http://sitap.beniculturali.it/>;
- CARTA DEL RISCHIO del patrimonio culturale, afferente all'Istituto Superiore per la Conservazione e il Restauro – ISCR, consultabile all'indirizzo: <http://www.cartadelrischio.beniculturali.it/>
- Carta del Rischio – ICR: <http://vincolinrete.beniculturali.it/vir/vir/vir.html>;
- Annuario dei Dati Ambientali di ISPRA: <https://annuario.isprambiente.it/>;
- Sinanet ISPRA
- SICaR – Sistema Informativo per la documentazione e la progettazione dei Cantieri di Restauro <http://www.sicar.beniculturali.it>;
- Siti Italiani UNESCO e relativi Piani di Gestione; - Patrimonio Mondiale UNESCO - consultabile all'indirizzo: <http://www.unesco.it/>
- Piano Strategico Nazionale della Rete Rurale Nazionale, [https://www.reterurale.it/PAC\\_2023\\_27/PianoStrategicoNazionale](https://www.reterurale.it/PAC_2023_27/PianoStrategicoNazionale);
- Registro Nazionale dei Paesaggi Rurali Storici, <https://www.reterurale.it/registropaesaggi>.
- GNA - Geoportale nazionale per l'Archeologia <https://gna.cultura.gov.it/index.html>

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

- VINCOLI IN RETE - <http://vincoliinrete.beniculturali.it/VincoliInRete/vir/utente/login> (in cui sono riferiti anche alcuni dati relativi al patrimonio naturale subacqueo)
- SIGEC – Sistema Generale del Catalogo - <http://www.iccd.beniculturali.it/index.php?it/118/sistema-informativo-generale-del-catalogo-sigec>
- OPEN DATA MiC – piattaforma interoperabile user-friendly <http://dati.beniculturali.it/>
- Alcune piattaforme informative delle Regioni dedicate ai beni oggetto di tutela:
  - o *Provincia autonoma di Trento alla pagina WGT (WebGIS Trasversale) ai Beni architettonici, ai Vincoli diretti e ai Vincoli indiretti, link*  
[https://webgis.provincia.tn.it/wgt/lang=it&topic=9&bgLayer=orto2015&layers=vinc\\_dir\\_bea,vinc\\_ind\\_zr\\_a,bea&catalogNodes=62&layers\\_opacity=0.7,1,1](https://webgis.provincia.tn.it/wgt/lang=it&topic=9&bgLayer=orto2015&layers=vinc_dir_bea,vinc_ind_zr_a,bea&catalogNodes=62&layers_opacity=0.7,1,1)  
*mentre per i beni archeologici: Ufficio beni archeologici della Unità di missione strategica soprintendenza per i beni e le attività culturali*
  - o *Regione Calabria* <http://pr5sit.regione.calabria.it/navigatore-sirv/index.html>
  - o *Regione Toscana* <https://www.govter.toscana.it/geoportale/#/>
  - o <http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/beniculturaliedelpaesaggio.html>
  - o *Regione Emilia-Romagna* <http://www.patrimonioculturale-er.it>
  - o *Regione Marche* <https://giscartografia.regione.marche.it/BeniPaesaggistici/>
  - o *Regione Umbria* <https://siat.regione.umbria.it/benipaesaggistici/>
  - o <http://www.umbriageo.regione.umbria.it/statistiche/Paesaggi.aspx>
  - o <http://www.umbriageo.regione.umbria.it/pagine/quadro-strategico>
  - o *Regione Abruzzo*  
<http://www.regione.abruzzo.it/pianoPaesisticoReg/index.asp?modello=presentazione&servizio=xList&stileDiv=mono&template=default&msv=navigazi1>

## 6.9 Pericolosità geologica e idraulica

La variazione dell'approvvigionamento energetico su base nazionale contemplata nel piano comporterà la individuazione di alcune tipologie di opere e interventi utili all'attuazione degli obiettivi attesi. Occorrerà quindi considerare diversi tipi di impianti e infrastrutture per le quali prevedere, alla scala sia locale che globale, gli impatti ambientali conseguenti alla loro adozione. Tra le varie tipologie di opere possiamo contemplare gli impianti di rigassificazione (onshore costieri, di tipo galleggiante FRUSU, offshore GBS, con eventuali depositi GNL); parchi eolici (offshore e onshore); impianti fotovoltaici (offshore/onshore); impianti idroelettrici (ad acqua fluente, ad accumulo, a bacino con pompaggio); sistemi di trasporto, cattura e stoccaggio della CO<sub>2</sub> (metodologia CCS); impianti a biomassa. Tali impianti, tipicamente, impatteranno su aree specifiche dove verranno allocate le componenti progettuali di produzione, stoccaggio, accumulo (impianti). A queste tipologie di opere si aggiungeranno tutti i sistemi di interconnessione, in mare o su terra, per il trasporto delle materie, prevalentemente costituite da tubazioni/condotture, da e per gli impianti, con sviluppo lineare o sub-lineare, e per i quali effettuare le dovute valutazioni connesse alle pericolosità geologiche e idraulica dei territori attraversati.

### 6.9.1 Pericolosità sismica e da fagliazione superficiale

Per garantire la stabilità del sistema energetico, il PNIEC prevede la realizzazione di stoccaggi di energia su vasta scala. Gli stoccaggi di gas in reservoir depleti, in particolare se in sovrappressione, dovranno necessariamente essere compatibili con le condizioni sismotettoniche dell'area in cui verranno effettuati, al fine di contenere il rischio di innescare terremoti potenzialmente dannosi. Tali attività dovranno essere monitorate anche dal punto di vista della sismicità che esse stesse possono indurre direttamente. Gli "Indirizzi e linee guida per il monitoraggio della sismicità, delle deformazioni del suolo e delle pressioni di poro

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

nell'ambito delle attività antropiche" (ILG) rilasciate dal Ministero dello Sviluppo Economico nel 2014 definiscono le procedure che dovranno essere seguite.

Un'altra attività prevista dal PNIEC è l'aumento della quota di energia geotermica. Anche nell'implementazione di impianti di sfruttamento dell'energia geotermica ad alta entalpia, è necessario valutare le condizioni sismotettoniche dei serbatoi interessati, in particolare di quelli utilizzati per la reiniezione dei fluidi di lavorazione. La pratica della reiniezione dei fluidi di lavoro necessita di essere monitorata dal punto di vista della sismicità che può indurre o, nella peggiore delle ipotesi, innescare. Le "Linee guida per l'utilizzazione della risorsa geotermica a media e alta entalpia" emanate nel 2016 dal Ministero dello sviluppo economico descrivono le procedure da seguire, attraverso, tra l'altro, la realizzazione di una rete sismica dedicata.

Altre attività previste dal Piano sono la cattura, il trasporto e lo stoccaggio geologico della CO<sub>2</sub>. Anche in questo caso, sarà necessario valutare sia le condizioni sismotettoniche del reservoir depleto in cui verrà stoccata la CO<sub>2</sub> che le pressioni di iniezione, affinché l'iniezione stessa non inneschi possibili terremoti. Dovrà essere monitorata anche la sismicità direttamente indotta dall'iniezione. Infine, bisognerà accertare l'assenza di faglie capaci in grado di danneggiare le pipelines o, in caso contrario, valutare la necessità di intervenire con specifici accorgimenti tecnici di protezione.

Il PNIEC prevede l'ammodernamento e la messa in sicurezza della rete di trasporto e distribuzione del gas e lo sviluppo di ulteriori infrastrutture di interconnessione come la realizzazione della Linea Adriatica, lo sviluppo della rete interna per il TAP o la costruzione di nuovi segmenti a partire dai rigassificatori FSRU. Tali infrastrutture lineari possono attraversare, lungo la loro estensione, delle strutture tettoniche attive in grado di rompere o deformare la superficie topografica in occasione di terremoti, in genere superiori a magnitudo 5,5. La possibilità che tali faglie, dette "capaci", possano danneggiare le pipelines in caso di terremoto deve essere tenuta in debita considerazione per garantire la sicurezza dell'infrastruttura. A titolo di esempio si ricorda il caso della rottura dell'acquedotto del Gran Sasso in occasione del terremoto di L'Aquila del 2009. In tale occasione la dislocazione provocata in superficie da una faglia "capace" (con un rigetto appena superiore alla decina di cm) ha interessato una tubatura dell'acquedotto presente nel territorio del Comune di Paganica (AQ) provocando la fuoriuscita di acqua in pressione.

Infine, nella realizzazione degli impianti e delle infrastrutture previste, in particolare quelle che verranno realizzate nelle zone costiere o di piana alluvionale, si dovrà tenere in considerazione la suscettibilità del territorio ai fenomeni di liquefazione indotta da eventi sismici.

### 6.9.2 Tsunami

Molti interventi elencati nel Piano prevedono la realizzazione di opere, reti, infrastrutture in aree costiere e/o in offshore: potenziamento e realizzazione di nuove interconnessioni elettriche e di gas, rigassificatori (unità galleggianti di rigassificazione e stoccaggio di gas FRSU, rigassificatori costieri, Trans-Adriatic Pipeline, etc.), depositi GNL, parchi eolici offshore e onshore, impianti fotovoltaici offshore e a terra, stoccaggi di energia su vasta scala (accumuli idrici), sistemi di cattura e stoccaggio dell'anidride carbonica in serbatoi esauriti con ubicazione a costa e/o offshore. In tutti questi casi, sarà necessario considerare, sia a scala locale che regionale, l'interazione reciproca tra le opere previste e la dinamica marina costiera ed offshore, con particolare riferimento alla pericolosità da tsunami. Sebbene le opere possano non influire, in modo diretto, sulle condizioni di pericolosità regionale da tsunami, potrebbero modificare le condizioni morfologiche ed idrodinamiche locali, influenzando sulla propagazione delle onde sotto costa e/o a terra. Inoltre, gli interventi determineranno un aumento degli elementi esposti, con conseguente aumento delle condizioni di rischio, anche a parità di pericolosità. Pertanto, nelle fasi progettuali occorrerà considerare gli effetti di potenziali

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

tsunami sulle opere, in modo da adottare tutte le misure idonee alla riduzione della esposizione e della vulnerabilità delle stesse, ai fini della mitigazione del rischio. L'adozione delle suddette misure di mitigazione dovrà contemplare sia il rischio direttamente connesso con la perdita e/o la riduzione della funzionalità delle opere, sia riguardo al potenziale rischio NATECH connesso all'innescare di effetti domino, legato per esempio al rilascio di fluidi inquinanti negli impianti a costa, a esplosioni, incendi, disormeggio e trasporto a costa di strutture galleggianti, danneggiamento di condutture e reti di collegamento e rilascio di fluidi e di elementi galleggianti, etc.

Nel caso di realizzazione e/o potenziamento di infrastrutture a mare e di connessioni mare-terra, si dovrà considerare con attenzione l'interazione del tracciato con eventuali aree con instabilità (e/o suscettività) gravitativa, al fine da evitare eventuali attivazioni di fenomeni franosi che possono innescare eventi di tsunami che, oltre a danneggiare le strutture, possono avere impatto sulle aree costiere.

Analogamente, in caso di cattura e stoccaggio di CO<sub>2</sub> in serbatoi di gas esauriti, si dovrà analizzare e monitorare la potenziale interferenza dell'aumento delle pressioni in relazione alla presenza di strutture tettoniche attive, al fine di evitare la stimolazione di sismicità (indotta, innescata). I terremoti sono infatti la principale sorgente di tsunami, sia in modo diretto per deformazione cosismica dei fondali, sia indirettamente con l'attivazione di frane a mare e/o costiere.

Nel caso di realizzazione di stoccaggi di energia su vasta scala tramite la realizzazione di bacini di accumulo idrico, sia in ambito costiero che a terra, occorre valutare e monitorare le condizioni di instabilità gravitativa che possano intervenire, considerando che fenomeni franosi con potenziale impatto nel bacino possano generare eventi di tsunami. In caso di ubicazione a costa e/o alimentazione tramite acqua di mare, occorrerà analizzare anche l'impatto sulle condizioni di rischio tsunami legato alla pericolosità naturale del sito e l'interferenza con essa.

### 6.9.3 Subsidenza

Gli interventi previsti in attuazione delle misure del PNIEC per quanto riguarda il fenomeno della subsidenza dovranno tener conto dell'impatto delle opere sul territorio e le attività programmate dovranno prevedere sistemi di monitoraggio in grado di valutare le deformazioni del suolo in corrispondenza delle aree interessate dagli interventi.

In particolare, è noto che l'attività di estrazione di fluidi geotermici dal sottosuolo può comportare fenomeni di subsidenza su areali estesi in funzione delle dimensioni del serbatoio che viene sfruttato. A tal fine sono state emanate nel 2016 le "Linee guida per l'utilizzazione della risorsa geotermica a media e alta entalpia" (LLGG) a cura dei Ministeri dello sviluppo economico e dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, con l'obiettivo di individuare, nell'ambito delle aree idonee, i criteri generali di valutazione, finalizzati allo sfruttamento in sicurezza della risorsa. In particolare, nelle LLGG sono descritti i criteri di monitoraggio del suolo che "rappresentano un efficace sistema di controllo di eventuali insorgenze di anomalie, per verificarne i potenziali effetti ambientali e, eventualmente, i possibili legami di causa-effetto da correlare alle limitrofe attività, derivanti dalle diverse fasi dell'attività di ricerca e sfruttamento della risorsa geotermica". Le LLGG pertanto hanno l'obiettivo di definire, specificatamente per la geotermia, "gli standard iniziali di osservazione degli effetti delle attività antropiche a seguito di operazioni di reiniezione di fluidi nel sottosuolo e, in particolare, di stabilire le procedure e i protocolli di monitoraggio, e l'analisi dell'evoluzione spazio-temporale di alcuni parametri descrittivi della sismicità, della deformazione del suolo e della pressione di poro" e per quanto riguarda il monitoraggio delle deformazioni del suolo "identificare eventuali fenomeni di deformazione superficiale legati alle attività in esame, per misurarne e analizzarne le variazioni spazio-temporali rispetto alle condizioni di fondo". Ai fini del monitoraggio delle deformazioni superficiali "risulta

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

particolarmente appropriato per la loro misura l'utilizzo, ove possibile, di tecniche InSAR avanzate, che si basano sull'elaborazione di sequenze temporali di immagini SAR", inoltre nella fase di coltivazione, "queste misure vanno perciò opportunamente integrate con quelle fornite da una rete di stazioni GPS in continuo oppure da una rete di capisaldi collegati alla Rete Geodetica Nazionale, che consentono di ottenere informazioni sulle tre componenti degli spostamenti rilevati in corrispondenza delle stazioni riceventi".

Analogamente, per quanto riguarda i sistemi di trasporto, cattura e stoccaggio della CO<sub>2</sub> (metodologia CCS) dovrà essere preso in considerazione che gli interventi previsti dal PNIEC dovranno prevedere dei sistemi di monitoraggio dei movimenti del suolo. A tale proposito per quanto riguarda lo stoccaggio geologico della CO<sub>2</sub>, il Decreto Legislativo n° 162 del 16 settembre 2011 (DL162/2011) prevede che siano raccolti dati relativi ai movimenti del suolo e un Piano di Monitoraggio. Il DL162/2011 non fornisce delle indicazioni tecniche e operative per la sua realizzazione, ma tale monitoraggio deve soddisfare le indicazioni contenute negli "Indirizzi e Linee Guida per il monitoraggio della sismicità, delle deformazioni del suolo e delle pressioni di poro nell'ambito delle attività antropiche" (ILG) emesso il 24 novembre 2014 dal Ministero dello Sviluppo Economico (MISE). Si sottolinea che gli ILG sono stati elaborati per le attività onshore, ma si ritengono applicabili anche a quelle offshore in prossimità della costa.

Per quanto riguarda, infine, le altre tipologie di interventi previsti dal PNIEC, come ad esempio gli impianti e le infrastrutture fisiche per lo stoccaggio di energia, la realizzazione di unità termoelettriche addizionali alimentate a gas, rigassificatori costieri e tutte le attività che saranno previste per ottimizzare l'utilizzo delle infrastrutture esistenti, specialmente se localizzate nella fascia costiera, dovranno necessariamente tenere in considerazione le interazioni con il territorio, al fine di limitare le interferenze con le aree interessate dal fenomeno della subsidenza e dovranno prevedere adeguati sistemi di monitoraggio delle deformazioni del suolo rispettando le Linee Guida sopracitate.

#### 6.9.4 Pericolosità da sinkhole

Le misure previste nel piano potrebbero avere effetti significativi sulla pericolosità e sul rischio da sinkholes naturali e antropogenici. Le misure che possono determinare tale pericolosità coincidono con la messa in opera, ad esempio, di impianti eolici e metanodotti. La realizzazione di tali impianti potrebbe portare ad incrementare la pressione efficace sul terreno e quindi alla possibilità di innescare cedimenti nel terreno, crolli di volte di cavità già presenti nel sottosuolo e/o in corso di evoluzione verso la superficie. Le varie attività previste per la realizzazione di tali opere potrebbero, poi, indurre, in territori fragili a questo tipo di fenomeni, vibrazioni eccessive sul terreno che possono facilitare l'erosione dei terreni dal basso nonché innescare oscillazioni repentine della falda. Quest'ultime inducono in alcuni terreni fenomeni di *piping* e liquefazione con formazione, in aree suscettibili, di sinkholes naturali di grande diametro e profondità. Qualora gli impianti di metanodotto prevedano, poi, l'attraversamento di centri abitati, caratterizzati da sottosuoli sfruttati per la coltivazione di materiali da costruzione, risulta necessario indagare la possibile presenza di ambienti ipogei e cavità sotterranee sino a profondità di 25 – 30 m dal piano di campagna. Di conseguenza, la gestione di tali impianti necessita uno studio di densità di cavità nonché uno studio storico degli eventi di sprofondamento occorsi in un'area vasta intorno l'opera. Lo studio dovrà tenere conto delle aree suscettibili ai fenomeni di sinkholes già censite nel Database nazionale dei Sinkhole ISPRA. L'accertamento di vuoti nel terreno deve essere svolto, oltre che da indagini dirette (ove possibile), e mediante il confronto con le banche dati di ISPRA, attraverso le analisi e gli studi (geofisici, geognostici, gravimetrici etc.) che risulteranno più idonei ai fenomeni di volta in volta da indagare.

#### 6.9.5 Pericolosità idraulica

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Le misure previste nel piano non dovrebbero avere effetti significativi sulla pericolosità e sul rischio di alluvioni. L'unica misura che potrebbe scaturire un effetto è lo sviluppo di impianti idroelettrici dotati di pompaggio. La realizzazione di un impianto di pompaggio garantisce la possibilità di incrementare i volumi invasi in maniera non esclusivamente dipendente dalle portate in ingresso al bacino. Quindi la gestione dell'impianto idroelettrico e dei livelli idrici risulta più flessibile rispetto agli impianti non dotati di pompaggio. Qualora servisse svuotare un bacino per laminare un'eventuale piena, il successivo riempimento dello stesso sarebbe facilitato dalla presenza dell'impianto di pompaggio. Conseguentemente lo svuotamento dell'invaso risulterebbe una scelta meno rischiosa e penalizzante in termini di produzione di energia elettrica. Quindi il gestore dell'impianto avrebbe la possibilità di attuare una gestione dello stesso più sicura dal punto di vista della laminazione delle piene, senza penalizzare la produzione di energia.

Si evidenzia, come già riferito al paragrafo 4.10.7 che qualsiasi intervento del piano deve essere compatibile con la pianificazione riguardante la pericolosità e il rischio idraulici (*Norme tecniche di attuazione dei Piani di assetto idrogeologico e dei Piani di gestione del rischio di alluvioni*).

### 6.10 Elementi di esposizione della popolazione a fattori di rischio

L'ambiente, nella sua accezione più completa e complessa, comprensiva di stili di vita, condizioni sociali ed economiche, è un determinante fondamentale per il benessere psicofisico e quindi per la salute delle persone e delle popolazioni. Molti processi patologici trovano la loro eziopatogenesi in fattori ambientali, come evidenziato anche dalle recenti acquisizioni in tema di epigenetica (PNP 2020-2025).

Le misure di riduzione delle emissioni di gas serra comportano indirettamente effetti positivi anche rispetto alle emissioni di altri inquinanti in atmosfera contribuendo quindi al miglioramento della qualità dell'aria nei territori interessati da tali effetti e riducendo al contempo l'esposizione della popolazione agli inquinanti.

#### 6.10.1 Salute umana, inquinamento atmosferico e cambiamenti climatici

Le attività antropiche collegate all'uso di combustibili fossili e alla produzione di energia (traffico veicolare, centrali termoelettriche, agricoltura, riscaldamento e condizionamento degli edifici, industria) sono i principali responsabili dell'immissione in atmosfera di sostanze inquinanti che alterano la qualità dell'aria, sia di natura primaria (cioè direttamente emessi dalle sorgenti) quali SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), benzo(a)pirene, sia di natura secondaria (cioè che possono formarsi in atmosfera dalle interazioni con altri inquinanti), quali il particolato fine (PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>), e ozono troposferico (O<sub>3</sub>). I settori maggiormente responsabili delle emissioni di inquinanti di interesse tossicologico sono quelli dei trasporti e del riscaldamento domestico a biomassa legnosa. Grande rilevanza nella formazione degli inquinanti rivestono anche le emissioni del settore dell'agricoltura, nonché le emissioni di tipo industriale (GARD, 2018).

In coerenza con la strategia che ispira l'azione dell'OMS e della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC) nelle interazioni con i governi dei diversi Paesi per definire i "Profili dei Paesi" su clima e salute, nel contesto della Presidenza italiana del G7 del 2017 è stato definito il *Country profile Italy*, nell'ambito del progetto "Effetti sulla salute dei cambiamenti climatici nella *vision Planetary health*". Tale profilo fornisce dati attuali e scenari futuri su cambiamenti climatici e salute negli ambiti d'impatto più rilevanti come l'inquinamento atmosferico, le ondate di calore, le risorse idriche e la gestione dell'acqua, le malattie infettive e da vettori, la produzione primaria e la sicurezza alimentare, le migrazioni, gli ecosistemi e l'erosione della biodiversità, anche in ambienti urbani. I dati raccolti indicano un'intensificazione delle minacce per la salute della popolazione italiana (PNP 2020-2025).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

I rischi per la salute associati all'inquinamento atmosferico

L'inquinamento atmosferico è il principale fattore di rischio ambientale per la salute. I trasporti e il riscaldamento domestico sono i principali responsabili delle emissioni di inquinanti di interesse tossicologico che destano una maggiore preoccupazione in termini di impatto sanitario a causa dell'elevato numero di persone esposte, in ambito urbano ed extraurbano. Anche le emissioni provenienti dall'agricoltura, dalla produzione di energia, dall'industria e dagli insediamenti domestici contribuiscono ad inquinare l'aria (PNP 2020-2025).

I principali inquinanti di interesse tossicologico sono:

- il particolato (PM), i cui effetti sull'apparato cardiovascolare e respiratorio possono essere diretti o indiretti attraverso l'induzione dello stress ossidativo e della risposta infiammatoria e sono maggiori in gruppi di soggetti suscettibili;
- gli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) ed in particolare l'NO<sub>2</sub>, i cui effetti comprendono danni riguardanti l'apparato cardiovascolare quali le patologie ischemiche del miocardio, lo scompenso cardiaco e aritmie, e sono maggiori nei soggetti suscettibili. Gli effetti acuti dell'NO<sub>2</sub> sull'apparato respiratorio comprendono: riacutizzazioni di malattie infiammatorie croniche delle vie respiratorie, quali bronchite cronica e asma, e riduzione della funzionalità respiratoria. Gli effetti a lungo termine includono alterazioni del tessuto polmonare ed aumento della suscettibilità alle infezioni polmonari batteriche e virali;
- l'ozono (O<sub>3</sub>), che è un forte irritante con effetti maggiori sull'apparato respiratorio e in soggetti suscettibili. Recenti evidenze epidemiologiche hanno dimostrato che l'esposizione a breve termine ad ozono può determinare un rischio di effetti acuti sulla salute;
- gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), per i quali numerosi studi clinici ed osservazionali hanno evidenziato la potenziale cancerogenicità. Il tumore maggiormente associato all'esposizione a questo inquinante è quello del polmone, ma ci sono evidenze che suggeriscono una associazione anche con i tumori della vescica e della mammella;
- il biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), i cui principali effetti acuti per l'esposizione a suoi elevati livelli sono: aumento della resistenza delle vie respiratorie per edema della mucosa, aumento delle secrezioni mucose, bronchite, tracheite, broncospasmo e/o difficoltà respiratorie negli asmatici. Fra gli effetti a lungo termine possono manifestarsi alterazioni della funzionalità respiratoria, peggioramento delle bronchiti croniche, dell'asma e dell'enfisema;
- il monossido di Carbonio (CO), i cui effetti acuti sono riconducibili all'ipossia a carico del sistema nervoso, del sistema cardiovascolare, dell'apparato muscolare e del circolo fetale. I sintomi più frequenti sono: diminuzione della capacità di concentrazione, alterazioni cognitive e del comportamento, confusione mentale (GARD, 2018).

A seguito dell'emanazione, il 22 settembre 2021, delle Air Quality Guidelines (AQG) (nuove linee guida) dell'Organizzazione Mondiale di Sanità (OMS)<sup>11</sup> sulla qualità dell'aria, nel corso dell'Assemblea annuale tenutasi il 7-8 ottobre 2021, la GARD ha approvato una dichiarazione in supporto della loro applicazione.<sup>12</sup> Le nuove linee guida OMS, per esempio, per le particelle PM<sub>2,5</sub> indicano quale valore massimo 5 µg/m<sup>3</sup> cioè 1/5 della direttiva europea e per l'NO<sub>2</sub> indicano 10 µg/m<sup>3</sup>, cioè 1/4 della direttiva europea (GARD Italy – Aggiornamento 2023, pag. 8).

*Tabella 6-6: Confronto tra nuove Linee guida OMS, precedenti Linee guida OMS e limiti normativi. .Gard Italy – Aggiornamento 2023*

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

		OMS – Linee guida per la qualità dell'aria 2005	OMS – Linee guida per la qualità dell'aria 2021	Direttive europee per la qualità dell'aria – Valori limite
<b>PM<sub>2,5</sub></b>	Annuali	10 µg/m <sup>3</sup>	5 µg/m <sup>3</sup>	25 µg/m <sup>3</sup>
<b>PM<sub>2,5</sub></b>	Giornaliere (24 ore)	25 µg/m <sup>3</sup>	15 µg/m <sup>3</sup>	-
<b>PM<sub>10</sub></b>	Annuali	20 µg/m <sup>3</sup>	15 µg/m <sup>3</sup>	40 µg/m <sup>3</sup>
<b>PM<sub>10</sub></b>	Giornaliere (24 ore)	50 µg/m <sup>3</sup>	45 µg/m <sup>3</sup>	50 µg/m <sup>3</sup>
<b>NO<sub>2</sub></b>	Annuali	40 µg/m <sup>3</sup>	10 µg/m <sup>3</sup>	40 µg/m <sup>3</sup>
<b>NO<sub>2</sub></b>	Giornaliere (24 ore)	-	25 µg/m <sup>3</sup>	50 µg/m <sup>3</sup>

I gruppi di popolazione maggiormente suscettibili all'inquinamento atmosferico sono bambini, anziani, persone con una malattia respiratoria o cardiovascolare preesistente, donne in gravidanza, persone di basso livello socio-economico ed alcune categorie di lavoratori.

- I *bambini* sono particolarmente suscettibili agli effetti acuti e cronici degli inquinanti atmosferici, sia perché il loro apparato respiratorio ed il loro sistema immunitario sono in via di sviluppo sia perché la maggiore frequenza respiratoria rispetto ad una minore massa corporea è un fattore di rischio per aumentata esposizione ad inquinanti (fino a tre volte maggiore rispetto ad un adulto). Inoltre, per la loro più lunga aspettativa di vita, i bambini hanno una maggiore esposizione cumulativa rispetto ad un adulto. È stato riportato che le esposizioni durante la vita prenatale e nei primi anni di vita sono associate ad effetti a lungo termine, in particolare ad un maggior rischio di sviluppare asma e, ad una riduzione dello sviluppo cognitivo e psicomotorio. Tra i diversi inquinanti, gli effetti maggiori sui bambini si hanno per l'esposizione a NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, IPA e particolato.
- I *soggetti con malattie respiratorie* sono particolarmente suscettibili agli effetti del particolato attraverso un'azione diretta sul tessuto polmonare ed indiretta attraverso l'induzione dello stress ossidativo e della risposta infiammatoria, con sintomi più gravi nelle persone atopiche. I soggetti più sensibili all'SO<sub>2</sub> ed all'NO<sub>2</sub> sono gli asmatici e quelli con una malattia polmonare cronica (come la bronchite o l'enfisema). Recenti studi scientifici hanno dimostrato un rapporto tra variabili meteorologiche, inquinamento, allergeni ed incremento di allergie respiratorie.
- *Soggetti con patologie cardiovascolari*: evidenze di letteratura indicano il legame tra esposizione ad agenti inquinanti quali polveri sottili (PM<sub>2,5</sub>) ed aumento della morbilità e mortalità cardiovascolare, sottolineando il ruolo dell'inquinamento nel dare inizio ed accelerare la progressione di molteplici malattie croniche, tra le quali arteriosclerosi, ipertensione e diabete. Dall'analisi effettuata nel GBD mediante la valutazione di 67 fattori di rischio, è stato evidenziato che i fattori inquinanti *outdoor* e *indoor* sono tra i primi 10 determinanti di malattia cardiovascolare, in particolare a causa dell'effetto del PM<sub>2,5</sub> sulla cardiopatia ischemica. Diversi lavori scientifici hanno stabilito una forte associazione tra inquinamento atmosferico ed eventi cardiovascolari, quali infarto miocardico, ictus, insufficienza cardiaca (incluso ricovero per scompenso cardiaco sinistro acuto), aritmia e tromboembolia venosa. Numerosi studi hanno messo in evidenza come gli effetti cronici dell'inquinamento atmosferico sul sistema cardiovascolare siano maggiormente rappresentati rispetto agli effetti acuti, e che la popolazione anziana ed in particolare gli individui con pregressa malattia cardiovascolare o con molteplici fattori di rischio cardiovascolare siano più suscettibili ad eventi patologici. Inoltre, è stato riportato che un incremento di 10 µg/m<sup>3</sup> della media annuale di PM<sub>2,5</sub> è associato ad un significativo aumento del rischio di ospedalizzazione e mortalità per scompenso cardiaco.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Lo studio ESCAPE ha mostrato un aumento del 13% di eventi coronarici acuti non fatali dopo esposizione a lungo termine alla concentrazione di 5 mg/m<sup>3</sup> di PM<sub>2.5</sub>. Inoltre, recenti osservazioni mostrano che anche l'esposizione per brevi periodi (da ore fino a pochi giorni) può determinare infarto miocardico acuto, ed angina instabile, specialmente in pazienti con malattia coronarica preesistente. Recentemente, infine, è stato evidenziato che il numero di morti per cause cardiovascolari attribuibili ad inquinamento atmosferico è più alto di quello atteso: questo dato può essere spiegato da effetti avversi anche su altre MCNT come il diabete di tipo 2 e l'ipertensione arteriosa. Infatti, due recenti meta-analisi hanno dimostrato che, per un aumento di 10 mg/m<sup>3</sup> di PM<sub>2.5</sub>, aumenta il rischio di diabete di tipo 2 ed incrementa di 1-3 mmHg il livello della pressione arteriosa sistolica e diastolica.

Nella sola Europa tra il 15% ed il 28% della mortalità totale cardiovascolare di 1.85 milioni/anno è attribuibile all'inquinamento.

- *Donne in gravidanza.* Il periodo della gravidanza provoca cambiamenti a livello fisiologico, quali, ad esempio, un aumento del consumo di ossigeno associato ad un incremento del lavoro cardiaco, del volume ematico, della circolazione a livello polmonare, che rendono la donna più vulnerabile agli effetti dell'inquinamento atmosferico. Inoltre, il primo trimestre ed il parto sono le due finestre di esposizione più critiche di tutta la gravidanza. Gli stessi meccanismi infiammatori coinvolti negli effetti cardiovascolari dell'inquinamento atmosferico possono anche essere implicati nell'eziologia delle complicanze ostetriche come la pre-eclampsia e l'ipertensione. Questi meccanismi possono spiegare l'associazione tra inquinamento atmosferico e nascite pretermine e basso peso alla nascita evidenziata negli studi epidemiologici, con un rischio maggiore nelle donne con patologie pre-esistenti (es. diabete, asma) o con patologie ostetriche. Nel feto, il CO interferisce con lo sviluppo degli organi, in particolare il cervello, e può provocare la morte nel periodo perinatale. Gli IPA sono in grado di superare la placenta e giungere al feto, determinando ritardi nella crescita ed un basso peso alla nascita (GARD, 2018).
- *Lavoratori esposti ad inquinamento atmosferico.* Alcune categorie di lavoratori sono maggiormente esposte agli effetti dell'inquinamento atmosferico, in particolare lavoratori di alcune categorie professionali: industria alluminio/metalmecanica/chimica, cokerie, asfaltatori, fonderie di acciaio, vigili urbani, settore costruzioni. L'inquinamento può provocare effetti a breve termine, aumentando il rischio di esacerbazione di patologie preesistenti (es. asma), con riduzione della produttività, assenze dal lavoro, e può essere associato ad un incremento di eventi cardiovascolari acuti, in particolare infarto del miocardio.

Gli inquinanti responsabili della maggior parte dei decessi prematuri sono il particolato, il NO<sub>2</sub> e l'O<sub>3</sub>; la popolazione residente nelle aree urbane è particolarmente esposta ai rischi legati a tali inquinanti.

Nell'UE l'inquinamento atmosferico, ogni anno, provoca circa 400.000 decessi prematuri, con gravi costi sociali ed economici. L'OMS ha stimato che nel 2010 l'inquinamento atmosferico in Europa è costato in termini di morti premature e di malattie circa 1.600 miliardi di dollari, cifra quasi equivalente ad un decimo del prodotto interno lordo dell'UE nel 2013.

Fino a poco tempo fa, l'OMS ed il *Global Burden of Disease study* (GBD), le due più importanti fonti di informazione sul numero di morti premature ed evitabili associate all'inquinamento dell'aria, fornivano dati globali sostanzialmente concordanti: indicavano un numero annuale di morti poco superiore a 4 milioni nel mondo, per l'inquinamento outdoor da particolato; il numero di morti aumenta di circa 3 milioni se si considerano anche quelli dovuti all'inquinamento delle abitazioni per l'impiego di combustibili fossili. Queste stime sono state riviste da uno studio condotto da epidemiologi di otto Paesi (Canada, USA, Olanda, Cina, Spagna, Regno Unito, Austria e Italia), guidato da Richard Burnett professore alla *School of Epidemiology and Public Health* di Ottawa. Essi hanno dimostrato che la mortalità globale annuale ed evitabile legata all'inquinamento dell'aria delle sole polveri sottili PM<sub>2.5</sub> è più del doppio di quella precedentemente calcolata ed è pari a quasi 9 milioni di morti. Questo studio stima che in Europa l'inquinamento ambientale riduca in

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

media l'aspettativa di vita di 2,2 anni, con un tasso di mortalità annua attribuibile di 133 casi/anno per 100.000 abitanti (GARD, 2018).

Secondo il *country profile* del GBD per l'Italia (<http://www.healthdata.org/italy>), l'inquinamento atmosferico è il primo fattore di rischio ambientale in termini di *Disability-adjusted life year* (DALY), indicatore molto utilizzato dall'OMS, risultante dalla somma degli anni di vita persa per morte anticipata rispetto all'aspettativa di vita e degli anni vissuti con l'invalidità causata dalla malattia.

Le stime elaborate con la metodologia usata dall'OMS, attribuiscono al PM<sub>2.5</sub> più di trentamila decessi l'anno, pari al 7% di tutte le morti (esclusi gli incidenti), stime compatibili con quanto già elaborato dal progetto VIIAS, 84% dei quali nella classe di età 70+ anni; in termini di carico globale di malattia, l'impatto annuale attribuibile a questa esposizione è pari a circa 530 mila DALY (60% dei quali nella classe di età 70+ anni) (GBD 2017: vedi Tabella 6-7). Per valutare il contributo delle specifiche malattie al carico globale di malattia è importante tenere conto di entrambi gli indicatori (decessi e DALY) (GARD, 2018).

Tabella 6-7: Stime GBD dei decessi prematuri e dei DALY causa-specifici in Italia attribuibili all'inquinamento atmosferico, anno 2017 (GARD, 2018)

Indicatore	Stima Italia 2017	IC 95%	
<b>Decessi prematuri</b>			
Tutte le cause	29368	20700	38023
Malattie cardiovascolari	11851	8517	15292
Malattie respiratorie croniche	7919	4659	11233
Tumori	3764	1646	6299
<b>DALY</b>			
Tutte le cause	527238	360332	682441
Malattie cardiovascolari	161134	116377	205425
Malattie respiratorie croniche	112030	64120	161251
Tumori	67563	29885	113499

Fonte: *Global Burden of Disease Collaborative Network Global Burden of Disease Study 2017 Results*. Seattle, United States: Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME), 2018.  
<http://ghdx.healthdata.org/gbd-results-tool>

Secondo lo studio *Global Burden of Disease*, pubblicato su Lancet nel 2020, l'inquinamento atmosferico rappresenta la quarta causa di morte per le donne nel 2019, il tabacco la sesta; negli uomini il tabacco è la prima, l'inquinamento atmosferico la quarta. Per quanto riguarda gli anni di vita aggiustati per disabilità (DALYs), nelle donne, nel 2019, l'inquinamento atmosferico era la terza causa, il tabacco la settima; negli uomini, il tabacco era la prima causa, l'inquinamento atmosferico la quarta. Ciò ha avuto un effetto sull'evoluzione delle malattie: dal 1990 al 2019 la broncopneumopatia cronica ostruttiva (BPCO) è passata dall'11<sup>a</sup> alla 6<sup>a</sup> causa di DALYs ed il cancro al polmone è passato dalla 21<sup>a</sup> alla 17<sup>a</sup> causa.

L'inquinamento atmosferico non costituisce più soltanto un problema per l'apparato respiratorio, ma anche per molti altri organi, influenzando sul sistema cardiovascolare, sul diabete, su problemi neurologici, nonché su basso peso alla nascita e nascite premature. Questa pubblicazione, frutto della collaborazione tra le principali

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

società scientifiche pneumologiche (European Respiratory Society – ERS – e American Thoracic Society – ATS), riporta esempi di: effetti respiratori clinici associati all'inquinamento atmosferico, dalla mortalità per tumori, all'incidenza e prevalenza di sintomi e malattie diagnosticate; biomarcatori di effetti potenzialmente avversi sulla salute respiratoria.

Il 6 dicembre 2021, l'Agenzia Europea per l'Ambiente (European Agency for Environment – EEA) ha emesso un nuovo documento *“Health impacts of air pollution in Europe”* riguardante gli impatti sulla salute dell'inquinamento atmosferico in Europa destinato a diventare un capitolo del rapporto della qualità dell'aria del 2021. Tale documento riporta statistiche che si riferiscono alle morti premature attribuibili a PM<sub>2,5</sub>, NO<sub>2</sub> e O<sub>3</sub>. Per l'Italia le morti annuali attribuibili sono 49.900 per il PM<sub>2,5</sub>, 10.640 per l'NO<sub>2</sub> e 3.170 per l'O<sub>3</sub> (Tabella 6-8).

Tabella 6-8: Morti premature attribuibili ad esposizione a PM<sub>2,5</sub>, NO<sub>2</sub> e ozono in Italia, 2019 (GARD, 2024)

PM <sub>2,5</sub>		NO <sub>2</sub>		O <sub>3</sub>		
Popolazione (1.000)	Media annuale	Morti premature	Media annuale	Morti premature	SOMO35	Morti premature
59.817	14,5	49.900	20	10.640	6.657	3.170

Di particolare interesse per l'Europa sono i risultati dello studio ELAPSE (*Effects of Low-Level Air Pollution: A Study in Europe*), una collaborazione a livello europeo nell'ambito di un progetto di ricerca sugli effetti a lungo termine sulla mortalità e morbilità dell'esposizione a lungo termine a basse concentrazioni di PM<sub>2,5</sub>, Black Carbon, NO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub>. La Commissione Europea ha condotto ulteriori analisi utilizzando i risultati del progetto ELAPSE per stimare l'influenza della scelta della funzione di risposta all'esposizione sulla mortalità nella valutazione d'impatto. Le stime di mortalità attribuibile erano del 40% più alte per il PM<sub>2,5</sub> e più del doppio per l'NO<sub>2</sub> utilizzando la funzione di risposta all'esposizione di ELAPSE, rispetto alle stime delle revisioni sistematiche dell'OMS, a parità di altre condizioni.

In tale documento, inoltre, sono riportate statistiche che si riferiscono agli anni di vita persa attribuibili a PM<sub>2,5</sub>, NO<sub>2</sub> e O<sub>3</sub>. Per l'Italia, sono 504.000 per il PM<sub>2,5</sub>, 107.600 per l'NO<sub>2</sub> e 33.200 per O<sub>3</sub> all'anno (Tabella 6-9).

Tabella 6-9: Anni di vita persi (YLL) attribuibili ad esposizione a PM<sub>2,5</sub>, NO<sub>2</sub> e ozono in Italia, 2019 (GARD, 2024)

Paese	YLL	YLL/100.000 abitanti	YLL	YLL/100.000 abitanti	YLL	YLL/100.000 abitanti
Italia	504.500	843	107.600	180	33.200	55

Il 24 novembre 2022 l'EEA ha pubblicato un web report di aggiornamento sugli impatti sanitari dell'inquinamento in Europa (aggiornato il 13 marzo 2023), nel quale si rileva un miglioramento della qualità dell'aria in Europa ed una diminuzione del numero di persone che muoiono precocemente o si ammalano a causa dell'inquinamento atmosferico è in calo. Tuttavia, si conferma che l'inquinamento atmosferico costituisce il più grande rischio ambientale per la salute in Europa, rappresentando una delle principali cause di insorgenza e aggravamento di malattie respiratorie e cardiovascolari. Le cause più comuni di morte prematura attribuibile all'inquinamento atmosferico sono costituite dalle malattie cardiache e l'ictus, seguite da malattie polmonari e cancro ai polmoni. Il rapporto valuta, inoltre, i progressi verso l'obiettivo del Piano d'azione per l'inquinamento zero dell'UE (2021) per ridurre la mortalità attribuibile all'inquinamento atmosferico.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Il rapporto ha messo in evidenza i seguenti messaggi chiave:

- nel 2020 l'inquinamento atmosferico ha provocato un numero significativo di morti premature nei 27 Stati membri dell'UE (UE-27). L'esposizione a concentrazioni di particolato fine superiori al livello di riferimento dell'OMS del 2021 ha provocato 238.000 morti premature; l'esposizione al biossido di azoto al di sopra del rispettivo livello di riferimento ha portato a 49.000 morti premature; l'esposizione acuta all'ozono ha causato 24.000 morti premature.
- Il piano d'azione per l'inquinamento zero mira a ridurre del 55% entro il 2030, rispetto al 2005, il numero di morti premature dovute all'esposizione al particolato fine. Nel 2020 il numero di morti premature attribuibili all'esposizione al particolato fine al di sopra del livello di riferimento dell'OMS è diminuito del 45% nell'UE-27 rispetto al 2005. Se questo tasso di declino viene mantenuto, l'UE raggiungerà il suddetto obiettivo del piano d'azione contro l'inquinamento zero prima del 2030.
- Saranno necessari ulteriori sforzi per aderire alla visione dell'inquinamento zero per il 2050 (ridurre l'inquinamento atmosferico a livelli non più considerati dannosi per la salute).
- Oltre alla morte prematura, l'inquinamento atmosferico provoca anche morbidità. Le persone convivono con malattie legate all'esposizione all'inquinamento atmosferico; questo è un carico in termini di sofferenza personale, oltre che di costi significativi per il settore sanitario. Nel 2019, l'esposizione al PM<sub>2,5</sub> ha portato a 175.702 anni vissuti con disabilità (YLD) a causa di BPCO in 30 paesi europei. Nello stesso anno, 12.253 persone in 23 paesi europei sono state ricoverate in ospedale con infezioni delle vie respiratorie inferiori derivanti dall'esposizione acuta all'ozono.

Per quanto riguarda l'Italia, il nostro Paese, con la cifra di 74,3, è al quinto posto nella classifica di YLD dovuti a BPCO per 100mila abitanti attribuibili a PM<sub>2,5</sub> (adulti di età pari o superiore a 25 anni in 30 paesi europei). Un altro dato preoccupante per l'Italia è il terzo posto, con la cifra di 22, nella classifica dei ricoveri ospedalieri per malattie respiratorie per 100mila abitanti attribuibili a O<sub>3</sub> (adulti di età pari o superiore a 65 anni in 23 paesi europei) (GARD, 2018).

Infine, in un aggiornamento del 29 maggio 2024, per presentare lo stato delle concentrazioni di inquinanti nell'aria ambiente nel 2021 e nel 2022 per gli inquinanti regolamentati, in relazione sia agli standard di qualità dell'aria dell'UE che ai livelli delle linee guida dell'OMS del 2021, l'EEA rileva che

- nonostante i continui miglioramenti generali nella qualità dell'aria, in tutta Europa si registrano livelli di inquinanti atmosferici superiori agli standard UE e l'inquinamento atmosferico rimane una delle principali preoccupazioni sanitarie per gli europei;
- nel 2021, il 97% della popolazione urbana è stata esposta a concentrazioni di particolato fine superiori al livello delle linee guida sanitarie stabilite dall'Organizzazione Mondiale della Sanità;
- l'Europa centro-orientale e l'Italia registrano le maggiori concentrazioni di polveri sottili, dovute principalmente alla combustione di combustibili solidi per il riscaldamento domestico e al loro utilizzo nell'industria;
- tutti i paesi hanno riportato livelli di ozono e biossido di azoto superiori ai livelli delle linee guida sanitarie stabilite dall'Organizzazione Mondiale della Sanità;
- i livelli di ozono più alti sono stati osservati nella regione del Mediterraneo e nell'Europa centrale (EEA, 2024).

#### I rischi per la salute associati al cambiamento climatico

L'OMS sostiene che, a causa del riscaldamento globale e dei CC, si intensificheranno i rischi per la salute legati ad eventi estremi, disastri, stress idrico, sicurezza alimentare e cambiamenti nella comparsa e diffusione di malattie di origine infettiva (vettori patogeni, acqua e cibo contaminati).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Nel Sud Europa, Italia inclusa, i CC stanno già causando un aumento degli eventi meteorologici estremi quali ondate di calore, piogge intense ed allagamenti costieri, diffusione di nuove specie di vettori di malattia e, anche se con maggiori margini di incertezza sui futuri scenari, effetti sulla qualità dell'aria, in particolare sull'O<sub>3</sub> estivo e sul rischio di incendi aggravato dalla siccità.

L'OMS stima oltre 250.000 decessi annui in più nel mondo a causa del cambiamento climatico per il periodo 2030-2050.

*Le ondate di calore* hanno un impatto significativo sulla mortalità per cause cardiovascolari e respiratorie, così come un significativo effetto sui ricoveri ospedalieri specialmente per cause respiratorie. Le popolazioni più suscettibili agli effetti delle ondate di calore sono gli anziani, i bambini e le persone affette da malattie croniche. Alcuni fattori sociali, come lo status socio-economico, l'isolamento sociale e la mancanza di aree verdi (che forniscono ombra e riducono la temperatura nei centri urbani, mitigando l'effetto isola di calore urbana) contribuiscono ad una maggiore suscettibilità.

L'Italia rimane uno dei paesi in Europa con i più alti tassi di mortalità sia per temperature elevate che, più specificamente, per le temperature estive (WHO, 2018, Martínez-Solanas et al., 2021). Il costo della mortalità da stress termico come proporzione del Prodotto Nazionale Lordo è aumentato dallo 0.64% del 2000 all'1.03% nel 2017 (Watts et al., 2020). Seppur solo indirettamente connesso al cambiamento climatico, l'Italia presenta anche il più alto costo in Europa da impatti sulla salute per inquinamento dell'aria.

*Le temperature elevate in presenza di inquinanti atmosferici*, quali NO<sub>x</sub> e COV, possono causare un incremento delle concentrazioni di O<sub>3</sub>, che, essendo un forte irritante delle vie respiratorie, può aggravare patologie respiratorie esistenti. Elevate concentrazioni di O<sub>3</sub> durante la stagione estiva possono causare un aumento di ricoveri ospedalieri per patologie respiratorie, inclusa l'asma. Ad aggravare questo quadro vi sono le possibili interazioni tra inquinanti e allergeni trasportati dai granuli pollinici (GARD, 2018).

L'inquinamento atmosferico da ozono, particolato (PM) e derivato incombusto di diesel (DEP), oltre che da biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) e anidride solforosa (SO<sub>2</sub>) aumenta infatti la permeabilità della mucosa dell'apparato respiratorio, facilita la penetrazione di allergeni e causa interazione con le cellule del sistema immunitario. Ne risulta che l'inquinamento atmosferico svolge un ruolo pro-infiammatorio nelle vie aeree di pazienti predisposti. Gli agenti inquinanti aderiscono alle superfici dei pollini e del particolato allergenico vegetale, inducendo variazioni non solo della morfologia, ma anche delle caratteristiche antigeniche. Inoltre, producendo infiammazione delle vie aeree, determinano un aumento della permeabilità delle mucose ed un incremento di quadri clinici ostruttivi nei soggetti sensibilizzati (GARD, 2024).

Per effetto dei CC sono già in atto l'anticipazione ed il prolungamento della stagione pollinica, in particolare in estate, nonché l'espansione geografica verso nuove aree di specie botaniche allergizzanti (GARD, 2018).

Gli allergeni pollinici sono noti fattori causali di insorgenza e peggioramento dell'asma IgE-mediato nei soggetti sensibilizzati ai loro allergeni. La stagione pollinica, nel suo esordio, durata e intensità, può essere alterata dalle diverse condizioni climatiche, con inevitabili ripercussioni su frequenza ed intensità della sintomatologia allergica. Alcuni studi evidenziano che le piante mostrano una fotosintesi incrementata, con un aumento degli effetti riproduttivi, e producono più polline come risposta ad elevate concentrazioni di CO<sub>2</sub> in atmosfera (GARD, 2024).

Queste tendenze continueranno con il progredire dei CC, aumentando l'incidenza di sensibilizzazione allergica, specialmente nella popolazione in età pediatrica, con un possibile incremento di asma e allergie (GARD, 2018).

L'accresciuta prevalenza di sintomi allergici respiratori rende la pollinosi un problema di salute pubblica, anche per le alterazioni della qualità della vita che può determinare. Dall'8% al 35% di giovani adulti europei

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

presentano anticorpi di tipo IgE rivolti contro le graminacee. La severità dei sintomi dipende prevalentemente dalla quantità dei pollini e dalla loro forza allergenica.

Temporali con carica elettrica elevata in atmosfera nelle stagioni polliniche possono esacerbare, in pazienti allergopatici, sintomi a carico di occhi, naso e vie aeree. Dopo imbibizione da acqua piovana, i pollini possono rompersi per shock osmotico, rilasciando in atmosfera il contenuto citoplasmatico allergenico in microparticolato (di dimensioni paucimicroniche: 1-5  $\mu\text{m}$ ), il quale, se inalato, può penetrare nelle vie aeree inducendo asma talvolta anche grave. Esacerbazioni di tipo epidemico dell'asma nel corso di temporali nelle stagioni polliniche sono stati descritti in diverse città del mondo come Birmingham, Londra, Napoli, Melbourne ecc.

Le variazioni negli allergeni pollinici sono correlate con le variazioni climatiche indotte da un'accresciuta concentrazione di  $\text{CO}_2$  in atmosfera, la quale è in grado di indurre una più rapida e rigogliosa crescita di piante, tra cui erbe allergeniche che liberano pollini in quantità ed aggressività antigenica maggiore. È stato dimostrato che l'incremento della  $\text{CO}_2$  è in grado di determinare una maggiore allergenicità del polline di ambrosia (ragweed) e, di conseguenza, un'alterazione nella prevalenza e severità delle allergopatie stagionali. È stato anche osservato che il raddoppio della concentrazione atmosferica di  $\text{CO}_2$  potenzia la produzione di polline da ambrosia del 61 % per ogni pianta. Inoltre, il polline di ambrosia collezionato lungo le strade di grande traffico mostra una maggiore allergenicità, rispetto al polline raccolto in aree extraurbane.

Gli studi sulla risposta delle piante ad alti livelli di  $\text{CO}_2$  in atmosfera mostrano quindi che le stesse presentano un'aumentata fotosintesi e producono una quantità maggiore di pollini. Le più frequenti manifestazioni di allergia respiratoria causate da pollini in pazienti che vivono in aree urbane, comparate con quelli che vivono in aree rurali, sono da imputare ai più alti livelli di emissioni veicolari, all'urbanizzazione ed al cosiddetto stile di vita "occidentale" (GARD, 2024).

Inoltre, i cambiamenti climatici influiscono su mortalità e morbilità dovute non solo a malattie legate al caldo e malattie cardiorespiratorie, ma anche a malattie di origine infettiva, quali malattie legate a vettori come Chikungunya, West Nile, Dengue, Zika, malaria, e malattie respiratorie infettive determinate da virus, batteri, miceti e specie micobatteriche.

#### Salute umana e esposizione ad agenti fisici

In riferimento all'esposizione della popolazione all'inquinamento elettromagnetico la pianificazione degli interventi di sviluppo della RTN ad opera di TERNA prevede, oltre agli obiettivi di carattere tecnico-funzionale, obiettivi di carattere ambientale, in particolare per la tematica salute umana le scelte sono rivolte alla "riduzione dei livelli di esposizione ai CEM" e al "miglioramento del livello di qualità della vita dei cittadini".

Rispetto all'inquinamento acustico, le principali problematiche che possono emergere nell'attuazione del PNIEC risultano quelle legate alla fase di cantiere sia per la realizzazione degli impianti ad energie rinnovabili che per gli interventi di efficienza energetica, pur se limitata al tempo strettamente necessario per la realizzazione dell'opera.

Relativamente all'energia eolica, si considera che l'evoluzione tecnologica delle turbine tende a ridurre la produzione di rumore, nelle turbine di ultima generazione è stata ottenuta una significativa mitigazione del rumore emesso.

È opportuno, comunque, effettuare in fase progettuale la verifica in sito dei livelli assoluti e differenziali del rumore immesso nell'ambiente circostante (relazione previsionale del clima acustico).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

6.10.2 Salute umana e esposizione ad eventi naturali

Tra gli ulteriori elementi di esposizione per la popolazione a fattori di rischio legati alle misure e interventi sul territorio in attuazione del PNIEC, vanno considerati i rischi connessi agli eventi naturali come le frane e le inondazioni.

Popolazione a rischio frane residente in aree a pericolosità PAI.

La popolazione a rischio frane in Italia risulta complessivamente pari a 5,7 milioni di abitanti, di cui: quasi 500.000 residenti in aree a pericolosità molto elevata P4 PAI; quasi 804.000 residenti in aree a pericolosità elevata P3; 1,7 milioni in aree a pericolosità media P2; 2 milioni in aree a pericolosità moderata P1 e quasi 677.000 abitanti in aree di attenzione (Figura 6-15). Se consideriamo le 2 classi a maggiore pericolosità (P3+P4) la popolazione a rischio frane ammonta a 1,3 milioni di abitanti, pari al 2,2% del totale (dicembre 2021).

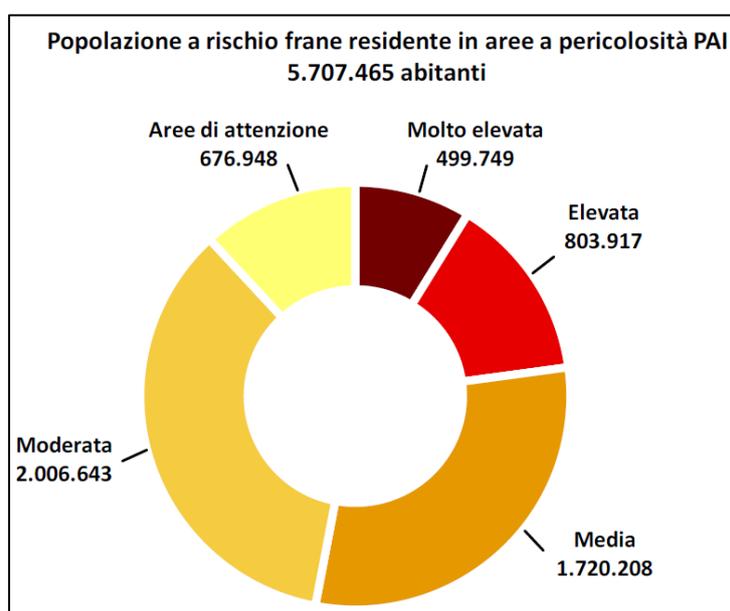


Figura 6-15: Popolazione a rischio frane residente in aree a pericolosità PAI in Italia – elaborazione 2021

Popolazione esposta a rischio alluvioni.

La perimetrazione delle aree potenzialmente allagabili permette di identificare in maniera quantitativa le percentuali di popolazione esposta a rischio.

Sulla base degli scenari di pericolosità derivanti dalla mosaicatura delle aree allagabili realizzata dall'ISPRA (*Report ISPRA n. 353/2021*), aggiornata al 2020, e per confronto indicando i risultati della precedente mosaicatura ISPRA 2017, la popolazione residente in aree a pericolosità elevata (HPH) raggiunge il 4,1% della popolazione nazionale (3,5% al 2017); quella esposta a pericolosità media (MPH) è l'11,5% (10,4% al 2017) e infine la popolazione in aree a pericolosità bassa (LPH) è il 20,6% (15,7% al 2017). Analogamente a quanto osservato in precedenza si osserva una proporzionale crescita della popolazione esposta a rischio rispetto al passato.

Salute umana e geotermia

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Altro aspetto pertinente alcune misure del PNIEC, in particolare in relazione alla geotermia, è rappresentato dallo stato di salute della popolazione residente nelle aree geotermiche con riferimento all'impatto radiologico degli impianti e all'esposizione della popolazione a radiazioni ionizzanti.

La produzione di energia elettrica da fonti geotermiche in Italia è una peculiarità della Toscana. Nell'ottica di una gestione consapevole e sostenibile della risorsa geotermica Regione Toscana e ARPAT sin dal 2007 si sono occupate di indagare lo stato di salute della popolazione residente nelle aree geotermiche mediante lo studio "Geotermia e salute".

Nell'ambito degli studi condotti rientrano la valutazione dell'esposizione individuale ad acido solfidrico, il contributo all'impatto radiologico degli impianti geotermici legato alla fuoriuscita del gas e le corrette modalità di gestione dei residui della lavorazione.

"I fluidi geotermici estratti per la produzione di energia contengono sostanze radioattive naturali rilasciate dalle rocce, e l'attività di coltivazione e estrazione è stata studiata fin dagli anni '80 anche in quanto può portare ad un incremento nell'esposizione della popolazione e dei lavoratori alla radioattività naturale (UNSCEAR<sup>66</sup>, 1988 e 1993; CISE, Rapporto n. 4633, 1988), o per l'impatto ambientale dell'attività e la produzione di residui ad elevato contenuto di radioattività naturale (IAEA Technical Reports Series N. 419, 2003)"<sup>67</sup>.

La nuova normativa europea Direttiva 2013/59/EURATOM, stabilisce norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione contro i pericoli derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti, all'art. 23 individua classi o tipi di pratiche che comportano l'impiego di materiali contenenti radionuclidi presenti in natura e che determinano un livello di esposizione dei lavoratori o individui della popolazione non trascurabile dal punto di vista della radioprotezione; e inserisce nell'elenco dei settori industriali che comportano l'impiego di materiali contenenti radionuclidi presenti in natura (Allegato VI) gli impianti di produzione di energia geotermica.

### 6.10.3 Migrazioni climatiche

La crisi climatica e gli eventi meteorologici estremi sempre più intensi e frequenti portano con sé fenomeni inesorabili come l'incremento delle migrazioni: l'Organizzazione Internazionale per le Migrazioni (OIM) prevede un numero variabile tra 44 e 216 milioni di migranti climatici a livello globale entro il 2050. Nei 10 anni passati, 21,6 milioni di persone hanno dovuto migrare all'interno dei propri Paesi, mentre nei prossimi 10 un essere umano su 8 dovrà affrontare problemi come l'innalzamento del livello del mare, inondazioni, siccità, temperature estreme e insicurezza alimentare, anche in Europa e in Asia centrale, dove la mobilità umana legata alla crisi climatica finora è stata trascurabile.

Il costante aumento delle temperature e il moltiplicarsi degli eventi estremi aggravano l'emergenza degli sfollati interni che colpisce le regioni più fragili del globo. L'analisi condotta da Nicola Miraglio nell'articolo "*Crisi climatica e migrazioni: le connessioni in 13 grafici*" scritto nell'aprile 2024 nell'ambito del "Corso di giornalismo d'inchiesta ambientale" organizzato da A Sud, CDCA – Centro di Documentazione sui Conflitti Ambientali ed EconomiaCircolare.com, in collaborazione con IRPI MEDIA, Fandango e Centro di Giornalismo Permanente, conferma il nesso tra i due fenomeni e mostra come la crisi umanitaria che ne deriva metta a rischio la capacità di resistere e adattarsi ai cambiamenti climatici.

---

<sup>66</sup> United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR)

<sup>67</sup> Analisi dell'impatto radiologico delle centrali geotermiche e la normativa italiana -Silvia Bucci, Ilaria Peroni, Gabriele Pratesi, Stefano Rossi, Luigi Valli - ARPAT

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Gli effetti della crisi climatica si manifestano a molteplici livelli connessi tra loro: ambientale, con l'alterazione degli ecosistemi naturali e la conseguente perdita di biodiversità; economico, con danni fisici alle infrastrutture e perdite economiche in diversi settori produttivi (come agricoltura, pesca e turismo); sociale e politico, laddove le minacce alla sicurezza alimentare, la povertà, le crescenti disuguaglianze economiche e i flussi migratori contribuiscono ad accrescere le tensioni sociali, aumentando il rischio di instabilità e di conflitto.

Per quanto riguarda la dimensione umanitaria, stando all'ultimo rapporto annuale sugli sfollati interni, il Global Report on Internal Displacement (GRID 2023) pubblicato dall'Internal Displacement Monitoring Center (IDMC) e dal Norwegian Refugee Council, il 2022 ha fatto registrare un nuovo record di sfollati interni a livello planetario: 71,1 milioni di persone, di cui il 45 % (32,6 milioni) è stato costretto ad abbandonare la propria casa a causa dei disastri naturali legati alla crisi climatica.

Sempre i dati pubblicati dall'IDMC mostrano come dal 2008 al 2022 gli eventi estremi siano aumentati del 92 % (2312 casi registrati nel 2022 rispetto ai 184 del 2008), con una crescita pressoché costante che riflette l'andamento crescente del riscaldamento globale e che mette in luce come la migrazione indotta dalla crisi climatica sia già in corso. Nella Figura 6-16 sono stati affiancati l'andamento degli eventi estremi registrati dal 2008 e quello degli sfollati interni per ragioni legate al cambiamento climatico: è possibile osservare come negli ultimi anni le due curve seguano andamenti pressoché sovrapponibili.

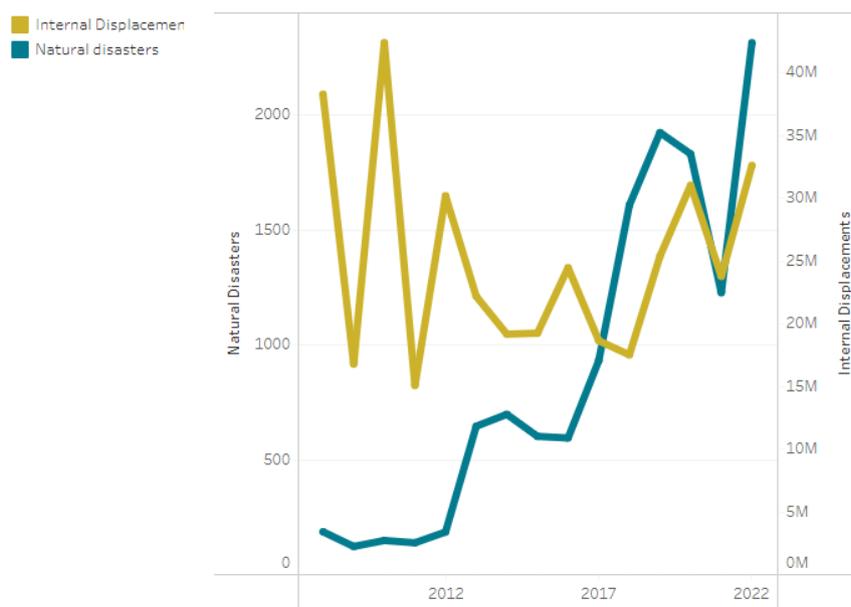


Figura 6-16: Timeline Internal displacements – Disastri naturali. Fonte: IDMC (Miraglio N., 2024)

I Paesi nei quali, dal 2000, si è registrato il maggior numero di eventi climatici estremi (secondo i dati dell'[International Disaster Database, EM-DAT](#)) sono stati: Cina, Stati Uniti, India, Indonesia, Filippine, Vietnam, Giappone, Messico, Pakistan e Afghanistan (Figura 6-17). Nella Figura 6-18 è riportata la situazione dell'Italia.

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

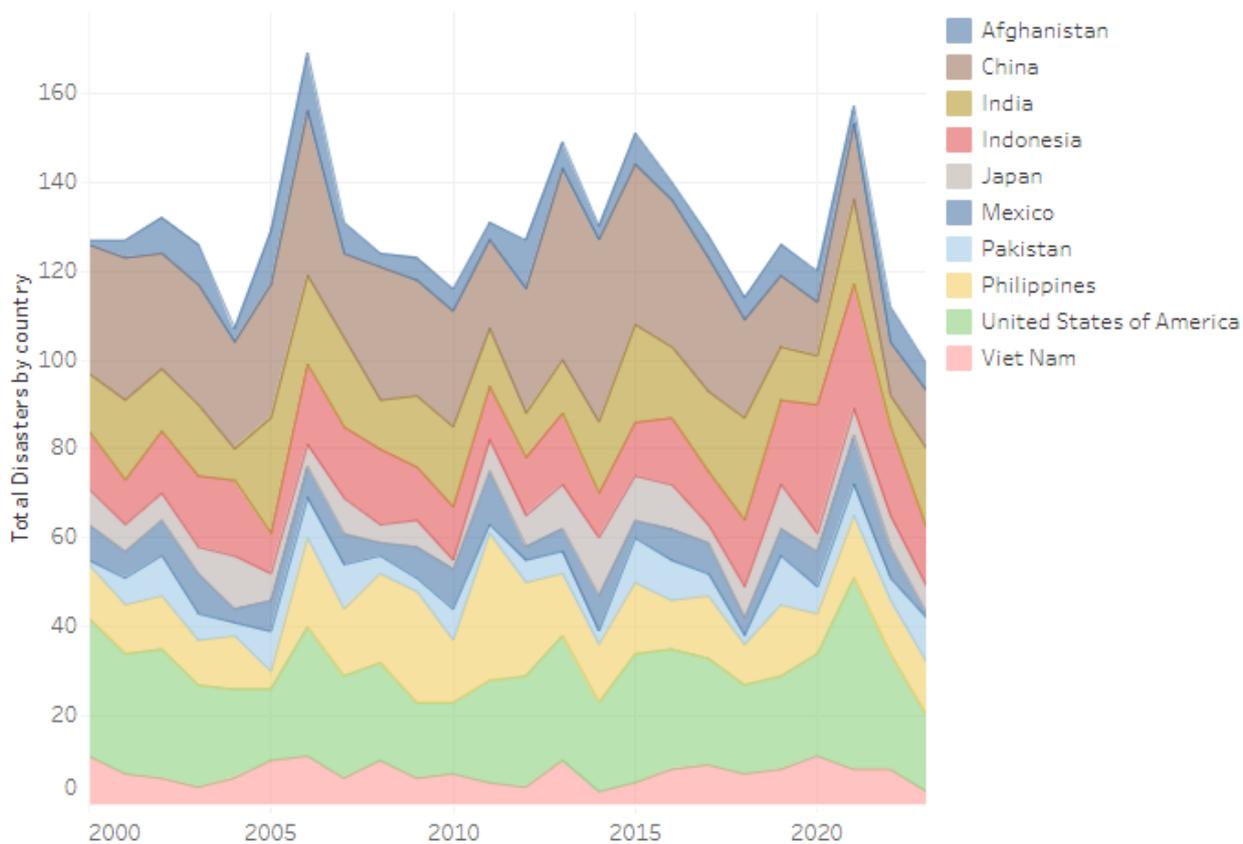


Figura 6-17 – Timeline totale dei disastri naturali per singolo Paese, focus sui dieci più colpiti. Fonte: EM-DAT (Miraglio N., 2024)

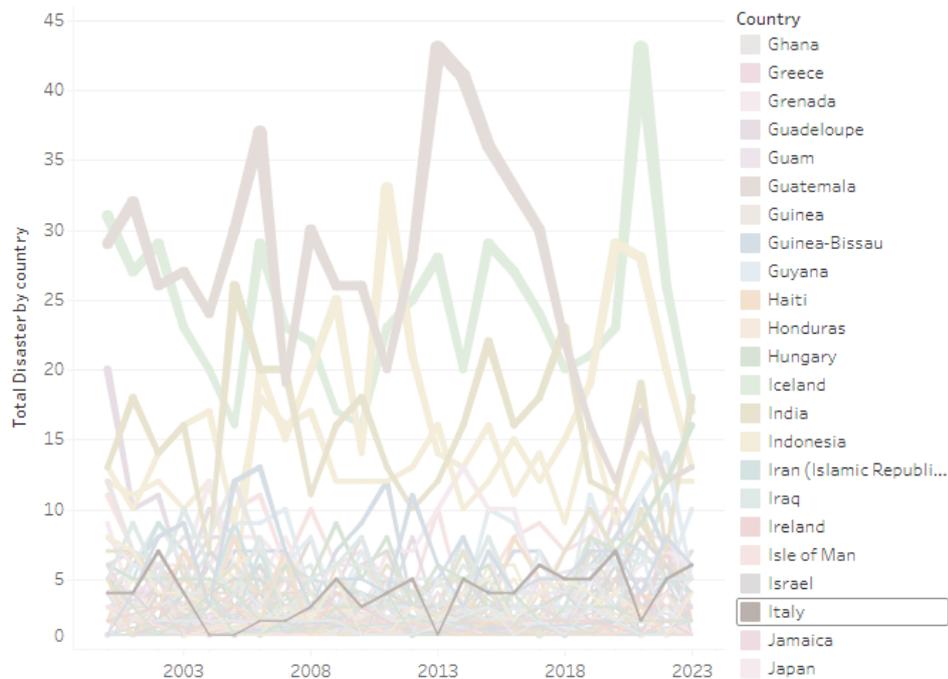


Figura 6-18 – Timeline totale dei disastri naturali in Italia. Fonte: EM-DAT (Miraglio N., 2024)

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Il confronto tra le informazioni sui disastri naturali e i dati degli sfollati interni consente di acquisire ulteriori elementi utili a ricostruire il quadro generale dei fenomeni in atto.

Da un lato, la presenza di alcuni Paesi già identificati come principale bersaglio degli effetti dei cambiamenti climatici (Cina, Filippine, India, Pakistan, Stati Uniti e Indonesia) conferma la stretta correlazione tra gli impatti negativi della crisi climatica e i relativi danni alle comunità colpite. Dall'altro lato, nelle prime dieci posizioni della classifica sugli sfollati interni si trovano anche nuovi Paesi (come Nigeria, Bangladesh, Cuba e Myanmar), particolarmente gravati dalle conseguenze degli eventi climatici estremi, anche se ne subiscono in numero minore rispetto ai precedenti (Figura 6-19. Nella Figura 6-20 è riportata la situazione dell'Italia).

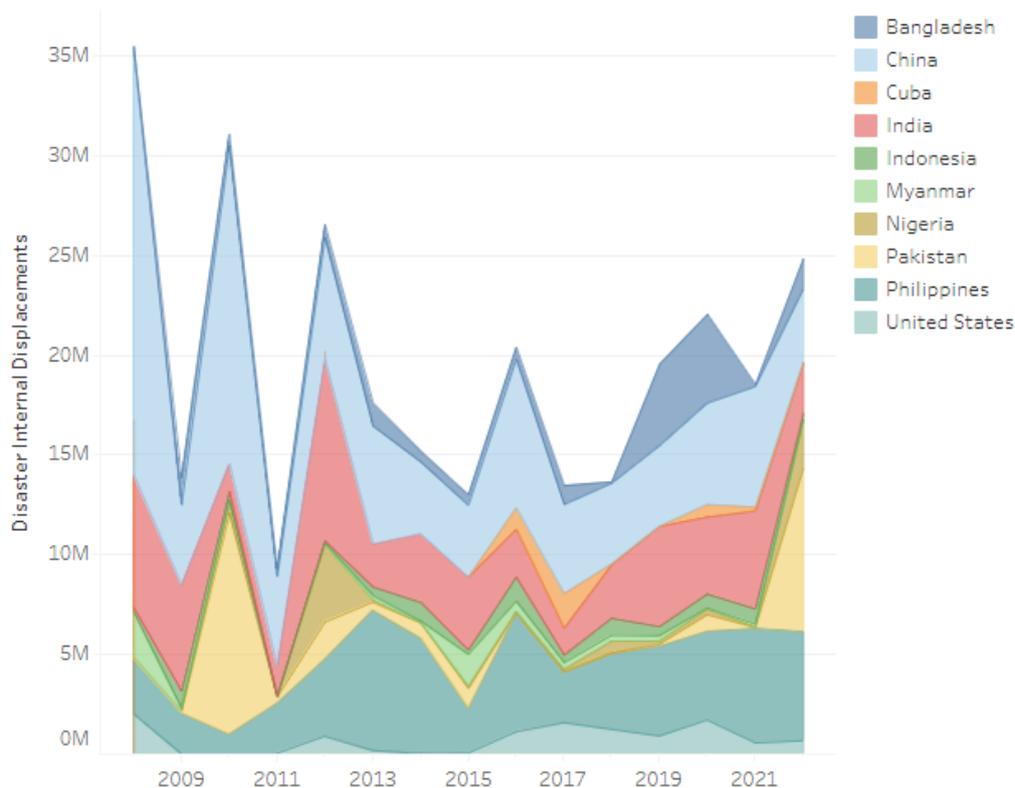


Figura 6-19 – Timeline totale sfollati interni per singolo Paese, focus sui primi dieci. Fonte: IDMC (Miraglio N., 2024)

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

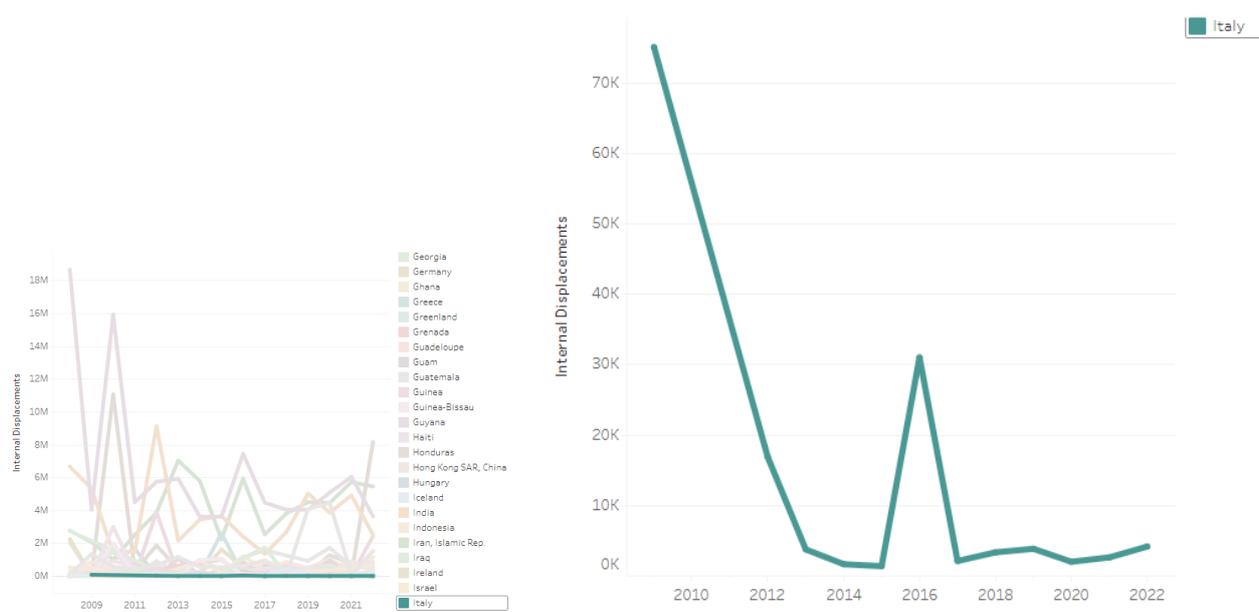


Figura 6-20 – Timeline totale sfollati interni in Italia. Fonte: IDMC (Miraglio N., 2024)

La crisi climatica rischia, quindi, di essere un moltiplicatore di disuguaglianze: gli effetti del riscaldamento globale colpiscono in modo sproporzionato i Paesi più poveri e gli strati più vulnerabili della popolazione, rischiando di accentuare il divario esistente tra parti del mondo capaci di fronteggiare le sfide poste dai cambiamenti climatici e parti, invece, sprovviste degli strumenti e delle risorse necessarie per resistere.

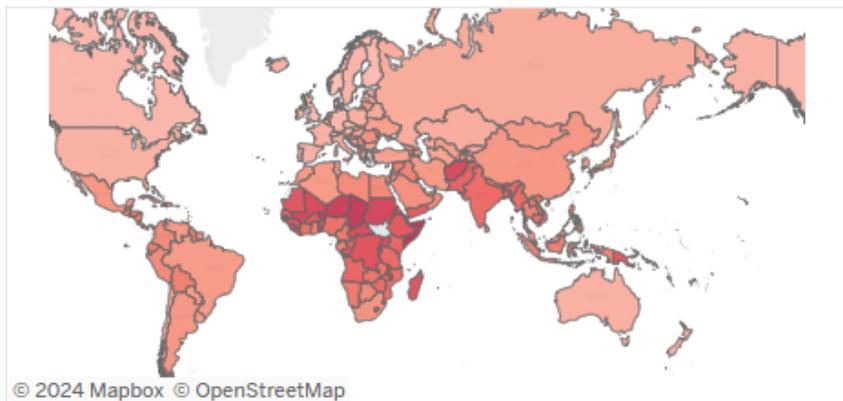
Il sesto rapporto dell'IPCC, infatti, riporta che tra i 3,3 e i 3,6 miliardi di persone vivono in contesti altamente vulnerabili ai cambiamenti climatici e che le regioni con maggiori ostacoli allo sviluppo sono anche le più fragili ed esposte ai rischi climatici.

I ricercatori della Notre Dame Global Adaptation Initiative (ND-GAIN, istituto che sostiene i decisori politici analizzando i dati e individuando politiche di adattamento efficaci) hanno calcolato che le persone che vivono nei Paesi meno sviluppati hanno dieci volte più possibilità ogni anno di essere colpite da un disastro climatico rispetto a quelle dei Paesi ricchi.

Guardando nello specifico all'indice di vulnerabilità elaborato dal programma dell'università francese, si osserva come i Paesi delle regioni più povere del mondo – principalmente situate nel continente africano e in quello asiatico – occupino le prime posizioni della classifica, registrando i tassi più elevati di rischio e, contemporaneamente, si posizionino al fondo del ranking per quanto riguarda la capacità di sfruttare le risorse e convertirle in azioni di adattamento (Readiness index) (Figura 6-21). Nella Figura 6-22 sono illustrati l'indice di vulnerabilità e il readiness index dell'Italia.

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

Global Vulnerability to climate change



Vulnerability Index 2021



Global Readiness to climate change



Readiness index 2021



Figura 6-21 – Confronto tra vulnerabilità e preparazione dei singoli Paesi di fronte ai cambiamenti climatici (Miraglio N., 2024)

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

## Global Vulnerability to climate change



Vulnerability Index 2021

0,3261

## Global Readiness to climate change



Readiness index 2021

0,5284

Figura 6-22 – Confronto tra vulnerabilità e preparazione dell'Italia di fronte ai cambiamenti climatici (Miraglio N., 2024)

Accanto ai fattori politici, economici e sociali che concorrono a definire il grado di vulnerabilità di un paese vi sono fattori strettamente legati alla fisica del clima. Gli scienziati parlano a questo proposito di “hotspot climatici” in riferimento a quelle «regioni che mostrano le maggiori variazioni in molteplici statistiche (media, variabilità ed estremi) delle variabili climatiche», ovvero punti caldi del pianeta in cui gli effetti dei cambiamenti climatici risultano più intensi.

In particolare, l'Asia centrale e meridionale, le regioni del Sahel e dell'Africa tropicale occidentale, alcune aree dell'America centrale (tra cui l'Amazzonia), l'Indonesia e il Mediterraneo sono aree che registrano forti variazioni di temperatura – con un aumento dei valori e della durata dei picchi di calore – e rilevanti mutamenti nelle precipitazioni – sia in termini di frequenza che di intensità.

L'aggravarsi delle condizioni climatiche trasforma progressivamente alcune zone del mondo in aree inadatte alla vita, costringendo milioni di persone alla fuga. Secondo il rapporto Groundswell della World Bank (2021), entro il 2050 almeno 216 milioni di persone saranno costrette a migrare a causa delle conseguenze del cambiamento climatico. Il numero più alto riguarderà l'Africa sub-sahariana: 86 milioni di persone, pari al 4,2% della popolazione totale; 49 milioni in Asia orientale e nell'area del Pacifico, 40 milioni in Asia meridionale; 19 milioni nell'Africa settentrionale e 17 milioni in America Latina.

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

In Figura 6-23 è illustrato il volume del flusso di migrazione nei singoli continenti tra il 1990 e il 2020 sulla base dei dati pubblicati dal Dipartimento degli Affari Economici e Sociali delle Nazioni Unite (UN DESA) e nella Figura 6-24 è riportata la classifica dei primi 30 Paesi per volume di emigrazioni.

Il continente asiatico risulta quello che ha registrato il maggior numero di partenze nell’arco di tempo osservato e che vede la presenza del 40% dei primi 30 Paesi per emigrazioni.

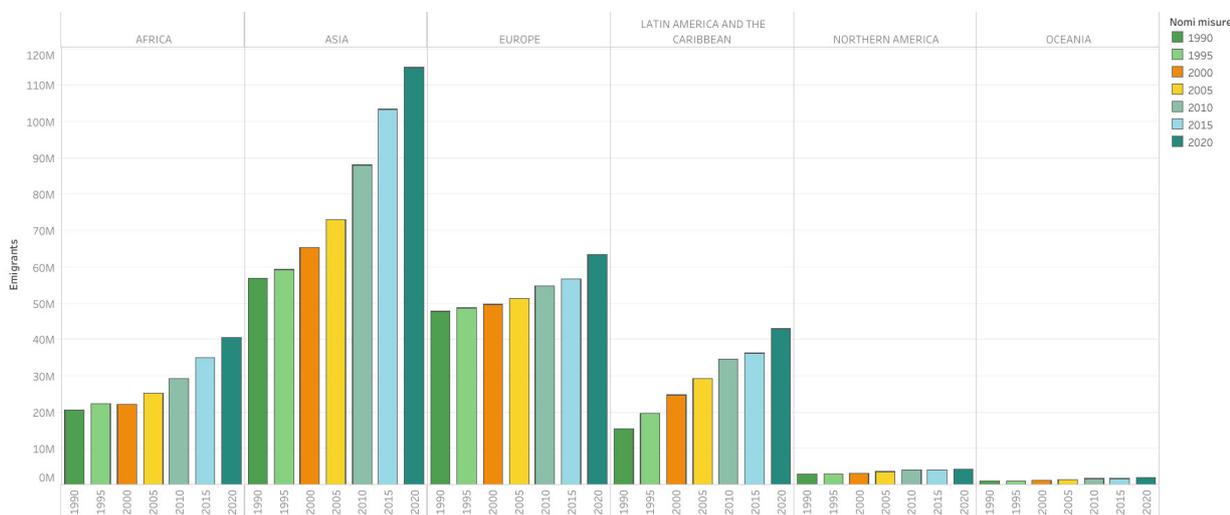


Figura 6-23 – Volume del flusso di emigrazioni nei singoli continenti. Fonte ONU (Miraglio N., 2024)

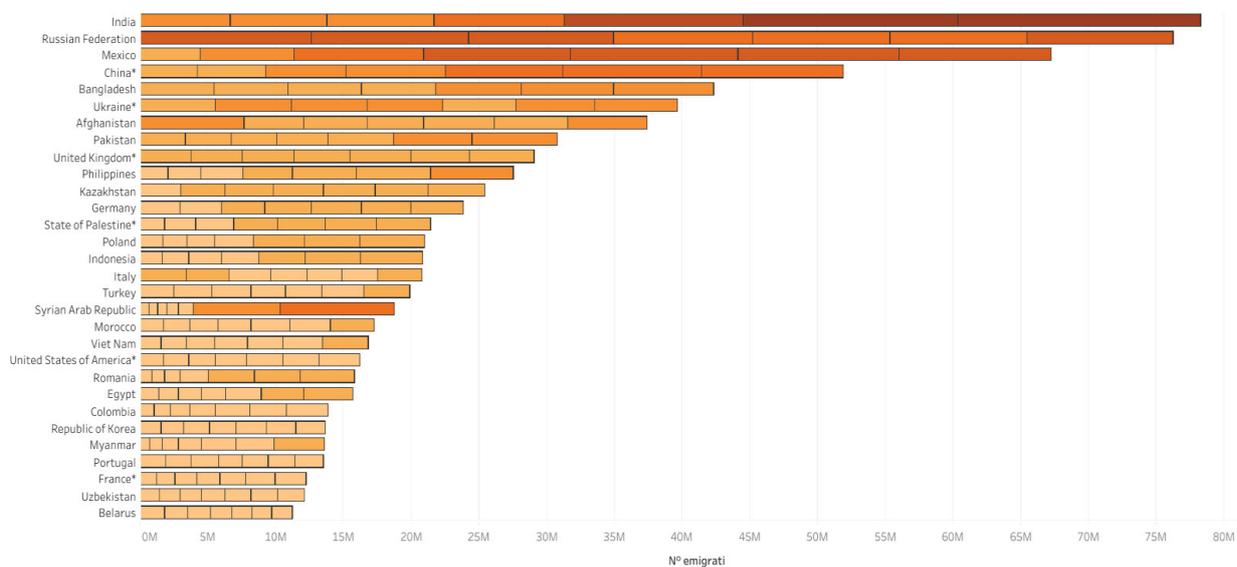


Figura 6-24 – Classifica dei primi 30 Paesi per volume di emigrazioni (Miraglio N., 2024)

Le proiezioni della Banca Mondiale confermano il ruolo centrale dell’Asia, ma prefigurano al contempo alcune variazioni rispetto ai trend registrati nei decenni passati, con un significativo aumento dei flussi migratori in partenza dai Paesi africani.

Per comprendere il complesso rapporto tra cambiamenti climatici e migrazioni, infatti, non è possibile soffermarsi solo sugli eventi estremi improvvisi (come inondazioni, tempeste e uragani), ma è utile guardare anche agli effetti dei cambiamenti a lenta insorgenza: siccità, degrado dei suoli, innalzamento del livello del mare e aumento graduale delle temperature interagiscono con altri fattori economici, politici e sociali,

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

mettendo a rischio la sopravvivenza delle popolazioni di intere aree. Come sottolineato da diversi studi, questo tipo di cambiamenti può rendere più gravi le ripercussioni dei disastri improvvisi o innescare risposte volontarie ed economicamente motivate, che portano gli individui ad affrontare spostamenti anche sulle lunghe distanze.

In generale, i dati e le analisi degli esperti mostrano quindi come la migrazione sia uno strumento di risposta alla crisi climatica, ovvero una strategia di adattamento proattiva o uno spostamento forzato di fronte a rischi mortali legati al cambiamento del territorio e alla mancanza di risorse.

I Paesi maggiormente interessati dai flussi migratori sono anche quelli meno preparati ad affrontare gli effetti della crisi climatica: spesso in queste aree le calamità naturali amplificano situazioni già critiche a causa di conflitti armati o di condizioni di forte povertà, aumentando la vulnerabilità delle popolazioni e riducendo fortemente le capacità di intraprendere azioni di mitigazione e adattamento da parte delle istituzioni. Di fronte alla mancanza di politiche attive di sostegno, la migrazione risulta la principale (se non l'unica) strategia di adattamento possibile per le comunità dei Paesi in via di sviluppo.

Lo studio di Deuster *"The Link between Disaster Displacement and Migration Intentions – Evidence from global survey data"* (Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2024) ha dimostrato la stretta correlazione tra il verificarsi di gravi problemi ambientali e la probabilità che le persone colpite pensino di doversi spostare in un futuro prossimo dal luogo in cui abitano per ragioni legate ai cambiamenti climatici. Probabilità che cresce significativamente all'interno del campione dei Paesi sottosviluppati: la necessità di migrare risulta, infatti, quattro volte superiore in questo gruppo rispetto alle aree economicamente più sviluppate del mondo.

Le specificità dei singoli contesti giocano, dunque, un ruolo chiave nel complesso meccanismo che influenza il modo in cui i cambiamenti climatici impattano sulle diverse aree del Pianeta. La crisi climatica colpisce tutti, ma non tutti allo stesso modo. È quindi fondamentale agire anzitutto coinvolgendo i più vulnerabili, cercando di mettere in atto una transizione giusta che, accanto alle azioni per il clima, accolga anche misure volte a ridurre le disuguaglianze socio-economiche esistenti (Miraglio N., 2024).

Anche in Italia è sempre più evidente che il cambiamento climatico stia già avendo un impatto oltre che sull'ambiente e l'economia anche sulle comunità locali. Pertanto, anche se apparentemente può sembrare una forzatura parlare di sfollati del clima e di spostamenti forzati per cause ambientali sul territorio nazionale, gli eventi dimostrano che ha un senso.

Dal Rapporto sull'adattamento ai cambiamenti climatici e la riduzione del rischio da disastri nell'UE dell'Agenzia europea per l'Ambiente, dal 1980 al 2015 l'Italia ha subito danni per quasi 65 miliardi di euro a causa degli eventi climatici estremi. Tra i 33 Paesi dello Spazio Economico Europeo, l'Italia ha registrato le perdite economiche più ingenti e si classifica al secondo posto per numero di vittime, oltre 20 mila, dopo la Francia (23 mila). Il Nord Italia viene indicato tra le aree che in futuro potrebbero vedere aumentato il rischio alluvioni, insieme alle isole britanniche e all'Europa occidentale. Tra i settori economici l'agricoltura è sicuramente quello che ne fa le spese maggiori. Coldiretti ha quantificato i costi degli ultimi dieci anni in 14 miliardi di euro, mentre si stimano costi per l'economia nazionale compresi tra 20 e 30 miliardi di euro entro il 2030. Inoltre, tra i settori economici che subiranno i maggiori contraccolpi c'è anche quello del turismo, principalmente quello invernale, che frutta circa 10 miliardi di euro ogni anno (Altiero e Marano, 2018).

Dal 2010 al 2017, secondo quanto riportato nel dossier di Legambiente *"Sos acqua: nubifragi, siccità, ondate di calore. Le città e i territori alla sfida del clima"* (Legambiente, 2018) sono:

- 198 i comuni italiani colpiti da eventi climatici disastrosi
- 340 i fenomeni meteorologici estremi che hanno provocato danni nel territorio italiano

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

- 94 i casi di allagamenti da piogge intense
- 109 i casi di danni alle infrastrutture da piogge intense
- 14 i casi di danni provocati da prolungati periodi di siccità
- 52 gli eventi con danni causati da trombe d'aria
- 16 i casi di frane causate da piogge intense
- 46 gli eventi causati da esondazioni fluviali
- 157 le vittime e oltre 45.000 gli sfollati a causa del maltempo
- 23.880 i morti in 23 città italiane tra il 2005 e il 2016 per le ondate di calore.

Emerge dunque che un'analisi delle criticità ambientali e di gestione del territorio può aiutare a comprendere come il riscaldamento globale e altri fattori ambientali siano causa di migrazioni forzate e sfollamenti anche nel nostro paese (Altiero e Marano, 2018; Legambiente, 2018).

### 6.11 Ambiente marino costiero

Le misure necessarie per la crescente decarbonizzazione del sistema energetico e per garantirne la stabilità implicano la realizzazione, nel medio termine, di una serie di impianti ed infrastrutture fisiche (potenziamento delle interconnessioni, resilienza delle reti, stoccaggi di energia su vasta scala, etc), che possono avere impatti sull'ambiente marino costiero, con effetti sulla biodiversità, sulle componenti fisiche degli ecosistemi e sulla qualità dei corpi idrici.

La sicurezza energetica nazionale è una priorità strategica per ogni Paese e richiede un'attenta considerazione degli scenari economici e geopolitici in grado di influenzare le diverse fonti di approvvigionamento, al fine di poter garantire una "disponibilità costante di fonti energetiche affidabili a un costo accessibile" (IEA, 2023).

In questo contesto al *gas naturale (GN)*, che rappresenta una delle fonti di energia più utilizzata al mondo per la produzione di energia elettrica e calore, sia per i consumi domestici, sia per l'uso industriale, è attribuito un ruolo rilevante nel processo di decarbonizzazione del sistema energetico nazionale e per garantirne la stabilità nel percorso verso le energie rinnovabili.

La sua crescente domanda anche da parte dell'Italia, che per quantitativi di risorsa estratta non è autosufficiente per coprire il fabbisogno nazionale, unitamente ai recenti eventi geopolitici relativi al conflitto fra Russia ed Ucraina, ha posto l'esigenza di incrementare e diversificare le vie di importazione, così da rendere l'approvvigionamento meno legato all'offerta di singoli Paesi.

La domanda di GN in Italia, pari nel 2022 a 68,7 miliardi di metri cubi, è stata coperta per il 4% dalla produzione nazionale e per il rimanente 96% dalle importazioni (MASE, 2023), che avvengono attraverso gasdotti (sotto forma gassosa) e tramite l'utilizzo di terminali di rigassificazione per il Gas Naturale Liquefatto (GNL). L'incremento del numero di impianti di rigassificazione potrebbe rappresentare in futuro una valida soluzione per fornire al Paese una maggiore autonomia. Nel 2022 le importazioni via gasdotto (80,3% delle importazioni totali) hanno registrato una riduzione rispetto al 2021. In particolare, sono diminuite le importazioni dalla Russia (-52%) e dalla Libia (-19%), mentre sono risultate in aumento le importazioni dall'Algeria (+11%), dal Nord Europa (+250%) e dall'Azerbaijan attraverso la TAP- Trans-Adriatic Pipeline (+43%) (MASE, 2023). L'importazione di GNL nel 2022, pari a circa 14,3 miliardi di metri cubi (19,7% del totale delle importazioni), risulta invece in aumento rispetto all'anno precedente. In particolare, nel 2022, i tre rigassificatori in esercizio in Italia hanno ricevuto, rispetto al 2021, quantitativi maggiori di GNL: Adriatic LNG (Porto Viro) 8,3 miliardi di metri cubi (+13,6%), GNL Italia (Panigaglia) 2,2 miliardi di metri cubi (+108,2%), OLT (Livorno) 3,8 miliardi

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

di metri cubi (+162,6%) (MASE, 2023). Agli impianti di Panigaglia, Porto Viro e Livorno in esercizio nel 2022 si è aggiunto il Rigassificatore di Piombino (Snam Rete Gas) che è entrato in esercizio a luglio del 2023.

Al fine di accelerare questo percorso, il Governo italiano è recentemente intervenuto anche sul contesto autorizzativo per la realizzazioni di nuova capacità di GN, approvando il D.L. 50/2022 (convertito nella L. 91/2022) ed il successivo D.L. 57/2023 (convertito nella L. 95/2023), che lo ha in parte modificato, nonché da ultimo il D.l. n. 181/2023 (c. d. "Decreto energia"), ribadendo che le opere finalizzate all'incremento della capacità di rigassificazione, mediante unità galleggianti di stoccaggio e rigassificazione e onshore, unitamente alle infrastrutture connesse, costituiscono interventi strategici di pubblica utilità, indifferibili e urgenti.

L'individuazione delle pressioni e l'analisi dei potenziali impatti sull'ambiente marino, in particolare, sono strettamente correlate alle caratteristiche del progetto ed allo specifico contesto ambientale in cui l'impianto è previsto. La tipologia d'impianto di rigassificazione può determinare una differente interazione con l'ambiente marino, sia nella fase di installazione sia nella successiva fase di esercizio.

Tali infrastrutture, per la loro complessità, necessitano di un'attenta analisi e controllo dei potenziali impatti, sia in fase di realizzazione che di esercizio, prevedendo in quest'ultimo caso l'elaborazione ed attuazione di uno piano di monitoraggio ambientale. Andranno, pertanto, monitorati e controllati i potenziali impatti sulle componenti fisico-chimiche e biologiche delle aree coinvolte dalla messa in opera del rigassificatore e del gasdotto e di tutte le opere connesse, nonché gli effetti delle emissioni idriche a mare, principalmente gli scarichi delle acque di processo (in fase di esercizio). È da tenere in considerazione, inoltre, il rumore sottomarino prodotto sia in fase di realizzazione sia in fase di esercizio delle opere, che potrebbe originare interferenze negative su mammiferi, rettili e specie ittiche marine presenti nelle vicinanze dell'area di progetto. Anche l'incremento del traffico marittimo legato al transito di mezzi navali a supporto delle attività di cantiere e di esercizio potrebbe determinare impatti associati al rumore subacqueo indotto dal loro passaggio oltre al possibile rilascio di contaminanti.

Le principali pressioni ed i possibili impatti relativi alla messa in posa ed all'esercizio delle strutture possono essere differenti se ad essere realizzato sarà un rigassificatore di tipo "galleggiante" (come, ad esempio, le unità *Floating Storage Regassification Unit* o FSRU) oppure infrastrutture adagate sui fondali (i terminali del tipo *Gravity Based Structures* o GBS) che, ad oggi, in Italia rappresentano entrambe le uniche tipologie di impianti di rigassificazione, se si esclude il terminale onshore di Panigaglia, in esercizio dalla fine degli anni '70 e localizzato nella baia di Panigaglia (SP), all'interno del Golfo della Spezia.

Per quanto riguarda l'installazione dei rigassificatori, i potenziali impatti dipendono dalla tipologia di terminale. Per le unità "galleggianti", il posizionamento può avvenire tramite collegamento a banchine o al fondale marino con un sistema di ancoraggio. In quest'ultimo caso, occorrerà valutare l'interazione del sistema di catenarie di ormeggio con il fondale, con possibili impatti correlati alla movimentazione dei sedimenti marini (funzione delle caratteristiche granulometriche, dei potenziali livelli di contaminanti preesistenti e, conseguentemente, del rilascio nell'ambiente circostante per risospensione e dispersione del particolato nella colonna d'acqua, funzione del regime idrodinamico dell'area). Altro aspetto da considerare è la presenza di allevamenti di bivalvi e/o di specie ittiche, o ambienti sensibili (ad es. praterie di fanerogame marine, aree a fondi duri, banchi naturali di bivalvi) e delle potenziali modifiche, limitate o permanenti, che possono coinvolgere le biocenosi o la morfologia del fondale.

Nel caso dei terminali tipo GBS, invece, l'installazione avviene per affondamento della struttura tramite zavorramento, impiegando una miscela ad hoc di materiale solido misto ad acqua, reimpressa, poi, nell'ambiente marino. Le caratteristiche granulometriche e chimiche del materiale solido impiegato sono fondamentali, non solo per garantire la stabilità della struttura sottoposta a sollecitazioni indotte dalle forzanti marine (onde e correnti), ma anche per gli aspetti ambientali (la presenza di una eventuale percentuale di

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

frazione fine potrebbe provocare dispersione del materiale ed un aumento della torbidità). Un altro potenziale impatto è legato all'occupazione fisica di una porzione di fondale, che potrebbe determinare modifiche del regime idrodinamico, da valutare con opportuni rilievi correntometrici, nonché di perdita delle biocenosi bentoniche eventualmente presenti ed una possibile modifica e/o cambiamento di quelle adiacenti (la presenza di una struttura rigida potrebbe rappresentare una nuova area di attecchimento o di attrazione per le specie bentoniche e nectoniche).

In merito, invece, alla fase di esercizio dei terminali, che coincide con l'avvio della produzione di GN e l'invio alla rete nazionale, tramite condotta sottomarina di collegamento alla stazione di distribuzione, il principale impatto è legato all'impiego di consistenti volumi di acqua di mare nel processo di rigassificazione (cessione di calore da questa al gas criogenico liquefatto, per riportarlo nella fase gassosa), che generalmente rappresentano la percentuale più consistente rispetto ad ulteriori scarichi. L'acqua impiegata nel circuito è successivamente reimpressa in mare, dopo aver subito variazioni di temperatura e di pressione nel percorso all'interno dell'impianto e dopo essere stata trattata con agenti antivegetativi. Al fine di limitare i potenziali impatti negativi sulla componente biotica dell'ambiente marino, la temperatura dello scarico deve mantenersi all'interno di un determinato range termico, rispetto a quella del corpo recettore, per evitare ripercussioni sulla componente planctonica e, quindi, sulla fauna ittica del bacino interessato. Analogamente, la concentrazione di cloro attivo, utilizzato come agente antivegetativo, deve rispettare allo scarico i limiti previsti dalla norma (rif. Tabella 3, Allegato 5, Parte terza del D.Lgs. 152/2006). Tale elemento deve essere monitorato con particolare attenzione in quanto può dare origine a composti alogenoderivati e legarsi all'ione ammonio formando clorammine, alcuni composti dei quali rientrano tra le "sostanze prioritarie", come definite dal D.Lgs. 152/2006 (Allegato III, parte III), in quanto tossiche, persistenti e mutagene per gli organismi viventi.

Altri potenziali imputabili allo scarico in mare delle acque di processo sono correlati alla possibile mobilitazione dei sedimenti del fondale, ad opera del flusso di acqua in uscita, e la produzione di "schiume".

Nel primo caso, in funzione del suo posizionamento (quota rispetto al fondo, portata del flusso, orientamento del getto) e delle caratteristiche dell'ambiente marino recettore (granulometria e chimica-fisica dei sedimenti), può determinarsi un aumento di torbidità e la potenziale messa in circolo di inquinanti nella colonna d'acqua, qualora presenti nei sedimenti. Per quanto riguarda la possibile formazione di schiume, che si può manifestare in particolari condizioni di trofia delle acque, si tratta di un fenomeno correlato al disfacimento dei microorganismi naturalmente presenti nell'acqua di mare prelevata, sottoposti a *stress* meccanico e *shock* termico nel circuito di rigassificazione stesso, in relazione alle condizioni meteorologiche locali e soprattutto in aree marine che presentano maggiore trofia. Inoltre, la configurazione dello scarico stesso (ad esempio presenza di un salto idraulico o la sua geometria) e la tipologia di sistema di rigassificazione possono amplificare il fenomeno. In considerazione delle caratteristiche dell'ambiente recettore e delle caratteristiche fisico-chimiche ed ecotossicologiche delle schiume, dovrà essere considerato anche questo aspetto nel piano di monitoraggio dei possibili effetti sull'ambiente e valutata l'applicazione di idonee misure di mitigazione.

Anche gli ulteriori scarichi, prodotti dal rigassificatore, quali i reflui di origine civile (laddove non trasportati a terra), le acque provenienti dai sistemi antincendio, le acque meteoriche di raccolta potenzialmente contaminate da idrocarburi, le acque di zavorra (nel caso di FSRU), potrebbero produrre eventuali impatti sull'ambiente marino e pertanto dovranno essere monitorati caso per caso, selezionando opportunamente le matrici e i parametri da analizzare per una valutazione di tutti i potenziali impatti determinabili dall'insieme delle attività di processo.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Per quanto riguarda, infine, il gasdotto per il trasporto a terra del GN, la sua collocazione può essere prevista direttamente sul fondale oppure all'interno di una trincea poi ricoperta. In quest'ultimo caso, soprattutto, i principali effetti sugli ecosistemi marini saranno imputabili alla movimentazione del sedimento che, in funzione della granulometria e delle tecniche di posa utilizzate, potrebbe risospingere i sedimenti con un conseguente aumento della torbidità ed un possibile rilascio di sostanze inquinanti, se presenti, lungo la colonna d'acqua. Si potrà anche avere una sottrazione e/o modificazione delle biocenosi bentoniche (defaunazione) eventualmente presenti lungo il tracciato, che dovrebbe gradualmente ridursi con il ripristinarsi delle condizioni iniziali, grazie alla progressiva ricolonizzazione del sedimento, e una alterazione morfologica del fondale, il cui ripristino sarà funzione della natura e dalla profondità dello stesso. La scelta oculata del percorso del tracciato è, inoltre, fondamentale (azione di mitigazione) per evitare impatti con habitat sensibili o di pregio, quali ad esempio le fanerogame marine e i fondi a coralligeno. Qualora non sia possibile evitarne l'interferenza, sarà necessario prevedere eventuali interventi di compensazione, come ad esempio le operazioni di trapianto.

Un altro aspetto da tenere presente è legato all'attraversamento della tubazione della linea di costa all'approdo a riva. Negli ultimi anni questo passaggio progettuale lo si realizza tramite metodologie "trenchless", che permettono il passaggio in profondità evitando la realizzazione di trincee a cielo aperto lungo gli arenili. L'impiego di tali tecnologie, però, può comportare la perdita di parte del fluido di perforazione, utilizzato per le operazioni di escavo, o/e del sedimento stesso movimentato e, per questo, è una fase di realizzazione che va monitorata.

Relativamente agli *impianti di energia rinnovabile elettrica off-shore*, parchi eolici e impianti fotovoltaici, e alle relative interconnessioni alla rete, i possibili effetti ambientali sono riconducibili alla realizzazione delle infrastrutture e all'incremento del traffico marittimo nelle fasi di realizzazione e di gestione degli impianti.

Possono verificarsi impatti nei confronti dell'ittiofauna, dovuti alla presenza fisica delle turbine, alle fondazioni (nuova scogliera artificiale), al rumore e ai campi magnetici. Durante la fase di costruzione, i pesci e molluschi tendono ad abbandonare l'area a causa dell'aumento della torbidità dell'acqua, dei movimenti e di tutte le altre attività di disturbo connesse alla costruzione dell'impianto. Questi fattori di disturbo andranno a scomparire in fase di esercizio, e ci si aspetta che la fauna marina ritorni ad occupare l'habitat interessato dall'opera. Le fondazioni sono progettate per assolvere il ruolo di nuove scogliere, e quindi per fare da habitat per flora e fauna marina, aiutando così ad aumentare la biodiversità dell'area. Per assolvere tale ruolo vanno attentamente progettate, sulla base anche delle condizioni locali del fondale.

Il rumore ha in genere le stesse conseguenze dell'alterazione dell'habitat dovuto a torbidità e disturbi vari: i pesci tenderanno ad allontanarsi dalla zona in fase di cantiere, mentre in fase di esercizio bisogna fare attenzione a che il rumore della centrale non superi il rumore di fondo in ambiente marino. Nel caso in cui questo venga superato, il disturbo per la fauna marina è limitato alle vicinanze delle turbine (non più di alcune centinaia di metri), e comunque nell'intervallo delle basse frequenze (normalmente la centrale non produce rumori nelle alte frequenze).

I campi elettromagnetici generati nelle immediate prossimità della struttura possono avere un impatto sui pesci cartilaginei, che sono dotati di organi sensoriali molto sensibili, utili a rilevare i campi elettrici delle prede e a usare i campi magnetici per la navigazione: quindi queste loro capacità potrebbero essere influenzate dalla presenza dei cavi. Dato però che il campo magnetico risultante del parco eolico off-shore si avvicina molto a quello magnetico terrestre, e dato che i pesci cartilaginei sono abituati al campo magnetico terrestre, questo disturbo non dovrebbe interferire in maniera significativa. Sui pesci ossei ci sono meno informazioni in merito al disturbo subito a causa dell'alterazione del campo elettromagnetico. Questo fattore di disturbo è comunque presente solo nelle immediate vicinanze dei cavi.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

I disturbi elencati per l'ittiofauna, e nello specifico la sottrazione e alterazione dell'habitat del fondale a causa delle fondazioni, possono avere impatti anche sulla fauna bentonica. In genere questi impatti sono limitati alla fase di cantiere, e sono più significativi per le specie stazionarie, come i molluschi bivalve.

Vanno considerati anche gli impatti sulla mammalofauna marina. La fase che sembra avere un maggiore impatto su questa componente è quella di cantiere, il rumore prodotto influisce su alcune specie lontane fino a 20 chilometri; inoltre, il traffico marittimo in corrispondenza del cantiere può rappresentare un fattore di disturbo nel comportamento dei mammiferi, oltre che causare collisioni con conseguenti lesioni o eventi di mortalità. La costruzione può far allontanare i mammiferi marini da vaste aree del loro habitat, ma in genere una volta terminati i lavori gli animali tornano.

Come per gli impianti eolici a terra si possono inoltre verificare effetti di disturbo ed alterazione dei corridoi migratori dell'avifauna marina.

La costruzione, il funzionamento e lo smantellamento delle infrastrutture possono comportare anche impatti sulla produzione di rifiuti marini.

Sono inoltre da tenere in considerazione potenziali interferenze con aree marine a vario titolo protette.

Potenziali impatti ambientali di fuoriuscite di CO<sub>2</sub> derivanti dallo stoccaggio geologico offshore del carbonio

Una delle preoccupazioni riguardanti la cattura e lo stoccaggio del carbonio (CCS) è che la CO<sub>2</sub> potrebbe fuoriuscire dal sito di stoccaggio, provocando locali aumenti di concentrazione di tale gas negli ambienti circostanti e conseguenti possibili impatti negativi su risorse ambientali ed ecosistemi coinvolti.

Uno studio pubblicato nel 2015 sulla rivista Elsevier "International Journal of Greenhouse Gas Control" (D.G. Jones *et al.*, 2015) ha condotto una revisione delle ricerche effettuate nell'arco di 10 anni, a partire dalla pubblicazione del Rapporto Speciale dell'IPCC sulla cattura e lo stoccaggio della CO<sub>2</sub> del 2005, sui potenziali impatti ambientali causati da un rilascio di CO<sub>2</sub>, prendendo in considerazione sia quelle riguardanti direttamente le attività di stoccaggio geologico di CO<sub>2</sub>, sia quelle sull'acidificazione degli oceani e su altri impatti sulle falde acquifere e sugli ecosistemi vicini alla superficie terrestre, individuando i possibili impatti sugli ecosistemi onshore (comprese le falde acquifere di acqua potabile) e offshore.

Per quanto riguarda i potenziali impatti sugli ecosistemi marini, mettendo insieme le conoscenze provenienti dai vari settori e tipologie di ricerche effettuate richiamati nello studio (es. modellizzazioni, esperimenti in laboratorio, ricerca sull'acidificazione degli oceani, ecc.), emerge che la comprensione della sensibilità dell'ambiente marino ad elevate emissioni di CO<sub>2</sub> ha fatto molta strada dal 2005, ma permangono ancora molte incertezze.

In linea generale un'infiltrazione o perdita di CO<sub>2</sub> proveniente dallo stoccaggio geologico produce due tipi di zone di impatto. All'interno dell'area di fuoriuscita, la CO<sub>2</sub> entra nell'ecosistema marino dal basso, attraverso i sedimenti, e la prima ad essere esposta è la fauna che abita i sedimenti più profondi. Lontano dall'area di fuoriuscita, gli impatti sono mediati da pennacchi di acqua ricca di CO<sub>2</sub> che permeano la colonna d'acqua, che in prima battuta hanno un impatto sui sedimenti superficiali e sulle comunità pelagiche. Tutti gli eventi di perdita producono un gradiente di pH e altri cambiamenti chimici tra il punto di fuoriuscita e la periferia dell'area interessata. L'ampiezza dell'area interessata da tale gradiente dipende principalmente dal tasso di perdita, ma è influenzata anche da altri fattori associati alla forma della perdita e alle condizioni idrodinamiche.

Per piccole perdite (< 1 t/giorno) l'impatto spaziale è risultato essere dell'ordine di poche decine di metri di raggio e probabilmente non significativo su scala regionale, soprattutto se confrontato con i probabili impatti

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

del cambiamento climatico. Solo una perdita molto grande ( $> 100$  t/giorno) sembrerebbe avere un potenziale di impatto significativo, in termini di impronta areale (scala chilometrica).

I potenziali impatti fisiologici dell'esposizione alla  $CO_2$  su salute, comportamento, funzione e sopravvivenza delle specie e delle comunità marine sono stati oggetto di numerosi studi e ricerche. In sintesi, quando gli organismi marini sono esposti ad un'acqua a basso pH, l'effetto fisiologico primario è una diminuzione del pH o un'"acidosi" dei fluidi corporei extracellulari come sangue, emolinfa o liquido celomico. In alcune specie questa acidosi extracellulare viene compensata da due meccanismi di *buffering*. La concentrazione di bicarbonato extracellulare può essere aumentata mediante processi di trasporto ionico attivo nelle branchie o attraverso la dissoluzione passiva del carbonato di calcio del guscio o del carapace. Invece, per altre specie appartenenti a diversi taxa, come cozze, granchi e ricci di mare, è stata riscontrata una compensazione solo parziale o nulla nell'equilibrio acido-base extracellulare. In questi casi l'acidosi non compensata può portare a una depressione metabolica più o meno grave nell'organismo colpito, con un conseguente impatto negativo sul contributo dell'individuo all'ecosistema.

Le perturbazioni nella fisiologia acido-base di un organismo rappresentano quindi un potenziale impatto di elevati livelli di  $CO_2$  sulle specie bentoniche marine. Le specie con strutture esterne calcificate sono a rischio di dissoluzione in risposta all'acidificazione dell'acqua di mare. A complicare ulteriormente il quadro, gli impatti biologici delle fuoriuscite di  $CO_2$  possono essere modificati anche dalle condizioni prevalenti nell'areale in cui si verifica la perdita. La capacità tampone dei sedimenti ad alto contenuto di carbonato può essere sostanziale, limitando il cambiamento netto del pH dell'ecosistema in risposta al rilascio limitato di  $CO_2$  e quindi l'entità degli impatti sull'infauna bentonica. Tuttavia, nei sedimenti non carbonatici, o in caso di grandi rilasci di  $CO_2$ , la capacità tampone dei sedimenti potrebbe non essere sufficiente. In queste situazioni le strutture biogeniche carbonatiche (conchiglie dei bivalvi, gusci dei ricci e coralli) possono subire la dissoluzione ad opera di ioni carbonato liberi. Tale circostanza è stata ampiamente segnalata in letteratura, con effetti generalmente più pronunciati negli stadi giovanili e larvali, ma sono anche state segnalate eccezioni degne di nota, come casi di calcificazione normale o ipercalcificazione, soprattutto in situazioni in cui i crostacei o molluschi esposti non hanno risorse limitate. Non è quindi possibile fare una previsione generale del possibile impatto di un rilascio di  $CO_2$ , a causa della grande variabilità nella risposta di specie e individui, ed è perciò necessario adottare un approccio precauzionale.

In casi estremi, una severa acidificazione potrebbe provocare la morte degli organismi incapaci di fuggire dall'area colpita, ma in generale molte specie marine, anche alcuni taxa fortemente calcificati, possono tollerare brevi periodi di acidificazione moderata. Questo perché, a differenza di altre sostanze potenzialmente tossiche, la  $CO_2$  è un composto naturalmente presente nell'ambiente marino. Gli organismi marini, infatti, per effetto di milioni di anni di esposizione, hanno incorporato la  $CO_2$ , insieme ad altri elementi della chimica dei carbonati, in molti dei loro processi fisiologici di routine. Quindi, anche se grandi cambiamenti nella chimica dei carbonati dell'acqua di mare possono potenzialmente influenzare molti aspetti della fisiologia degli organismi, esiste anche la possibilità per gli organismi di alterare o adattare temporaneamente la loro fisiologia per far fronte a questi cambiamenti chimici. Oltre al processo di *buffering* extracellulare descritto in precedenza, è stato infatti osservato che molte specie modificano la velocità di respirazione, i livelli di attività e la capacità riproduttiva quando si trovano esposte ad elevati livelli di  $CO_2$ . Questa risposta, nota come plasticità fisiologica, offre agli organismi una certa protezione dai rapidi cambiamenti del loro ambiente e può fornire una protezione temporanea contro una moderata acidificazione.

La protezione costituita dai meccanismi di plasticità fisiologica non può però essere garantita in modo permanente, poiché la capacità di un organismo di esprimere risposte plastiche è in larga misura governata dall'energia che esso ha a disposizione. Per mantenere i tassi di calcificazione in condizioni di basso pH e basso stato di saturazione di carbonato, alcuni organismi possono temporaneamente riallocare più energia in

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

questo processo e utilizzare meno energia in altri processi come la crescita, la locomozione o lo sviluppo dei tessuti riproduttivi. Nel breve termine questa può essere una strategia efficace per affrontare uno shock da acidificazione, ma in caso di un rilascio prolungato di CO<sub>2</sub>, l'aumento della domanda energetica associata alla sopravvivenza in un ambiente ad alto contenuto di CO<sub>2</sub> porterebbe inevitabilmente a una crescita ridotta e a una minore capacità riproduttiva o addirittura alla morte, con potenziali conseguenze per lo sviluppo della popolazione. Le conseguenze ambientali delle perdite di CO<sub>2</sub> dipendono quindi sia dalla severità che dalla durata della perdita. Ciò significa che anche una piccola perdita, ma persistente nel corso degli anni, potrebbe causare la morte di alcune specie e modificare la struttura e la funzione della comunità che vive nell'intorno dell'area interessata dalla fuoriuscita.

Oltre alla plasticità fisiologica sopra descritta, ci sono altri 3 importanti fattori biologici che influiscono sulla sensibilità alla CO<sub>2</sub> degli individui e delle popolazioni delle diverse specie:

- le fasi di vita. La maggior parte degli organismi marini attraversa diverse fasi di sviluppo nel corso della propria vita. Spesso, ciascuna di queste fasi mostra tratti fisiologici, ecologici e comportamentali molto diversi. Negli stadi larvali o giovanili in genere gli organismi presentano minori capacità di compensare gli impatti rispetto agli esemplari adulti, con la conseguenza di possibili effetti a lungo termine sul reclutamento e sul futuro successo della popolazione. Inoltre, anche organismi adulti possono subire maggiormente gli effetti dell'esposizione alla CO<sub>2</sub> quando questi si verificano durante periodi di elevata richiesta di energia (ad esempio la stagione riproduttiva o periodi di crescita intensa come la muta);
- processi di adattamento locale nelle popolazioni. Studi recenti hanno dimostrato che diverse popolazioni della stessa specie possono diventare più resilienti a livelli elevati di CO<sub>2</sub> attraverso l'adattamento alle condizioni locali. Ad esempio, è stato dimostrato che le popolazioni di ostriche allevate selettivamente per aumentare l'efficienza energetica e ridurre la domanda di cibo erano in grado di far fronte meglio alle condizioni di elevata CO<sub>2</sub> rispetto alla popolazione selvatica. Tale capacità di adattamento è stata osservata anche nel fitoplancton;
- variabilità della sensibilità degli individui all'interno di una popolazione. È stato dimostrato che anche individui di una stessa popolazione possono mostrare un elevato grado di variabilità nelle risposte alla CO<sub>2</sub>. L'esposizione cronica di una popolazione a concentrazioni subletali di CO<sub>2</sub> potrebbe quindi, in teoria, portare alla selezione di individui meno sensibili, circostanza che aumenterebbe la resilienza della popolazione, ma che potrebbe ridurre la diversità genetica delle specie nelle generazioni future.

I potenziali impatti dovuti a fuoriuscite di CO<sub>2</sub> dai siti di stoccaggio possono essere influenzati anche dalla presenza di metalli pesanti. L'acidificazione dell'acqua interstiziale può infatti aumentare la mobilità dei metalli legati ai sedimenti (es. Al, Fe, Zn, Co, Pb e Cu), influenzando anche la loro speciazione, che trasforma metalli e metalloidi, come l'As, in specie molto più disponibili e potenzialmente tossiche per il biota.

Infine, gli organismi generalmente sono sottoposti a molteplici stress ambientali contemporaneamente (ad esempio temperatura, ipossia, carenza di cibo, particolato sospeso), che possono agire in modo sinergico aggravando l'impatto di ogni singolo stress ambientale ed inibendo gravemente i meccanismi di adattamento fisiologico e comportamentale messi in atto dagli organismi per sopportare tale stress. Occorre considerare poi la pressione crescente a cui sono sottoposti gli ecosistemi marini per effetto delle attività antropiche che generano inquinamento e distruzione degli habitat. Ad esempio, la pesca a strascico ha un impatto diffuso e significativo sulle comunità bentoniche, causando cambiamenti nella loro struttura (densità e diversità delle specie) e nel loro funzionamento (produzione, bioturbazione e processi biogeochimici). È probabile, infatti, che tali comunità modificate reagiscano in modo diverso all'aumento delle concentrazioni di CO<sub>2</sub> rispetto alle comunità indisturbate.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

**7 VALUTAZIONE DI INCIDENZA AMBIENTALE**

Come si evince dalla Guida metodologica, dalle disposizioni dell'articolo 6, paragrafi 3 e 4 della direttiva Habitat 92/43/CEE, e dalla normativa applicabile (Direttiva 92/43/CEE cd. Direttiva Habitat e dall'art. 6 del DPR 12 marzo 2003, n. 120), nella pianificazione e programmazione territoriale si deve tenere conto della valenza naturalistico-ambientale dei proposti Siti di Importanza Comunitaria (pSIC), dei Siti di Importanza Comunitaria (SIC) e delle Zone Speciali di Conservazione (ZSC).

In questo contesto è utile sottolineare che per il PNIEC l'integrazione della Valutazione Ambientale Strategica ai sensi della Direttiva 2001/42/CE con la Valutazione di Incidenza Ambientale ai sensi della Direttiva Habitat è resa obbligatoria dall'Articolo 10, comma 3 del D.Lgs. 152/2006 e sarà pertanto applicata, a tutela della biodiversità, mediante la redazione di uno Studio di Incidenza Ambientale, i cui esiti costituiranno parte integrante del Rapporto Ambientale del PNIEC, conformemente a quanto previsto dall' allegato G del DPR 357/97 e dalle nuove Linee guida nazionali per la Valutazione di Incidenza (VInCA) Direttiva 92/43/CEE "HABITAT" Art. 6, paragrafi 3 e 4. (GU Serie Generale n.303 del 28/12/2019).

La Valutazione d'incidenza è il procedimento di carattere preventivo al quale è necessario sottoporre qualsiasi piano o progetto che possa avere incidenze significative su un sito o proposto sito della rete Natura 2000, singolarmente o congiuntamente ad altri piani e progetti e tenuto conto degli obiettivi di conservazione del sito stesso. Essa rappresenta uno strumento di prevenzione che analizza gli effetti di interventi che, seppur localizzati, vanno collocati in un contesto ecologico dinamico. Ciò in considerazione delle correlazioni esistenti tra i vari siti e del contributo che portano alla coerenza complessiva e alla funzionalità della rete Natura 2000, sia a livello nazionale che comunitario. Pertanto, la Valutazione di Incidenza si qualifica come strumento di salvaguardia, che si cala nel particolare contesto di ciascun sito, e che lo inquadra nella funzionalità dell'intera rete. La Commissione europea, per rispettare le finalità della Valutazione di Incidenza e per ottemperare al suo ruolo di "controllo" previsto dall'art. 9 della direttiva Habitat, ha fornito suggerimenti interpretativi e indicazioni per un'attuazione omogenea della Valutazione di Incidenza in tutti gli Stati dell'Unione.

Tra questi la Guida unionale *"Valutazione di piani e progetti in relazione ai siti Natura 2000 – Guida metodologica all'articolo 6, paragrafi 3 e 4, della direttiva Habitat 92/43/CEE"* (Com. C(2021) 6913 final del 28.9.2021), nella quale vengono descritte, per i diversi livelli della V.Inc.A, le analisi necessarie al fine di garantire la piena coerenza con l'articolo 6 della Direttiva.

La Guida rimanda all'autorità individuata come competente dallo Stato membro il compito di esprimere il proprio parere di Valutazione di Incidenza, basato anche sul confronto di dati e informazioni provenienti da più interlocutori e che non può prescindere da consultazioni reciproche dei diversi portatori di interesse.

Nel caso specifico lo scopo della Valutazione di Incidenza Ambientale, integrata nel Rapporto Ambientale, condotta a livello di Piano per tutto il territorio nazionale, è quello di preservare la Rete Natura 2000 da tutte le potenziali minacce generate dalle future installazioni di impianti e infrastrutture energetiche, con particolare riguardo all'individuazione dei siti più idonei alla localizzazione di grandi impianti rientranti nel campo di applicazione della Valutazione di Impatto Ambientale, contribuendo a trovare il giusto equilibrio tra gli obiettivi fissati per le fonti rinnovabili e la riduzione delle emissioni climalteranti e gli obiettivi di tutela degli sistemi naturali.

Per l'elaborazione dello Studio di Incidenza allegato al presente Rapporto Ambientale sono stati presi a riferimento:

- la Guida *"Valutazione di piani e progetti in relazione ai siti Natura 2000 – Guida metodologica all'articolo 6, paragrafi 3 e 4, della direttiva Habitat 92/43/CEE"* (Com. C(2021) 6913 final del 28.9.2021);
- le Linee guida Nazionali per la Valutazione di Incidenza (VInCA) Direttiva 92/43/CEE "HABITAT" Art. 6, paragrafi 3 e 4 (Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana Serie Generale n. 303 del 28/12/2019);

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

- il documento del MATTM, MIBACT, ISPRA Regioni e PPAA: VAS – Valutazione di incidenza. Proposta per l'integrazione dei contenuti (settembre 2011), nel quale vengono fornite indicazioni per la Valutazione di Incidenza di piani/programmi di area vasta.

Lo Studio di Incidenza comprende una descrizione della Rete Natura 2000 e la valutazione delle possibili interferenze del PNIEC con le specie e gli habitat tutelati nei Siti Natura 2000.

Per la valutazione delle interferenze a livello generale, sono state considerate le Pressioni/Minacce che possono perturbare lo stato di conservazione delle specie e degli habitat di interesse comunitario, considerate nel Reporting secondo l'art. 17 della Direttiva Habitat, definite a livello europeo e secondo l'art. 12 della Direttiva Uccelli.

L'attuazione delle misure del PNIEC che interesseranno Siti Natura2000 non potrà comunque prescindere da una specifica Valutazione di Incidenza per valutare i possibili effetti diretti e indiretti sia sull'area del Sito sia su scala vasta che sarà effettuata ai livelli di pianificazione/programmazione attuativa e di progettazione.

Lo Studio di Incidenza è riportato in Allegato 3 al presente Rapporto Ambientale.

## 8 MISURE DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

Il monitoraggio ambientale di un Piano così come previsto dal D.lgs 152/06 ha due principali finalità: *“assicurare il controllo sugli effetti significativi sull'ambiente derivanti dall'attuazione del Piano approvato e verificare il raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità prefissati, così da individuare tempestivamente gli effetti negativi imprevisti e adottare le opportune misure correttive”*.

Il monitoraggio ambientale segue l'intero ciclo di vita del Piano, compresi i suoi aggiornamenti rispetto ai quali rappresenta una componente significativa di indirizzo e riorientamento mediante la valutazione dei risultati periodici che saranno prodotti oltre che costituire un patrimonio informativo di cui tener conto per successivi atti di pianificazione e programmazione.

Come previsto dal D.lgs 152/06 *“il monitoraggio è effettuato dall'Autorità procedente in collaborazione con l'Autorità competente anche avvalendosi del sistema delle Agenzie ambientali e dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale”*.

Nel Piano di monitoraggio devono essere individuate le responsabilità e le risorse necessarie per la realizzazione e la gestione del monitoraggio.

La definizione del piano di monitoraggio ambientale del PNIEC, con tutte le informazioni richieste dalla norma, accompagnerà l'approvazione del Piano, così come previsto dal D.Lgs. 152/2006 e s.m.i., e terrà conto dei contributi dei Soggetti competenti e del Pubblico che perverranno nell'ambito delle fasi di consultazione.

### Impostazione metodologica del monitoraggio ambientale

Partendo dalle finalità del monitoraggio e dalle indicazioni normative sopra sintetizzate e in riferimento alla metodologia messa a punto da ISPRA e condivisa con le Agenzie ambientali e con il MATTM (ora MASE), il sistema di monitoraggio prevede le seguenti tre articolazioni:

- descrizione dell'evoluzione del contesto ambientale interessato dagli effetti del P/P con riferimento agli obiettivi di sostenibilità del Piano;
- lo stato di avanzamento dell'attuazione delle misure del Piano che hanno effetti positivi o negativi sugli obiettivi di sostenibilità del Piano;
- il controllo degli effetti ambientali del Piano.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Nella misurazione del “contributo” alla sostenibilità, resta di fondamentale importanza la funzione del monitoraggio nell'identificazione di impatti negativi, espressamente prevista dall'art. 18 del D.Lgs. 152/06 e che, dunque, il “contributo” può essere letto, in relazione alla specificità dell'azione, tanto in accezione negativa (ostacolo al raggiungimento dell'obiettivo di sostenibilità) quanto positiva (agevolazione al raggiungimento dell'obiettivo di sostenibilità).

Le tre componenti del monitoraggio sono attuate attraverso l'utilizzo di idonei indicatori selezionati in riferimento alle finalità da perseguire: indicatori di contesto per seguire l'evoluzione dello stato di qualità ambientale interessato dagli effetti del Piano; indicatori di processo per seguire l'avanzamento dell'attuazione delle misure del Piano; indicatori di contributo per misurare la variazione dello stato ambientale imputabile alle misure del Piano.

Queste tre tipologie di indicatori sono tra di loro correlati; in particolare gli indicatori di contributo e di contesto si baseranno su quelli utilizzati per inquadrare e caratterizzare il contesto ambientale e per analizzare i potenziali effetti ambientali positivi e negativi previsti a seguito dell'attuazione del Piano.

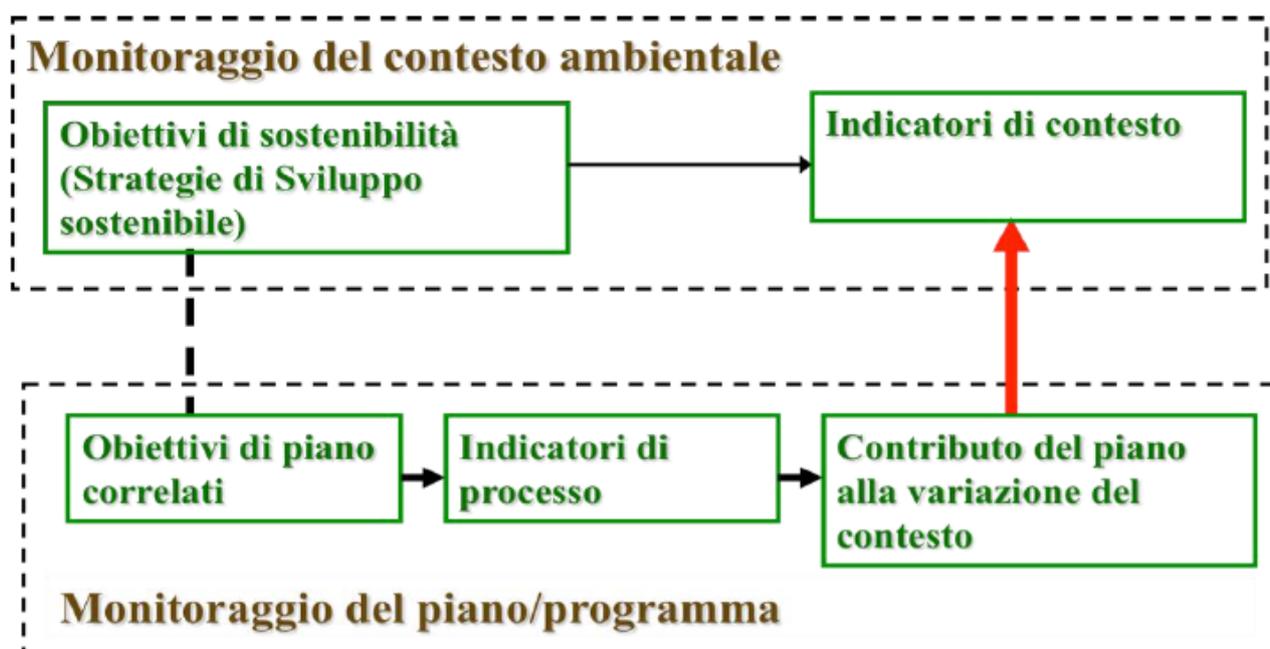


Figura 8-1: schema metodologico del monitoraggio ambientale di Piani e Programmi

Nell'ambito del monitoraggio, gli indicatori devono rispondere ad alcuni requisiti, tra cui la popolabilità e l'aggiornabilità, la disponibilità di serie storiche significative, la sensibilità alle azioni del piano da monitorare.

### 8.1 Monitoraggio del contesto e degli effetti ambientale

La descrizione dell'evoluzione del contesto ambientale con riferimento agli obiettivi di sostenibilità generali avviene mediante l'individuazione di idonei indicatori, che consentono di misurare l'evoluzione del contesto ambientale anche dovuto a fattori esogeni al Piano.

La scelta degli indicatori di contesto si basa sull'inquadramento del contesto ambientale presentato nel capitolo 4 del presente Rapporto.

Il monitoraggio degli effetti ambientali derivanti dall'attuazione del PNIEC, come detto in precedenza, deve relazionarsi con l'evoluzione del contesto ambientale per gli aspetti pertinenti al PNIEC così da poter rilevare

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

e prendere in considerazione anche variazioni dello stato ambientale esogeni e non imputabili al PNIEC, come ad esempio l'evoluzione del contesto climatico e degli impatti conseguenti ai Cambiamenti Climatici.

Al riguardo assume rilevanza la sinergia che dovrà essere garantita tra il monitoraggio del PNIEC e del PNACC attraverso il coordinamento delle strutture di ciascun piano deputate alla governance e all'attuazione del monitoraggio nonché attraverso l'integrazione delle piattaforme previste dai due piani per il monitoraggio, tutto ciò in linea con quanto indicato dalla SNSvS22 in relazione al monitoraggio integrato delle politiche e degli strumenti di pianificazione.

Il monitoraggio dell'evoluzione del contesto climatico si basa sull'analisi dell'andamento degli indicatori climatici, riepilogati di seguito e individuati nei rapporti ISPRA della serie "Gli indicatori del clima in Italia", pubblicati dal 2007 al 2022, nonché nel rapporto SNPA "Il clima in Italia nel 2022". Questi presentano risultati basati in gran parte su dati, indici e indicatori climatici derivati dal Sistema nazionale per la raccolta, l'elaborazione e la diffusione dei dati Climatologici di Interesse Ambientale (SCIA, [www.scia.isprambiente.it](http://www.scia.isprambiente.it)), realizzato dall'ISPRA in collaborazione e con i dati del Sistema Nazionale della Protezione dell'Ambiente e di altri organismi titolari delle principali reti osservative presenti sul territorio nazionale.

Tabella 8-1: Indicatori climatici

<b>INDICATORI CLIMATICI</b>
Temperatura media (Tmedia)
Temperatura massima (Tmax)
Temperatura minima (Tmin)
Giorni con gelo (numero di giorni con Tmin ≤ 0°C)
Notti tropicali (numero di giorni con Tmin > 20°C)
Giorni estivi (numero di giorni con Tmax > 25°C)
Giorni torridi (numero di giorni con Tmax > 30°C)
Notti calde (TN90p - percentuale di giorni in un anno con Tmin > 90° percentile della corrispondente distribuzione del periodo climatologico)
Notti fredde (TN10p - percentuale di giorni in un anno con Tmin < 10° percentile della corrispondente distribuzione del periodo climatologico)
Giorni caldi (TX90p - percentuale di giorni in un anno con Tmax > 90° percentile della corrispondente distribuzione del periodo climatologico)
Giorni freddi (TX10p - percentuale di giorni in un anno con Tmax < 10° percentile della corrispondente distribuzione del periodo climatologico)
Indice di durata dei periodi di caldo (WSDI - numero di giorni nell'anno con Tmax > 90° percentile della distribuzione del periodo climatologico, per almeno sei giorni consecutivi)
Precipitazione cumulata (Prec)
Giorni con precipitazioni intense (R10 - giorni con precipitazioni ≥ 10 mm)
Giorni molto piovosi (R95p - somma nell'anno delle precipitazioni giornaliere > 95° percentile della distribuzione delle precipitazioni nel periodo climatologico)
Intensità di pioggia giornaliera (SDII - precipitazione cumulata annuale divisa per il numero di giorni piovosi nell'anno)
Temperatura superficiale del mare (SST)

### Indicatori

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Nella tabella seguente (Tabella 8-2) si riporta una prima individuazione di indicatori di monitoraggio del contesto correlati agli obiettivi ambientali di riferimento per il PNIEC definiti alla Tabella 3-1 del presente rapporto.

Gli indicatori sono individuati considerando gli indicatori per il monitoraggio degli SDGs ripresi dalla SNSvS22 e in riferimento al contributo che l'attuazione del PNIEC potrà fornire al raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità. La SNSvS22 associa alle 15 SSN, 55 indicatori di contesto – di primo livello – che costituiscono la base per il monitoraggio integrato della Strategia.

Nella tabella Tabella 8-2 il set di indicatori di contesto è affiancato da indicatori di contributo funzionali a monitorare gli effetti ambientali specifici del PNIEC sia in relazione ad una dimensione complessiva di piano, come ad esempio, per le emissioni in atmosfera, sia in relazione alle pressioni ambientali che la realizzazione di impianti e infrastrutture potranno generare sul territorio.

In termini generali gli indicatori di controllo degli effetti ambientali (indicatori di contributo) sono rappresentati dalla variazione degli indicatori di contesto dovuta all'implementazione delle azioni, come nel caso di quelli che misurano l'effetto complessivo generato su un fattore ambientale come somma degli effetti di singole azioni (ad esempio, il contributo al consumo di suolo nazionale/regionale/locale dovuto alla realizzazione di interventi infrastrutturali).

A titolo esemplificativo e non esaustivo si riportano di seguito tipologie di indicatori di contesto per i quali è possibile derivare il contributo delle azioni alla variazione dello stato ambientale.

- Consumo di suolo nei diversi ambiti territoriali
- Copertura forestale
- Aree protette e siti Natura 2000: N. ed estensione (assoluta e percentuale)
- Consumi idrici per settore
- Quantità di acqua prelevata e utilizzata per i diversi usi
- Invasi artificiali
- Emissioni atmosferiche dei principali inquinanti per settori
- Consumi finali e totali di energia per settore e per fonti primarie
- Popolazione residente esposta ad alluvioni - ISPRA
- Popolazione residente esposta a frane – ISPRA
- Beni culturali esposti a frane e alluvioni – ISPRA

Per alcune tipologie di effetti e fattori ambientali, non è possibile stimare tale contributo a causa della tipologia di effetto (numerosi fattori non sommabili ma sinergici che influenzano l'entità e le caratteristiche degli effetti); in tal caso si può ricorrere a indicatori proxy (quali ad esempio indicatori di misura delle pressioni ambientali legate agli interventi) che, analizzati in parallelo con gli indicatori di evoluzione del contesto, consentono una valutazione di carattere qualitativa del potenziale impatto.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Tabella 8-2: Indicatori di contesto, contributo e obiettivi ambientali

Questione ambientale	Obiettivo generale da SNSvS e altre politiche-normative	Target da politiche-normative	Indicatori di contesto <sup>68</sup>	Indicatori di contributo
ATMOSFERA E CLIMA				
Fattori climatici	Contenere l'aumento della temperatura media globale entro 2°C, sostenendo ogni sforzo per contenerla entro 1,5°C, rispetto ai livelli preindustriali.	Contenere l'aumento della temperatura media globale entro 2°C, sostenendo ogni sforzo per contenerla entro 1,5°C, rispetto ai livelli preindustriali.	Indicatori climatici – Tabella 8-1	<i>Il contributo del PNIEC è misurabile in termini di riduzione delle emissioni di gas climalteranti con possibili effetti indiretti a lungo termine sull'evoluzione delle variabili climatiche.</i>
Emissioni di inquinanti e gas climalteranti in atmosfera	<p>II.6 Minimizzare le emissioni tenendo conto degli obiettivi di qualità dell'aria</p> <p>IV.3 Abbattere le emissioni climalteranti nei settori non-ETS</p> <p>VI.3 Abbattere le emissioni climalteranti</p>	<p>Conseguire neutralità climatica entro il 2050 in Europa (azzeramento delle emissioni nette di gas serra)</p> <p>riduzione vs 1990 delle emissioni nette del -55% entro il 2030</p> <p>Riduzione al 2030 dei GHG vs 2005 per tutti gli impianti vincolati dalla normativa ETS: -62%</p> <p>Riduzione al 2030 dei GHG vs 2005 per tutti i settori non ETS: -43,7%</p> <p>Assorbimenti al 2030 di CO2 - LULUCF (kt/CO2eq): -35,8</p>	<p>Emissioni atmosferiche dei principali inquinanti (NEC e convenzione LRTAP), per settori – 11.6.2 (andamento e proiezioni) - ISPRA</p> <p><b>Emissioni di CO2 e altri Gas climalteranti – 13.2.2 (andamento e proiezioni) - ISPRA</b></p>	<p>Variazioni emissioni (serie storiche) di GHG per settori - ISPRA</p> <p>Variazione emissioni (serie storiche) di inquinanti atmosferici per settori - ISPRA</p>

<sup>68</sup> Con la numerazione sono riportati gli indicatori comuni alla SNSvS22. In grassetto gli indicatori utilizzati per il monitoraggio degli SDGs (ISTAT)

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Questione ambientale	Obiettivo generale da SNSvS e altre politiche normative	Target da politiche normative	Indicatori di contesto <sup>68</sup>	Indicatori di contributo
		<p>Riduzione al 2030 vs 2005 delle emissioni di:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- SO<sub>2</sub>: -71%</li> <li>- NO<sub>x</sub>: -65%: -16%</li> <li>- PM<sub>2.5</sub>: -40%</li> <li>- NMVOC: -46%</li> <li>- NH<sub>3</sub>: - 16%</li> </ul> <p>mirare a raggiungere la neutralità climatica basata sul suolo nell'UE entro il 2035 entro il 2030 Raggiungere l'obiettivo di un assorbimento netto dei gas a effetto serra pari a 310 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalente all'anno a livello di UE per il settore dell'uso del suolo, del cambiamento di uso del suolo e della silvicoltura (LULUCF) - <i>Strategia Europea per il suolo per il 2030 COM (2021) 699 final</i></p>		
Qualità dell'aria	<p>Mantenere la qualità dell'aria ambiente, laddove buona, e migliorarla negli altri casi - <i>D.lgs 155/2010</i></p> <p>II.6 Minimizzare le emissioni e abbattere le concentrazioni inquinanti in atmosfera</p>	<p>Valori di concentrazione limite, obiettivo e soglie di allarme - <i>D.lgs 155/2010</i></p>	<p>Rispetto del valore limite o del valore obiettivo per zona o agglomerato (mappe) di PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, Benzo(a)pirene, CO, SO<sub>2</sub>, Benzene, As, Cd, Ni - ISPRA</p> <p>Percentuale dei punti di misura delle reti regionali in superamento del valore limite o del valore obiettivo per zona o agglomerato per PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, Benzo(a)pirene - ISPRA</p>	<p>Variazione dei valori di cui agli indicatori di contesto - ISPRA</p> <p><i>Raccordo con Monitoraggio e aggiornamento (scenari) del Piano Nazionale di Controllo dell'Inquinamento Atmosferico</i></p>

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Questione ambientale	Obiettivo generale da SNSvS e altre politiche normative	Target da politiche normative	Indicatori di contesto <sup>68</sup>	Indicatori di contributo
			Analisi dei trend del valore medio annuale della concentrazione di NO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> , O <sub>3</sub> e Benzo(a)pirene - ISPRA	
BIODIVERSITÀ ED ECOSISTEMI TERRESTRI				
Ecosistemi terrestri	<p>I.1 Salvaguardare e migliorare lo stato di conservazione di specie e habitat di interesse comunitario</p> <p>III.4 Garantire il ripristino e la deframmentazione degli ecosistemi e favorire le connessioni ecologiche urbano/rurali</p>	<p>Assicurare entro il 2030:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- il ripristino di vaste superfici di ecosistemi degradati e ricchi di carbonio;</li> <li>- che le tendenze e lo stato di conservazione degli habitat e delle specie non presentino alcun deterioramento;</li> <li>- che almeno il 30 % degli habitat e delle specie presentino uno stato di conservazione soddisfacente o una tendenza positiva</li> </ul>	<p><b>Consistenza e livello di minaccia di specie animali e vegetali - ISPRA</b></p> <p>Stato di conservazione delle specie e degli habitat di interesse comunitario - ISPRA</p> <p>Consumo di suolo in aree protette - ISPRA</p> <p>Stato di salute delle popolazioni di uccelli migratori (ADA-ISPRA)</p> <p>Ricchezza e abbondanza relative degli uccelli in Italia (ADA-ISPRA)</p> <p>Distribuzione del valore ecologico secondo Carta della Natura - ISPRA</p>	<p>Interventi di infrastrutturazione di attuazione del PNIEC puntuali (numero), areali (superficie) e lineari (lunghezza) all'interno o entro un buffer di 5 km da aree protette a vario titolo (EUAP) e siti Natura 2000</p> <p>Distribuzione degli interventi di infrastrutturazione di attuazione del PNIEC puntuali (numero), areali (superficie) e lineari (lunghezza) rispetto al valore ecologico (Carta della natura) - ISPRA</p> <p><i>Il contributo del PNIEC è misurabile in termini di riduzione delle emissioni di gas climalteranti con possibili effetti indiretti a lungo termine sull'evoluzione delle variabili climatiche e conseguenti ripercussioni sullo stato delle specie e degli habitat e sugli ecosistemi</i></p>

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Questione ambientale	Obiettivo generale da SNSvS e altre politiche-normative	Target da politiche-normative	Indicatori di contesto <sup>68</sup>	Indicatori di contributo
Specie aliene	I.2 Arrestare la diffusione delle specie esotiche invasive	Ridurre del 50% il numero di specie della lista rossa minacciate dalle specie esotiche invasive	<b>Diffusione di specie alloctone animali e vegetali</b> - ISPRA	Distribuzione degli interventi di infrastrutturazione di attuazione del PNIEC puntuali (numero), areali (superficie) e lineari (lunghezza) rispetto alla mappatura della distribuzione delle 30 specie esotiche invasive di rilevanza unionale in Italia - ISPRA
Foreste e agroecosistemi	I.4 Proteggere e ripristinare le risorse genetiche di interesse agrario, gli agroecosistemi e le foreste  II.7 Garantire la gestione sostenibile delle foreste e combatterne l'abbandono e il degrado  IV.5 Garantire la sostenibilità di agricoltura e dell'intera filiera forestale  Efficienza nell'impiego delle risorse forestali per uno sviluppo sostenibile delle economie nelle aree rurali, interne e urbane del Paese	Ottendere foreste caratterizzate da una maggiore funzionalità ecosistemica, più resilienti e meno frammentate contribuendo attivamente all'obiettivo UE di piantare almeno 3 miliardi di alberi - <i>SNB 2030 - b.9</i>	Superfici forestali (stato e variazioni) 15.1.1 Superficie forestale coperta da aree protette istituite per legge - 15.2.1  certificazione di gestione forestale sostenibile (ISPRA) - 15.2.1  Carbon stock dei diversi serbatoi forestali e sua variazione - ISPRA  Stato di conservazione degli ecosistemi forestali (Strategia Forestale nazionale-MASAF)  Superficie forestale percorsa da incendi  Contributo delle foreste nazionali al ciclo globale del carbonio (carbon stock, carbon sink) – ISPRA  Disponibilità al prelievo legnoso	Variazione copertura forestale dovuta a interventi di attuazione del PNIEC (infrastrutturazione)  Flussi di cambiamento di classi di uso del suolo - ISPRA  <i>Il contributo del PNIEC è misurabile in termini di riduzione delle emissioni di gas climalteranti con possibili effetti indiretti a lungo termine sull'evoluzione delle variabili climatiche e conseguenti ripercussioni sullo stato delle foreste e degli ecosistemi forestali</i>

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Questione ambientale	Obiettivo generale da SNSvS e altre politiche-normative	Target da politiche-normative	Indicatori di contesto <sup>68</sup>	Indicatori di contributo
Aree naturali protette	I.3 Aumentare la superficie protetta terrestre e marina e assicurare l'efficacia della gestione	<p>Proteggere legalmente almeno il 30% della superficie terrestre dell'UE e il 30% dei suoi mari e integrare i corridoi ecologici in una vera e propria rete naturalistica transeuropea</p> <p>Proteggere rigorosamente almeno un terzo delle zone protette dell'UE, comprese tutte le foreste primarie e antiche ancora esistenti sul suo territorio</p>	<p>Superficie territoriale (assoluta e %) coperta da Aree protette (EUAP) a vario titolo e siti Natura 2000 14.5.1 per regione e tipologia</p> <p>Zone umide di importanza internazionale RAMSAR (ISPRA)</p>	<p><i>Vedi tematica ecosistemi terrestri</i></p> <p>Consumo di suolo dovuto a interventi di attuazione del PNIEC (infrastrutturazione) in Aree protette a vario titolo (EUAP), siti Natura 2000 e zone umide</p>
<b>AMBIENTE MARINO-COSTIERO</b>				
<p>Ecosistemi marino-costieri</p> <p>Qualità delle acque marino-costiere</p>	<p>II.1 Mantenere la vitalità dei mari e prevenire gli impatti sull'ambiente marino e costiero</p> <p>Garantire l'utilizzo sostenibile delle risorse naturali, e in particolare delle risorse idriche</p> <p>Prevenire e/o ridurre gli effetti dei rischi naturali e in particolare dei cambiamenti climatici, che possono essere provocati</p>	<p>Entro il 2025, prevenire e ridurre in modo significativo ogni forma di inquinamento marino, in particolar modo quello derivante da attività esercitate sulla terraferma, compreso l'inquinamento dei detriti marini e delle sostanze nutritive</p> <p>Ripristinare e mantenere il buono stato ambientale degli ecosistemi marini (SNB 2030 - b12)</p>	<p>Stato di conservazione delle specie e degli habitat di interesse comunitario – Reporting Direttiva Habitat</p> <p><b>Consistenza e livello di minaccia di specie animali e vegetali (ISPRA) - 15.5.1</b></p> <p>Descrittori della Strategia marina  D1: Biodiversità  D2: Specie non indigene  D3: Popolazioni di pesci e molluschi sfruttati a fini commerciali  D4: Reti trofiche  D6: Integrità dei fondali marini</p>	<p>Evoluzione nel tempo degli indicatori di contesto (cella adiacente) correlandoli per quanto possibile agli interventi infrastrutturali in attuazione del PNIEC compresi i monitoraggi specifici</p>

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Questione ambientale	Obiettivo generale da SNSvS e altre politiche-normative	Target da politiche-normative	Indicatori di contesto <sup>68</sup>	Indicatori di contributo
	<p>da attività naturali o umane</p> <p>Prevenire e ridurre in modo significativo l'inquinamento marino di tutti i tipi, in particolare quello proveniente dalle attività terrestri, compresi i rifiuti marini e l'inquinamento delle acque da parte dei nutrienti</p>		<p>D7: Alterazione permanente delle condizioni idrografiche</p> <p>D8: Concentrazioni di contaminanti</p> <p>D9: contaminanti presenti nei pesci e in altri prodotti della pesca</p> <p>D10: Rifiuti marini</p> <p>Stato e indici di qualità delle acque marino-costiere e parametri a supporto (pH, salinità, acidificazione, ecc.) – ARPA, ISPRA</p>	
SUOLO E TERRITORIO				
Uso e copertura del suolo	<p>II.2 Raggiungere la neutralità del consumo netto di suolo e combatterne il degrado e la desertificazione</p>	<p>entro il 2050 Raggiungere un consumo netto di suolo pari a zero - <i>Strategia Europea per il suolo per il 2030 COM (2021) 699 final</i></p> <p>Azzeramento del consumo di suolo netto entro il 2030</p> <p>Assicurare che il consumo di suolo non superi la crescita demografica entro il 2030</p>	<p>Uso del suolo, copertura del suolo (ISPRA)</p> <p>impermeabilizzazione del suolo da copertura artificiale - 11.3.1 , 15.3.1</p> <p>suolo consumato per categorie e sua distribuzione nei diversi ambiti territoriali (naturale, agricolo, urbano) (ISPRA) - 11.3.1 15.3.1</p> <p>suolo consumato pro-capite e consumo marginale di suolo (ISPRA) - 11.3.1</p>	<p>Consumo di suolo<sup>69</sup> dovuto a interventi di attuazione del PNIEC (infrastrutturazione) e sua distribuzione nei diversi ambiti territoriali (naturale, agricolo, urbano)</p> <p>Consumo di suolo dovuto a interventi di attuazione del PNIEC (infrastrutturazione) per classi di copertura del suolo - ISPRA</p>

<sup>69</sup> L'indicatore tiene conto anche degli interventi che comportano il recupero di aree dovuto a eventuali dismissione di impianti

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Questione ambientale	Obiettivo generale da SNSvS e altre politiche-normative	Target da politiche-normative	Indicatori di contesto <sup>68</sup>	Indicatori di contributo
Degrado del suolo	<p>II.2 Raggiungere la neutralità del consumo netto di suolo e combatterne il degrado e la desertificazione</p> <p>Inquinamento dei suoli riportato a livelli che non siano dannosi per la salute delle persone o per gli ecosistemi</p> <p>Suoli europei sani e più resilienti e che possano continuare a fornire i loro servizi fondamentali (servizi ecosistemici)</p>	<p>15.3 Entro il 2030, combattere la desertificazione, ripristinare le terre degradate, comprese quelle colpite da desertificazione, siccità e inondazioni, e battersi per ottenere un mondo privo di degrado del suolo - <i>Agenda 2030</i></p> <p>entro il 2030 sono ripristinate vaste superfici di ecosistemi degradati e ricchi di carbonio, compresi i suoli - <i>Strategia Europea per il suolo per il 2030 COM (2021) 699 final</i></p>	<p>Degrado del suolo (perdita di produttività, erosione idrica del suolo, perdita di qualità degli habitat, perdita di carbonio organico, frammentazione del territorio) – ISPRA <i>Indicatore in corso di implementazione</i></p> <p>Contenuto e perdita di carbonio organico (ISPRA)</p> <p><b>Frammentazione del territorio (ISPRA) - 15.3.1</b></p> <p>Siti di bonifica: numero e estensione</p>	<p>Contributo alla frammentazione da interventi di attuazione del PNIEC (infrastrutturazione)</p> <p>Interventi di attuazione del PNIEC (infrastrutturazione) nei siti di bonifica</p>
DISSESTO GEOLOGICO E IDRAULICO				
pericolosità geologica e idraulica	<p>Riduzione potenziali conseguenze negative dovuti agli eventi alluvionali per la salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente e il patrimonio culturale</p> <p>III.1 Prevenire i rischi naturali e antropici e rafforzare le capacità di resilienza di comunità e territori</p>	<p>11.5 Entro il 2030, ridurre in modo significativo il numero di decessi e il numero di persone colpite e diminuire in modo sostanziale le perdite economiche dirette rispetto al prodotto interno lordo globale causate da calamità, comprese quelle legate all'acqua, con particolare riguardo alla protezione dei poveri e delle persone più vulnerabili - <i>Agenda 2030</i></p>	<p>Pericolosità idraulica - Autorità di Bacino Distrettuali, ISPRA</p> <p>Eventi alluvionali e franosi – ISPRA</p> <p>Dissesti idrogeologici registrati dai P.A.I / P.G.R.A.</p> <p>Eventi estremi</p> <p>numero e frequenza dei provvedimenti di riconoscimento dello stato di calamità naturale – Regioni, Ministeri</p>	<p>Consumo di suolo dovuto a interventi di attuazione del PNIEC (infrastrutturazione) in aree a pericolosità idraulica</p> <p>Consumo di suolo dovuto a interventi di attuazione del PNIEC (infrastrutturazione) in aree a pericolosità da frana</p>

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Questione ambientale	Obiettivo generale da SNSvS e altre politiche-normative	Target da politiche-normative	Indicatori di contesto <sup>68</sup>	Indicatori di contributo
	assicurare la tutela ed il risanamento del suolo e del sottosuolo, il risanamento idrogeologico del territorio tramite la prevenzione dei fenomeni di dissesto, la messa in sicurezza delle situazioni a rischio (D.lgs 152/06 art. 53, 55)	15.3 Entro il 2030, combattere la desertificazione, ripristinare le terre degradate, comprese quelle colpite da desertificazione, siccità e inondazioni, e battersi per ottenere un mondo privo di degrado del suolo - <i>Agenda 2030</i>	Suolo consumato in aree a pericolosità idraulica – ISPRA  Aree a pericolosità da frana (mosaicatura) – ISPRA  Suolo consumato in aree a pericolosità da frana – ISPRA	
<b>RISORSE IDRICHE</b>				
Qualità delle acque interne	<p>II.3 Minimizzare i carichi inquinanti nei suoli, nei corpi idrici e nelle falde acquifere, tenendo in considerazione i livelli di buono stato ecologico dei sistemi naturali</p> <p>Prevenire e ridurre l'inquinamento e attuare il risanamento dei corpi idrici inquinati</p> <p>Conseguire il miglioramento dello stato delle acque e adeguate protezioni di quelle destinate a particolari usi</p>	<p>Ottenere buone condizioni ecologiche e chimiche nelle acque di superficie e buone condizioni chimiche e quantitative nelle acque sotterranee entro il 2027 - <i>Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE (Strategia Europea per il suolo per il 2030 COM (2021) 699 final)</i></p> <p>Ripristinare gli ecosistemi di acqua dolce e le funzioni naturali dei corpi idrici e raggiungere entro il 2027 il "buono stato" di tutte le acque - SNB 2030 b11</p>	<p>Carichi di azoto totale e fosforo totale nei principali corpi idrici - ISPRA</p> <p>N° corpi idrici superficiali in buono stato ecologico sul totale dei CI classificati- ISPRA</p> <p>N° corpi idrici sotterranei in buono stato quantitativo sul totale dei CI classificati - ISPRA</p> <p>Stato degli Elementi di Qualità che contribuiscono alla definizione di stato quali – quantitativo delle risorse idriche superficiali (stato ecologico e chimico) e sotterranee (stato chimico e quantitativo) - ISPRA</p>	<p>Variazione dello stato ecologico dei Corpi Idrici superficiali interessati dagli interventi infrastrutturali in attuazione del PNIEC (monitoraggio in attuazione della Direttiva 2000/60/CE)</p> <p>Variazione dell'Elemento di Qualità idrologia (IARI) e morfologia (IQM) dei Corpi Idrici superficiali interessati dagli interventi infrastrutturali in attuazione del PNIEC (monitoraggio in attuazione della Direttiva 2000/60/CE)</p> <p>Variazione dello stato chimico dei Corpi Idrici sotterranei interessati dagli interventi infrastrutturali in attuazione del PNIEC (monitoraggio in attuazione della Direttiva 2000/60/CE)</p>

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Questione ambientale	Obiettivo generale da SNSvS e altre politiche-normative	Target da politiche-normative	Indicatori di contesto <sup>68</sup>	Indicatori di contributo
			<b>Qualità delle acque di balneazione 6.3.2</b> (concentrazioni dei batteri fecali) – Min salute	
Gestione e sfruttamento risorsa idrica	<p>II.4 Attuare la gestione integrata delle risorse idriche a tutti i livelli di pianificazione</p> <p>II.5 Massimizzare l'efficienza idrica e adeguare i prelievi alla scarsità d'acqua</p> <p>Garantire un impiego efficiente e sostenibile dell'acqua per non compromettere la realizzazione degli obiettivi di qualità</p>	Aumentare considerevolmente entro il 2030 l'efficienza nell'utilizzo dell'acqua in ogni settore e garantire approvvigionamenti e forniture sostenibili di acqua potabile, per affrontare la carenza idrica e ridurre in modo sostanzioso il numero di persone che ne subisce le conseguenze	<p>Consumi idrici per settore</p> <p><b>Quantità di acqua prelevata e utilizzata per i diversi usi</b> (irriguo, industriale, energetico, <b>potabile 6.4.2</b>, altri usi)</p> <p>Invasi artificiali – ISPRA</p> <p>Livello delle falde acquifere - Piattaforma Nazionale Adattamento ai Cambiamenti Climatici)</p> <p>Precipitazioni, evapotraspirazione, ruscellamento, ricarica degli acquiferi, immagazzinamento nivale (ISPRA, modello BIGBANG)</p>	<p>Variazione uso della risorsa idrica a fini energetici</p> <p>Variazione dello stato quantitativo dei Corpi Idrici sotterranei interessati dagli interventi infrastrutturali in attuazione del PNIEC (monitoraggio in attuazione della Direttiva 2000/60/CE)</p> <p>Variazione della quantità di risorsa idrica concessa per usi a fini energetici (derivazioni idroelettriche, prelievo per produzione di idrogeno, ecc.) (dati regionali)</p> <p>Variazione nel numero di nuovi invasi e nel numero di nuove derivazioni ad uso idroelettrico (dati MIT per le grandi dighe, dati regionali per le piccole e medie)</p> <p>Variazione di: precipitazioni, evapotraspirazione, ruscellamento, ricarica degli acquiferi, immagazzinamento nivale (ISPRA, modello BIGBANG)</p>

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

Questione ambientale	Obiettivo generale da SNSvS e altre politiche-normative	Target da politiche-normative	Indicatori di contesto <sup>68</sup>	Indicatori di contributo
POPOLAZIONE E SALUTE UMANA				
<p>Esposizione della popolazione a fattori di rischio ambientale (inquinamento atmosferico, rischio idraulico e geomorfologico)</p>	<p>Persone - III.1 Diminuire l’esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale ed antropico</p> <p>Pianeta - III.1 Promuovere il presidio e la manutenzione del territorio e rafforzare le capacità di resilienza di comunità e territori anche in riferimento agli impatti dei cambiamenti climatici</p>	<p>11.5 Entro il 2030, ridurre in modo significativo il numero di decessi e il numero di persone colpite e diminuire in modo sostanziale le perdite economiche dirette rispetto al prodotto interno lordo globale causate da calamità, comprese quelle legate all’acqua, con particolare riguardo alla protezione dei poveri e delle persone più vulnerabili - <i>Agenda 2030</i></p> <p>entro il 2030 l'UE dovrebbe ridurre: di oltre il 55 % gli effetti nocivi sulla salute (decessi prematuri) dell'inquinamento atmosferico - <i>Piano d'azione dell'UE: "Verso l'inquinamento zero per l'aria, l'acqua e il suolo" COM(2021) 400 final;</i></p>	<p><b>Popolazione esposta al rischio di alluvioni (ISPRA) - 13.1.1</b>  <b>Popolazione esposta al rischio di frane (ISPRA) - 13.1.1</b></p> <p>N morti e feriti per alluvioni/allagamenti e per frane - 13.1.1</p> <p>Numero di morti, dispersi e delle persone direttamente colpite, attribuito a disastri (incendi) per 100.000 abitanti (ISTAT) 13.3.1</p> <p>Morti premature attribuibili all’esposizione agli inquinanti</p> <p>Esposizione della popolazione agli inquinanti atmosferici outdoor (NO2, ozono, PM10, PM2,5) – ISPRA</p> <p>Densità superficiale delle linee elettriche a livello regionale - ISPRA</p> <p><i>per gli indicatori di monitoraggio degli impatti sulla salute dei CC si fa riferimento agli indicatori di monitoraggio ambientale del PNACC con cui il PNIEC dovrà coordinarsi in sede di monitoraggio attraverso l’attività dell’Osservatorio PNIEC</i></p>	<p>Evoluzione nel tempo degli indicatori di contesto (cella adiacente) correlandoli per quanto possibile agli interventi infrastrutturali in attuazione del PNIEC</p>

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Questione ambientale	Obiettivo generale da SNSvS e altre politiche-normative	Target da politiche-normative	Indicatori di contesto <sup>68</sup>	Indicatori di contributo
<b>PAESAGGIO E BENI CULTURALI</b>				
Qualità, sensibilità e vulnerabilità del paesaggio e dei beni culturali	<p>III.3 Garantire il ripristino e la deframmentazione degli ecosistemi e favorire le connessioni ecologiche urbano-rurali</p> <p>III.4 Assicurare lo sviluppo del potenziale, la gestione sostenibile e la custodia dei paesaggi</p> <p>III.5 Conservare e valorizzare il patrimonio culturale e promuoverne la fruizione sostenibile</p> <p>IV.1 Incrementare l'efficienza energetica e la produzione di energia da fonte rinnovabile evitando o riducendo gli impatti sui beni culturali e il paesaggio</p>	Destinare almeno il 10% delle superfici agricole ad elementi caratteristici del paesaggio con elevata diversità	<p>Presenza di beni ed aree vincolate e/o tutelate (compresi siti UNESCO)</p> <p>Suolo consumato nelle aree vincolate – ISPRA</p> <p>Beni culturali esposti a frane e alluvioni – ISPRA</p> <p>Indice di frammentazione del territorio naturale e agricolo - 15.3.1</p>	<p>Consumo di suolo dovuto a interventi di attuazione del PNIEC (infrastrutturazione) in aree vincolate e/o tutelate (D.lgs 42/2004, Piani paesaggistici, siti UNESCO)</p> <p>beni ed aree vincolate e/o tutelate (D.lgs 42/2004, Piani paesaggistici, siti UNESCO) interessati da interventi di attuazione del PNIEC (infrastrutturazione)</p> <p>Consumo di suolo dovuto a interventi di attuazione del PNIEC (infrastrutturazione) ripartito per unità fisiografiche del paesaggio</p>
<b>AGRICOLTURA</b>				
Patrimonio agricolo e zootecnico	I.4 Proteggere e ripristinare le risorse genetiche e gli ecosistemi naturali connessi ad agricoltura,	Entro il 2030, garantire sistemi di produzione alimentare sostenibili e implementare pratiche agricole resilienti che aumentino la produttività e la produzione, che	<p>SAU (Superficie agricola utilizzata) – ISTAT</p> <p>Aree agricole di pregio e ad alto valore naturale – Fonti regionali/locali</p> <p>Superficie e produttività agricola – ISTAT</p> <p>Eco-efficienza in agricoltura – ISPRA</p>	Consumo di suolo dovuto a interventi di attuazione del PNIEC (infrastrutturazione) in ambito agricolo, in aree agricole di pregio e ad alto valore naturale

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Questione ambientale	Obiettivo generale da SNSvS e altre politiche-normative	Target da politiche-normative	Indicatori di contesto <sup>68</sup>	Indicatori di contributo
	silvicoltura e acquacoltura  IV.5 Garantire la sostenibilità di agricoltura e dell'intera filiera forestale	aiutino a proteggere gli ecosistemi, che rafforzino la capacità di adattamento ai cambiamenti climatici, a condizioni meteorologiche estreme, siccità, inondazioni e altri disastri e che migliorino progressivamente la qualità del suolo  Destinare almeno il 25% della superficie agricola all'agricoltura biologica entro il 2030	<b>Quota di superficie agricola utilizzata (SAU) investita da coltivazioni biologiche – 2.4.1</b>  Aziende agricole che aderiscono a misure ecocompatibili e che praticano agricoltura biologica – ISPRA  Biocarburanti immessi in consumo per materia prima - GSE	Flussi di cambiamento di classi di uso del suolo  Quota di seminativi destinati alla produzione di energia rinnovabile sulla superficie agricola utilizzata (SAU) - ISTAT  Evoluzione Biocarburanti immessi in consumo per materia prima - GSE
<b>RIFIUTI</b>				
Rifiuti	IV.1 Dematerializzare l'economia, abbattere la produzione di rifiuti e promuovere l'economia circolare	<i>Target previsti dalla normativa di settore (vedi Tabella 3-1</i>	Emissioni di gas serra delle categorie del settore rifiuti  Produzione di rifiuti speciali  Quantità di rifiuti speciali inceneriti e recuperati energicamente e numero di impianti di incenerimento/coincenerimento  quantità di rifiuti speciali recuperati  % annua del peso medio del veicolo fuori uso sottoposto a recupero/riciclaggio rispetto alla gestione totale dei veicoli	Evoluzione emissioni di gas serra delle categorie del settore rifiuti  produzione di rifiuti da costruzione e demolizione  rifiuti prodotti dalla dismissione di veicoli pubblici e privati alimentati a combustibili tradizionali in favore dei veicoli a ridotte emissioni  % dei veicoli fuori uso rottamati rispetto all'immesso sul mercato  rifiuti prodotti dal revamping/repowering/dismissione dei pannelli esistenti

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Questione ambientale	Obiettivo generale da SNSvS e altre politiche-normative	Target da politiche-normative	Indicatori di contesto <sup>68</sup>	Indicatori di contributo
			<p>% di recupero/smaltimento dei rifiuti prodotti dal revamping/repowering dei pannelli esistenti</p> <p>% dei veicoli fuori uso rottamati rispetto all'immesso sul mercato</p> <p>riciclaggio/recupero di rifiuti da costruzione e demolizione</p> <p>% annua del peso medio del veicolo fuori uso sottoposto a recupero/riciclaggio rispetto alla gestione totale dei veicoli</p>	

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

**8.2 Monitoraggio dell'attuazione del PNIEC**

Come descritto precedentemente, parte integrante del sistema di monitoraggio degli effetti ambientali del PNIEC è costituito dal monitoraggio dello stato di avanzamento dell'attuazione delle misure previste.

Quest'attività sarà condotta nell'ambito della sede tecnica stabile di monitoraggio attivo ("Osservatorio PNIEC") che il PNIEC prevede di istituire per la verifica, tra le altre, dello stato di attuazione e di efficacia delle politiche climatiche ed energetiche contenute nel Piano.

Il monitoraggio dello stato di avanzamento dell'attuazione delle misure a supporto del sistema di monitoraggio VAS è realizzato mediante l'ausilio di indicatori di processo correlati ai diversi ambiti di intervento del PNIEC. Nella Tabella 8-3 è proposta una prima ipotesi di set di indicatori di processo che sarà ulteriormente definita e implementata nell'ambito del percorso di consolidamento delle misure e del sistema di monitoraggio e delle attività dell'Osservatorio PNIEC.

Il monitoraggio del PNIEC garantirà il coordinamento e il raccordo con i soggetti e le strutture deputate al monitoraggio dell'attuazione dei Piani che prevedono misure per il raggiungimento degli obiettivi del PNIEC tra i quali il PNACC, il PNCIA, il PNGR e il PdS TERNA, etc.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Tabella 8-3: indicatori di processo

Ambito/settore	Interventi	Opere per l'attuazione degli interventi	Indicatori di processo	Temi ambientali pertinenti (positivi e negativi)
<b>EMISSIONI</b>				
Settori ETS	Phase-out del carbone		Capacità di generazione a carbone (MW)	Emissioni inquinanti in atmosfera Qualità dell'aria Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale,
	realizzazione di unità termoelettriche addizionali alimentate a gas	unità termoelettriche addizionali alimentate a gas	Capacità di generazione elettrica a gas (MW)	Biodiversità e ecosistemi Uso, copertura e degrado del suolo Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale Paesaggio e beni culturali
	incremento delle rinnovabili nel mix di generazione elettrica e dell'efficienza energetica nei processi di lavorazione anche attraverso lo sviluppo di combustibili green alternativi quali il biometano e l'idrogeno negli usi finali ed energetici, inclusi i settori industriali "Hard-to-Abate"		Consumi energetici finali per fonte e settore (Mtep) - Eurostat	Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale
	implementazione della cattura, trasporto e stoccaggio/utilizzo della CO2 (CCUS)	sistemi di trasporto, cattura e stoccaggio CO2	Capacità (dei siti) di stoccaggio	Ecosistemi marino-costieri Specie aliene Qualità delle acque marino-costiere
Civile	Efficientamento edifici esistenti attraverso riqualificazione e applicazioni di tecnologie		Tasso annuo di riqualificazione settore residenziale (%)	Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria beni culturali rifiuti

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Ambito/settore	Interventi	Opere per l'attuazione degli interventi	Indicatori di processo	Temi ambientali pertinenti (positivi e negativi)
	come, ad esempio, pompe di calore e sistemi BACS		<i>Risparmi di energia finale conseguenti misure di efficientamento edifici esistenti (Mtep energia finale)</i>	
	Impiego rinnovabili	Rinnovabili domestiche	Potenza installata rinnovabili domestiche <i>Risparmi di energia finale da misure di promozione dell'efficienza energetica nel settore residenziale (Mtep)</i>	Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale beni culturali Rifiuti
	misure di cambiamento comportamentale per la riduzione della domanda di energia		Campagne di informazione <i>Risparmi di energia finale da misure di promozione dell'efficienza energetica nel settore residenziale (Mtep)</i>	Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale
Trasporti	sostituzione parco veicolare pubblico e privato obsoleto con veicoli più efficienti e a ridotte emissioni di CO2		Composizione parco circolante - CNIT	Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale rifiuti
	sviluppo mobilità condivisa/pubblica e favorire		Offerta di servizi di mobilità condivisa (veic/ab) – CNIT	Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Ambito/settore	Interventi	Opere per l'attuazione degli interventi	Indicatori di processo	Temi ambientali pertinenti (positivi e negativi)
	lo shift modale privato-pubblico		Offerta di TPL (pass/ab) - CNIT	
	incremento mobilità dolce		Densità Piste ciclabili (km/kmq), ZTL/zone 30 - CNIT	Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale
	elettrificazione trasporto auto		Autovetture elettriche (auto/auto circolanti) - CNIT	Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale Rifiuti
	shift modale gomma-ferro		Distribuzione domanda per modalità di trasporto (attivo/privato/pubblico) - CNIT Domanda TPL (pass/ab) - CNIT	Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale
	riduzione del fabbisogno di mobilità (es politiche per SW, riduzione giornate lavorative a parità di ore lavorate)		Domanda di mobilità feriale per condizione professionale - CNIT	Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale
	promozione strumenti per la pianificazione della mobilità		Stato degli Strumenti di pianificazione della mobilità	
Agricoltura	cambiamenti delle pratiche agricole così come delineate dalla Politica Agricola Comune e nei Piani di Sviluppo Rurale		il PNIEC fa propri gli indicatori di monitoraggio del PNCA quale misura di attuazione del PNIEC	Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria Qualità delle acque interne

Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima

Ambito/settore	Interventi	Opere per l’attuazione degli interventi	Indicatori di processo	Temi ambientali pertinenti (positivi e negativi)
<b>RINNOVABILI</b>				
Settore elettrico	misure per la diffusione di impianti a fonti rinnovabili tramite piccoli impianti (comunità energetiche rinnovabili, autoconsumo singolo o collettivo, misure fiscali) e impianti di dimensioni maggiori	parchi eolici offshore e onshore impianti fotovoltaici offshore e a terra impianti bioenergie (biogas) idroelettrico recupero energetico impianti incenerimento	Capacità rinnovabile elettrica per tipologia impianti, dimensioni e tecnologia  Produzione energia elettrica e termica per tipologia impianti a fonte rinnovabile (eolico, fotovoltaico, idrico, bioenergie, geotermico, rifiuti...)	Biodiversità e ecosistemi terrestri Specie aliene Foreste e agroecosistemi Ecosistemi marino-costieri Uso, copertura e degrado del suolo Paesaggio e beni culturali rifiuti
	misure per sostenere impianti basati su tecnologie innovative (eolico offshore, solare termodinamico, geotermia a ridotto impatto ambientale e oceanica, tecnologie sfruttamento energia marina, fotovoltaico floating e agrivoltaico)	impianti basati su tecnologie innovative	Capacità rinnovabile elettrica per impianti basati su tecnologie innovative	
	misure per la salvaguardia e potenziamento delle produzioni di impianti esistenti competitivi (fotovoltaico e eolico)	Interventi di salvaguardia e potenziamento di impianti esistenti competitivi (es. eolico e fotovoltaico)	Capacità rinnovabile elettrica conseguenti misure specifiche di salvaguardia e potenziamento degli impianti esistenti (revamping e	

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Ambito/settore	Interventi	Opere per l'attuazione degli interventi	Indicatori di processo	Temi ambientali pertinenti (positivi e negativi)
			repowering, riconversioni...)	
	semplificazione e accelerazione delle procedure autorizzative a tutti i livelli		Atti e disposizioni normative inerenti a semplificazione e accelerazione	
	processo di individuazione delle aree idonee di concerto con le Regioni attraverso un percorso di condivisione e ripartizione degli obiettivi su scala territoriale		Norme regionali di individuazione delle aree idonee	Paesaggio e beni culturali Aree tutelate e sensibili in relazione alle diverse tematiche ambientali
	sviluppo dell'idrogeno in particolare nell'industria e nei trasporti (stima al 2030 di un consumo di 250 kton/anno di idrogeno corrispondente ad una installazione di una capacità elettrica di circa 3 GW di elettrolizzatori)		Produzione di idrogeno verde (processi di elettrolisi alimentati da fonti rinnovabili) (kton)	Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale
Trasporti	obbligo di immissione in consumo di prodotti rinnovabili in capo ai fornitori		Quantità di combustibili rinnovabili immessi in consumo	Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale
	utilizzo dei biocarburanti in purezza		Quantità di combustibili rinnovabili immessi in consumo	Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale
Rinnovabili termiche	obbligo di integrazione delle FER termiche negli edifici	Rinnovabili domestiche	consumi finali FER per il settore termico negli edifici (ktep)	Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Ambito/settore	Interventi	Opere per l'attuazione degli interventi	Indicatori di processo	Temi ambientali pertinenti (positivi e negativi)
				Paesaggio e beni culturali Rifiuti
	promozione del teleriscaldamento e obbligo di fornitura di calore rinnovabile.	teleriscaldamento		Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale Biodiversità e ecosistemi Uso, copertura e degrado del suolo Paesaggio e beni culturali
	Penetrazione del vettore biometano e idrogeno (in particolare in ambito industriale).		Consumi finali biometano e idrogeno per il settore termico	Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale
	diffusione delle pompe di calore nel settore civile		Potenza termica installata di pompe di calore (GW) - GSE	Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale Paesaggio e beni culturali Rifiuti
<b>EFFICIENZA ENERGETICA</b>				
civile	incrementare notevolmente il tasso di ristrutturazione degli edifici, prevedendo una significativa penetrazione di tecnologie per l'elettificazione dei consumi, per l'automazione e controllo e una massiva diffusione degli interventi di isolamento delle superfici disperdenti.		Tasso annuo di riqualificazione settore residenziale (%) Risparmio di energia finale derivanti da misure di promozione efficienza energetica settore residenziale (Mtep)	Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale Paesaggio e beni culturali Rifiuti

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Ambito/settore	Interventi	Opere per l'attuazione degli interventi	Indicatori di processo	Temi ambientali pertinenti (positivi e negativi)
	pompe di calore come sistema principale di riscaldamento da installare sia in corrispondenza di riqualificazioni profonde degli edifici che ad integrazione dei sistemi di distribuzione del calore vigenti.		Risparmio di energia finale derivanti da misure di promozione efficienza energetica settore residenziale (Mtep)	Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale Rifiuti
	diffusione di impianti fotovoltaici domestici e di impianti microeolici	Rinnovabili domestiche	Potenza rinnovabile installata	Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria Paesaggio e beni culturali Rifiuti
	piano di efficientamento del parco immobiliare e di riduzione dei consumi energetici per la PA		Risparmio di energia finale derivanti da misure di promozione efficienza energetica per la PA es.PREPA (Mtep)	Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale rifiuti
	aggiornamento delle misure esistenti per includere la promozione dell'efficienza energetica negli edifici del settore non residenziale privato,			Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale
trasporti	contenimento del fabbisogno di mobilità, incremento della mobilità collettiva, in particolare su rotaia, spostamento del trasporto merci da gomma a ferro e incremento della mobilità dolce.		Domanda di mobilità per modalità di trasporto  Offerta di servizi di mobilità condivisa (veic/ab) – CNIT	Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Ambito/settore	Interventi	Opere per l'attuazione degli interventi	Indicatori di processo	Temi ambientali pertinenti (positivi e negativi)
			Offerta di TPL (pass/ab) - CNIT	
	Per il residuo fabbisogno di mobilità privata e merci, promozione dell'uso dei carburanti alternativi e del vettore elettrico, accrescendo la quota di rinnovabili		Quantità di combustibili rinnovabili immessi in consumo Quota rinnovabile nel settore trasporti	Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale Rifiuti
<b>SICUREZZA ENERGETICA</b>				
Settore elettrico	potenziamento delle interconnessioni elettriche tramite progetti di medio e lungo termine, individuati dal gestore del sistema elettrico nazionale, che consentiranno un aumento della capacità di interconnessione con l'estero,	potenziamento e nuove interconnessioni elettriche (mare e terra)	Capacità di scambio con l'estero (MW) - TERNA	Biodiversità e ecosistemi terrestri Specie aliene Foreste e agroecosistemi Ecosistemi marino-costieri Uso, copertura e degrado del suolo Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale Paesaggio e beni culturali rifiuti
	aumento della capacità di accumulo da indirizzare sempre di più verso soluzioni "energy intensive", per limitare a quanto economicamente efficiente il fenomeno dell'overgeneration e favorire il raggiungimento degli obiettivi di consumo di energia rinnovabile	stoccaggi di energia (accumuli idrici...)	Capacità di accumulo	Biodiversità e ecosistemi terrestri Foreste e agroecosistemi Uso, copertura e degrado del suolo Qualità delle acque interne Gestione e sfruttamento della risorsa idrica pericolosità geologica e idraulica Paesaggio e beni culturali rifiuti

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Ambito/settore	Interventi	Opere per l'attuazione degli interventi	Indicatori di processo	Temi ambientali pertinenti (positivi e negativi)
Settore gas	incremento della capacità di rigassificazione e della relativa fornitura di GNL (nuovi Floating Storage and Regasification Unit – FSRU di Piombino e Ravenna in esercizio nel 2023-25 ed incremento della capacità di rigassificazione dei terminali esistenti)	rigassificatori galleggianti di rigassificazione e stoccaggio di gas (FRSU, rigassificatori costieri)	Capacità di rigassificazione (m3/anno)	Biodiversità e ecosistemi terrestri Specie aliene Ecosistemi marino-costieri Qualità delle acque marino-costiere Paesaggio e beni culturali rifiuti
	rafforzamento di alcune infrastrutture transfrontaliere e interne ampliamento della capacità di trasporto sud-nord lungo la dorsale Adriatica	potenziamento e nuove interconnessioni gas (mare e terra)	Km di rete nazionale gas	Biodiversità e ecosistemi terrestri Specie aliene Foreste e agroecosistemi Uso, copertura e degrado del suolo rifiuti
	sostituzione di metanodotti ormai giunti alla fine della loro vita utile. Tali metanodotti saranno inoltre hydrogen ready, utili pertanto nel lungo termine al trasporto dell'idrogeno	potenziamento e nuove interconnessioni gas (mare e terra)	Km di rete nazionale gas	Biodiversità e ecosistemi terrestri Specie aliene Foreste e agroecosistemi Uso, copertura e degrado del suolo Rifiuti
<b>MERCATO INTERNO DELL'ENERGIA</b>				
	potenziare le interconnessioni elettriche e il market coupling con gli altri Stati membri dell'Unione	potenziamento e nuove interconnessioni elettriche (mare e terra)	Capacità di scambio con l'estero (MW) - TERNA	Biodiversità e ecosistemi terrestri Specie aliene Foreste e agroecosistemi Ecosistemi marino-costieri Uso, copertura e degrado del suolo

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Ambito/settore	Interventi	Opere per l'attuazione degli interventi	Indicatori di processo	Temi ambientali pertinenti (positivi e negativi)
				Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale Paesaggio e beni culturali rifiuti
	PdS TERNA: sviluppare infrastrutture che integrino le fonti di energia rinnovabile (FER) e aumentino la capacità di trasporto tra le diverse zone di mercato, risolvendo le congestioni del sistema elettrico.	potenziamento e nuove interconnessioni elettriche (mare e terra)	RTN (km) - TERNA	Biodiversità e ecosistemi terrestri Specie aliene Foreste e agroecosistemi Ecosistemi marino-costieri Uso, copertura e degrado del suolo Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale Paesaggio e beni culturali rifiuti
	accelerazione e semplificazione degli iter autorizzativi sia per le opere di sviluppo di rete che per la connessione di impianti rinnovabili,		Atti e disposizioni normative inerenti a semplificazione e accelerazione tempi medi degli iter di autorizzazione	
	integrazione tra sistemi (elettrico, idrico e gas in particolare), da avviare in via sperimentale, anche con lo scopo di studiare le più efficienti modalità per l'accumulo di lungo termine di energia rinnovabile.	stoccaggi di energia		Biodiversità e ecosistemi terrestri Foreste e agroecosistemi Uso, copertura e degrado del suolo Qualità delle acque interne Gestione e sfruttamento della risorsa idrica pericolosità geologica e idraulica
	approfondimenti per introdurre interventi di			Emissioni inquinanti in atmosfera, Qualità dell'aria

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Ambito/settore	Interventi	Opere per l'attuazione degli interventi	Indicatori di processo	Temi ambientali pertinenti (positivi e negativi)
	efficienza e di installazione di impianti a fonti rinnovabili in autoconsumo			Esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale Paesaggio e beni culturali
<b>RICERCA, INNOVAZIONE E COMPETITIVITÀ</b>				
	ricerca e potenziale sviluppo delle nuove tecnologie sul nucleare.		Progetti di ricerca	
	sviluppo di tecnologie che attualmente sono ancora nella fase dimostrativa o prototipale, soprattutto nelle applicazioni dell'industria hard to abate e del trasporto pesante		Brevetti	

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Gestione e modalità di attuazione del monitoraggio

Il monitoraggio ambientale del Piano segue l'intero suo ciclo di vita, compresi i suoi aggiornamenti rispetto ai quali rappresenta una componente significativa di indirizzo e riorientamento mediante la valutazione dei risultati periodici che saranno prodotti oltre che costituire un patrimonio informativo di cui tener conto per altri e successivi atti di pianificazione e programmazione.

In linea con quanto previsto a livello normativo in materia di VAS, i risultati del monitoraggio ambientale saranno illustrati in Rapporti di monitoraggio prodotti periodicamente.

In considerazione delle varie fonti informative che concorrono al popolamento e aggiornamento degli indicatori di monitoraggio si può ragionevolmente prevedere una produzione con periodicità almeno quinquennale dei reports suddetti.

Gli elementi riportati nel presente capitolo 8, relativi alle misure di monitoraggio, costituiscono l'avvio di un percorso che dovrà condurre all'implementazione del Piano di monitoraggio con il consolidamento dei contenuti, la definizione delle responsabilità e delle modalità operative e delle risorse necessarie per l'attuazione del monitoraggio.

Esso sarà realizzato e gestito attraverso la collaborazione tra Autorità Procedente e Autorità Competente per la VAS anche avvalendosi del SNPA come previsto dal D.lgs 152/06.

Nella organizzazione del sistema di monitoraggio occorre tenere presente il percorso di attuazione e di aggiornamento del Piano e i successivi livelli di pianificazione/programmazione attuativa e progettazione con relative valutazioni ambientali, e quindi identificare le potenziali relazioni con le VAS dei piani settoriali regionali/locali, con le Valutazioni di Impatto Ambientale e le Valutazioni di Incidenza dei progetti che discenderanno dall'attuazione del Piano.

L'efficacia del monitoraggio dipende quindi dall'assetto organizzativo, ovvero dalle interazioni tra i soggetti coinvolti e dalle modalità operative con cui sono organizzate le risorse e il flusso delle informazioni.

In questo contesto, elemento centrale di riferimento e di raccordo è rappresentato dall'Osservatorio PNIEC che si intende istituire come sede tecnica stabile di monitoraggio attivo dell'attuazione del PNIEC e di efficacia delle politiche climatiche ed energetiche contenute nel Piano stesso promuovendo un coordinamento maggiore e garantendo confronti tecnici evoluti.

Il PNIEC prevede anche l'istituzione di una piattaforma informatica di monitoraggio (realizzata dal GSE ma contenente i dati prodotti da tutti i soggetti all'opportuno livello di aggregazione), nella quale saranno presenti i dati di monitoraggio del PNIEC in termini di valutazione dei risultati raggiunti sulle 5 dimensioni dell'unione dell'energia e di valutazione degli effetti delle politiche (monitoraggio obiettivi, statistiche, quadro autorizzativo, incentivi, impatti economici, impatti, ambientali, distribuzione territoriale degli impianti, etc.)

Al riguardo si richiama di seguito quanto previsto dal PNIEC in tema di governance del monitoraggio.

Per seguire nel tempo l'efficacia delle politiche pubbliche e delle misure contenute nella proposta di piano ed intervenire, se necessario, con azioni correttive, è importante dotarsi di una funzione di monitoraggio dello stato di attuazione del Piano.

Le attività di monitoraggio - coerentemente con quanto indicato dagli articoli 17 e 18 del Regolamento (UE) 2018/1999 sulla governance dell'Unione dell'energia e dell'azione per il clima e con quanto previsto in ambito Eurostat/UE - assumono, infatti, un ruolo molto importante per assicurare un'accurata attività di individuazione e verifica del percorso di decarbonizzazione, del grado di raggiungimento degli obiettivi e di attuazione delle politiche in materia energetica ed emissiva, sia per dare riscontro tempestivo ai decisori pubblici dell'efficacia delle misure e della loro eventuale necessità di aggiornamento (monitoraggio attivo) sia

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

per fornire informazioni chiare e aggiornate a tutti gli stakeholders. In tale ottica, nell'ambito dei profili delle competenze concorrenti tra Stato e Regioni, nel rispetto dei ruoli delle Autorità di settore, dei gestori di rete e degli operatori di mercato e al fine di consentire una corretta implementazione del Piano, si intende istituire una sede tecnica stabile di monitoraggio attivo denominata "Osservatorio PNIEC"; questo Osservatorio assorbirà altresì il preesistente Osservatorio rinnovabili, per la verifica sia dell'andamento dei trend emissivi ed energetici rispetto agli obiettivi, sia dello stato di attuazione e di efficacia delle politiche climatiche ed energetiche contenute nel Piano. L'Osservatorio, sarà composto da rappresentanti del MASE, presso cui è costituito, da rappresentanti delle altre amministrazioni centrali competenti, da una rappresentanza delle Regioni indicata dal Coordinamento Energia ed Ambiente della Conferenza Stato Regioni, da ANCI, dal GSE, RSE, ISPRA ed ENEA, nonché da esperti energia e clima; e ha lo scopo di promuovere un coordinamento maggiore e di garantire confronti tecnici evoluti in merito all'implementazione del Piano e al monitoraggio della sua attuazione, preliminari alle procedure ufficiali stabilite da norma in sede di Conferenza Stato Regioni o Unificata, e condivisione delle necessarie correzioni evolutive del PNIEC in fase attuativa.

A supporto delle attività di monitoraggio dell'Osservatorio PNIEC si segnala la piattaforma di monitoraggio del Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima che dovrà essere istituita dal GSE ai sensi dell'articolo 48 del Decreto legislativo dell'8 novembre 2021, n.199, in linea con il Regolamento (UE) 2018/1999.

Tale piattaforma consentirà di mettere a disposizione le informazioni relative al livello di raggiungimento dei diversi target e l'efficacia delle politiche, alla diffusione degli investimenti sul territorio e la performance dei procedimenti autorizzativi, l'evoluzione dei costi delle tecnologie e le ricadute economiche e occupazionali. La raccolta ed elaborazioni di tali informazioni, di diversa provenienza, consentirà altresì di predisporre le relazioni periodiche di monitoraggio previste dal Regolamento (UE) 2018/1999 e di fornire elementi di input per il piano di monitoraggio ambientale del PNIEC e di fornire informazioni aggiornate e tempestive a cittadini e pubbliche amministrazioni centrali e locali sull'evoluzione del quadro energetico ed emissivo e sullo stato di attuazione del Piano.

Oltre a tale piattaforma occorre segnalare che la verifica degli obiettivi emissivi discendenti da norme e accordi nazionali, europei e internazionali, è realizzata, gestita e aggiornata da ISPRA ai sensi della legislazione nazionale, e tramite le comunicazioni relative agli obblighi europei (regolamento (UE) 2018/1999 Governance dell'Unione dell'energia e dell'azione per il clima) e internazionali (Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC)) anche attraverso il "Sistema nazionale per la realizzazione dell'inventario nazionale dei gas serra" e il "Sistema nazionale in materia di politiche e misure e di proiezioni".

Infine, considerato quanto richiamato in ambito Eurostat ovvero di potenziare le statistiche energetiche e di estenderne il campo di pertinenza per favorire e supportare le decisioni sulle politiche, affinché l'Italia possa restare al passo con tale scenario evolutivo, si prevede di destinare specifiche risorse alla realizzazione di rilevazioni statistiche periodiche che consentano di ricostruire struttura e caratteristiche dei consumi energetici nei diversi settori (residenziale, terziario, industriale, trasporti), con modalità, definizioni e metodologie armonizzate in ambito Eurostat. Parallelamente si intende valorizzare le informazioni presenti negli archivi amministrativi dei vari enti e amministrazioni.

## 9 BIBLIOGRAFIA

### Qualità dell'aria

Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 155. Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa. SO n.217 alla Gazzetta Ufficiale n. 216, del 15 settembre 2010.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Decreto legge 12 settembre 2023, n. 121. Misure urgenti in materia di pianificazione della qualità dell'aria e limitazioni della circolazione stradale (legge di conversione 6 novembre 2023, n. 155).

Decreto MATTM, 2013. Individuazione delle stazioni per il calcolo dell'indicatore d'esposizione media per il PM2,5 di cui all'articolo 12, comma 2, del decreto legislativo 13 agosto 2010, n. 155. Gazzetta Ufficiale Serie Generale n. 73 del 27 marzo 2013.

EC, 2013. Comunicazione della commissione al parlamento europeo, al consiglio, al comitato economico e sociale europeo e al comitato delle regioni: un programma "aria pulita" per l'Europa. COM/2013/918 final. <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2013/IT/1-2013-918-IT-F1-1.Pdf>

EC, 2018. Relazione della Commissione al parlamento europeo, al consiglio, al comitato economico e sociale europeo e al comitato delle regioni: prime prospettive in materia di aria pulita. COM/2018/446 final.

EC, 2019. Comunicazione della commissione al parlamento europeo, al consiglio, al comitato economico e sociale europeo e al comitato delle regioni: "The European Green Deal", COM/2019/640 final.

EC, 2021. Comunicazione della commissione al parlamento europeo, al consiglio, al comitato economico e sociale europeo e al comitato delle regioni: "Pathway to a Healthy Planet for All EU Action Plan: 'Towards Zero Pollution for Air, Water and Soil'", COM/2021/400 final.

EC, 2022. Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on ambient air quality and cleaner air for Europe, COM/2022/542 final. Brussels, 26.10.2022.

Hirsch, R.M., Slack, L.R., Smith, R.A. Techniques of trend analysis for monthly water data. Water Resources Research, 1982, 18(1), 107-121.

Hoogerbrugge, 2010. Hoogerbrugge R, Denier van der Gon HAC, Van Zanten MC, Matthijesen J. Trends in particulate matter, Bihlthoven, Netherlands research program on particulate matter, report 500099014 (2010).

IARC, 2012. A review of human carcinogens. Part F: Chemical agents and related occupations / IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans (2009: Lyon, France) IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans; v. 100F.

ISPRA, 2018. Analisi dei trend dei principali inquinanti atmosferici in Italia (2008 – 2017), Rapporto ISPRA 302/2018.

SNPA, 2024. Report Ambientali SNPA 40/2024.

Nuovo Accordo di Programma per l'adozione coordinata e congiunta di misure per il miglioramento della qualità dell'aria nel Bacino Padano, 7 giugno 2017. MATTM, Regione Emilia – Romagna, Regione Lombardia, Regione Piemonte e Regione Veneto, 2017.

UE, 2004. Direttiva 15 dicembre 2004, n. 2004/107/CE, Direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio relativa ad arsenico, cadmio, mercurio, nichel e idrocarburi policiclici aromatici nell'aria. Gazzetta Ufficiale CE L 23, 26 gennaio 2005.

UE, 2008. Direttiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 21 maggio 2008 relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa. Gazzetta Ufficiale CE L 152, 11 giugno 2008.

UE, 2011. Decisione 2011/850/CE di esecuzione della commissione del 12 dicembre 2011 recante disposizioni di attuazione delle direttive 2004/107/CE e 2008/50/CE del Parlamento europeo e del Consiglio per quanto riguarda lo scambio reciproco e la comunicazione di informazioni sulla qualità dell'aria ambiente.

UE, 2015. Direttiva 2015/1480/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio che modifica vari allegati delle direttive 2004/107/CE e 2008/50/CE recanti le disposizioni relative ai metodi di riferimento, alla convalida dei

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

dati e all'ubicazione dei punti di campionamento per la valutazione della qualità dell'aria ambiente. Gazzetta Ufficiale CE L 226, 29 agosto 2015.

WHO, 2000. World Health Organisation. Air quality guidelines for Europe. Second Edition. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe Regional Publications, European Series, n. 91; 2000.

WHO, 2021. World Health Organization. WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva: World Health Organization; 2021. License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

### Avifauna

Blaydes, H., Potts, S. G., Whyatt, J. D., & Armstrong, A. (2021). Opportunities to enhance pollinator biodiversity in solar parks. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 145, 111065.

Buechley E.R., Opper S., Efrat R., Phipps W.L., Carbonell Alanis I., Alvarez E., Andreotti A., Arkumarev V., Berger-Tal O., Bermejo Bermejo A., Bounas A., Ceccolini G., Cenerini A., Dobrev V., Duriez O., Garcia J., Garcia-Ripolles C., Galan M., Gil A., Giraud L., Hatzofe O., Iglesias-Lebrija J.J., Karyakin I., Kobierzycki E., Kret E., Loercher F., Lopez-Lopez P., Miller Y., Mueller T., Nikolov S.C., De La Puente J., Sapir N., Saravia V., Şekercioğlu C.H., Sillett T.S., Tavares J., Urios V., Marra P.P., 2021. Differential survival throughout the full annual cycle of a migratory bird presents a life history trade-off. *Journal of Animal Ecology* 5: 1228-1238.

Cameron, D. R., Cohen, B. S., & Morrison, S. A. (2012). An approach to enhance the conservation-compatibility of solar energy development. *PLoS one*, 7(6), e38437.

European Commission, 2020. The Wildlife Sensitivity Mapping Manual: Practical guidance for renewable energy planning in the European Union.

Furness, R. W., Wade, H. M., & Masden, E. A. (2013). Assessing vulnerability of marine bird populations to offshore wind farms. *Journal of environmental management*, 119, 56-66.

Gauld, J. G., Silva, J. P., Atkinson, P. W., Record, P., Acácio, M., Arkumarev, V., ... & Franco, A. M. (2022). Hotspots in the grid: Avian sensitivity and vulnerability to collision risk from energy infrastructure interactions in Europe and North Africa. *Journal of Applied Ecology*, 59(6), 1496-1512.

Gustin, M., Nardelli, R., Bricchetti, P., Battistoni, A., Rondinini, C., Teofili, C. (compilatori), 2021. Lista Rossa IUCN degli uccelli nidificanti in Italia 2021. *Comitato Italiano IUCN e Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Roma*

Hernandez R.R., Easter S., Murphy-Mariscal M.L., Maestre F.T., Tavassoli M., Allen E.B., et al. (2014). Environmental impacts of utility-scale solar energy. *Renew Sustain Energy Rev*, 29, pp. 766-779.

ISPRA, 2021. Mappe di sensibilità dell'avifauna per l'eolico offshore. Relazione consegnata al Ministero della Transizione Ecologica

Janss, G. F. (2000). Avian mortality from power lines: a morphologic approach of a species-specific mortality. *Biological Conservation*, 95(3), 353-359.

Kiesecker, J. M., Copeland, H., Pocewicz, A., & McKenney, B. (2010). Development by design: blending landscape-level planning with the mitigation hierarchy. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 8(5), 261-266.

Marques, A. T., Batalha, H., Rodrigues, S., Costa, H., Pereira, M. J. R., Fonseca, C., ... Bernardino, J., 2014. Understanding bird collisions at wind farms: An updated review on the causes and possible mitigation strategies. *Biological Conservation*, 179

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Martin G.R. & Banks A.N., 2023. Marine birds: Vision-based wind turbine collision mitigation. *Global Ecology and Conservation* 42

May, R., Middel, H., Stokke, B. G., Jackson, C., & Verones, F., 2020a. Global life-cycle impacts of onshore wind-power plants on bird richness. *Environmental and Sustainability Indicators*, 8, 100080.

May et al., 2020b. Paint it black: efficacy of increase wind turbine rotor blade visibility to reduce avian fatalities. *Ecology and evolution*, vol. 10(16)

Munafò, M. (a cura di), 2022. Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici. Edizione 2022. *Report SNPA 32/22*.

Pirovano, A., & Cocchi, R. (a cura di), 2008. Linee guida per la mitigazione dell'impatto delle linee elettriche sull'avifauna. *INFS-Ministero dell'Ambiente della Tutela del Territorio e del Mare*.

Poot, H., B. J. Ens, H. de Vries, M. A. H. Donners, M. R. Wernand, and J. M. Marquenie. 2008. Green light for nocturnally migrating birds. *Ecology and Society* 13(2): 47

Rehbein J.A., Watson J.E., Lane J.L., Sonter L.J., Venter O., Atkinson S.C., et al. (2020). Renewable energy development threatens many globally important biodiversity areas. *Global Change Biol*

Ronconi, R. A., Allard, K. A., & Taylor, P. D. (2015). Bird interactions with offshore oil and gas platforms: Review of impacts and monitoring techniques. *Journal of Environmental Management*, 147, 34-45.

Schuster, E., Bulling, L., & Koppel, J., 2015. Consolidating the state of knowledge: A synoptical review of wind energy's wildlife effects. *Environmental Management*, 56(2)

Thaxter, C. B., Green, R. M., Collier, M. P., Taylor, R. C., Middelveld, R. P., Scragg, E. S., ... & Fijn, R. C., 2024. Behavioural responses of Sandwich terns following the construction of offshore wind farms. *Marine Biology*, 171(2), 1-15.

Zenatello, M., Baccetti, N., & Luchetta, A. (2021). International Waterbird Census Reports, Italy 2009-2018.

### Chiropteri

Amorim F., Rebelo H., Rodrigues L. (2012) Factors influencing bat activity and mortality at a wind farm in the Mediterranean region. *Acta Chiropterologica* 14(2): 439-457

Arnett EB (2005) Relationships between bats and wind turbines in Pennsylvania and West Virginia: an assessment of fatality search protocols, pattern of fatality, and behavioral interactions with wind turbines. A final report submitted to the bats and wind energy cooperative. Bat Conservation International, Austin, Texas, USA

Arnett EB, Brown WK, Erickson WP, Fiedler JK, Hamilton BL, Henry TH, Jain A, Johnson GD, Kerns J, Koford RR (2008) Patterns of bat fatalities at wind energy facilities in North America. *J Wildl Manage* 71(1):61-78

Arnett EB, Huso MMP, Schirmacher MR, Hayes JP (2011) Altering turbine speed reduces bat mortality at windenergy facilities. *Front Ecol Environ* 9:209-214

Baerwald EF, D'Amours GH, Klug BJ, Barclay RMR (2008) Barotrauma is a significant cause of bat fatalities at wind turbines. *Current Biology* 18(16): 695-696

Barclay RMR, Baerwald EF, Gruver JC (2007) Variation in bat and bird fatalities at wind energy facilities: assessing the effects of rotor size and tower height. *Canadian J Zool* 85(3): 381-387

Boughey, K. L., Lake, I. R., Haysom, K. A., & Dolman, P. M. (2011). Improving the biodiversity benefits of hedgerows: How physical characteristics and the proximity of foraging habitat affect the use of linear features by bats. *Biological Conservation*, 144, 1790-1798.

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

- Camina A. (2012). Bat fatalities at wind farms in Northern Spain – Lessons to be learned *Acta Chiropterologica* 14(1): 205-212
- Cryan PM (2011) Wind turbines as landscape impediments to the migratory connectivity of bats. *Environ Law* 41(2): 355–370
- Greif S., Siemers B.M. (2010). Innate recognition of water bodies in echolocating bats. *Nat. Commun.* 1:107  
DOI: 10.1038/ncomms1110.
- Hayes MA (2013) Bats killed in large numbers at United States wind energy facilities. *Bioscience* 63(12):975–979
- Horn JW, Arnett, EB, Kunz TH (2008) Behavioral responses of bats to operating wind turbines. *J Wildl Manage* 72: 123–132
- Hötker H. (2006) The impact of repowering of wind farms on birds and bats. *Michael-Otto-Institut im NABU, Bergenhusen*
- Horváth G., Blahó M., Egri A., Kriska G., Seres I., Robertson B. (2010). Reducing the maladaptive attractiveness of solar panels to polarotactic insects. *Conservation Biology*, 24(6): 1644-1653.
- Jones G, Cooper-Bohannon R, Barlow K, Parson K (2009) Determining the potential ecological impact of wind turbines on bat populations in Britain. Scoping and method development report. Final report. Bat Conservation Trust, University of Bristol. Bristol, UK
- Kelm, Detlev H., et al. (2014). Seasonal bat activity in relation to distance to hedgerows in an agricultural landscape in central Europe and implications for wind energy development. *Acta Chiropterologica* 16(1): 65-73.
- Kunz TH, Arnett EB, Erickson WP, Hoar AR, Johnson GD, Larkin PR, Strickland MD, Thresher RW, Tuttle MD (2007) Ecological impacts of wind energy development on bats: questions, research needs, and hypotheses. *Front Ecol Environ* 5:315–324
- Lehnert, Linn S., et al. "Wind farm facilities in Germany kill noctule bats from near and far." *PloS one* 9.8 (2014): e103106.
- Long CV (2011) The interaction of bats (microchiroptera) with wind turbines: bioacoustic and other investigation. Doctoral thesis <https://dspace.lboro.ac.uk/2134/8041>
- Manville, A. M. (2016). Impacts to birds and bats due to collisions and electrocutions from some tall structures in the United States: wires, towers, turbines, and solar arrays—state of the art in addressing the problems. *Problematic wildlife: a cross-disciplinary approach*, 415-442.
- Olimpi, E. M., & Philpott, S. M. (2018). Agroecological farming practices promote bats. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 265, 282–291.
- Rodrigues L. et al. (2008) Guidelines for consideration of bats in wind farm projects. EUROBATs Publication Series No. 3. UNEP/EUROBATs Secretariat, Bonn, Germany
- Rodrigues L. et al. (2015) Guidelines for consideration of bats in wind farm projects. Revision 2014 (report No. Publication Series No. 6). Report by EUROBATs
- Roscioni F., Spada M. (a cura di), 2014. *Linee guida per la valutazione dell'impatto degli impianti eolici sui chiropteri*. Gruppo Italiano Ricerca Chiropteri.
- Roscioni F, Rebelo H, Russo D, Carranza ML, Di Febbraro M, Loy A (2014) A modelling approach to infer the effects of wind farms on landscape connectivity for bats. *Landsc Ecol* DOI 10.1007/s10980-014-0030-2

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

RPS (2015). EirGrid Evidence Based Environmental Studies - Study 3: Bats. Literature review and evidence based field study on the effects of high voltage transmission lines on bats in Ireland. Report by RPS group, Ireland.

Rydell J, Bach L, Doubourg-Savage M, Green M, Rodrigues L, Hedenström A (2010) Mortality of bats at wind turbines links to nocturnal insect migration? *Eur J Wildl Res* 56: 823–827

Rydell J, Engström H, Hedenström A, Larsen JK, Pettersson J, Green M (2012) The effects of wind power on birds and bats –a synthesis Vindval Report 6511.

Szabadi, K. L., Kurali, A., Rahman, N. A. A., Froidevaux, J. S., Tinsley, E., Jones, G., Görföl, T., Estók, P., & Zsebők, S. (2023). The use of solar farms by bats in mosaic landscapes: Implications for conservation. *Global Ecology and Conservation*, 44, e02481.

Thaxter CB et al. (2017) Bird and bat species' global vulnerability to collision mortality at wind farms revealed through a trait-based assessment. *Proc. R. Soc. B* 284: 20170829. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2017.0829>

Tinsley, E., Froidevaux, J. S., Zsebők, S., Szabadi, K. L., & Jones, G. (2023). Renewable energies and biodiversity: Impact of ground-mounted solar photovoltaic sites on bat activity. *Journal of Applied Ecology*, 60(9), 1752-1762

### Specie aliene

Allegrezza M, Ballelli S, Mentoni M, et al (2013). Biodiversity in the Sibillini Mountain range (Sibillini National Park, central Apennines): the example of Pi(e) Vettore. *Plant Sociol* 50:57–89. doi: 10.7338/pls2013501/06

Azzurro, E., Smeraldo, S., & D'Amen, M. (2022). Spatio-temporal dynamics of exotic fish species in the Mediterranean Sea: Over a century of invasion reconstructed. *Global Change Biology*, 28(21), 6268-6279.

Azzurro, E., Smeraldo, S., Minelli, A., & D'Amen, M. (2022). ORMEF: a Mediterranean database of exotic fish records. *Scientific Data*, 9(1), 363.

Bennun, L., van Bochove, J., Ng, C., Fletcher, C., Wilson, D., Phair, N., Carbone, G. (2021). Mitigating biodiversity impacts associated with solar and wind energy development. Guidelines for project developers. Gland, Switzerland: IUCN and Cambridge, UK: The Biodiversity Consultancy

Bonafede F, Ubaldi D, Vignodelli M, et al (2014) Vegetation changes during a 30 year period in several stands above the forest line (emilian-apennines). *Plant Sociol* 51:5–18. doi: 10.7338/pls2014511/02

Cannone N, Pignatti S (2014) Ecological responses of plant species and communities to climate warming: upward shift or range filling processes? *Clim Change* 123:201–214. doi: 10.1007/s10584-014-1065-8

Castellari S, Venturini S, Ballarin Denti A, et al (2014a) Rapporto sullo stato delle conoscenze scientifiche su impatti, vulnerabilità ed adattamento ai cambiamenti climatici in Italia. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Roma

Di Febbraro, M., & Mori, E. (2015). Potential distribution of alien parakeets in Tuscany (Central Italy): a bioclimatic model approach. *Ethology Ecology & Evolution*, 27(2), 116-128.

Geburzi, J.C. and McCarthy, M.L. (2018). 'How Do They Do It? – Understanding the Success of Marine Invasive Species'. In: S. Jungblut, V. Liebich, and M. Bode (Eds.), *YOUMARES 8 – Oceans Across Boundaries: Learning from each other*, pp. 109–124. Cham, Switzerland: Springer International Publishing. Available at: [http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-93284-2\\_8](http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-93284-2_8)

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Geppert, C., Bertolli, A., Prosser, F., & Marini, L. (2023). Red-listed plants are contracting their elevational range faster than common plants in the European Alps. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 120(12), e2211531120.

Guidelines on Biofuels and Invasive Species, 2009. Gland, Switzerland: IUCN. 20 pp.

Iacarella, J.C., Davidson, I.C. and Dunham, A. (2019). Biotic exchange from movement of 'static' maritime structures. *Biological Invasions* 21(4): 1131–1141. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10530-018-1888-8>

International Hydropower Association, 2021. How-to Guide: Hydropower Biodiversity and Invasive Species. London: IHA. Available from: [www.hydropower.org](http://www.hydropower.org).

IPIECA and International Association of Oil & Gas Producers (OGP) (2010). Alien invasive species and the oil and gas industry. London, UK and Brussels, Belgium: IPECA and OGP. Available at: <https://www.ipieca.org/resources/good-practice/alien-invasive-species-and-the-oil-and-gas-industry/>

Loy, A., Aloise, G., Ancillotto, L., Angelici, F. M., Bertolino, S., Capizzi, D., ... & Amori, G. (2019). Mammals of Italy: an annotated checklist. *Hystrix*, 30(2), 87-106.

Lühken R, Brattig N, Becker N. Introduction of invasive mosquito species into Europe and prospects for arbovirus transmission and vector control in an era of globalization. *Infect Dis Poverty*. 2023 Nov 30;12(1):109. doi: 10.1186/s40249-023-01167-z. PMID: 38037192; PMCID: PMC10687857.

Macchi, S., Scali, S., Bisi, F., Martinoli, A., Alonzi, A., & Carnevali, L. (2020). Piano Nazionale per la Gestione della Testuggine Palustre Americana (*Trachemys scripta*). ISPRA: Rome, Italy.

PBES (2023). Thematic Assessment Report on Invasive Alien Species and their Control of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Roy, H. E., Pauchard, A., Stoett, P., and Renard Truong, T. (eds.). IPBES secretariat, Bonn, Germany. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7430682>

Seebens, Hanno & Blackburn, Tim & Dyer, Ellie & Genovesi, Piero & Hulme, Philip & Jeschke, Jonathan & Pagad, Shyama & Pyšek, Petr & Winter, Marten & Arianoutsou, Margarita & Bacher, Sven & Blasius, Bernd & Brundu, Giuseppe & Capinha, César & Celesti-Grapow, Laura & Dawson, Wayne & Dullinger, Stefan & Fuentes, Nicol & Jäger, Heinke & Essl, Franz. (2017). No saturation in the accumulation of alien species worldwide. *Nature Communications*. 8. 10.1038/ncomms14435.

Silva, M. and Passos, I. (2017). 'Vegetation'. In: M.R. Perrow (ed.), *Wildlife and Wind Farms - Conflicts and Solutions*, Volume 1 Onshore: Potential Effects, Chapter 3., Vol. 1. Exeter, UK: Pelagic Publishing

Williams JW, Jackson ST (2007) Novel climates, no-analog communities, and ecological surprises. *Front Ecol Environ* 5:475–482. doi: 10.1890/070037

### Tsunami

Basili R., Danciu L., Beauval C., Sesetyan K., Vilanova S., Adamia S., Arroucau P., Atanackov J., Baize S., Canora C., Caputo R., Carafa M., Cushing M., Custódio S., Demircioglu Tumsa M., Duarte J., Ganas A., García-Mayordomo J., Gómez de la Peña L., Gràcia E., Jamšek Rupnik P., Jomard H., Kastelic V., Maesano F., Martín-Banda R., Martínez-Loriente S., Neres M., Perea H., Šket Motnikar B., Tiberti M., Tsereteli N., Tsironi V., Vallone R., Vanneste K., Zupančič P. (2022). European Fault-Source Model 2020 (EFSM20): online data on fault geometry and activity parameters. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/efsm20>

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Basili R., Brizuela B., Herrero A., Iqbal S., Lorito S., Maesano F.E., Murphy S., Perfetti P., Romano F., Scala A., Selva J., Taroni M., Thio H.K., Tiberti M.M., Tonini R., Volpe M., Glimsdal S., Harbitz C.B., Løvholt F., Baptista M.A., Carrilho F., Matias L.M., Omira R., Babeyko A., Hoehner A., Gurbuz M., Pekcan O., Yalçiner A., Canals M., Lastras G., Agalos A., Papadopoulos G., Triantafyllou I., Benchekroun S., Agrebi Jaouadi K., Ben Abdallah S., Bouallegue A., Hamdi H., Oueslati F., Amato A., Armigliato A., Behrens J., Davies G., Di Bucci D., Dolce M., Geist E., Gonzalez Vida J.M., González M., Macías Sánchez J., Meletti C., Ozer Sozdinler C., Paganì M., Parsons T., Polet J., Power W., Sørensen M.B., Zaytsev A. (2021), The making of the NEAM Tsunami Hazard Model 2018 (NEAMTHM18). *Front. Earth Sci.*, doi: 10.3389/feart.2020.616594

Maramai, A., Brizuela, B. and Graziani, L. (2014) "The Euro-Mediterranea Tsunami Catalogue", *Annals of Geophysics*, 57(4), p. S0435. doi: 10.4401/ag-6437.

Maramai, A., Graziani, L., Brizuela, B. (2019). Euro-Mediterranean Tsunami Catalogue (EMTC), version 2.0 (Version 2.0) [Data set]. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/TSUNAMI/EMTC.2.0>

Maramai A, Graziani L and Brizuela B (2021) Italian Tsunami Effects Database (ITED): The First Database of Tsunami Effects Observed Along the Italian Coasts. *Front. Earth Sci.* 9:596044. doi: 10.3389/feart.2021.596044

Tonini R, Di Manna P, Lorito S, Selva J, Volpe M, Romano F, Basili R, Brizuela B, Castro MJ, de la Asunción M, Di Bucci D, Dolce M, Garcia A, Gibbons SJ, Glimsdal S, González-Vida JM, Løvholt F, Macías J, Piatanesi A, Pizzimenti L, Sánchez-Linares C and Vittori E (2021) Testing Tsunami Inundation Maps for Evacuation Planning in Italy. *Front. Earth Sci.* 9:628061. doi: 10.3389/feart.2021.628061

Urgeles R. (2022). Submarine landslides: the seafloor in motion. In *The ocean we want: inclusive and transformative ocean science*. Pelegri J.L., Gili J.M., Martínez de Albeniz M.V. (eds.) 2022. Institut de Ciències del Mar, CSIC, Barcelona

### Agricoltura

ISPRA, 2023. Le emissioni di gas serra in Italia: obiettivi di riduzione e scenari emissivi. Rapporti 384/2023. ISBN 978-88-448-1156-3

GSE, 2024. Energia e clima in Italia - Rapporto periodico - Primo semestre 2023. [https://www.gse.it/documenti\\_site/Documenti%20GSE/Rapporti%20delle%20attivit%C3%A0/Rapporto%20semestrale%20Energia%20e%20clima%20in%20Italia.pdf](https://www.gse.it/documenti_site/Documenti%20GSE/Rapporti%20delle%20attivit%C3%A0/Rapporto%20semestrale%20Energia%20e%20clima%20in%20Italia.pdf)

Santini, M., Noce, S., Antonelli, M. et al. Complex drought patterns robustly explain global yield loss for major crops. *Sci Rep* 12, 5792 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09611-0>

FAO, 2013. CLIMATE-SMART AGRICULTURE Sourcebook. ISBN 978-92-5-107720-7

### Ambiente marino costiero

Ispra, 2022. Annuario dei dati ambientali.

IUCN, 2021. Mitigating biodiversity impacts associated with solar and wind energy development - Guidelines for project developers.

MATTM, MiSE, MIT, 2019. Rapporto Ambientale PNIEC

### Esposizione della popolazione a fattori di rischio

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Altiero S. e Marano M., 2018. *Crisi ambientale e migrazioni forzate - Nuovi esodi al tempo dei cambiamenti climatici*. Associazione A Sud CDCA - Centro Documentazione Conflitti Ambientali. ISBN 9788894071498.

GARD Italia, 2018. *Inquinamento atmosferico e cambiamenti climatici - Elementi per una strategia nazionale di prevenzione*.

GARD Italia, 2024. *Nuove evidenze a supporto del documento "Inquinamento atmosferico e cambiamenti climatici - Elementi per una strategia nazionale di prevenzione"*. Aggiornamento 2023.

Legambiente, 2018. *Sos acqua: nubifragi, siccità, ondate di calore. Le città e i territori alla sfida del clima*.

Martínez-Solanas È., Quijal-Zamorano M., Achebak H., Petrova D., Robine JM, Herrmann FR, Rodó X., Ballester J., 2021. *Projections of temperature-attributable mortality in Europe: a time series analysis of 147 contiguous regions in 16 countries*. Lancet Planet Health. 2021 Jul;5(7): e446-e454. doi: 10.1016/S2542- 5196(21)00150-9. PMID: 34245715.

Ministero della Salute, 2020. *Piano Nazionale della Prevenzione 2020-2025*.

Miraglio N., 2024. *Crisi climatica e migrazioni: le connessioni in 13 grafici*. EconomiaCircolare.com – L'informazione in circolo - RUBRICA SPECIALE | MIGRANTI CLIMATICI. 11 Aprile 2024.

Watts N, Amann M, Arnell N, Ayeb-Karlsson S, Beagley J, Belesova K, Boykoff M, Byass P, Cai W, Campbell-Lendrum D, Capstick S, Chambers J, Coleman S, Dalin C, Daly M, Dasandi N, Dasgupta S, Davies M, Di Napoli C, Dominguez-Salas P, Drummond P, Dubrow R, Ebi KL, Eckelman M, Ekins P, Escobar LE, Georgeson L, Golder S, Grace D, Graham H, Haggard P, Hamilton I, Hartinger S, Hess J, Hsu SC, Hughes N, Jankin Mikhaylov S, Jimenez MP, Kelman I, Kennard H, Kieseewetter G, Kinney PL, Kjellstrom T, Kniveton D, Lampard P, Lemke B, Liu Y, Liu Z, Lott M, Lowe R, Martinez-Urtaza J, Maslin M, McAllister L, McGushin A, McMichael C, Milner J, Moradi-Lakeh M, Morrissey K, Munzert S, Murray KA, Neville T, Nilsson M, Sewe MO, Oreszczyn T, Otto M, Owfi F, Pearson O, Pencheon D, Quinn R, Rabbaniha M, Robinson E, Rocklöv J, Romanello M, Semenza JC, Sherman J, Shi L, Springmann M, Tabatabaei M, Taylor J, Triñanes J, Shumake-Guillemot J, Vu B, Wilkinson P, Winning M, Gong P, Montgomery H, Costello A, 2021. *The 2020 report of The Lancet Countdown on health and climate change: responding to converging crises*. Lancet. 2021 Jan 9; 397(10269):129-170. doi: 10.1016/S0140-6736(20)32290-X. Epub 2020 Dec 2. Erratum in: Lancet. 2020 Dec 14: PMID: 33278353.

World Health Organization, 2018. *World health statistics 2018: monitoring health for the SDGs, sustainable development goals*. Geneva. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

<https://www.eea.europa.eu/it/highlights/le-morti-premature-causate-dall'inquinamento>

<https://www.eea.europa.eu/publications/europes-air-quality-status-2023>

[La salute pubblica e i cambiamenti climatici: tutto quello che sappiamo sull'Italia - CMCC](#)

[Effetti sulla salute dei cambiamenti climatici: il Profilo di Paese Italia - ISS](#)

[Cambiamenti climatici, studio IIPH: impatto allarmante sulla salute pubblica | Mario Negri](#)

[Climate Change and Health \(who.int\)](#)

[Health impacts of air pollution in Europe, 2022 — European Environment Agency \(europa.eu\)](#)

<https://www.salute.gov.it/portale/prevenzione/dettaglioContenutiPrevenzione.jsp?id=5772&area=prevenzione&menu=vuoto>

<https://www.salute.gov.it/portale/caldo/dettaglioContenutiCaldo.jsp?lingua=italiano&id=4546&area=emergenzaCaldo&menu=vuoto>

<https://www.infodata.ilsole24ore.com/2019/10/01/cambiamenti-climatici-salute-globale-cosa-dicono-dati/>

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

Geotermia

Batini, F., R. Console and G. Luongo, 1985. Seismological Study of the Larderello-Travale Geothermal area. *Geothermics*, 14, 255-272.

IRENA (2022), *Renewable Energy Statistics 2022*, The International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi  
TERNA (2023), *Dati statistici sull'energia elettrica in Italia 2022*  
GSE (2022), *Energia da fonti rinnovabili in Italia - Rapporto Statistico 2020*  
Della Vedova B., Bottio I., Cei M., Conti P., Giudetti G., Gola G., Spadoni L., Vaccaro M., Xodo, L. (2022), *Geothermal Energy Use, Country Update for Italy*. Proceedings of the European Geothermal Congress 2022. EGEC - European Geothermal Energy Council. <https://europeangeothermalcongress.eu/wp-content/uploads/2023/03/Proceedings02-1.pdf>

ARS Toscana (2022), *Geotermia e salute in Toscana - Rapporto 2021*  
ARPAT (1999-2023), *Monitoraggio delle aree geotermiche toscane, rapporti annuali dal 1999 al 2022*  
UGI (2017), *Stime di crescita della geotermia in Italia 2016 – 2030, con proiezioni al 2050*  
IPCC (2011), *Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, Ch.4 Geothermal energy*. <https://www.ipcc.ch/report/renewable-energy-sources-and-climate-change-mitigation/geothermal-energy/>

Manzella A., Ungarelli C. (2011), *La geotermia*. Il Mulino Bologna, 127 pp

<http://geodh.eu/>

<https://www.euroobserv-er.org/heat-pumps-barometer-2021/>

<https://gdr.openei.org/>

<https://www.thinkgeoenergy.com/>

Rifiuti da pannelli solari

IRENA and IEA-PVPS, 2016. *End-of-Life Management: Solar Photovoltaic Panels*. International Renewable Energy Agency and International Energy Agency Photovoltaic Power Systems.

Carbon Capture and Storage (CCS)

Astorri F., ISPRA, 2024. *Italian legislation and first experimental project of CO<sub>2</sub> geological storage in a depleted gas field*. IMO Science Day Symposium 2024 “CCS and experiences with the 2012 Specific guidelines for the assessment of carbon dioxide for disposal into sub-seabed geological formations”. London, 18 April 2024.

[CCS Eni-Snam: il progetto \(https://www.eni.com/ravenna-ccs/it-IT/progetto.html\)](https://www.eni.com/ravenna-ccs/it-IT/progetto.html).

Jones D.G., Beaubien S.E., Blackford J.C., Foekema E.M., Lions J., De Vittor C., West J.M., Widdicombe S., Hauton C., Queirós A.M., 2015. *Developments since 2005 in understanding potential environmental impacts of CO<sub>2</sub> leakage from geological storage*. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, Volume 40, 2015, Pages 350-377, ISSN 1750-5836, <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2015.05.032>.

Energia nucleare

IAEA (International Atomic Energy Agency), 2015. *Milestones in the Development of a National Infrastructure for Nuclear Power*. IAEA nuclear energy series, no. NG-G-3.1 (Rev 1).

## Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

IAEA (International Atomic Energy Agency), 2018. *Strategic environmental assessment for nuclear power programmes: guidelines*. IAEA nuclear energy series, no. NG-T-3.17.

IAEA (International Atomic Energy Agency), 2024. *Milestones in the Development of a National Infrastructure for Nuclear Power*. IAEA nuclear energy series, no. NG-G-3.1 (Rev 2).

The MAP report, 2023. *Dubbi nucleari: le risposte della quarta generazione* - Intervista al Responsabile della Divisione Sicurezza e sostenibilità nucleare dell'ENEA. [Dubbi nucleari: le risposte della quarta generazione \(themareport.com\)](https://themareport.com)