



COMUNE DI GUARDIAGRELE



Studio floristico - vegetazionale

Intervento di bonifica/MISP e chiusura definitiva delle ex discariche dismesse per rifiuti urbani nelle località di Colle Barone e Brugniti – Attuazione degli investimenti del Masterplan per l’Abruzzo (Delibera CIPE 26/2016).

Il tecnico - Dott. Lino Ruggieri



INDICE		
1	Premessa	3
2	Lineamenti fitoclimatici dell'area d'intervento	4
3	Rilievi Floristico-Vegetazionali	8
3.1	Lineamenti della vegetazione	9
3.2	Rilievi floristici	15
4	Specie vegetali potenzialmente utilizzabili in interventi di I.N.	17
4.1	Ambito di versante	19
4.2	Ambito idraulico	21
5	Specie vegetali utilizzabili in interventi di bonifica mediante fitorimedio	23
6	Letteratura citata	25

1. Premessa

Il sottoscritto Dott. Ruggieri Lino, iscritto all'Albo Nazionale dei Biologi, al n. 35180, ha ricevuto con Decreto N.3 del 08-09-21 del Sindaco della Città di Guardiaagrele (CH) in qualità di Commissario "ad Acta", ai sensi del DPGR n. 26 del 11/04/2019, l'incarico di redigere una "relazione specialistica a corredo del livello di progettazione definitiva ed esecutiva quale: la relazione vegetazionale e botanica dei popolamenti erbacei ed arborei dell'area d'intervento, come previsto dall'art. 23 del D.Lgs. 50/2016 e s.m.i., dal DPR 207/2010, per la parte in vigore, e dal titolo III del D.Lgs. 152/2006 e s.m. e i., dei lavori di bonifica/MISE delle ex discariche in Località Brugniti e Colle Barone".

Con lettera del sindaco della Città di Guardiaagrele, in qualità di Commissario ad Acta (lettera Prot. 27942 del 21.12.21) si comunicava al sottoscritto, incaricato dell'adempimento delle relazioni specialistiche vegetazionali e botaniche, di procedere in tempi immediati agli studi propedeutici utili al RTP Geoven, per la stesura dei propri elaborati progettuali.

Lo studio sugli aspetti vegetazionali e floristici è quindi finalizzato ad individuare, tra le specie floristiche presenti nel territorio d'intervento, quelle ritenute idonee sia per gli interventi di Ingegneria Naturalistica, per esempio di copertura e stabilizzazione dei versanti calanchivi e sia per interventi di bonifica dei siti contaminati, attraverso l'utilizzo di fitotecnologie.

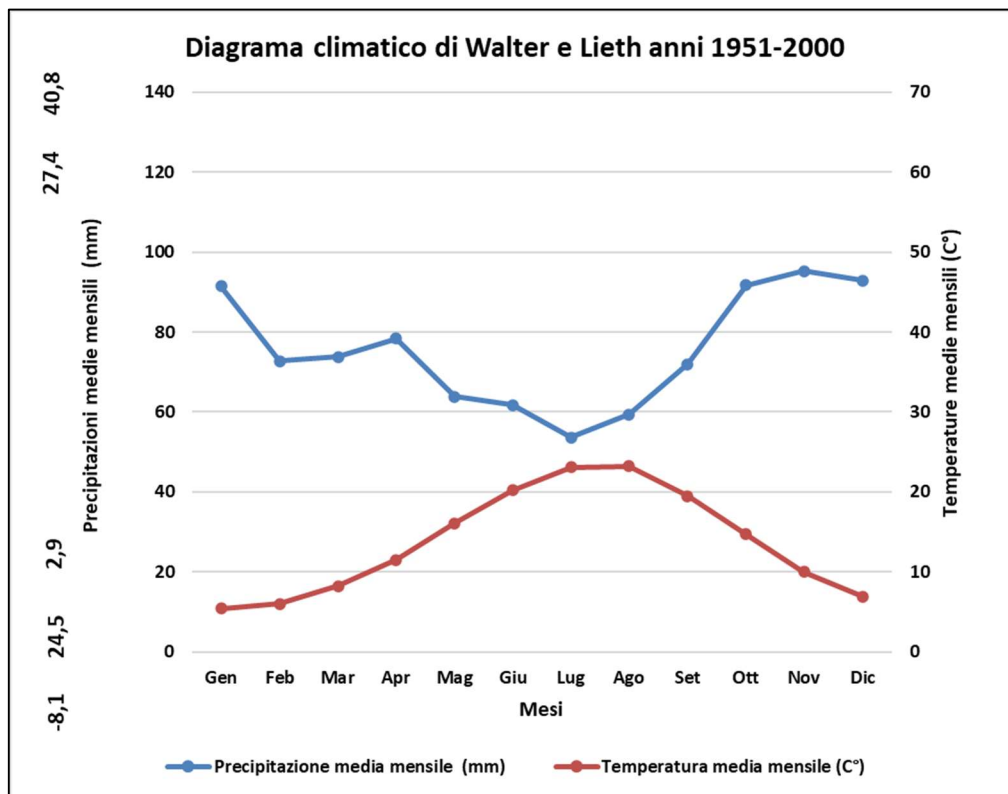
2. Lineamenti fitoclimatici dell'area d'intervento

La distribuzione della vegetazione sul territorio dipende principalmente dai parametri climatici temperatura e precipitazioni. La Fitoclimatologia o Bioclimatologia studia le relazioni tra la distribuzione della vegetazione e le variazioni di temperatura e precipitazioni.

Attraverso l'utilizzo degli indici e della classificazione bioclimatica di Rivas-Martinez (1996, 2002), sono stati determinati il macrobioclima, il bioclima, il termotipo e l'ombrotipo, ed è stato costruito il diagramma termopluviometrico secondo Walther e Lieth (1960-67).

L'indagine sulle caratteristiche climatiche si basa sui dati termopluviometrici registrati presso la stazione di Guardiagrele, situata ad una quota di 577 m. s.l.m. e relativi al periodo 1951-2000.

I valori medi mensili delle precipitazioni e delle temperature sono sintetizzati nel diagramma ombrotermico secondo Walther e Lieth (1960-67).



Per una semplice interpretazione, il diagramma risulta così strutturato: sull'ascissa sono riportati i mesi dell'anno, sulle ordinate, di sinistra le precipitazioni medie mensili e in quella di destra le relative temperature con ordine di scala doppio ($1^{\circ}\text{C} = 2\text{mm}$).

Sono altresì riportati, accanto all'ordinata di sx, dall'alto in basso, i dati che seguono:

- temperatura massima assoluta
- media delle temperature massime del mese più caldo

- media delle temperature minime del mese più freddo
- escursione termica annua
- temperatura minima assoluta

Dal diagramma si evidenzia che la stazione di Guardiagrele è caratterizzata dal macrobioclima Temperato ($Ios2 = 2,43$), con mancanza di aridità estiva. Il bioclima, corrispondente alla variante Submediterranea del Temperato oceanico ($Ic = 17,8$ e $IosL = 2,32$), denota comunque la presenza di un breve periodo di subaridità ($P < 2,3 T$). Il termotipo è Mesotemperato inferiore ($It = 245$), caratterizzato da temperature non molto fredde neanche nei mesi invernali. L'ombrotipo è Subumido inferiore ($Io = 5,52$), con precipitazioni contenute e presenti in autunno-inverno, con un picco secondario primaverile.

Contestualmente alle analisi floristiche e vegetazionali di campagna dell'area di intervento, è necessario un inquadramento della vegetazione a livello di area vasta, per una conferma delle analisi di campo e per la individuazione della vegetazione potenziale.

Per quanto riguarda la biodiversità vegetale in Abruzzo, in riferimento alla fascia collinare si è fatto riferimento alla pubblicazione " I Lineamenti della biodiversità vegetale in Abruzzo " di Gianfranco Pirone e Anna Rita Frattaroli (Dipartimento di Scienze Ambientali, Università dell'Aquila) dove testualmente si riporta: *"Il mosaico vegetazionale della fascia collinare è molto articolato, in un quadro dominato dal paesaggio agrario. La vegetazione forestale è, quindi, molto frammentata ed è rappresentata da boschi nei quali prevalgono, a seconda dell'esposizione, dell'acclività e dei fattori edafici, la roverella (Quercus pubescens), il carpino nero (Ostrya carpinifolia) e il cerro (Quercus cerris). Nella fascia collinare pelitica un interessante aspetto vegetazionale è quello dei calanchi ..."*

Per un inquadramento speditivo, ma efficace dell'area vasta si è fatto riferimento alla "Carta della Natura della Regione Abruzzo" (a cura di ISPRA e ARTA Abruzzo).

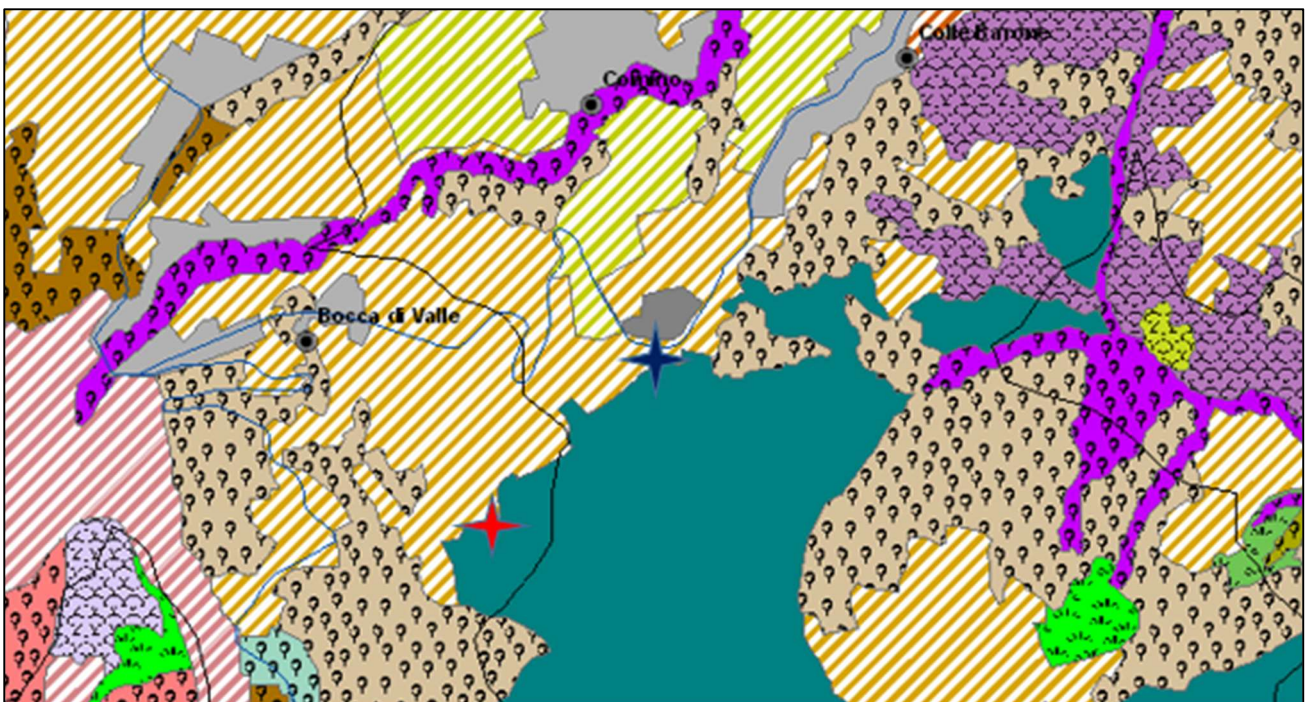






Figura 1 - Stralcio Carta della Natura - habitat presenti nell'area d'intervento di Colle Barone (♣) e di Brugniti (♠)

Colore	Cod. Corine B.	Denominazione
	15.83	Aree argillose ad erosione accelerata
	41.732	Querceti a querce caducifolie con Q. pubescens, Q. pubescens subsp. pubescens (=Q. virgiliana) e Q. dalechampii dell'Italia peninsulare ed insulare
	31.84	Vegetazione tirrenica –submediterranea a Rubus ulmifolius
	82.3	Colture di tipo estensivo e sistemi agricoli complessi

Da come si evince da Carta della Natura i territori calanchivi di Colle Barone e di Brugniti sono fondamentalmente circondati da coltivi (Colture di tipo estensivo e sistemi agricoli complessi) e da boschi di roverella (Querceti a querce caducifolie con Q. pubescens, Q. pubescens subsp. pubescens (=Q. virgiliana) e Q. dalechampii dell'Italia peninsulare ed insulare).

Alla “Carta della Natura” è stata applicata una rielaborazione modellistica-valutativa che porta alla definizione del “valore” dei singoli habitat che vengono pesati sulla base di appropriati indicatori ecologico-ambientali che considerano aspetti istituzionali, biotici e strutturali. (dal sito WebGis di ARTA Abruzzo).

Di seguito viene riportata una tabella riassuntiva degli habitat presenti; a ciascuno di essi, sono associate le classi relative a:

- a) **valore ecologico (ve),**
- b) **sensibilità ecologia (se),**
- c) **pressione antropica (pa)**
- d) **fragilità ambientale (fg).**

- **Valore Ecologico (ve):** il valore ecologico di un biotopo determina la sua priorità di conservazione. Il set di indicatori utilizzato nel modello di valutazione, considera la presenza di aree ed habitat sottoposti a tutela, il grado di biodiversità dei biotopi e le loro caratteristiche strutturali. In Abruzzo, il 26% degli habitat sono considerati di altissimo valore, perché contengono al loro interno specie animali e vegetali di notevole interesse o ritenute particolarmente rare.
- **Sensibilità Ecologica (se):** la stima della Sensibilità Ecologica è finalizzata a evidenziare quanto un biotopo è soggetto al rischio di degrado, o perché popolato da specie animali e vegetali incluse negli elenchi delle specie a rischio di estinzione, oppure per caratteristiche strutturali. In questo senso la sensibilità esprime la vulnerabilità o meglio la predisposizione intrinseca di un biotopo a subire un danno, indipendentemente dalle pressioni di natura antropica cui esso è sottoposto.

- la Pressione Antropica (pa): la valutazione del grado di naturalità di un territorio dipende anche dagli effetti delle modifiche alla sua struttura e composizione dovuta alla presenza dell'uomo e delle infrastrutture. Il livello di disturbo tiene conto sia delle pressioni in atto che quelle potenziali. Gli indicatori per la determinazione della Pressione Antropica forniscono una stima indiretta e sintetica del grado di disturbo indotto su un biotopo dalle attività umane e dalle infrastrutture presenti sul territorio.
- la Fragilità Ambientale (fg): la metodologia ISPRA ha riassunto il concetto di vulnerabilità nell'indicatore di Fragilità Ambientale che non deriva da un algoritmo matematico ma dalla combinazione della Pressione Antropica con la Sensibilità Ecologica.

Area di Colle Barone e di Brugniti					
Cod. Corinne	Denominazione	Clas._ve	Clas._se	Clas._pa	Clas._fg
15.83	Aree argillose ad erosione accelerata	Media	Media	Media	Media
41.732	Querceti a querce caducifolie con Q. pubescens, Q. pubescens subsp. pubescens (=Q. virgiliana) e Q. dalechampii dell'Italia peninsulare ed insulare	Media	Media	Media	Media
31.84	Vegetazione tirrenica – submediterranea a Rubus ulmifolius	Media	Media	Media	Media
82.3	Colture di tipo estensivo e sistemi agricoli complessi	Bassa	Molto Bassa	Media	Molto Bassa

Tabella 1- habitat presenti e relativi valori

Dalla tabella di cui sopra, si evince che gli habitat presenti sia nell'area interessata dagli interventi di bonifica che nel circondario abbiano tutte classi con valore "medio", al di fuori dell'habitat 82.3, riferito alle "Colture di tipo estensivo e sistemi agricoli complessi" che presenta le classi riferite alla sensibilità ecologica e alla fragilità ambientale con valori pari a "molto basso".

3. Rilievi Floristico-Vegetazionali

I rilievi floristico-vegetazionali nel sito oggetto di indagine, ubicato nei pressi dell'abitato di Guardiagrele (località Colle Barone, Brugniti, e alta valle del torrente Laio) sono stati eseguiti in due sopralluoghi: il primo in data 05.01.2022 e il secondo in data 19.01.2022, in un periodo quindi non idoneo per effettuare rilievi floristici-vegetazionali per motivi legati alle fasi fenologiche.

È stato realizzato l'elenco completo delle specie incontrate durante il sopralluogo e sono stati effettuati dei rilievi floristici specifici nelle aree direttamente interessate dagli interventi di progetto.

Le aree rilevate sono state selezionate anche con il fine di caratterizzare le diverse tipologie vegetazionali presenti.

Per la determinazione delle specie censite durante i rilievi di campo sono state consultate le seguenti flore d'Italia: Fiori 1923–1929; Zangheri 1976; Tutin et al. 1964–1980, 1993; Pignatti 1982; Pignatti et al. 2017a, 2017b, 2018, 2019.

La nomenclatura utilizzata segue le checklists aggiornate della flora italiana (Bartolucci et al. 2018 e Galasso et al. 2018) e i successivi aggiornamenti inclusi nel Portale della Flora d'Italia versione 2021.1 (PFI 2021).

Durante i rilievi di campo è stata posta particolare attenzione alla eventuale presenza di specie vegetali e habitat elencati negli allegati I, II, IV e V della Direttiva Habitat 92/43 CEE, e alle specie incluse nella Lista Rossa della flora d'Italia (Rossi et al. 2013, Orsenigo et al. 2018, 2020).

Sono stati preliminarmente consultati anche gli studi floristici-vegetazionali che riguardano le aree calanchive abruzzesi (Pirone 1981a, 1981b, 1995, Bodi et al. 1990), e la flora del vicino Parco Nazionale della Maiella (Conti et al. 2019).

I rilievi floristici effettuati sono riportati in Figura 2.

I dati stazionali di ogni rilievo sono riportati in Tabella 2.

Rilievi	Coordinate (WGS84 UTM)	Altitudine
A - località Brugniti	33T 433179 4669570	581 m
B – località Colle Barone	33T 433593 4669927	510 m
C – torrente Laio	33T 434014 4669926	398 m

Tabella 2. Dati stazionali rilievi floristici

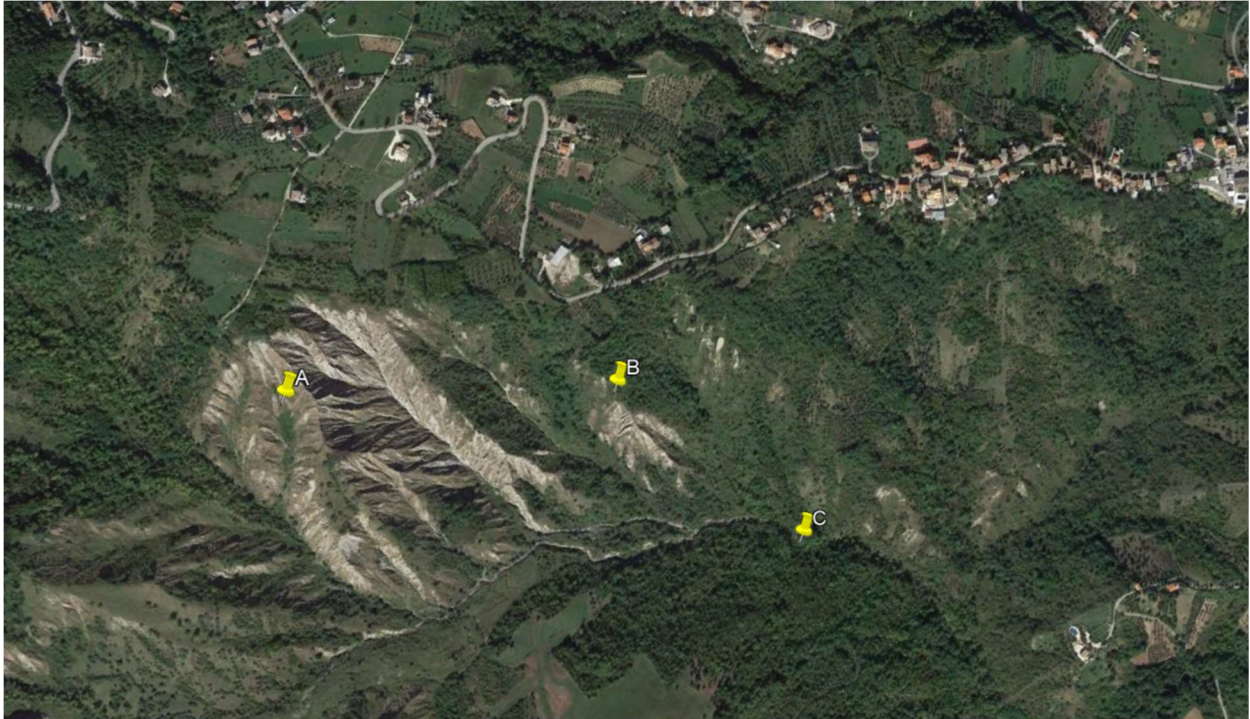


Figura 2 - Localizzazione rilievi floristici

3.1 Lineamenti della vegetazione

Le comunità vegetali censite sono da ricondurre in massima parte (in termini di copertura) a praterie a dominanza di *Thinopyrum acutum* (DC.) Banfi [=*Elytrigia atherica* (Link) Kerguélen] che si impostano sui versanti calanchivi con pendenze elevate ascrivibili all'alleanza *Podospermo laciniati-Elytrigion athericae* (Figura 2, 4), mentre nelle zone di impluvio ma anche su versanti a varia inclinazione, si rinvencono comunità erbacee perenni, in formazioni paucispecifiche o quasi monofitiche, a dominanza di *Arundo plinii* Turra con copertura elevata, riferibili all'associazione *Arundinetum pliniana* (Figure 2 e 3). Altro tipo vegetazionale molto diffuso nei diversi settori dei calanchi sono gli arbusteti con cenosi diversificate in funzione delle microcondizioni edafiche, a dominanza di *Rubus ulmifolius* Schott (Figura 2) o *Spartium junceum* L. (Figure 5 e7).

Sono presenti e variamente diffusi piccoli popolamenti monospecifici ad *Arundo donax* L. (Figura 7) e negli impluvi dei calanchi è possibile rinvenire isolati individui di *Populus nigra* L. o *Salix caprea* L. Nelle situazioni di deposito delle erosioni si rinvencono aggruppamenti a *Tamarix* sp. (considerato il periodo del rilievo non è stato possibile indentificare con certezza i popolamenti a *Tamarix*, possibilmente riferibili a *T. africana* Poir. o *T. gallica* L.). Inoltre è possibile rinvenire lembi residui di boschi xerofitici, molto aperti, a dominanza di *Quercus pubescens*, accompagnate nello strato arboreo-arbustivo da *Fraxinus ornus* L. subsp. *ornus*, *Ligustrum vulgare* L., *Spartium junceum* L. e *Cornus sanguinea* L. subsp. *hungarica* (Kárpáti) Soó, non di rado invase da *Arundo plinii* (Figura 6).

Spesso le formazioni boschive risultano altamente degradate con una importante presenza di *Robinia pseudoacacia* L. Le formazioni ripariali presenti nella parte superiore del torrente Laio alla base dei calanchi, dove sono più frequenti i fenomeni di rimaneggiamento del letto fluviale, sono a dominanza di *Populus alba*, *Salix alba*, e *Populus nigra* e probabilmente ascrivibili al *Salicetum albae*.

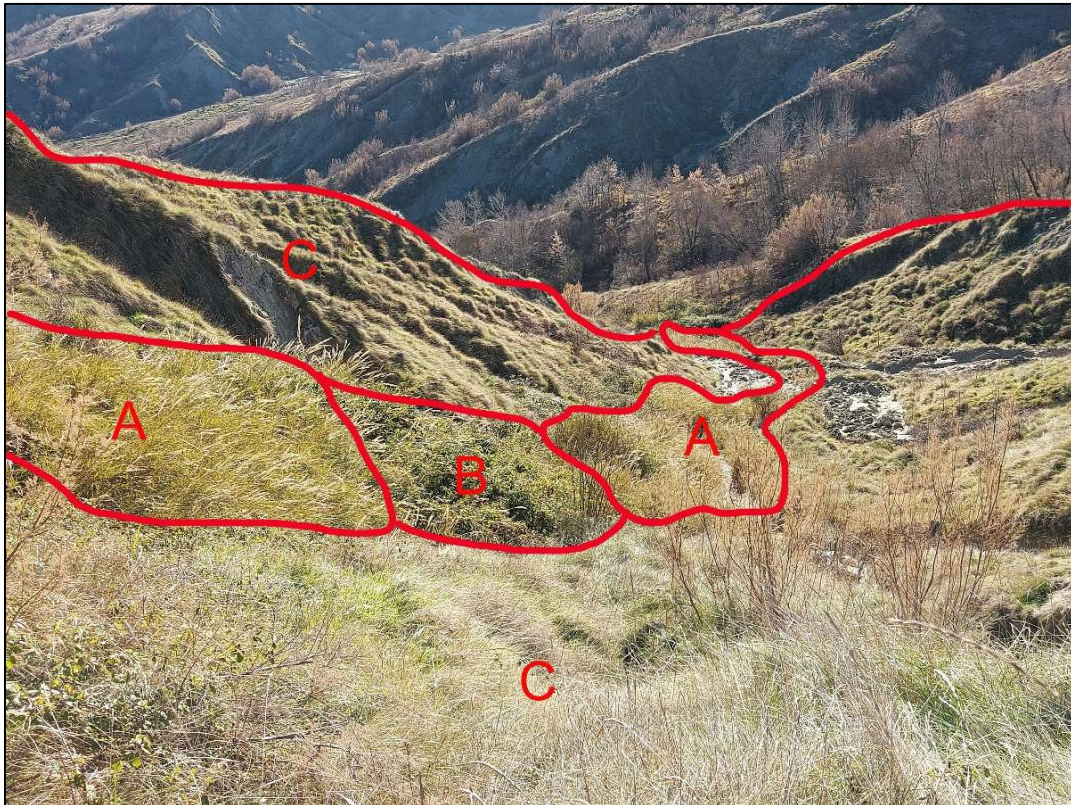


Figura 3 - Località Brugniti: Comunità a *Arundo plinii* (A), a *Rubus ulmifolis* (B), a *Thinopyrum acutum* e *Tamarix* sp. (C)



Figura 4 - Aggruppamento ad *Arundo plinii* in località Brugniti.



Figura 5 - In primo piano aggruppamento a *Thinopyrum acutum* in località Brugniti.



Figura 6 - In primo piano esemplare di Tamerice (*Tamarix* spp) in località Brugniti.



Figura 7 - Arbusteti a dominanza di *Spartium junceum* in località Brugniti e Colle Barone.



Figura 8 - Bosaglia rada a dominanza di *Quercus pubescens* in località Colle Barone.

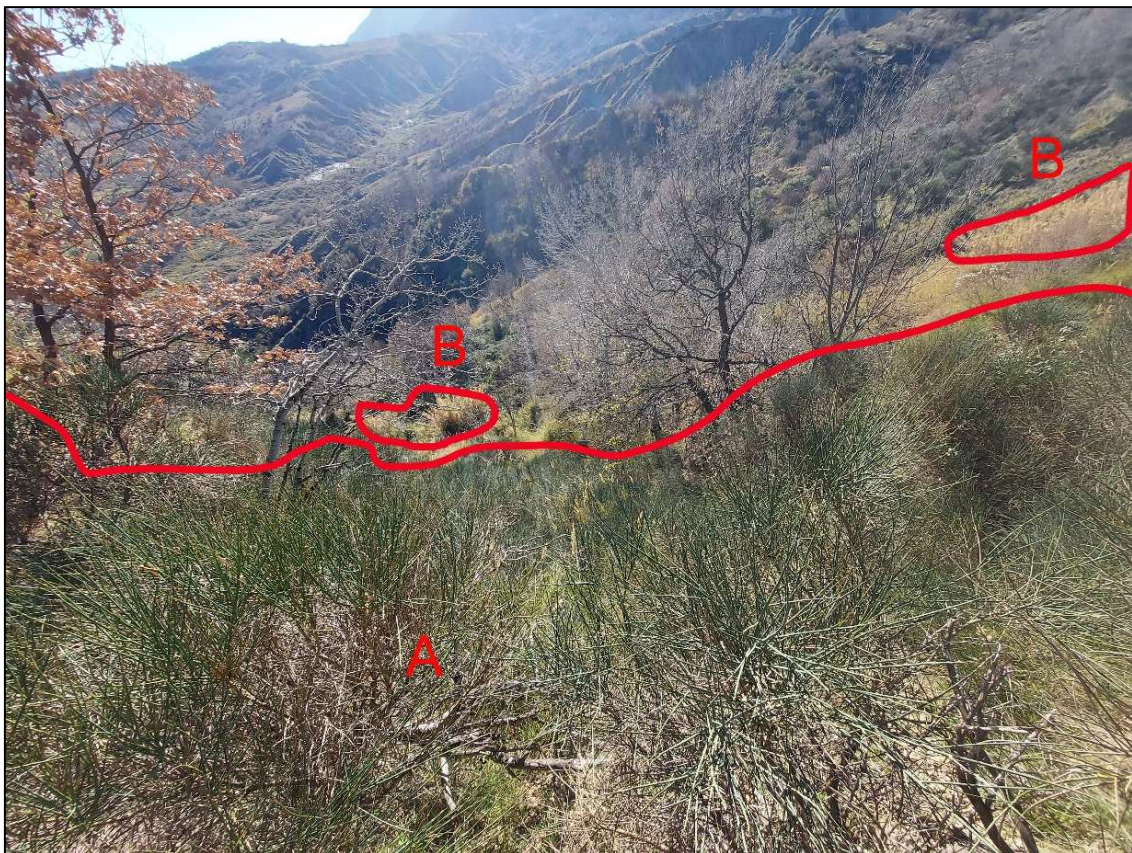


Figura 9 - Località Colle Barone. Arbusteto a *Spartium junceum* (A), e aggruppamenti ad *Arundo donax* (B).



Figura 10 - esemplari di Roverella (*Quercus pubescens*) nella parte marginale del calanco in Località Brugniti

3.2 Rilievi floristici

Durante il sopralluogo sono state annotate tutte le specie di piante vascolari incontrate.

In totale sono state censite 73 entità (Tabella 2), di cui nessuna endemica italiana e 2 esotiche invasive [*Robinia pseudoacacia* L., *Arundo donax* L.]. Due piante sono incluse nella Lista rossa della flora italiana (Rossi et al. 2013, 2020; Orsenigo et al. 2018, 2020): *Thinopyrum acutum* (DC.) Banfi come LC (a minor rischio) e *Arundo plinii* Turra come DD (data deficient).

Tabella 3. Elenco delle specie censite e presenza nei rilievi floristici.

Entità	A	B	C
<i>Acer campestre</i> L.			
<i>Acer opalus</i> Mill. subsp. <i>obtusatum</i> (Waldst. & Kit. ex Willd.) Gams		x	
<i>Arundo donax</i> L.	x		
<i>Arundo plinii</i> Turra	x	x	x
<i>Asparagus acutifolius</i> L.		x	
<i>Beta vulgaris</i> L. subsp. <i>maritima</i> (L.) Arcang.			
<i>Bituminaria bituminosa</i> (L.) C.H.Stirt.	x		
<i>Carex flacca</i> Schreb.			
<i>Centaurea jacea</i> L.			
<i>Cichorium intybus</i> L.	x		
<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.			
<i>Clematis flammula</i> L.			
<i>Clematis vitalba</i> L.	x	x	
<i>Clinopodium vulgare</i> L. subsp. <i>vulgare</i>			
<i>Convolvulus arvensis</i> L.			
<i>Cornus sanguinea</i> L. subsp. <i>hungarica</i> (Kárpáti) Soó	x	x	
<i>Cota tinctoria</i> (L.) J.Gay	x		
<i>Dactylis glomerata</i> L.	x	x	
<i>Daucus carota</i> L.	x	x	
<i>Dioscorea communis</i> (L.) Caddick & Wilkin			
<i>Dipsacus fullonum</i> L. subsp. <i>fullonum</i>	x		
<i>Dittrichia viscosa</i> (L.) Greuter subsp. <i>viscosa</i>			
<i>Emerus major</i> Mill. subsp. <i>major</i>		x	
<i>Epilobium tetragonum</i> L. subsp. <i>tetragonum</i>			
<i>Equisetum telmateia</i> Ehrh.			
<i>Euphorbia characias</i> L.	x		
<i>Foeniculum vulgare</i> Mill. subsp. <i>piperitum</i> (Ucria) Bég.			
<i>Fraxinus ornus</i> L. subsp. <i>ornus</i>	x	x	
<i>Galium album</i> Mill. subsp. <i>album</i>			
<i>Geranium molle</i> L.			
<i>Hedera helix</i> L. subsp. <i>helix</i>	x		
<i>Helleborus foetidus</i> L. subsp. <i>foetidus</i>			
<i>Ligustrum vulgare</i> L.		x	
<i>Lonicera caprifolium</i> L.			

Lotus dorycnium L.			
Mentha longifolia (L.) L.			
Mercurialis annua L.			
Micromeria graeca (L.) Benth. ex Rchb.	x		
Origanum vulgare L.			
Pastinaca sativa L. subsp. urens (Req. ex Godr.) Čelak.			
Pentanema squarrosus (L.) D.Gut.Larr., Santos-Vicente, Anderb., E.Rico & M.M.Mart.Ort.	x		
Picris hieracioides L.	x		
Plantago lanceolata L.	x		
Polypodium vulgare L.			
Populus alba L.	x		x
Populus canescens (Aiton) Sm.		x	
Populus nigra L. subsp. nigra	x	x	x
Poterium sanguisorba L. subsp. balearicum (Bourg. ex Nyman) Stace			
Prunus spinosa L. subsp. spinosa	x	x	
Pteridium aquilinum (L.) Kuhn subsp. aquilinum			
Pyracantha coccinea M.Roem.			
Quercus pubescens Willd. subsp. pubescens	x	x	
Reichardia picroides (L.) Roth			
Robinia pseudoacacia L.	x	x	x
Rosa canina L.	x	x	
Rosa sempervirens L.			
Rubia peregrina L.			
Rubus ulmifolius Schott	x	x	x
Rumex crispus L.	x		
Salix alba L.			x
Salix caprea L.	x		
Salix purpurea L.			x
Sambucus nigra L.			x
Scorzonera laciniata L. subsp. laciniata			
Silene vulgaris (Moench) Garcke			
Sinapis alba L.	x		
Sixalix atropurpurea (L.) Greuter & Burdet	x		
Spartium junceum L.	x	x	
Stellaria media (L.) Vill.			
Sulla coronaria (L.) B.H.Choi & H.Ohashi	x		
Thinopyrum acutum (DC.) Banfi	x		
Tussilago farfara L.	x		
Ulmus minor Mill. subsp. minor	x		x

4. Specie vegetali potenzialmente utilizzabili in interventi di I.N.

Gli interventi di Ingegneria Naturalistica (I.N.) rientrano nel vasto campo delle “Soluzioni basate sulla natura” (NBS – Nature Based Solutions).

L'ingegneria naturalistica è una disciplina tecnica che utilizza le piante vive negli interventi antierosivi e di consolidamento in genere in abbinamento con altri materiali (paglia, legno, pietrame, reti metalliche, biostuoie, geotessuti, ecc.).

Le piante svolgono un'importante funzione nella difesa del suolo contrastando l'azione disagiata degli agenti atmosferici, in particolare delle precipitazioni, tramite azioni di tipo meccanico e idrologico. Le azioni di tipo meccanico derivano dall'interazione fisica delle radici delle piante con il substrato e si traducono essenzialmente nella protezione del suolo dalle acque dilavanti unitamente alla stabilizzazione dello strato superiore dello stesso.

In particolare:

- le radici legano le particelle di suolo diminuendone l'erodibilità e lo rinforzano, aumentandone la resistenza al taglio con un meccanismo analogo a quello delle terre rinforzate;
- le radici degli arbusti possono funzionare da “chiodi vivi” ancorando allo strato stabile sottostante, lo strato superiore instabile;
- le radici degli alberi possono fornire un supporto stabile al suolo formando degli aggregati assimilabili a pilastri di terra rinforzata che fungono da sostegno diretto o da spalle al suolo non stabilizzato che vi si scarica con effetto arco.

L'azione protettiva delle piante sui versanti si traduce quindi nella conservazione del suolo con la riduzione del trasporto solido a valle.

Sui versanti poco stabili l'effetto degli alberi può tradursi in fenomeni contrari alla stabilità del pendio stesso, in quanto:

- il peso degli alberi costituisce un sovraccarico che nella sua componente parallela al versante produce un effetto destabilizzante;
- l'effetto del vento si traduce nella trasmissione di sforzi dinamici alla scarpata a causa del momento flettente indotto.

Il ruolo di una copertura vegetale può risultare comunque essenziale ai fini della stabilità anche nelle situazioni geomorfologiche più sfavorevoli (forti pendenze, substrati erodibili, ecc.), ove l'azione

protettiva di una copertura arbustiva ed erbacea può risultare determinante ai fini della prevenzione del dissesto idrogeologico.

Analogamente la vegetazione svolge sul pendio azioni di tipo idrologico:

- le foglie intercettano le precipitazioni e causano perdite per assorbimento ed evaporazione che riducono la percentuale di pioggia per l'infiltrazione
- i fusti, le foglie delle specie arbustive ed erbacee, le radici aumentano la scabrezza della superficie e la permeabilità del suolo incrementando la capacità di infiltrazione dei suoli;
- le piante estraggono l'umidità dal suolo e la disperdono nell'aria con l'evapotraspirazione, con una riduzione del contenuto idrico del suolo

Si tratta dunque soprattutto di effettuare il consolidamento superficiale e profondo ed il contemporaneo reinserimento naturalistico di versanti franosi, sistemazioni montane nonché di scarpate e superfici instabili, in base ad una esigenza di riqualificazione dell'ambiente, ormai universalmente riconosciuta.

È questo un settore largamente affermato in Italia, sull'esempio del resto d'Europa dove la disciplina vanta ormai molti decenni di anzianità. La società tedesca (Gesellschaft für Ingenieurbioogie) opera dal 1980, ma interventi sistematici di ingegneria naturalistica vennero iniziati in Austria, Germania e Svizzera già nel dopoguerra (Schiechtl, 1955 - 91).

Il successo assunto recentemente in Italia dal settore è dovuto in generale ad una sensibilità generalizzata per i problemi ambientali ed è in particolare collegata all'affermarsi a tutti i livelli amministrativi delle procedure di Valutazione Ambientale (VIA, VAS VInCA).

Le finalità degli interventi di ingegneria naturalistica (I.N.) sono principalmente quattro:

- tecnico-funzionali, per esempio antierosive e di consolidamento
- naturalistiche, in quanto non semplice copertura a verde ma ricostruzione o innesco di ecosistemi paranaturali mediante impiego di specie autoctone;
- paesaggistiche, di "ricucitura" al paesaggio naturale circostante;
- economiche, in quanto strutture competitive e alternative ad opere tradizionali.

In un progetto di I.N. la capacità antierosiva, stabilizzante o di consolidamento viene affidata, in ultima analisi, alle piante vive che possono essere impiegate in varie forme quali semi, piante radicate, zolle, rizomi, talee. (da Compendio di I.N.)

4.1 Ambito di versante

Un progetto di I.N. deve individuare, a seguito delle analisi stazionali effettuate e con riferimento ai parametri ecologici microstazionali (ad esempio, riguardanti quella particolare scarpata), la lista delle specie vegetali di progetto.

Nella scelta delle specie da utilizzare, tra quelle autoctone appartenenti alla serie della vegetazione potenziale regionale, coerenti dal punto di vista ecologico con l'ambiente circostante, vanno individuate quelle che presentano le migliori caratteristiche biotecniche, cioè con un apparato radicale profondo ed esteso, che crescono più velocemente e garantiscono nel tempo la protezione ed il consolidamento del suolo.

Le specie legnose (le sole idonee per gli interventi di stabilizzazione o consolidamento) più adatte a operare in stazioni con caratteristiche ecologiche difficili, sono gli arbusti pionieri autoctoni con apparati radicali estesi e ramificati in grado di consolidare il substrato fino ad uno spessore medio di circa 0,5-1 metro.

A tale azione puntuale o lineare di consolidamento va unita un'azione di protezione antierosiva areale del pendio tramite l'inerbimento, con le specie erbacee che agiscono tipicamente nei primi decimetri di suolo.

- Le piante in ambito mediterraneo vivono in condizioni ecologiche meno favorevoli di quelle delle regioni alpine caratterizzate da un clima più mesofilo; tali fattori limitanti sono determinati da:
- la presenza di un periodo estivo xerico con stress idrico, che determina nelle piante una serie di adattamenti biologici (sclerofillia, tomentosità, spinosità, etc.)
- la presenza di un periodo di riposo vegetativo più breve di quello delle regioni alpine, con conseguente periodo più breve per l'utilizzo delle specie con capacità di riproduzione vegetativa, quali i salici o le tamerici, il cui utilizzo ottimale è legato a tale periodo
- la difficile reperibilità delle talee e del materiale vivaistico autoctono, sia dal punto di vista qualitativo che quantitativo.

Emerge quindi la esigenza di una attenta progettazione e reperimento di specie mediterranee erbacee ed arbustive.

Tra le specie arbustive, potenzialmente utilizzabili in interventi di Ingegneria Naturalistica, sono da preferire quelle:

- ecologicamente compatibili con i caratteri microstazionali (microclima, substrato, morfologia, etc.) dell'area di intervento;
- appartenenti agli stadi dinamici della serie della vegetazione potenziale, i più evoluti possibile in funzione delle caratteristiche ecologiche della stazione, così come artificialmente realizzate dall'intervento (ad esempio riportando suolo, diminuendo le pendenze, etc.);
- con la massima biodiversità;
- con le necessarie caratteristiche biotecniche;
- con facilità di attecchimento;
- minima manutenzione;
- valore faunistico.

Tra le specie arbustive, rinvenute nelle aree calanchive e potenzialmente utilizzabili in interventi riconducibili all'I.N. sono state selezionate le seguenti:

Tab. 4 - Elenco riassuntivo delle specie arbustive presenti, da impiegare in ambito di versante

Specie	Nome comune
<i>Tamarix sp</i>	Tamerice
<i>Spartium junceum</i>	Ginestra comune
<i>Salix caprea</i>	Salicone
<i>Cornus sanguinea</i>	Sanguinello
<i>Fraxinus ornus</i>	Orniello
<i>Prunus spinosa</i>	Prugnolo
<i>Rosa canina</i>	Rosa canina
<i>Rosa sempervirens</i>	Rosa di San Giovanni
<i>Ligustrum vulgare</i>	Ligustro

Le specie erbacee rinvenute nelle aree calanchive e più indicate per l'utilizzo nell'azione di copertura e protezione antierosiva del pendio, tramite l'inerbimento sono: *Thinopyrum acutum* (= *Elytrigia atherica*), *Arundo plinii*, *Dittrichia viscosa* e *Dactylis glomerata*.

4.2 Ambito idraulico

Il fine degli interventi è fondamentalmente la ricostruzione di un'ampia fascia riparia. Con il termine di vegetazione riparia si intende quella tipologia di vegetazione che si interpone tra le fitocenosi acquatiche e le fitocenosi zonali del territorio circostante, non più influenzate dalla presenza del corso d'acqua. Questa è costituita, a partire dall'alveo di magra, da erbacee pioniere di greto, formazioni ad elofite, formazioni arbustive riparie, formazioni arboree riparie. Da un punto di vista ecologico la fascia riparia è un ecotono e quindi una zona di transizione tra due sistemi ecologici adiacenti, avente un insieme di caratteristiche uniche, definite a seconda dello spazio, del tempo e dell'intensità dell'interazione tra essi; pertanto l'ecotono non è una fascia statica dove due comunità vengono a contatto, ma una zona dinamica che cambia nel tempo e che possiede caratteristiche proprie.

Le zone di transizione sono caratterizzate da un'elevata biodiversità e le caratteristiche ecotonali influenzano in maniera determinante la composizione e la dinamica delle comunità biologiche. Molteplici sono le funzioni svolte dalle fasce riparie e di seguito sono elencate le principali:

- favoriscono il consolidamento delle sponde, riducendo i fenomeni erosivi;
- proteggono le acque superficiali, svolgendo un'azione di rimozione degli inquinanti provenienti dalle aree limitrofe: run-off agricolo (solidi sospesi e fertilizzanti quali nitrati e fosfati). E run-off stradale. Per tale azione sono anche denominate zone filtro o fasce tampone (nella letteratura internazionale rispettivamente "buffer zones" o "buffer strips");
- proteggono l'acqua dall'irraggiamento solare, attraverso l'ombreggiamento, evitando in tal modo un'eccessiva diminuzione dell'ossigeno disciolto, da cui dipende la ricchezza specifica di animali e vegetali e consentendo il mantenimento di un'efficiente capacità autodepurativa;
- costituiscono uno dei tasselli fondamentali dei "corridoi ecologici", così da facilitare la connettività e la diversità di fauna e flora e la disseminazione dei flussi ecologici e, in generale, il mantenimento e l'arricchimento della biodiversità sull'intero territorio;
- migliorano la naturalità del paesaggio.

Quando si parla di formazioni vegetali degli ambienti ripari, l'attributo "ripario" non si riferisce alla posizione topografica delle formazioni, ma alla loro composizione, data da specie riparie, cioè adattate a insediarsi nel corridoio fluviale, secondo una distribuzione ben precisa.

Nel tratto del torrente Laio interessato dagli interventi, in considerazione delle esigenze sopra esposte e delle tipologie di habitat potenziali presenti nel tratto considerato, le specie ritenute potenzialmente utilizzabili in interventi di Ingegneria Naturalistica, sono riportate nella tabella sottostante:

Tipologie	Nome scientifico	Nome comune
Arbustive	<i>Salix sanguinea</i>	Salice rosso
	<i>Cornus sanguinea</i>	Sanguinello
	<i>Sambucus nigra</i>	Sambuco
	<i>Corylus avellana</i> (*)	Nocciolo
Arboree	<i>Salix alba</i> (*)	Salice bianco
	<i>Populus alba</i>	Pioppo bianco
	<i>Populus nigra</i>	Pioppo nero
	<i>Populus canescens</i>	Pioppo grigio
(*) specie autoctone compatibili con il sito ed idonee all'utilizzo		

Tabella 5 - Elenco riassuntivo delle specie arbustive potenzialmente da impiegare in ambito idraulico

5. Specie vegetali utilizzabili in interventi di bonifica mediante fitorimedio

Il fitorimedio (in inglese phytoremediation) rientra nel vasto campo delle “Soluzioni basate sulla natura” (NBS –Nature Based Solutions) secondo il principio di “utilizzare la natura per disinquinare la natura” e consiste nell’utilizzo di specie vegetali per la bonifica dei siti contaminati.

Negli ultimi anni grazie allo sviluppo delle conoscenze, il concetto originario di fitorimedio si è ampliato ed oggi si parla più propriamente di “fitotecnologie” per indicare modalità di utilizzo delle piante in aree contaminate per la rimozione o degradazione dei contaminanti.

I processi di decontaminazione ricompresi nel termine Fitotecnologie sono:

- Fitodegradazione (FD) dei contaminanti mediante l’azione combinata di piante e microrganismi ad esse associati;
- Rizodegradazione (RD) del contaminante organico mediante l’attività biologica della rizosfera (apparato radicale);
- Fitostabilizzazione (FS) di materiali organici e inorganici tramite fitoaccumulo, cioè capacità delle piante di trasformare l’inquinante in una forma meno biodisponibile;
- Fitovolatilizzazione (FV) cioè rimozione di contaminanti dal terreno e successivo rilascio in atmosfera, dopo degradazione;
- Fitoestrazione (FE) cioè la capacità di rimozione dei contaminanti dal substrato con accumulo di alte concentrazioni di metalli pesanti nella biomassa;
- Evapotraspirazione (ET) rimozione di elevate quantità d’acqua dal substrato, adempiendo alle funzioni di barriera idraulica

Nei siti contaminati di Colle Barone, Brugniti e torrente Laio, interessati dalle opere di bonifica, le specie ritenute potenzialmente utilizzabili in interventi di fitorimedio, sono quelle riportate nella tabella seguente:

Specie da impiegare in interventi di Fitorimedio						
Taxa	Contaminanti			Meccanismo d’azione	Matrice ambientale	Autori
	inorganici	organici	nutrienti			
<i>Tamarix spp</i>	Cu, Zn, Ni, Pb, Cd, Cr	Idrocarburi		FE, RD	suolo	Bianchi, V., Masciandaro, G., Ceccanti, B., Doni, S., & Iannelli, R. (2010).
<i>Populus spp</i>	Pb, Zn, Cd, Al, Ni	Ticloroetilene, Tricloroetano, Fenoli, Tetracloruro di carbonio, Pesticidi	X	RF, FV, ET, FE, FD	suolo, acque sott.	Kadlec and Knight, 1998, Newman 1999, Pierzynski, Kansas
<i>Salix spp</i>	Cd, As, Pb, Zn	X		FE, FS, ET, RD		Hinchman, Negri, and Gatliff 1997

						Carman, Crossman and Gatliff 1997, 1998, Kuffner 2010, Frick et al.1999
<i>Arundo plinii</i>			X		suolo	C.R.A.
<i>Arundo donax</i> (*)	Cd, As, Pb, Zn, Ni		X	ET	suolo	Cirelli G.L. + C.R.A.+ R. Albergo, A. Ambrico, R. Balducchi, O. Maccioni, S. Palazzo, M. Trupo (ENEA)
<i>Robinia pseudoacacia</i> (*)	Zn, Cd, Pb, Na	X		FD, FS	suolo	Mertens, J., Vervaeke, P., De Schrijver, A., & Luysaert, S. (2004).
<i>Phragmites australis</i> (**)	Fe, Al, Mn, Zn	benzene, toluene, clorobenzene, cloroformio, dicloroetano	X	Fe, RD	Acque, suolo umido	Mason and Bryant,1975, Mueleman et al. 2002, Greenway 2002, Armstrong et al. 1996, Vymazal et al. 2006, Eckhardt 1999, Anderson, Guthrie and Walton 1993
<i>Typha spp</i> (**)	Pb,Cr,Cu,Mn	Pesticidi,Fenoli,Oli	X	RD,FS	acque	Kadlec and Knight, 1996, Adler 1996, Hansel et al.2002 Anderson, Guthrie, and Walton 199
(*) specie alloctone invasive						
(**) specie autoctone compatibili con il sito ed idonee per essere utilizzate						

Tabella 6 - Elenco riassuntivo delle specie da impiegare in eventuali interventi di Fitorimedia

6. Letteratura citata

1. Bartolucci F, Peruzzi L, Galasso G, Albano A, Alessandrini A, Ardenghi NMG, Astuti G, Bacchetta G, Ballelli S, Banfi E, Barberis G, Bernardo L, Bouvet D, et al. (2018) An updated checklist of the vascular flora native to Italy. *Plant Biosystems* 152(2): 179-303.
2. Biondi E, Ballelli S, Allegrezza M, Manzi A (1990) La vegetazione dei calanchi di Gessopalena (Abruzzo Meridionale). *Doc. Phytosociologiques* 12: 257-263.
3. Conti F, Ciaschetti G, Di Martino L, Bartolucci F (2019) An annotated checklist of the vascular flora of Majella National Park (Central Italy). *Phytotaxa* 412(1): 1-90
4. Galasso G, Conti F, Peruzzi L, Ardenghi NMG, Banfi E, Celesti-Grappow L, Albano A, Alessandrini A, Bacchetta G, Ballelli S, Bandini Mazzanti M, Barberis G, Bernardo L, et al. (2018) An updated checklist of the vascular flora alien to Italy. *Plant Biosystems* 152(3): 556-592.
5. Fiori A (1923–1929) *Nuova Flora Analitica d'Italia*, Vols. 1–3. Tipografia M. Ricci, Firenze.
6. Orsenigo S, Montagnani C, Fenu G, Gargano D, Peruzzi L, Abeli T, Alessandrini A, Bacchetta G, Bartolucci F, Bovio M, Brullo C, Brullo S, Carta A, Castello M, Cogoni D, Conti F, Domina G, Foggi B, Gennai M, Gigante D, Iberite M, Lasen C, Magrini S, Perrino EV, Prosser F, Santangelo A, Selvaggi A, Stinca A, Vagge I, Villani MC, Wagensommer RP, Wilhelm T, Tartaglini N, Duprè E, Blasi C, Rossi G (2018) Red Listing plants under full national responsibility: extinction risks and threats in the vascular flora endemic to Italy. *Biological Conservation* 224: 213–222. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.05.030>
7. Orsenigo S, Fenu G, Gargano D, Montagnani C, Abeli T, Alessandrini A, Bacchetta G, Bartolucci F, Carta A, Castello M, Cogoni D, Conti F, Domina G, Foggi B, Gennai M, Gigante D, Iberite M, Peruzzi L, Pinna, Filippo Prosser MS, Santangelo A, Selvaggi A, Stinca A, Villani M, Wagensommer RP, Tartaglini N, Duprè E, Blasi C, Rossi G (2020) Red list of threatened vascular plants in Italy. *Plant Biosystems* [e-published 26 Mar 2020]. <http://dx.doi.org/10.1080/11263504.2020.1739165>
8. PFI (2021) Portale della Flora d'Italia, versione 2021.1. Disponibile a <http://dryades.units.it/floritaly>
9. Pignatti S (1982) *Flora d'Italia*, Vols. 1–3. Edagricole, Bologna.
10. Pignatti S, Guarino R, La Rosa M (2017a) *Flora d'Italia*. Ed. 2, Vol. 1. Edagricole, Bologna, 1064 pp.

11. Pignatti S, Guarino R, La Rosa M (2017b) Flora d'Italia. Ed. 2, Vol. 2. Edagricole, Bologna, 1178 pp.
12. Pignatti S, Guarino R, La Rosa M (2018) Flora d'Italia. Ed. 2, Vol. 3. Edagricole, Bologna, 1287 pp.
13. Pignatti S, Guarino R, La Rosa M (2019) Flora d'Italia. Ed. 2, Vol. 4. Edagricole, Bologna, 1054 pp.
14. Pirone G (1981a) La vegetazione dei calanchi nelle argille plioceniche del subappennino abruzzese. Arch Bot e Biogeogr Ital 57:133–153.
15. Pirone G (1981b) Flora e vegetazione dei calanchi di Atri. Notizie Econom. Teramane, 10-12: 64-75.
16. Pirone G (1995) Vegetazione dei calanchi di Atesa (Abruzzo) e problematiche sintassonomiche della vegetazione calanchiva appenninica in fitoclimi temperato-mediterranei di transizione. Fitosociologia 30:221–232.
17. Pirone G, Frattaroli A R (2011) I Lineamenti della biodiversità vegetale in Abruzzo. Acta Italus Hortus 1: 9-12
18. Rossi G, Montagnani C, Gargano D, Peruzzi L, Abeli T, Ravera S, Cogoni A, Fenu G, Magrini S, Gennai M, Foggi B, Wagensommer RP, Venturella G, Blasi C, Raimondo FM, Orsenigo S (2013) Lista Rossa della Flora Italiana. 1. Policy Species e altre specie minacciate. Comitato Italiano IUCN e Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, 1–58.
19. Rossi G., Orsenigo S., Gargano D., Montagnani C., Peruzzi L., Fenu G., Abeli T., Alessandrini A., Astuti G., Bacchetta G., Bartolucci F., Bernardo L., Bovio M., Brullo S., Carta A., Castello M., Cogoni D., Conti F., Domina G., Foggi B., Gennai M., Gigante D., Iberite M., Lasen C., Magrini S., Nicoletta G., Pinna M.S., Poggio L., Prosser F., Santangelo A., Selvaggi A., Stinca A., Tartaglioni N., Troia A., Villani M.C., Wagensommer R.P., Wilhalm T., Blasi C., 2020. Lista Rossa della Flora Italiana. 2 Endemiti e altre specie minacciate. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare
20. Sauli G, Cornelini P, (2015) Compendio di I.N. Ed. Regione Lazio
21. Schiechtel H.M, (1991) Bioingegneria forestale, Edizioni Castaldi
22. Tutin TG, Burges NA, Chater AO, Edmondson JR, Heywood VH, Moore DM, Valentine DH, Walters SM, Webb DA (Eds) (1993) Flora Europaea, Vol. 1. 2nd Ed. Cambridge, University Press, Cambridge.

23. Tutin TG, Heywood VH, Burges NA, Moore DM, Valentine DH, Walters SM, Webb DA (Eds)
(1964–80) *Flora Europaea*, Vols. 1–5. 1st Ed. Cambridge University Press, Cambridge.
24. Zangheri P (1976) *Flora italica*, Vols 1–2. Cedam, Padova