

# REGIONE ABRUZZO

Comune di  
**CARPINETO SINELLO**  
(Prov. di Chieti)

Via Rotabile Provinciale, 11 - 66030 Carpineto Sinello (CH)

COMMITTENTE: **Edison Rinnovabili Spa**

Reg. Imprese di MILANO - MONZA - BRIANZA - LODI e C.F. 01890981200  
Partita IVA 12921540154 - REA di Milano 1595386  
Codice destinatario RWYUTX

Sede Legale: Foro Buonaparte, 31 - 20121 MILANO  
Tel. +39 02 6222 1 - PEC: rinnovabili@pec.edison.it

Oggetto:

**REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO  
CON UNA POTENZA NOMINALE PARI A 24 MW**

**RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA  
IDROLOGICA E SISMICA**

Il Geologo  
(Geol. Nicola Tullo)



**SGAA SRL**  
**GEOLOGIA APPLICATA E AMBIENTALE**  
Via Antonio Gramsci n. 1 - 66041 ATESSA (Ch)  
Codice Fiscale 02704700695 - Partita IVA 02704700695  
Tel. 0872865994 - Cel. +393803047937  
E-mail: nicola.tullo@sgaa.it PEC: sgaa@pec.sgaa.it

SCALA

DATA

TAVOLA

**F**

00			
Rev.	Data	Note	Rif. Documento



## INDICE

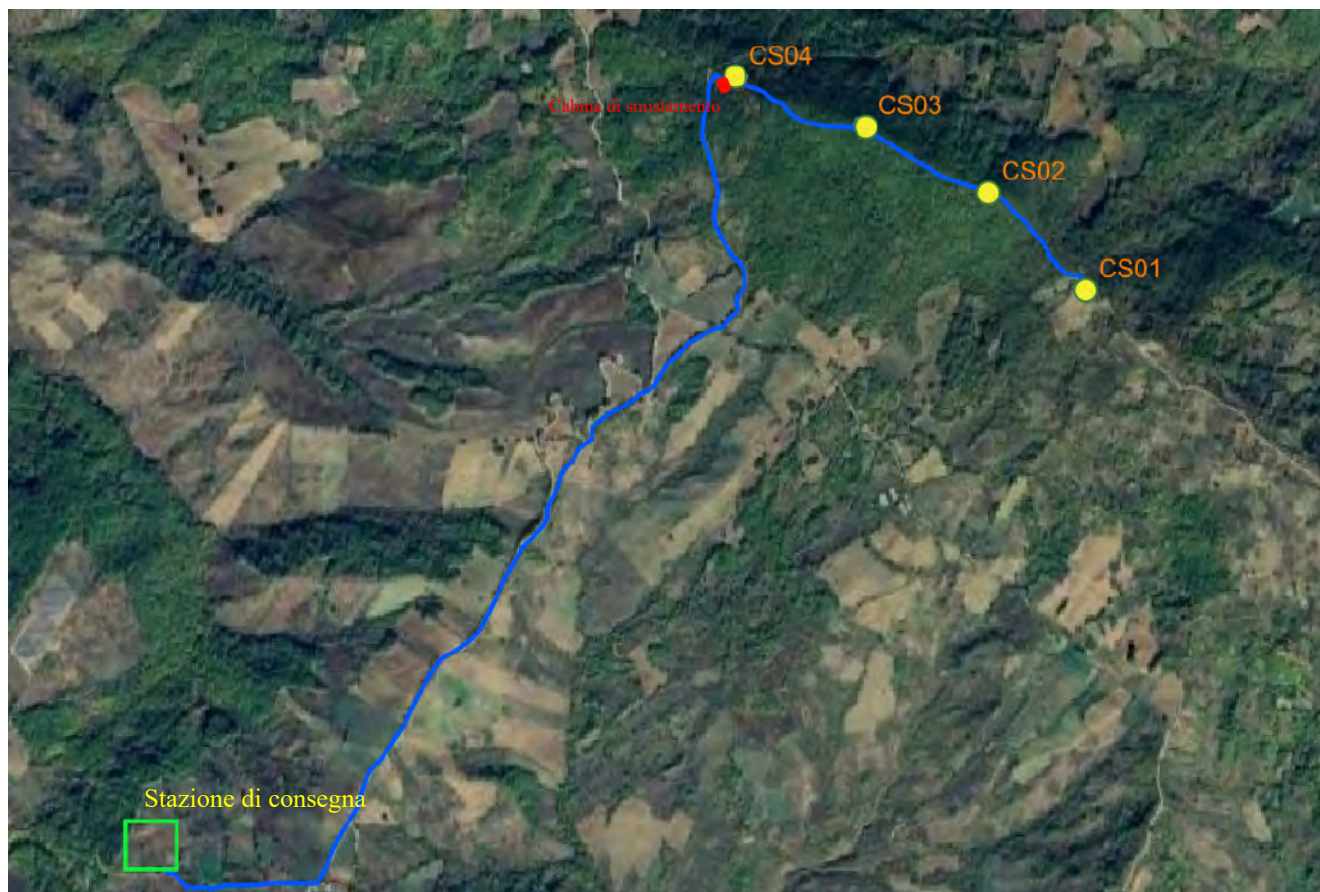
<b>1.0 PREMESSA</b>	<b>2</b>
<b>2.0 INQUADRAMENTO GEOLOGICO</b>	<b>4</b>
<b>3.0 CARATTERI GEOMORFOLOGICI E PIANO STRALCIO DI BACINO</b>	<b>6</b>
<i>3.1 Nuovi aerogeneratori</i>	<i>6</i>
<i>3.2 Nuovo cavidotto interrato</i>	<i>8</i>
<b>4.0 CARATTERI IDROLOGICI E IDROGEOLOGICI</b>	<b>9</b>
<b>5.0 MODELLO GEOLOGICO</b>	<b>9</b>
<b>6.0 MODELLAZIONE SISMICA</b>	<b>11</b>
<i>6.1 Vita nominale, classi d'uso e periodo di riferimento</i>	<i>13</i>
<i>6.2 Stati limite, probabilità di superamento e periodo di ritorno</i>	<i>14</i>
<i>6.3 Categoria di suolo di fondazione</i>	<i>16</i>
<i>6.4 Condizioni topografiche e amplificazione topografica</i>	<i>16</i>
<i>6.5 Suscettività alla liquefazione</i>	<i>17</i>
<b>7.0 CONCLUSIONI</b>	<b>19</b>

In allegato:

- Schede aerogeneratori

## 1.0 PREMESSA

Su incarico della Società EDISON RINNOVABILI S.p.A. è stato eseguito uno studio geologico, geotecnico, idrologico e sismico per il progetto di **“realizzazione di un impianto eolico nel Comune di Carpineto Sinello (CH)”**.



*Fig.1 – Ubicazione impianto su foto aerea (in blu il cavidotto)*

L'impianto prevede la realizzazione di n. 4 aerogeneratori sul crinale di Colle San Giovanni - Monte Sorbo, per una potenza nominale pari a 24 mw, cabine di distribuzione (smistamento), strade di accesso, ed un cavidotto fino alla stazione di consegna esistente, posizionata nel territorio del comune di Roccaspinalveti in Località San Cristofaro.

Gli aerogeneratori, posizionati tenendo conto dei venti dominanti di Nord-Ovest, interesseranno un'area montuosa con cime arrotondate, caratterizzata da una vegetazione scarsa, a medio e basso fusto.

La presente relazione, finalizzata ad individuare eventuali pericolosità geologiche delle aree in esame, illustra



- i fattori geologici, geostrutturali e geomorfologici della zona nonché gli eventuali processi morfologici e i dissesti in atto o potenziali;
- la compatibilità dell'impianto con il Piano Stralcio di bacino;
- la successione litostratigrafica generale con la descrizione della natura e della distribuzione spaziale dei litotipi;
- i caratteri generali della circolazione idrica superficiale e sotterranea;
- i modelli geologico e geotecnico;
- la sismicità storica dell'area e la "pericolosità sismica di base".

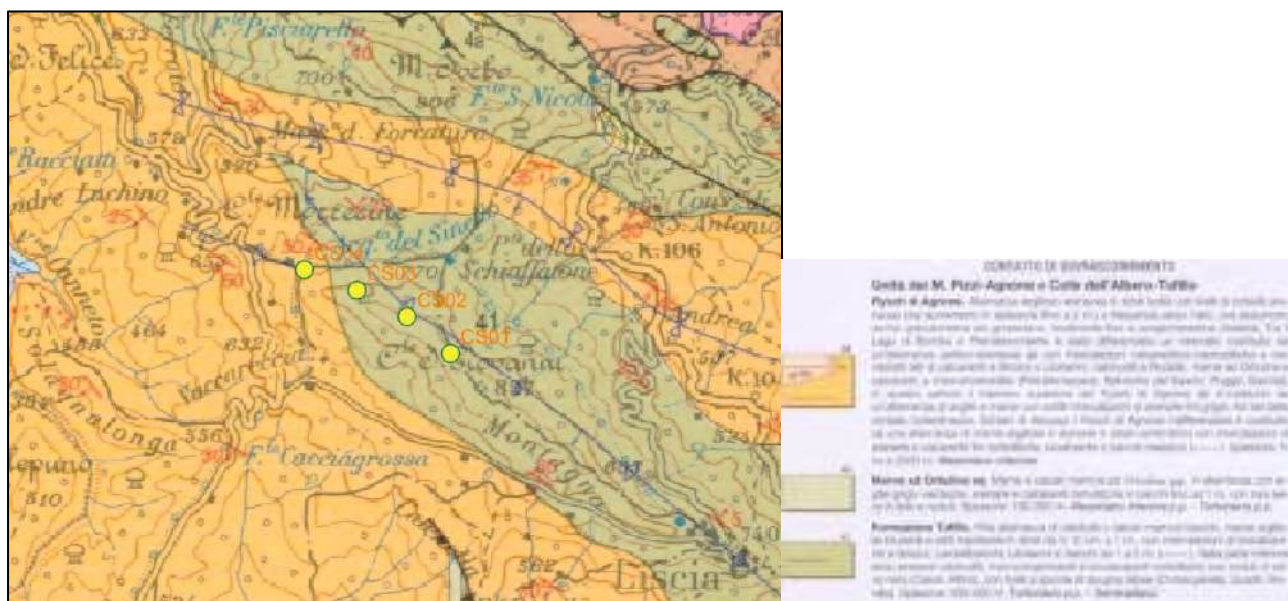
In allegato, per ciascun aerogeneratore, viene riportata una scheda con il posizionamento della nuova torre e della relativa piazzola su foto aerea, uno stralcio della Carta delle Pendenze e della Carta della Pericolosità del Piano Stralcio di Bacino.

La progettazione esecutiva sarà preceduta da specifiche e puntuali indagini in sito e di laboratorio che permetteranno la ricostruzione di dettaglio dei modelli geologico, geotecnico e sismico dei siti interessati dalle nuove torri e dal nuovo cavidotto interrato.

## 2.0 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il nuovo impianto sarà ubicato sulla parte sommitale di Colle San Giovanni, in un territorio che fa parte di un'area geologicamente molto complessa, definita avanfossa adriatica, formatasi nel Plio-Pleistocene, che si sviluppa da Nord a Sud, dalla Pianura Padana al golfo di Taranto.

La cartografia geologica di riferimento più recente per questo territorio è a tutt'oggi costituita dalla Carta Geologica del Molise di L. Vezzani, F. Ghisetti e A. Festa (2004), a cui si fa riferimento per la datazione e descrizione delle formazioni presenti e di cui si riporta uno stralcio di seguito:



*Fig. 2 – Stralcio Carta Geologica del Molise di L. Ghisetti, F. Vezzani e A. Festa (2004)*

Dal punto di vista geologico, il territorio è costituito da un complesso di sedimenti marini pelitico-fliscioidi del Terziario, noti in letteratura sotto il nome di Coltri Molisano-Sannitiche e Mesoautoctono Tufillo-Agnone o Colate Gravitative dell'Aventino-Sangro o Alloctono Molisano (Auctt), rappresentati da Argille Varicolori sormontate da due formazioni flischioidi: i calcari marnosi della Formazione di Tufillo (SELLI, 1962) e le argille marnose mioceniche della Formazione di Agnone (SELLI, 1962).

La formazione più antica affiorante nell'area è costituita da un complesso caotico di rocce sedimentarie costituite da diversi litotipi, in prevalenza argilliti varicolori e marne argillose, con colorazioni particolarmente accese, dal rosso vinaccia, al verde chiaro, al grigio per arrivare al nero bituminoso. Altra particolarità, o caratteristica, è l'intensa scagliosità causata da piani di taglio che si incrociano a vario angolo, lungo le cui superfici spesso si rinvencono ricristallizzazioni di gesso secondario. Spesso, all'interno delle Argille Varicolori, si trovano pezzi di calcareniti, diaspri, e calcari marnosi di colore ruggine e marne verdoline tipo pietra paesina.



Fanno seguito alle A. Varicolori tutta una serie di formazioni per lo più di tipo flischoide: Calcari marnosi e marne argillose e calcareniti e Argille marnose e arenarie.

La prima è conosciuta in letteratura come Formazione di Tufillo (SELLI, 1962) ed è rappresentata da un vero e proprio flysch calcareo-marnoso: all'interno della stratificazione si rinvencono strutture tipo slumps a testimonianza della messa in posto da correnti di torbida. Le seconde, note in letteratura come flysch di Agnone, sono un vero e proprio flysch formato da una parte pelitica con intercalati livelli di arenarie. Il meccanismo di deposizione è dovuto a correnti di torbida "diluite".

Tra questi due flysch, calcareo-marnoso e argilloso-marnoso, ci sono le cosiddette Marne ad Orbulina, intensamente tettonizzate e stratificate, il cui ambiente di deposizione è sicuramente di mare abbastanza profondo, dove alla sedimentazione emipelagica si intercalano livelli detritici di natura torbida a testimonianza di vicini margini di scarpata con una tettonica attiva.

Nell'analisi delle strutture geologiche affioranti si è fatto riferimento alla Carta Geologica del Molise di L. Vezzani, F. Ghisetti e A. Festa (2004): secondo questi autori il sistema di unità tettoniche affiorante nell'area in esame è ampiamente sovrascorso sul bacino di avanfossa e sul margine deformato dell'Avampaese Adriatico. Nella complessa geometria osservabile in superficie si nota una distribuzione delle unità tettoniche in grandi sistemi ad arco, troncati trasversalmente da faglie. A tetto dell'intero edificio tettonico poggiano in accavallamento le Unità Molisane e le Unità Sicilidi, come risultato di un sovrascorrimento di elevato rigetto che ha portato queste unità ad affiorare in una zona esterna ad est dell'allineamento tettonico definito della Linea Volturno-Sangro.

Il nuovo impianto sarà posizionato su una dorsale rappresentata da un'alternanza di calcareniti, calcari marnosi, brecciole calcaree, marne e marne argillose, con rari noduli e lenti di selce di età Tortonian-Serravalliano.

Gli assetti strutturali che caratterizzano l'area sono, quindi, essenzialmente imputabili ad una tettonica di trasporto orogenico: le formazioni descritte hanno subito notevoli traslazioni orizzontali con spostamenti verso NE ed E.

### 3.0 CARATTERI GEOMORFOLOGICI E PIANO STRALCIO DI BACINO

L'area interessata è ubicata sulla zona sommitale della dorsale montuosa di Colle San Giovanni-Monte Sorbo allungata in direzione all'incirca NW-SE, rappresentata da alternanze di calcareniti, calcilutiti e calcari marnosi bianchi. Tale rilievo è inciso dagli impluvi dei corsi d'acqua affluenti del F. Treste, sviluppatisi prevalentemente lungo l'intersezione delle discontinuità.

#### 3.1 Nuovi aerogeneratori

Dal punto di vista geomorfologico l'area su cui verranno installati i nuovi aerogeneratori è costituita dalla sommità del rilievo, caratterizzato da profili topografici arrotondati.

Tale crinale continua verso il basso con una morfologia più varia ed articolata, a luoghi fortemente irregolare, che denota la presenza di un substrato argillo-marnoso inciso dai corsi d'acqua con i loro numerosi piccoli affluenti impostatesi lungo linee di maggiore debolezza litostrutturale.

Dal punto di vista idrogeologico il complesso sistema di fratture favorisce l'infiltrazione, particolarmente intensa, che alimenta le falde idriche che saturano la base delle strutture carbonatiche e drenano verso le sorgenti poste alla base della dorsale. La zona è compresa a Nord nel distretto dell'Autorità di Bacino Distrettuale Appennino Centrale ed sud nel distretto dell'Autorità di Bacino Distrettuale Appennino Meridionale (Fiume Trigno).

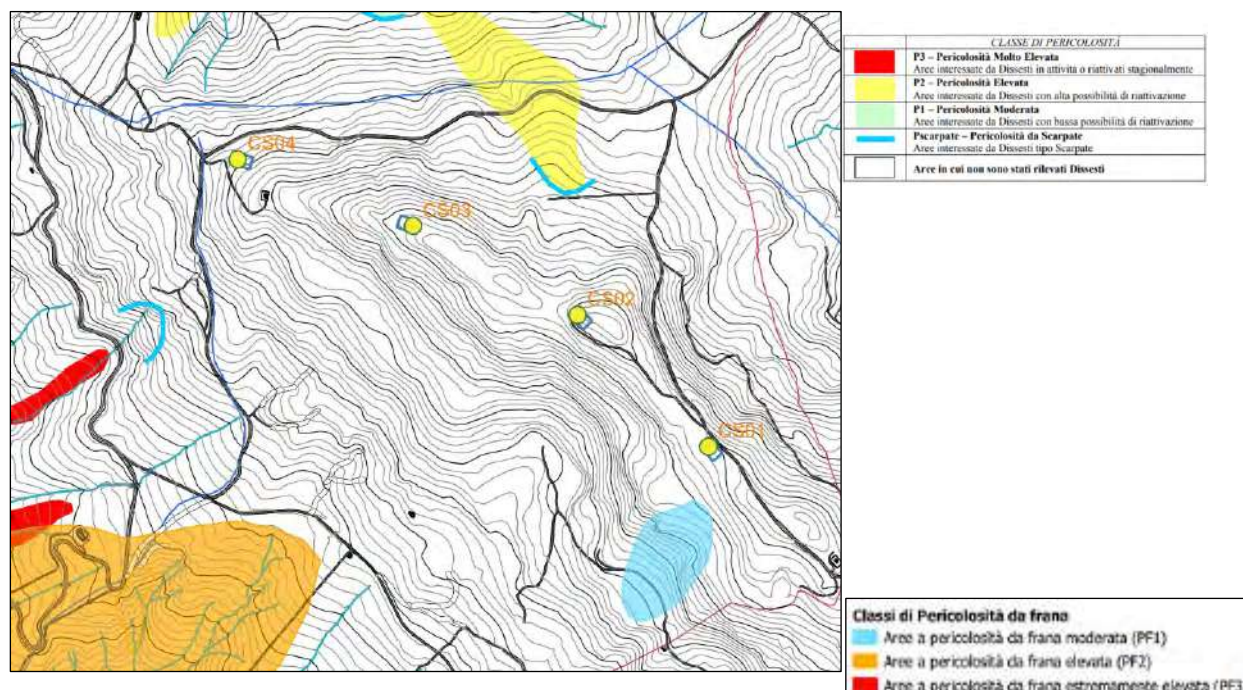
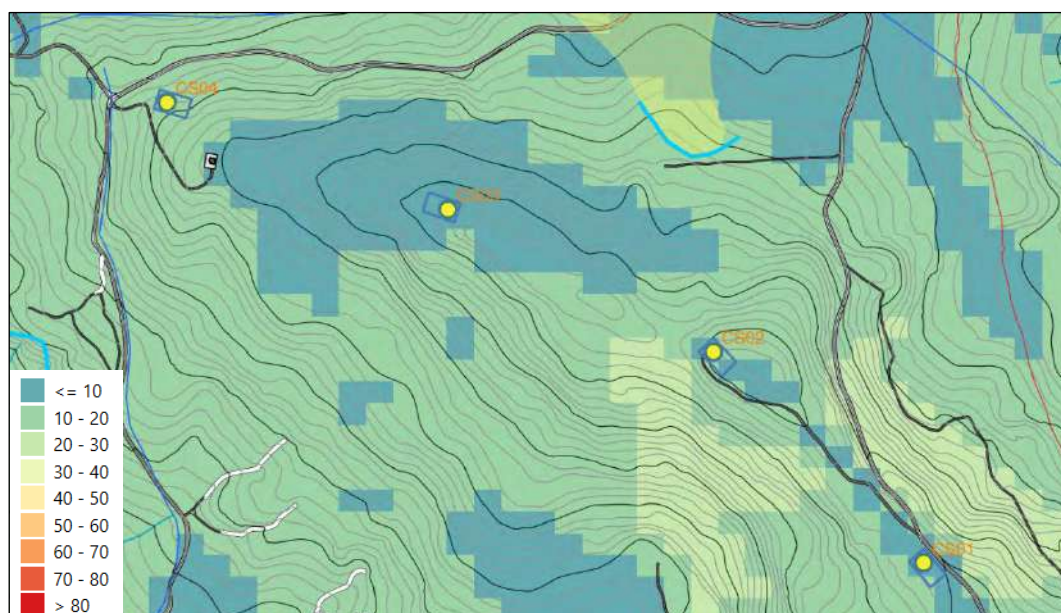


Fig. 3 – Carta della Pericolosità

Come si vede nello stralcio sopra riportato, gli aerogeneratori ricadono in aree “bianche”, ossia non interferiranno con nessuna classe di pericolosità.

All'interno di questo paesaggio, le aree direttamente interessate dalla realizzazione delle nuove colonne eoliche sono rappresentate da superfici con condizioni di stabilità abbastanza favorevoli: come è visibile nella Carta dell'Acclività sopra riportata, e nei dettagli allegati nelle schede per ciascun aerogeneratore, le aree interessate mostrano pendenze inferiori a 10°.



*Fig.4 – Carta dell'Acclività*

Nel complesso le superfici interessate mostrano modeste pendenze e non presentano segni di movimenti gravitativi in atto, infatti, non risultano incluse nelle aree a diversa pericolosità del PAI, ma la presenza di sedimenti a prevalente componente marnoso-argillosa (torre CS04) impone, in fase di progettazione esecutiva, un'attenta analisi delle caratteristiche geologiche e geotecniche locali, unitamente alla verifica delle condizioni di stabilità delle aree.



### 3.2 Nuovo cavidotto interrato

Il nuovo cavidotto interrato collega le quattro nuove colonne con la sottostazione di Roccaspinalveti ubicata a SW del parco eolico.

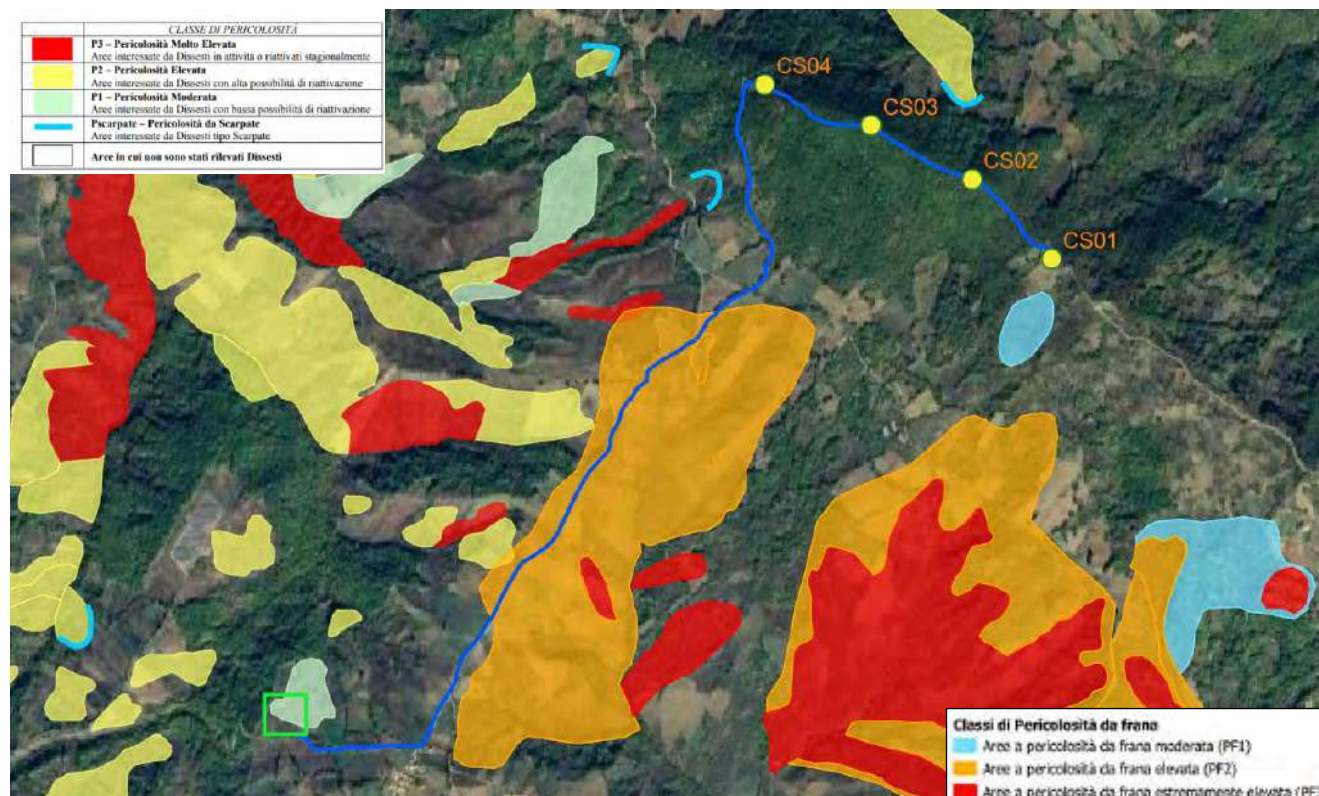


Fig.5 – Carta della Pericolosità (PAI Abruzzo in alto e PAI Trigno in basso)

Il percorso si svolge lungo la viabilità esistente, lungo un tratto a direzione NE-SW, ubicato nella parte alta del versante in sinistra idrografica del F. Treste.

Si tratta di un versante argilloso il cui sottosuolo è costituito dal flysch di Agnone, formato da una parte pelitica (argille marnose) con intercalati livelli di arenarie.

L'ultimo tratto interferisce con un'area a pericolosità elevata PF2: considerato, però, che l'alloggiamento dei cavi prevede uno scavo a sezione ridotta della profondità di circa 1.20 m, lungo la viabilità esistente, si ritiene che la sua realizzazione non aumenterà le condizioni di pericolosità e di rischio attualmente esistenti.

## 4.0 CARATTERI IDROLOGICI E IDROGEOLOGICI

Dal punto di vista idrologico, i rilievi dell'area in esame sono incisi dagli impluvi dei corsi d'acqua affluenti del F. Trigno, sviluppatasi prevalentemente lungo l'intersezione delle discontinuità.

I processi di infiltrazione, abbastanza intensi, hanno favorito lo sviluppo di un modestissimo reticolo carsico con alcune rare manifestazioni di superficie.

La circolazione idrica nei versanti è condizionata, quindi, dalla natura litologica dei terreni presenti: i terreni calcarei delle dorsali risultano molto permeabili per fratturazione, mentre nei sedimenti a prevalente componente argillosa, la permeabilità è molto bassa e le piogge erodono fortemente i terreni formando solchi ed incisioni che si approfondiscono e si ramificano dando luogo ai paesaggi montonati visibili sulla parte inferiore dei versanti.

Dal punto di vista idrogeologico il complesso sistema di fratture favorisce l'infiltrazione, particolarmente intensa, che alimenta le falde idriche che saturano la base delle strutture carbonatiche e drenano verso le sorgenti poste alla base delle dorsali.

## 5.0 MODELLO GEOLOGICO

La zona destinata ad accogliere il nuovo impianto è rappresentata da una successione caratterizzata da alternanze di marne calcaree e calcareniti con colorazioni biancastre e grigiastre. Si tratta di rocce che hanno prevalentemente una composizione granulare clastica con singoli elementi formati da ruditi, frammenti di roccia, areniti e lutiti ben cementati tra loro, tanto da risultare, se integre, molto resistenti, ma, a causa delle vicissitudini tettoniche subite, risultano interessate da un'intensa micro e macrofessurazione.

Nel complesso, siamo in presenza di sedimenti fragili fessurati in cui l'intensità della fratturazione è molto variabile, fino a zone in cui la presenza di un fitto reticolo di discontinuità con spaziatura variabile dà all'ammasso roccioso un aspetto caotico.

Le formazioni calcaree, nell'area in esame, sono costituite in prevalenza da strati lapidei con subordinate intercalazioni di livelli pelitici. La parte lapidea è formata da brecciole calcaree e calcareniti, calcilutiti chiare e marne calcaree, mentre la parte pelitica è rappresentata da argille scistose verdastre e marne tenere biancastre. Al di sopra del flysch sono presenti marne grigie molto fratturate con sottili intercalazioni di brecce calcaree e alternanze di marne argillose ed arenarie in strati centimetrici con intercalazioni di calcareniti fini torbiditiche, talora in banchi massicci.

A luoghi, dove le superfici sono poco inclinate, la formazione calcareo-marnosa e la formazione marnosa sono ricoperte da suoli detritico-regolitici bruno-nerastri di spessore variabile da luogo a luogo.

Dal punto di vista geotecnico, le precedenti indagini geognostiche e geotecniche condotte su terreni geologicamente simili hanno mostrato una certa omogeneità delle caratteristiche fisico-meccaniche dei depositi presenti, trattati come terreni a comportamento prevalentemente attritivo, in quanto rappresentati da marne calcaree e calcari marnosi interessati da diffusa fratturazione.

Nella tabella seguente vengono riportati i valori medi dei parametri geotecnici caratteristici:

#### **Valori medi dei parametri geotecnici**

- Peso unità di volume -  $\gamma$  [t/m<sup>3</sup>] = 2.2 - 2.3
- Peso unità di volume saturo -  $\gamma_{\text{sat}}$  [t/m<sup>3</sup>] = 2.3 - 2.4
- Angolo di resistenza al taglio -  $\phi'$  [°] = 35 - 45
- Modulo Edometrico -  $E_{\text{ed}}$  [kg/cm<sup>2</sup>] = 200 - 360
- Modulo Elastico -  $E_y$  [kg/cm<sup>2</sup>] = 250 - 450
- Modulo di Poisson -  $\nu$  = 0.25 - 0.18
- Modulo di taglio -  $G$  [kg/cm<sup>2</sup>] = 1800

Come si nota, tali valori indicano per i sedimenti presenti nel sottosuolo buone caratteristiche di resistenza al taglio e scarsa compressibilità.

## 6.0 MODELLAZIONE SISMICA

La pericolosità sismica può essere definita come il livello di confidenza associato ad una proposizione del tipo: “In un futuro intervallo di tempo la località verrà interessata da almeno un evento sismico caratterizzato da un livello di scuotimento al sito”.

Di fatto, la pericolosità esprime uno stato di incertezza sulla sismicità futura, incertezza dovuta alle incomplete conoscenze disponibili sul processo sismogenico presumibilmente responsabile dello scuotimento atteso.

La pericolosità varia in funzione dei tempi di ritorno attesi per un fenomeno ed è estremamente elevata per fenomeni ricorrenti con tempi bassi o con fenomeni potenzialmente distruttivi: assume una notevole importanza per la predisposizione delle misure atte a mitigare l’effetto atteso sulle strutture come quelle in esame.

Oltre alla conoscenza della probabilità di accadimento di un evento sismico, che è funzione dell’assetto strutturale dell’area e della distanza dalle principali zone sismogenetiche, è necessario conoscere quali possano essere gli effetti cosismici che accompagnano l’evento naturale e, tra questi, la reazione del terreno in termini di amplificazione/smorzamento dell’onda sismica e la perdita o la modificazione delle sue caratteristiche statiche di resistenza.

In un generico sito la pericolosità di base deve essere descritta in modo da renderla compatibile con le NTC e da dotarla di un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali; tali condizioni possono ritenersi soddisfatte se i risultati dello studio sono forniti:

- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima  $a_g$  e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC, nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale sopra definite;
- in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km);
- per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno  $T_R$  ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi.

La “pericolosità di base” costituisce quindi, l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche: le sue attuali fonti di riferimento sono indicate nel seguito del presente paragrafo.



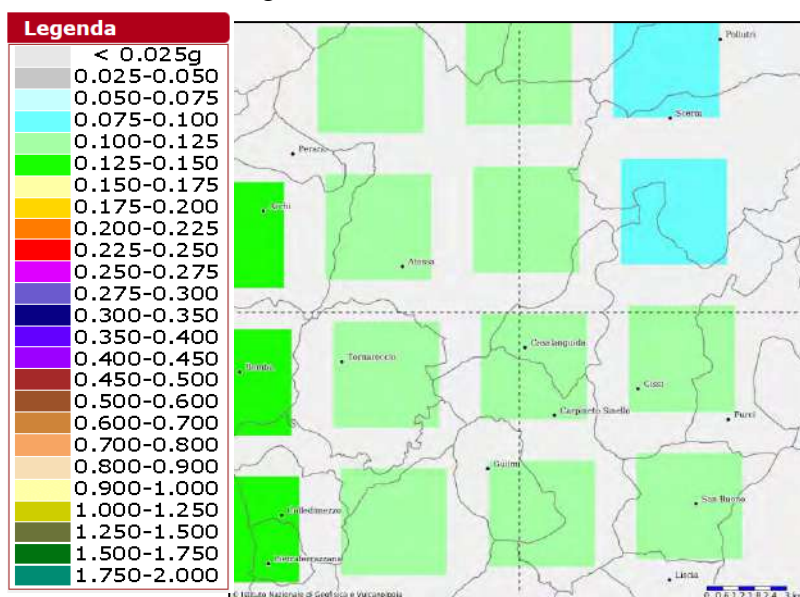
L'azione sismica così individuata viene successivamente variata, nei modi chiaramente precisati dalle NTC, per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presente e dalla morfologia della superficie (risposta sismica locale).

Attualmente si tende ad analizzare preventivamente un territorio al fine di discretizzarlo in areali in cui le condizioni strutturali e litostratigrafiche sono tali da far attendere un comportamento, nei confronti dell'ampiezza dell'onda sismica, omogeneo in termini di amplificazione o di smorzamento.

Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>.

In particolare, il parametro di pericolosità utilizzato è l'accelerazione orizzontale massima al suolo  $a_g$ , ossia quella relativa al 50<sub>simo</sub> percentile, ad una vita di riferimento di 50 anni e ad una probabilità di superamento del 10%.

Il Comune di è localizzato in un settore a bassa pericolosità sismica tanto che la nuova mappa classificativa prevede per il suo bedrock (o suolo rigido con  $V_s > 800$  m/s) la probabilità di superamento del 10% in 50 anni di un valore convenzionale di accelerazione massima orizzontale ( $a_g$ ) variabile da 0.100 a 0.125 g.



**Fig. 6 – Mappa di pericolosità sismica (da <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>)**

I dati di sismicità storica che riguardano il territorio di Carpineto S. sono stati reperiti all'interno del Database Macrosismico Italiano 2015 (D.B.M.I.15) a cura dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. La sismicità locale della zona risulta caratterizzata da bassa frequenza di eventi. Gli eventi di intensità piuttosto elevata sono stati quello del 1933 localizzato nella Maiella e del 1984 dei Monti della Meta che hanno mostrato intensità al sito di 5, mentre non sono presenti i grandi terremoti storici dei secoli passati.

Effects	Reported earthquakes									
Int.	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
5	1933	09	26	03	33	2	Maiella	325	9	5.90
NF	1948	12	31	03	32		Monti Reatini	95	8	5.42
5	1984	05	07	17	50		Monti della Meta	911	8	5.86
NF	1992	07	16	05	38		Chietino	107	5-6	4.22
3-4	2002	11	01	15	09	0	Molise	638	7	5.72
3	2002	11	12	09	27	4	Molise	174	5-6	4.57
4	2003	06	01	15	45	1	Molise	501	5	4.44

Fig. 7 - Sismicità storica del Comune di Carpineto S. (CH) – INGV - D.B.M.I.15

### 6.1 Vita nominale, classi d'uso e periodo di riferimento

Nel **DM 17 gennaio 2018**-Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» il periodo di riferimento, che non può essere inferiore a 35 anni, è dato dalla seguente relazione:

$$V_R = V_N \cdot C_U \quad (2.1)$$

dove:

$V_R$  = periodo di riferimento

$V_N$  = vita nominale

$C_U$  = coefficiente d'uso

La vita nominale di un'opera strutturale  $V_N$ , secondo le NTC 2018, è definita come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata e viene definita attraverso tre diversi valori, a seconda dell'importanza dell'opera e perciò delle esigenze di durabilità.

I valori minimi di  $V_N$  da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. 2.1. Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.

Tab. 2.1 – Valori minimi della Vita nominale  $V_N$  di progetto per i diversi tipi di costruzioni

	TIPI DI COSTRUZIONI	Valori minimi di $V_N$ (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Nel caso specifico  $V_N = 50$  anni.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso. Le NTC 2018 prevedono quattro classi d'uso a ciascuna delle quali è associato un valore del coefficiente d'uso:

**Classe I:** Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.  $C_U = 0.7$ ;

**Classe II:** Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso *III* o in Classe d'uso *IV*, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.  $C_U = 1.0$ ;

**Classe III:** Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso *IV*. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.  $C_U = 1.5$ ;

**Classe IV:** Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "*Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade*", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.  $C_U = 2.0$ ;

Nel caso in esame viene presa in considerazione la **classe d'uso II** a cui è associato il coefficiente d'uso  $C_U = 1,0$

Ricavati i valori di  $V_N$  e  $C_U$ , è possibile calcolare il periodo di riferimento  $V_R$ , che qui vale:  $V_R = 50 * 1,0 = 50$  anni.

## 6.2 Stati limite, probabilità di superamento e periodo di ritorno

Le NTC 18 prendono in considerazione 4 possibili *stati limite* (SL) individuati facendo riferimento alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti: due sono *stati limite di esercizio* (SLE) e due sono *stati limite ultimi* (SLU). Uno stato limite è una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per la quale è stata progettata.

Più in particolare le opere e le varie tipologie strutturali devono essere dotate di capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (sicurezza nei confronti di SLE) e di capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e di dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone o comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera (sicurezza nei confronti di SLU).

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO)**: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno (SLD)**: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)**: a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC)**: a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Ad ogni stato limite è associata una *probabilità di superamento*  $P_{VR}$ , ovvero la probabilità che, nel periodo di riferimento  $V_R$ , si verifichi almeno un evento sismico ( $n \geq 1$ ) di  $a_g$  prefissata ( $a_g$  = accelerazione orizzontale massima del suolo) avente frequenza media annua di ricorrenza  $\lambda = 1/T_R$  ( $T_R$  = periodo di ritorno).

Stati limite			<b><math>P_{VR}</math></b>
Stati limite di esercizio	Stato limite di operatività	SLO	81%
	Stato limite di danno	SLD	63%
Stati limite ultimi	Stato limite di salvaguardia della vita	SLV	10%
	Stato limite di prevenzione del collasso	SLC	5%

Fissati  $V_R$  e  $P_{VR}$  per ogni stato limite, è possibile calcolare il periodo di ritorno dell'azione sismica  $T_R$ , espresso in anni, mediante l'espressione:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} \quad (3.1)$$

Tale relazione tra  $P_{VR}$  (probabilità) e  $T_R$  (statistica) risulta biunivoca poiché utilizza la distribuzione discreta Poissoniana.

Poiché è  **$V_R = 50$  anni**, il tempo di ritorno  $T_R$  sarà



**Tabella 3.2- Stati limite e rispettivi tempi di ritorno, nel periodo di riferimento VR**

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	$T_R = 30$
Stato limite di esercizio: danno	SLD	$T_R = 50$
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	$T_R = 475$
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	$T_R = 975$

### 6.3 Categoria di suolo di fondazione

Il D.M. 17.01.2018 (N.T.C.) stabilisce che, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento, così come definite nella tabella seguente:

**Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo**

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

La classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente  $V_{s,30}$  di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità (riferita al piano d'imposta delle fondazioni superficiali o alla testa dei pali).

Le prospezioni sismiche eseguite (MASW e Down Hole) nelle aree geologicamente simili hanno evidenziato una velocità delle onde S che porta a classificare il sottosuolo in Categoria B.

### 6.4 Condizioni topografiche e amplificazione topografica

Le condizioni topografiche, al pari di quelle stratigrafiche, concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale.

Tali modifiche, in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, sono il risultato della risposta

sismica locale

Per condizioni topografiche semplici, si può adottare la seguente classificazione.

**Tabella 3.2.IV** – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Le nuove torri eoliche sono posizionate sulla cresta di un rilievo caratterizzato da una cresta molto più stretta della base e, pertanto, tutte le aree di sedime dei basamenti rientrano nella **Categoria T4** che porta ad un coefficiente di amplificazione topografico  $S_T$  pari a 1.4, come riportato nella tabella seguente:

**Tabella 3.2.VI** – *Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$*

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

### 6.5 Suscettività alla liquefazione

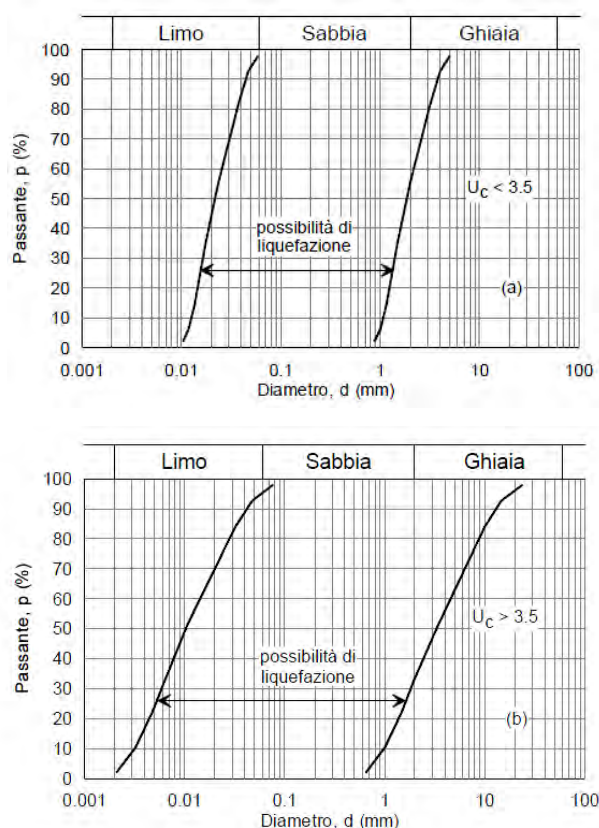
Le N.T.C.18 stabiliscono che il sito di progetto deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N_1)_{60} > 30$  oppure  $q_{c1N} > 180$  dove  $(N_1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche

(Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $q_{cIN}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .



**Figura 7.11.1** – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione.

Nel caso in esame, la presenza di depositi prevalentemente lapidei e l'assenza di falda nei primi 15 m dal p.c. fanno sì che non sussistano le condizioni per il verificarsi di fenomeni di liquefazione e, pertanto, ai sensi delle NTC 2018, la relativa verifica analitica può essere omessa.

## 7.0 CONCLUSIONI

Il presente studio geologico, geotecnico, idrologico e sismico è stato redatto per il progetto di un nuovo impianto eolico nel Comune di Carpineto Sinello (CH).

Dal punto di vista geologico, il territorio è costituito da un complesso di sedimenti marini pelitico-flisciodi del Terziario, rappresentati dalla Formazione di Tufillo (Selli, 1962), un flysch calcareo-marnosi rappresentato da alternanze di calcareniti, calcari marnosi, brecciole calcaree, marne e marne argillose con ottime caratteristiche meccaniche.

Le 4 nuove torri (denominate CS01, CS02, CS03 e CS04) saranno posizionate sulla dorsale di Colle San Giovanni-Monte Sorbo: si tratta della parte sommitale di un rilievo caratterizzato da pendenze poco accentuate che mostra buone condizioni di stabilità, come si nota dalle allegate schede di dettaglio dove vengono riportate, per ciascuna postazione, la veduta aerea e gli stralci della Carta delle Pendenze e della Carta della Pericolosità.

Per la progettazione esecutiva saranno eseguite specifiche e puntuali indagini geognostiche, geotecniche e sismiche, mediante sondaggi a carotaggio continuo per la ricostruzione della stratigrafia di dettaglio del sottosuolo, prove geotecniche in situ e di laboratorio per la caratterizzazione fisico-meccanica dei litotipi presenti e prospezioni sismiche (MASW e Down-hole) per la valutazione della categoria di sottosuolo e della risposta sismica locale.

Marzo 2024

**Geol. Nicola Tullo**



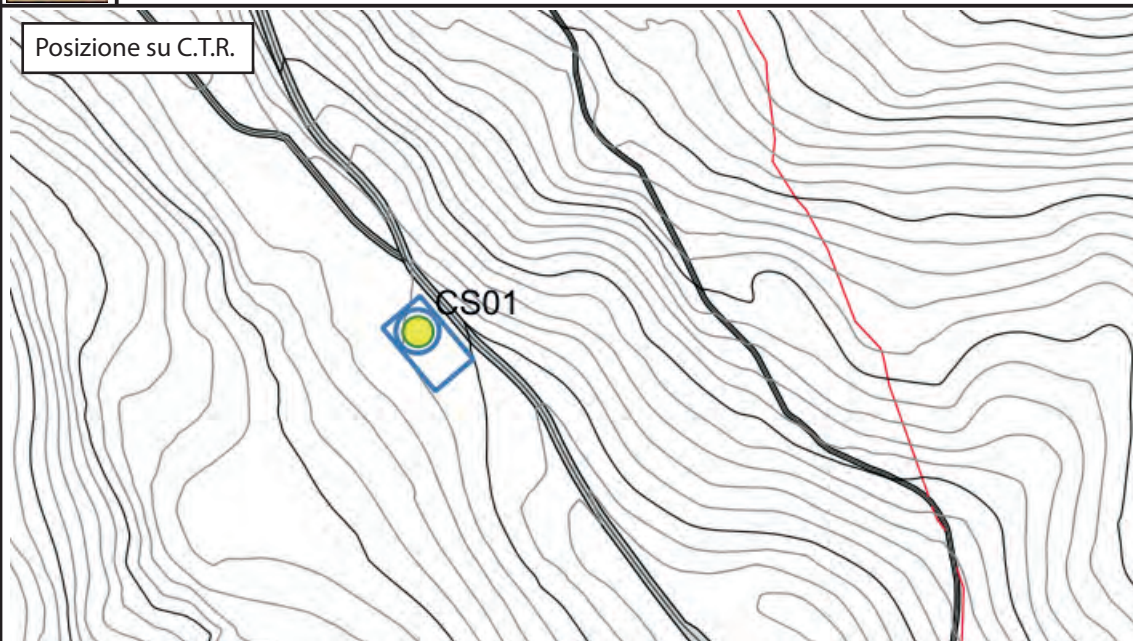




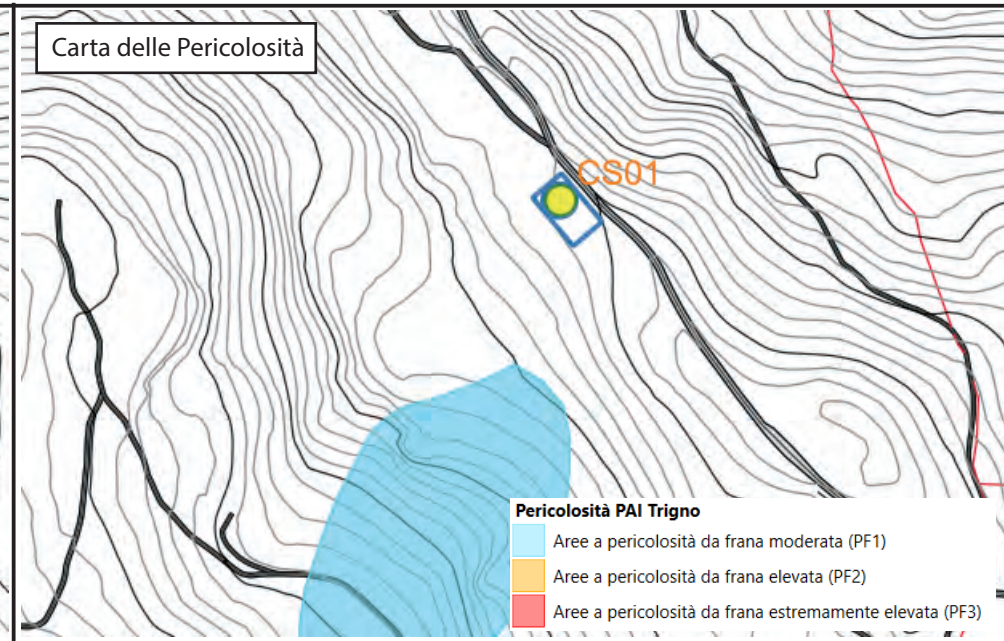
# **SCHEDE SITI NUOVI AEROGENERATORI**

## Aerogeneratore CS01

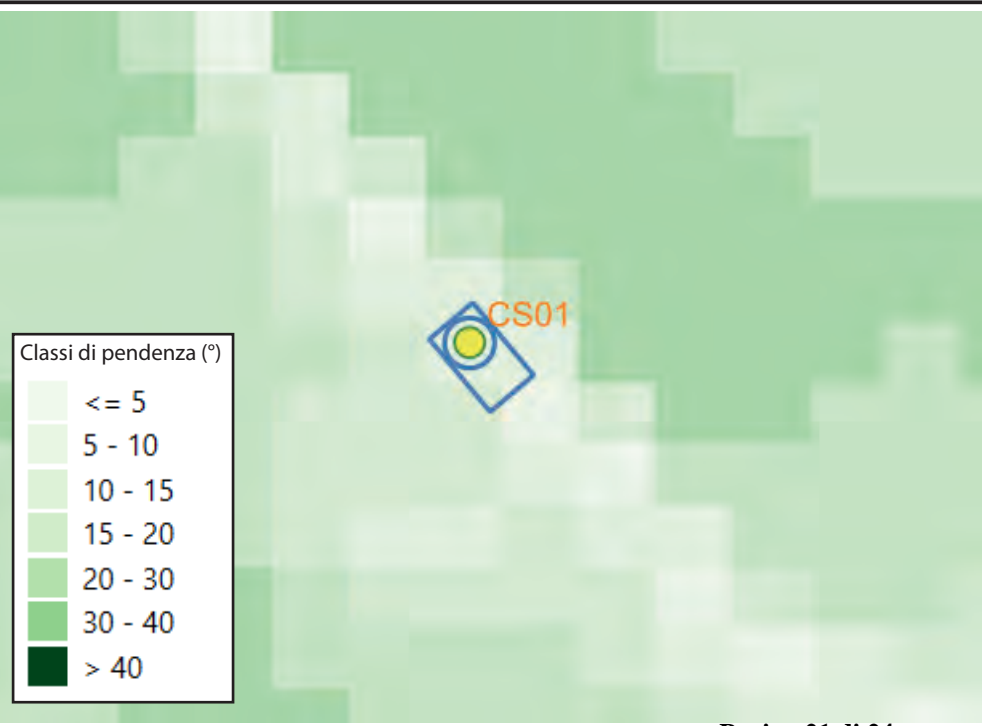
Posizione su C.T.R.



Carta delle Pericolosità



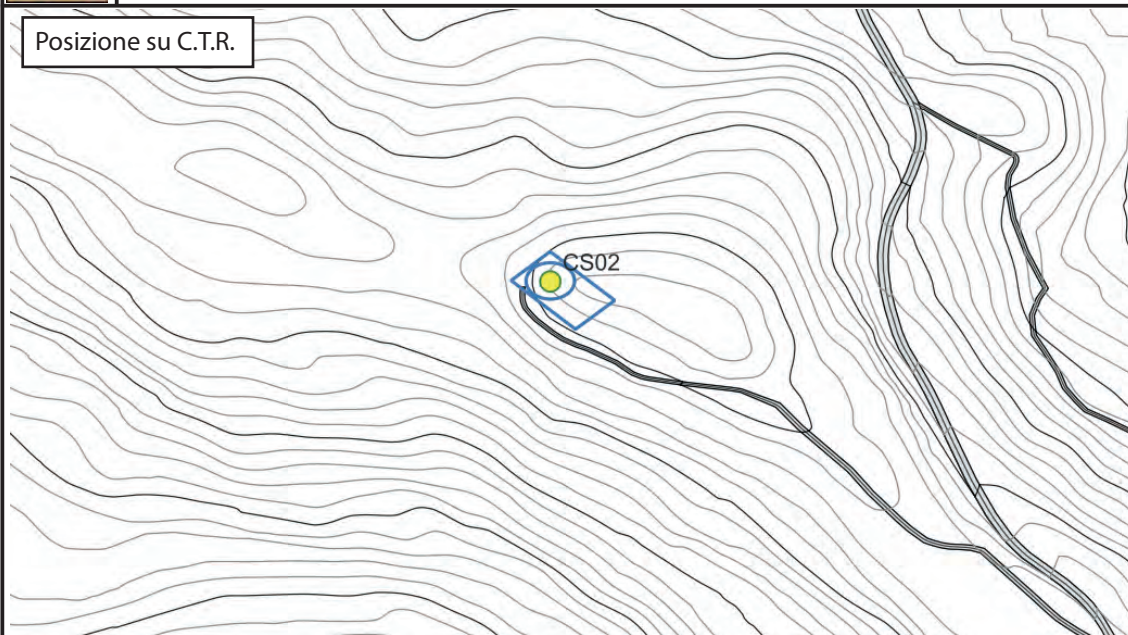
Veduta aerea



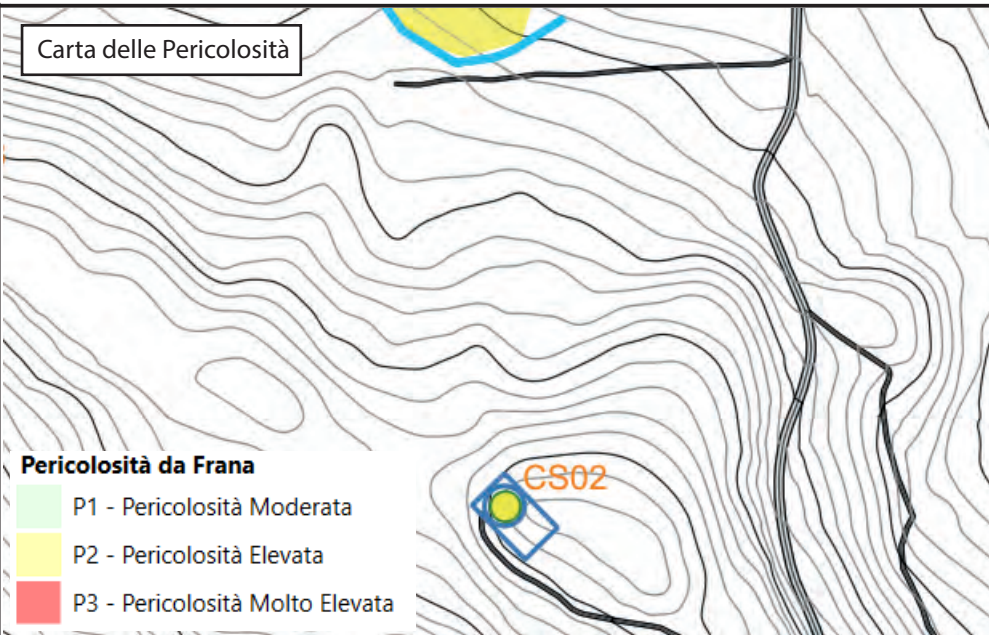


## Aerogeneratore CS02

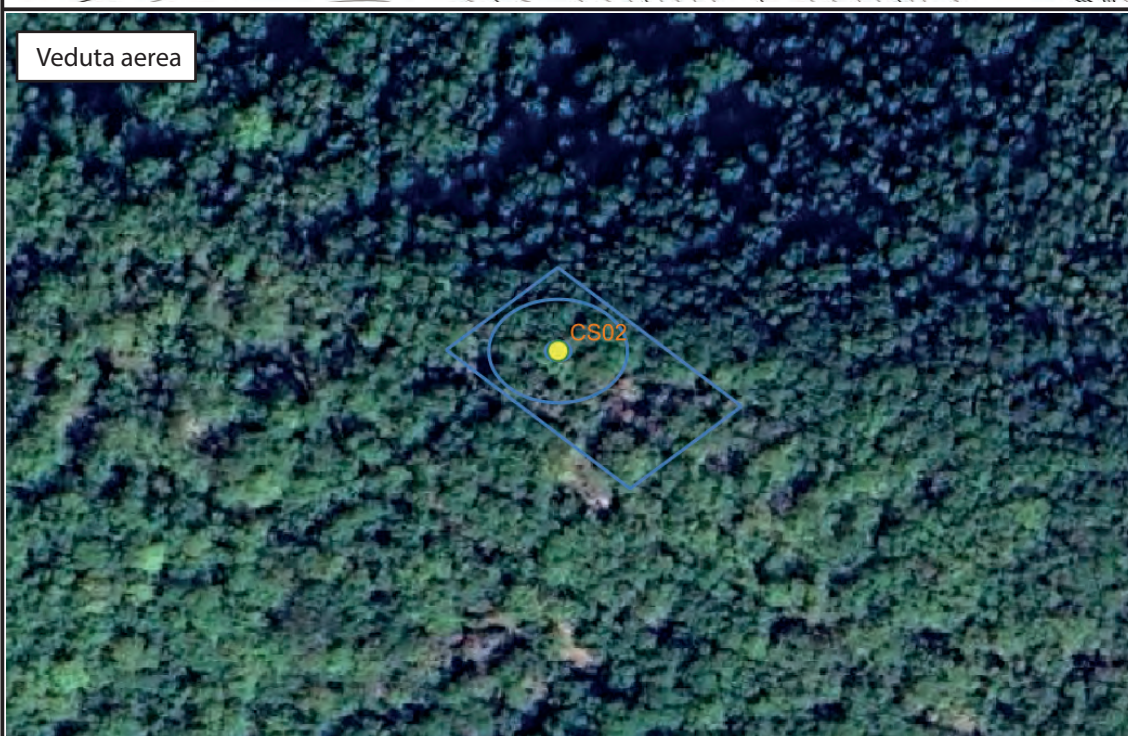
Posizione su C.T.R.



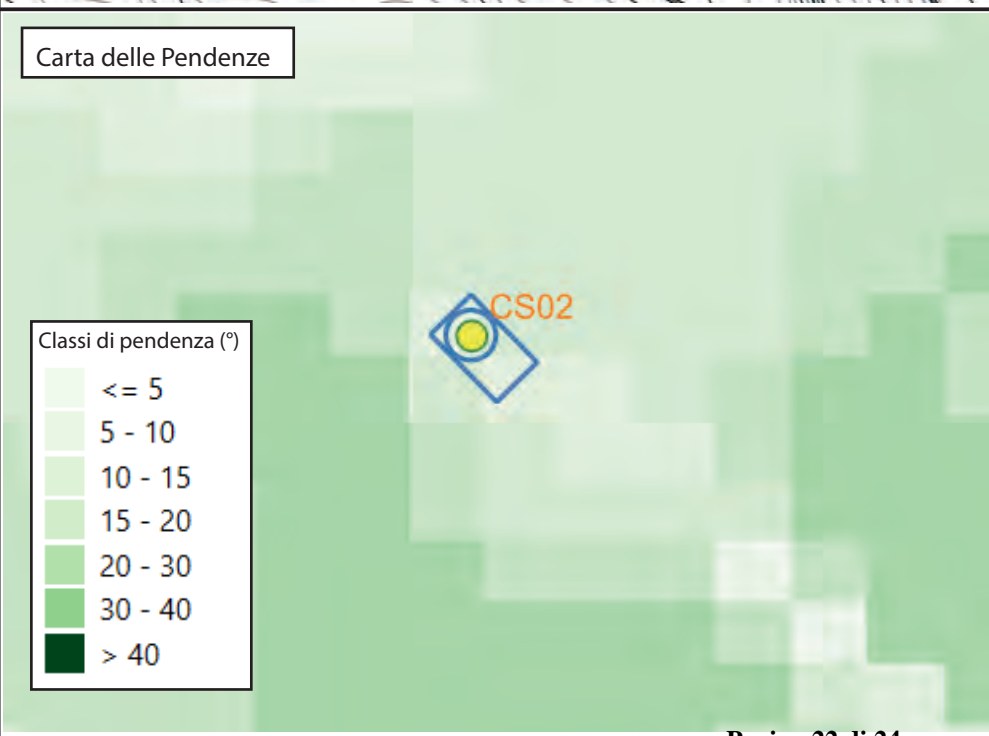
Carta delle Pericolosità



Veduta aerea



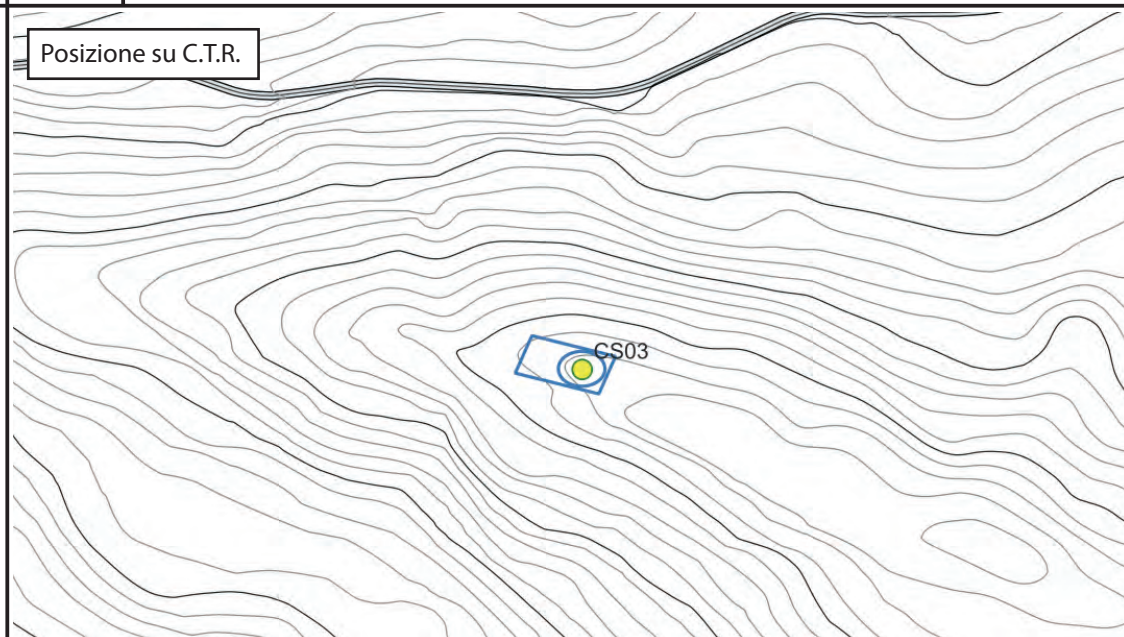
Carta delle Pendenze



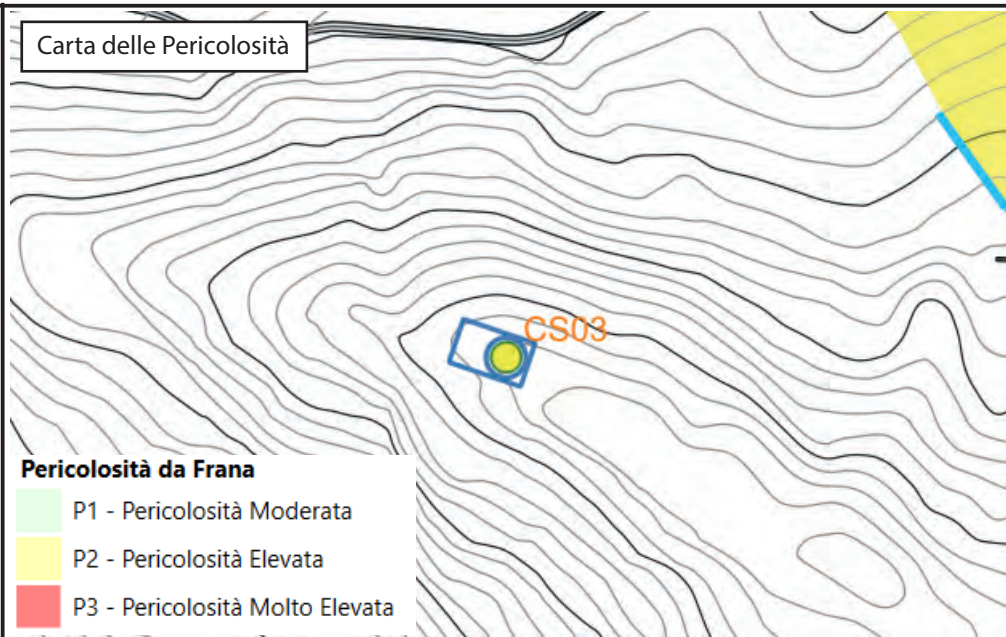


## Aerogeneratore CS03

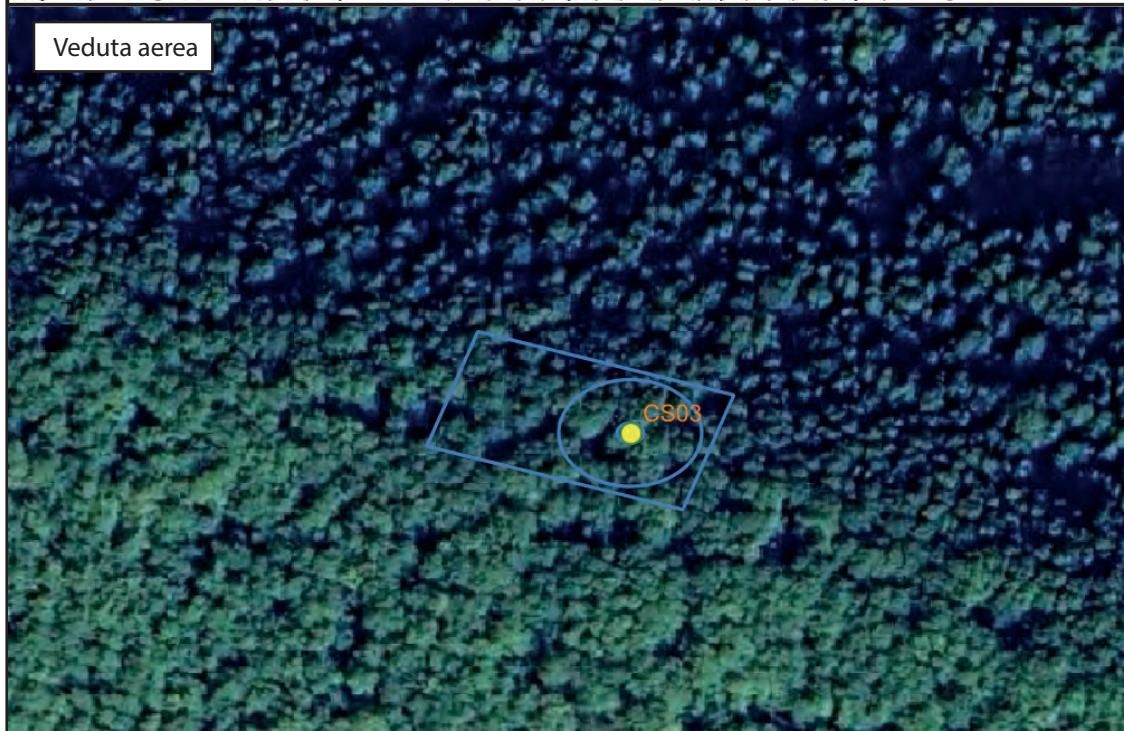
Posizione su C.T.R.



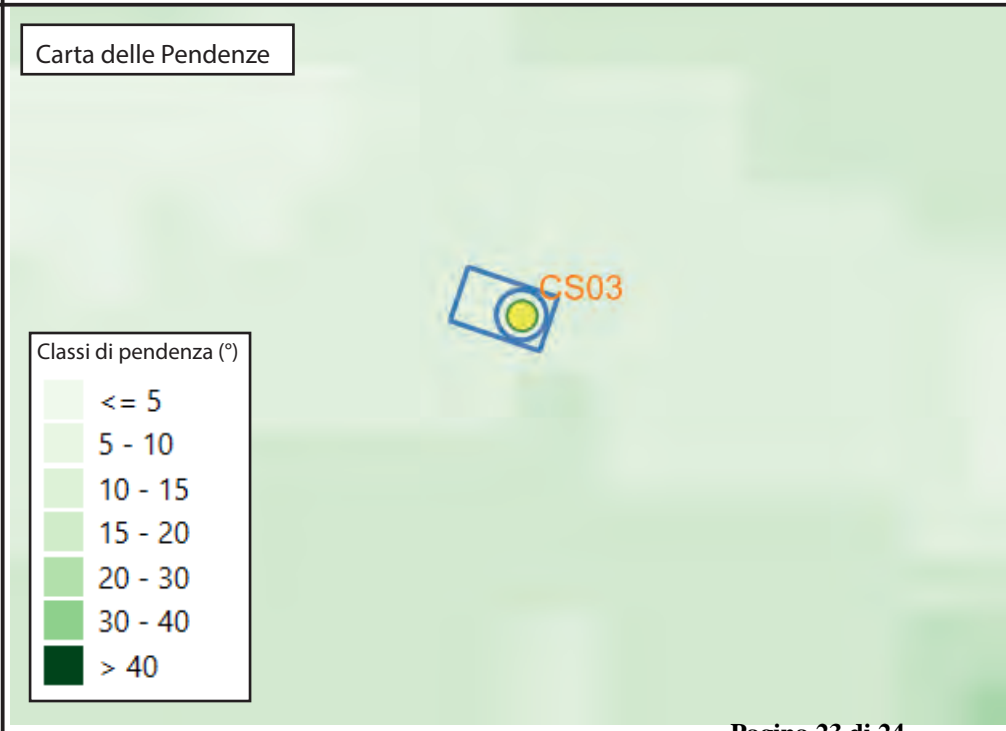
Carta delle Pericolosità



Veduta aerea



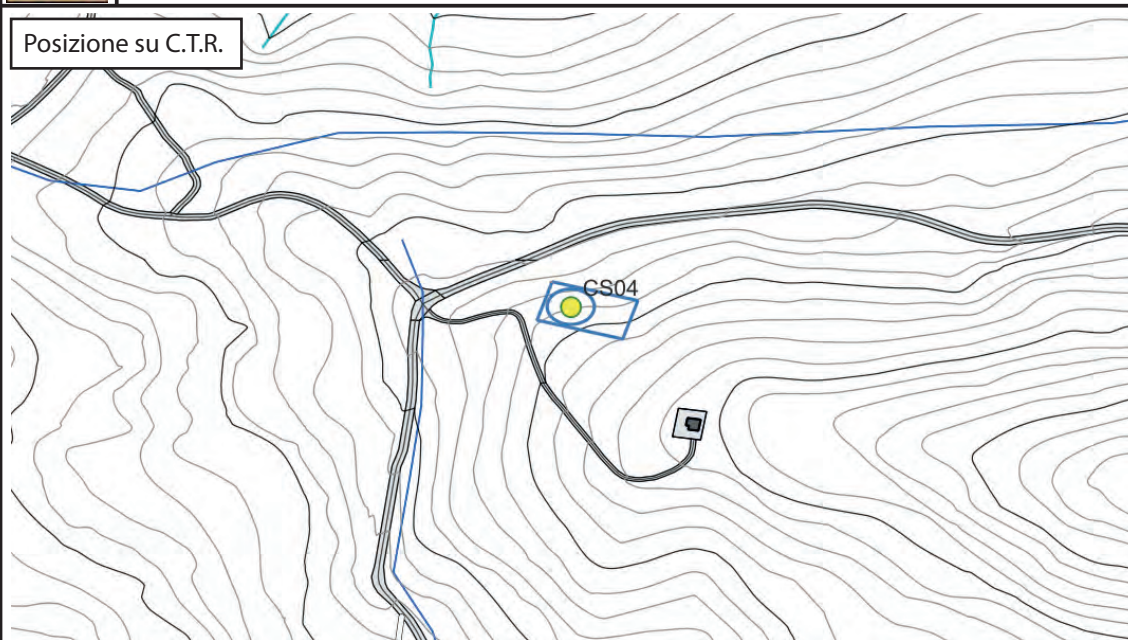
Carta delle Pendenze



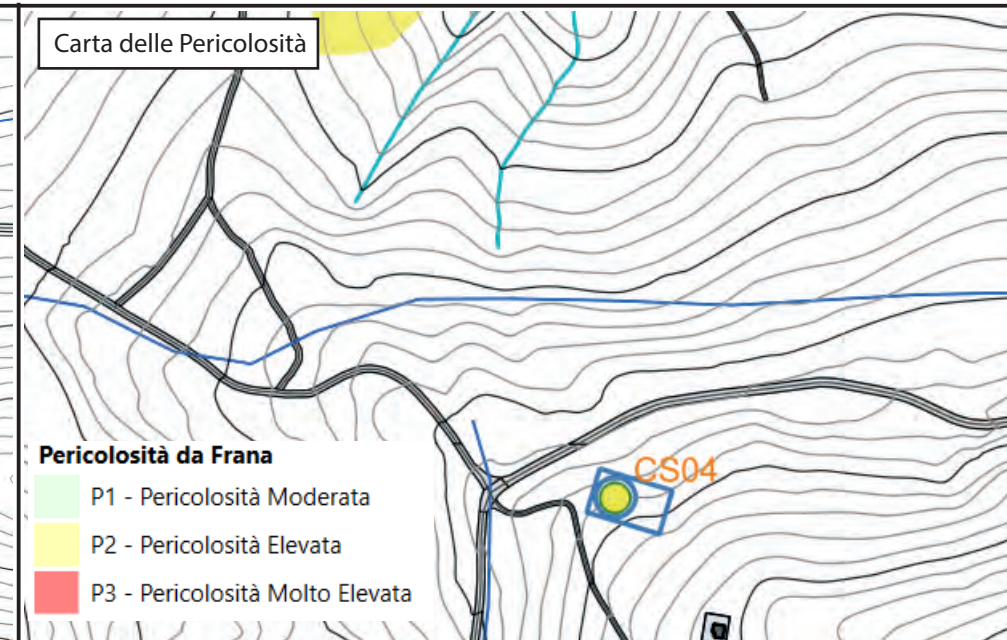


## Aerogeneratore CS04

Posizione su C.T.R.



Carta delle Pericolosità



Veduta aerea



Carta delle Pendenze

