

REV./ Rev.	STATO/ Status	DESCRIZIONE / Description	DATA/ Date	VERIFICATO/ Checked by	APPROVATO/ Approved by
0	FAC	FIRST ISSUE	20/01/2024	Calabrò	Citterio



QB80CTKC002

Parco Eolico IR8

Relazione geologica, Caratterizzazione geotecnica e Modellazione sismica



GEOLOGIA APPLICATA E AMBIENTALE
geingegneria geotecnica geognostica geotecnologie



GEOLOGIA APPLICATA E AMBIENTALE
geingegneria geotecnica geognostica geotecnologie



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

Progetto:

“Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori”

**Integrale Ricostruzione del Parco Eolico IR8
Comune di Montazzoli (CH)**

Elaborato:

**Relazione geologica
Caratterizzazione geotecnica
Modellazione sismica**

Dott. Geol. Nicola Tullo



Data: ottobre 2023

Il presente elaborato è costituito da n. 103 pagine esclusa la copertina

Geol. Nicola Tullo - SGAA srl

66061 ATESSA (CH) - Via Antonio Gramsci, 1 - Tel. 0872 865994 - Cell. +39 380 3047937

e-mail: info@sgaa.it pec: sgaa@pec.sgaa.it

Cod. Fiscale/Partita IVA: 02704700695 R.E.A. n. CH-414116

I N D I C E

1.0 PREMESSA	2
2.0 INQUADRAMENTO GEOLOGICO	5
3.0 CARATTERI GEOMORFOLOGICI E PIANO STRALCIO DI BACINO	8
4.0 CARATTERI IDROLOGICI E IDROGEOLOGICI	12
5.0 INDAGINI GEOGNOSTICHE GEOTECNICHE E SISMICHE	16
<i>5.1 Modalità esecutive indagini geognostiche, geotecniche e sismiche</i>	<i>17</i>
5.1.1 Sondaggi geognostici	17
5.1.2 Prove Penetrometriche dinamiche SPT	18
5.1.3 Prove geotecniche di laboratorio	19
5.1.4 Analisi chimiche di laboratorio	19
<i>5.2 Indagini sismiche</i>	<i>20</i>
<i>5.3 Risultati delle indagini geognostiche, geotecniche e sismiche</i>	<i>22</i>
5.3.1 Sondaggi geognostici	22
5.3.2 Prove Penetrometriche dinamiche SPT	22
5.3.3 Prove di laboratorio	24
5.3.4 Analisi chimiche di laboratorio	26
5.3.5 Indagini sismiche	27
6.0 MODELLI GEOLOGICO E GEOTECNICO	32
7.0 CARATTERIZZAZIONE SISMICA	34
<i>7.1 Vita nominale, classi d'uso e periodo di riferimento</i>	<i>38</i>
<i>7.2 Stati limite, probabilità di superamento e periodo di ritorno</i>	<i>39</i>
<i>7.3 Categoria di suolo di fondazione</i>	<i>41</i>
<i>7.4 Condizioni topografiche e amplificazione topografica</i>	<i>41</i>
<i>7.5 Suscettività alla liquefazione</i>	<i>42</i>
<i>7.6 Pericolosità sismica di base</i>	<i>43</i>
<i>7.7 Pericolosità sismica di sito</i>	<i>53</i>
8.0 CONCLUSIONI	61

ALLEGATI

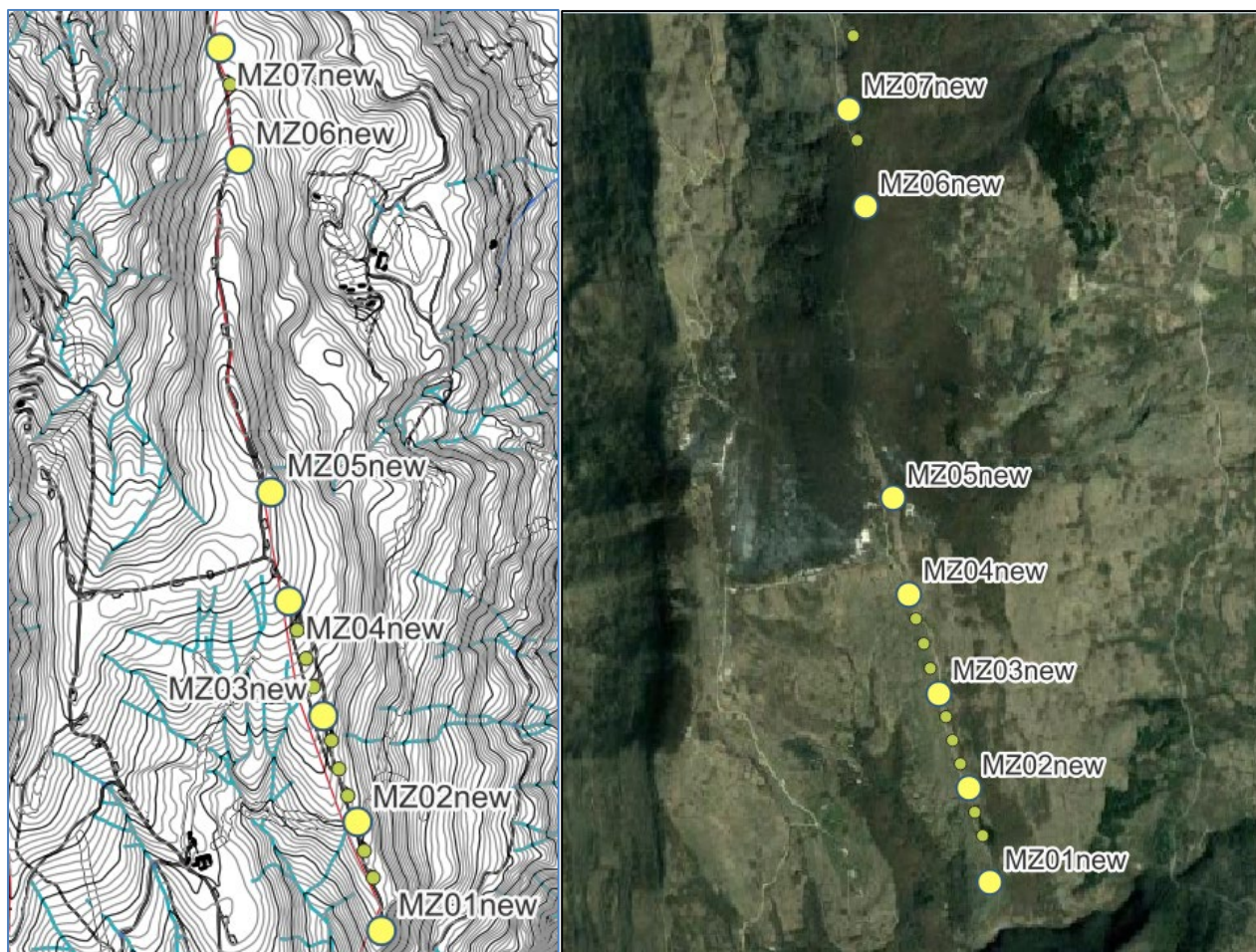
-- Schede siti nuovi aerogeneratori

ALLEGATO FUORI TESTO

-- Quaderno delle indagini geognostiche, geotecniche e sismiche

1.0 PREMESSA

Su incarico della **Edison Rinnovabili S.p.A.**, è stato eseguito uno studio geologico, geotecnico, idrologico e sismico per il progetto **Integrale Ricostruzione del Parco Eolico IR8 - Comune di Montazzoli (CH)** con “adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori”



Figg.1-2 – Ubicazione Impianto IR08 (in verde torri esistenti – in giallo nuovi aerogeneratori)

Il progetto consiste nell’adeguamento dell’impianto eolico esistente, realizzato all’inizio degli anni 2000, con la sostituzione di torri e aerogeneratori di tecnologia più avanzata e con un incremento di potenza unitaria e complessiva in grado di determinare una consistente riduzione del numero di aerogeneratori attualmente installati.

Il progetto prevede, quindi, lo smantellamento (smontaggio) di 16 aerogeneratori e relative cabine di macchina e la nuova installazione di soli 7 aerogeneratori, con relative piazzole, cabine di macchina e stradine di accesso alle piazzole.

Il nuovo impianto denominato IR8 sarà collegato con un nuovo cavidotto che raccoglierà tutta l'energia prodotta da ogni aerogeneratore, trasportando la stessa fino ad una nuova cabina di smistamento (denominata "CS Guado Confalone 2"), ubicata nel territorio di Montazzoli.

Con la nuova soluzione installativa (7 aerogeneratori da 4,5 MW), è stato favorito il riutilizzo di piazzole esistenti, infatti, 6 aerogeneratori verranno posizionati in corrispondenza di piazzole esistenti e solo per un aerogeneratore verrà realizzata una nuova piazzola.

Il posizionamento delle nuove torri è stato definito in modo da insistere su aree caratterizzate da condizioni di stabilità favorevoli: esse saranno ubicate in aree sub-pianeggianti del crinale, in modo da assicurare un'adeguata stabilità e minimizzare i movimenti terra per la realizzazione/adeguamento delle piazzole e della viabilità.

Lo studio è stato condotto in base alle disposizioni del Regolamento attuativo della L.R. 11 agosto 2011 n.18 e s.m.e.i. (*Norme per la riduzione del rischio sismico e modalità di vigilanza e controllo su opere e costruzioni in zone sismiche*) e le modalità richieste dalle **Norme Tecniche per le Costruzioni dettate dal D.M. 17.01.2018** ai seguenti capitoli:

- Capitolo 6.2.1 - *Caratterizzazione e modellazione geologica del sito;*
- Capitolo 6.2.2 – *Indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica;*
- Capitolo 3.2 – *Azione sismica;*
- Capitolo 3.2.2 - *Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche*

Con preciso riferimento al progetto, il presente studio definisce, in particolare:

- i fattori geologici, geostrutturali e geomorfologici della zona nonché gli eventuali processi morfologici e i dissesti in atto o potenziali, la successione litostratigrafica locale con la descrizione della natura e della distribuzione spaziale dei litotipi e lo schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea;
- i risultati delle prove geognostiche, geotecniche e sismiche eseguite;
- l'individuazione della categoria di sottosuolo di riferimento;
- la categoria topografica del sito.
- la "pericolosità sismica di base e di sito".

Per quanto riguarda le indagini, lo studio, in base alle Norme Tecniche dettate dal D.M. 17.01.2018, è stato articolato nelle seguenti fasi:

- rilevamento geologico e geomorfologico della zona;
- esecuzione di indagini geognostiche, geotecniche e sismiche consistenti in:

- n. 7 sondaggi meccanici a rotazione e carotaggio continuo, della profondità variabile da 20 a 30 m, ubicati in corrispondenza di ciascuna torre in progetto e denominati MZ(01-07) new;
- n. 14 sondaggi meccanici a carattere ambientale, spinti alla profondità di 3.5 m, ubicati in corrispondenza delle piazzole circostanti le torri in progetto e denominati MZ (01-07) (2-3) new;
- n. 11 prove penetrometriche dinamiche in foro di sondaggio (SPT);
- prelievo di n.8 campioni rimaneggiati e un campione indisturbato;
- prove geotecniche di laboratorio;
- prove chimiche ambientali;
- n. 4 prospezioni sismiche tipo M.A.S.W.;
- n. 3 prospezioni sismiche tipo down hole.

In allegato, per ciascun aerogeneratore, viene riportata una scheda con planimetria (CTR), la veduta aerea, l'ubicazione dei sondaggi, la stratigrafia ed i risultati delle prove geotecniche e sismiche eseguite.

2.0 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il territorio di Montazzoli 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:

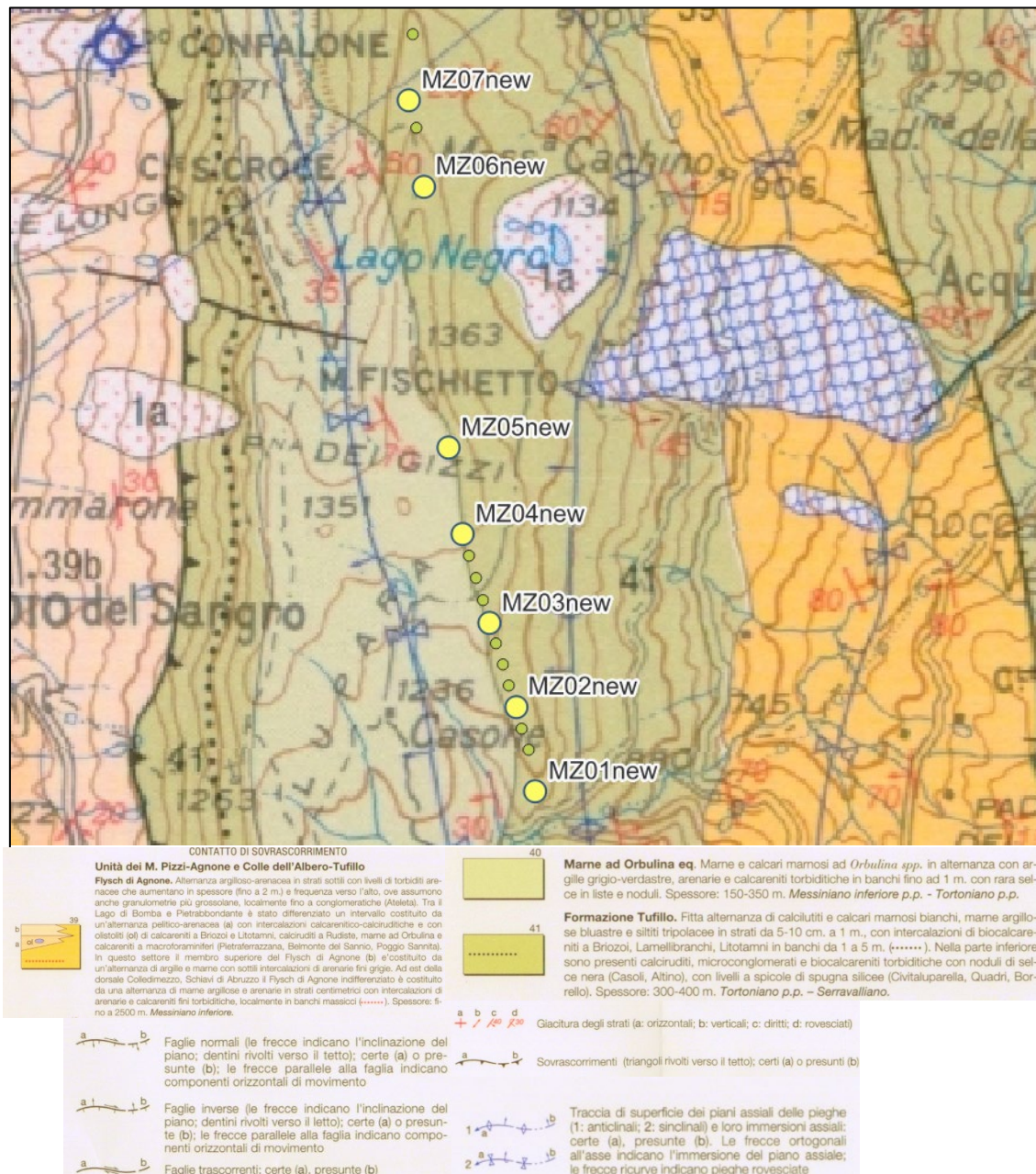


Fig. 3 – Stralcio Carta Geologica del Molise di L. Vezzani, F. Ghisetti e A. Festa (2004)

Dal punto di vista geologico, il territorio è costituito da un complesso di sedimenti marini pelitico-flisciodi del Terziario, noti in letteratura sotto il nome di Coltri Molisano-Sannitiche e Mesoauctono Tufillo-Agnone o Colate Gravitative dell'Aventino-Sangro o Alloctono Molisano (Auctt), rappresentati da Argille Varicolori sormontate da due formazioni flischiodi: 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 flischioide: 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 Voltur-

Sangro. Le Unità Sicilidi comprendono un complesso altamente eterogeneo e caotico (le suddette Argille Varicolori), che nella zona in esame, si trovano in appoggio tettonico sulle Unità Adriatiche deformate e mostrano rapporti di involuppo tettonico rispetto alle Unità Molisane dei Monti Frentani, di Colle dell'Albero-Tufillo e dei Monti Pizzi-Agnone. Le Unità Molisane sono geometricamente sovrapposte ad elementi dell'avampaese Apulo deformato: al loro interno sono presenti numerosi orizzonti di scollamento con sviluppo di piani a basso angolo o con piani di taglio subverticali, lungo i quali si evidenziano strutture transpressive a direzione NNE-SSW.

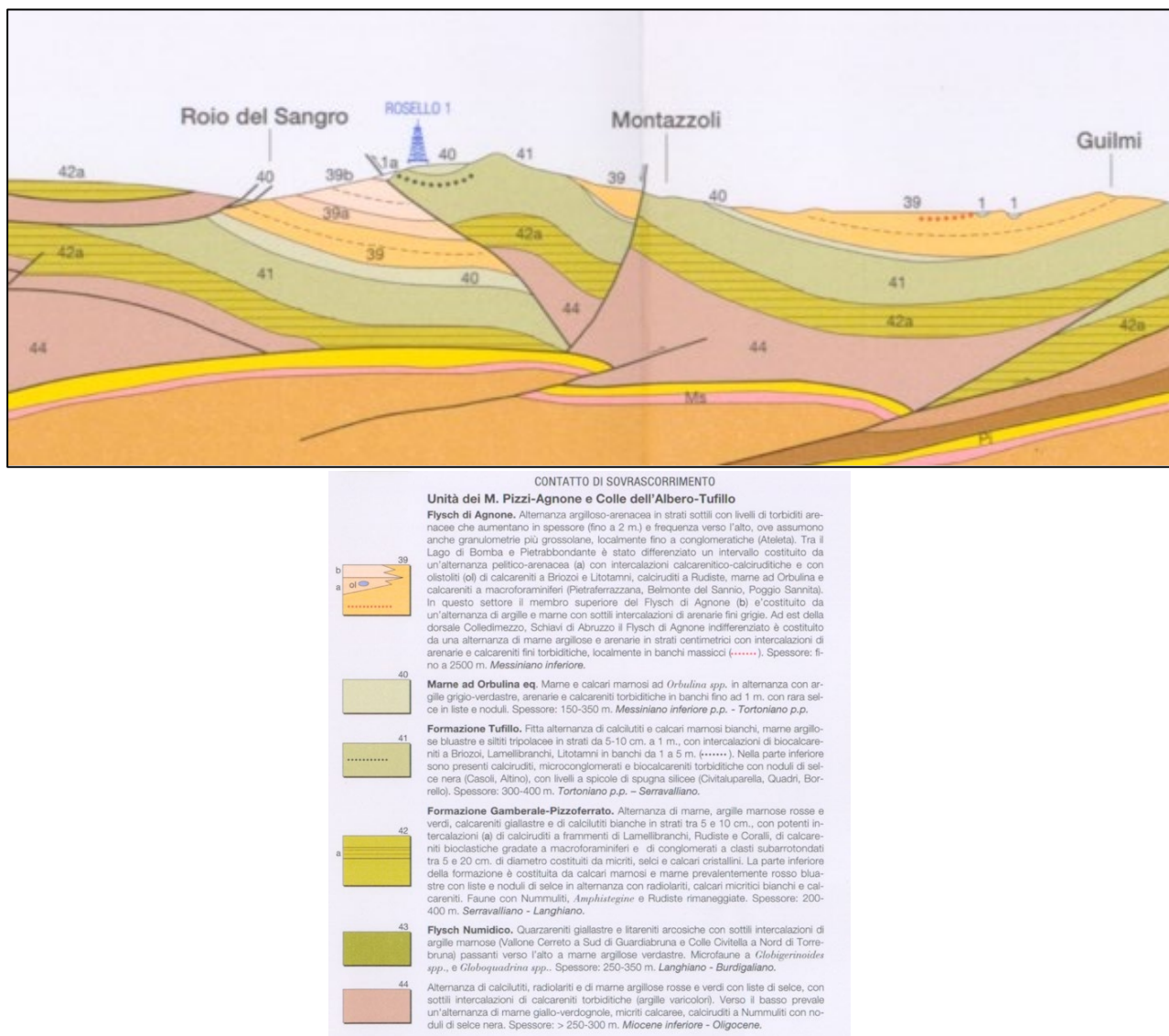


Fig. 4 – Sezione Geologica tratta dalla Carta Geologica del Molise di L.Ghisetti, F.Vezzani e A. Festa (2004)

Le Unità Molisane costituiscono un sistema imbricato, suddiviso, dall'alto verso il basso, in tre Unità principali: Unità dei Monti Pizzi-Agnone, di Colle dell'Albero-Tufillo e dei M. Frentani. La dorsale in esame appartiene all'Unità di Colle dell'Albero-Tufillo, delimitata alla base da un piano

di retroscorrimento a direzione NNW-SSE che la giustappone a quella dei M. Pizzi-Agnone.

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

Le aree interessate dalle sette nuove colonne (dalla MZ01 new alla MZ07 new) sono ubicate sulle zone di cresta della dorsale di Guidone a sud (da MZ01 new a MZ04 new) e sul crinale di Monte Fischietto a Nord (da MZ05 a MZ07), entrambe località ubicate a occidente dell'abitato di Montazzoli: si tratta nel complesso di un crinale allungato all'incirca in direzione N-S con la cima più alta di 1363 m s.l.m. di M. Fischietto.

Come evidenziato nello stralcio della Carta Geologica sopra riportato (fig. 3), nella parte sommitale di tale dorsale affiora la formazione di Tufillo con condizioni strutturali abbastanza omogenee a rappresentare il fianco destro di una sinclinale il cui asse coincide con Piana dei Gizzi ad ovest della zona in esame: gli strati mostrano immersioni verso W con inclinazioni variabili da 30 a 50°.

Dal punto di vista geomorfologico, tali crinali, la cui struttura carbonatica presenta un'elevata acclività sia sul versante occidentale sia su quello orientale, continuano 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.

All'interno di questo paesaggio, le aree direttamente interessate dalla realizzazione delle nuove colonne eoliche sono rappresentate dalla superficie sommitale della dorsale: si tratta di un'estesa superficie articolata in una serie di cocuzzoli, che evidenzia il substrato calcareo affiorante: mostra, quindi, condizioni di stabilità abbastanza favorevoli.

La parte sud del crinale, in località Guidone, presenta superfici poco inclinate dal profilo arrotondato, ricoperte da suoli detritico-regolitici bruno-nerastri di spessore variabile da luogo a luogo. Tali superfici sono ben visibili anche nella parte nord (zona di Colle Lettica) mentre i versanti di M. Fischietto sono ricoperti da formazioni boschive.

Come riportato nel paragrafo precedente, le condizioni geomorfologiche dei siti di progetto sono buone essendo ubicate solo nelle zone sommitali, mentre per la realizzazione di alcune piazzole i cui

marginetti esterni coincidono con i pendii che delimitano le zone di cresta sarà necessario prevedere opere di sostegno al piede.

Come è visibile nella Carta dell'Acclività riportata di seguito, e nei dettagli allegati, le aree interessate dagli aerogeneratori mostrano pendenze inferiori a 10°: solo qualche piazzola, che in parte si estende oltre la cresta, interesserà pendenze comprese tra 10 e 20°.

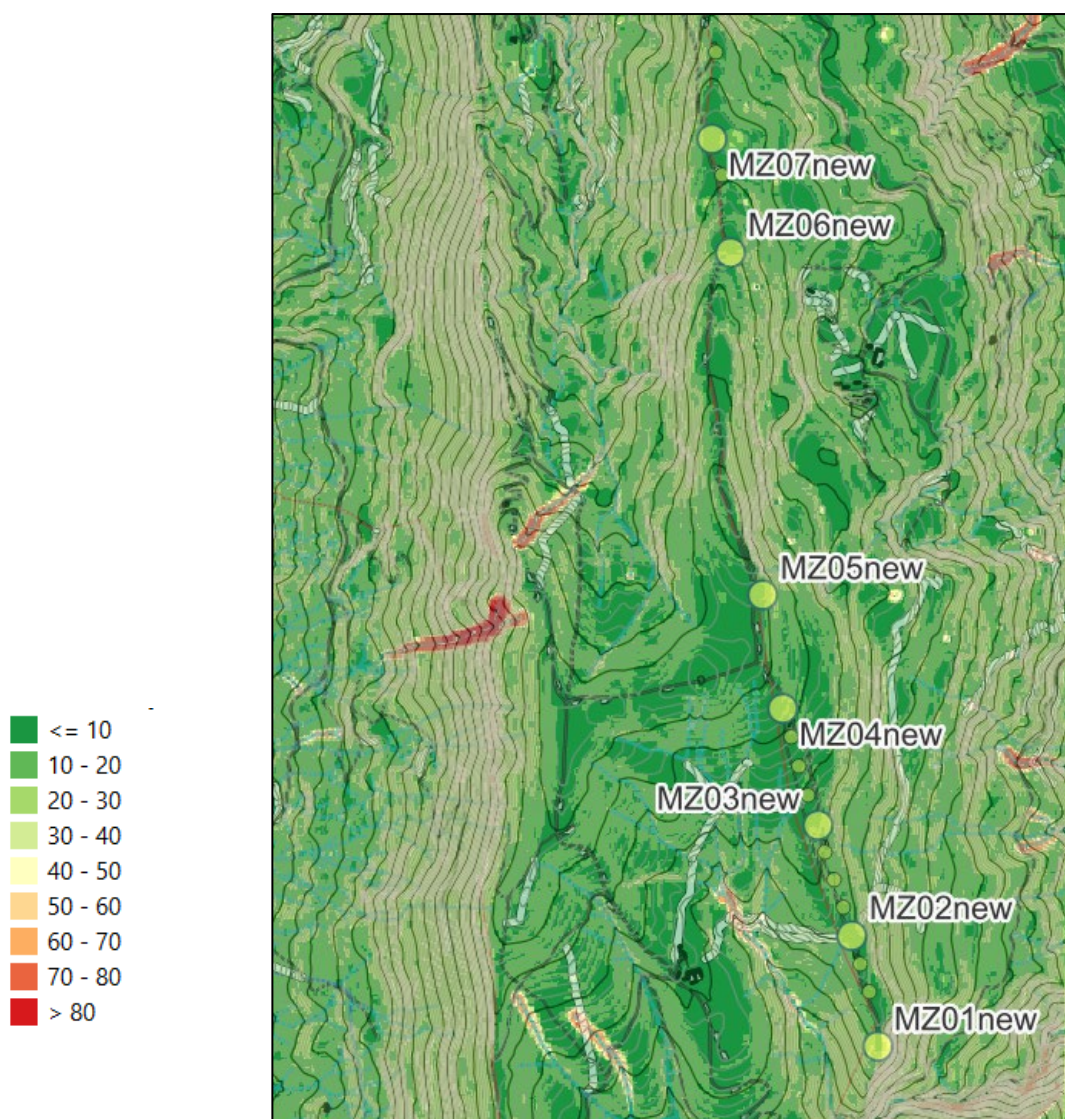


Fig. 5 – Carta dell'Acclività

Tutta la zona è compresa nel Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico dei bacini idrografici di rilievo regionale abruzzesi e del bacino interregionale del fiume Sangro "Fenomeni Gravitativi e Processi Erosivi" (PAI).

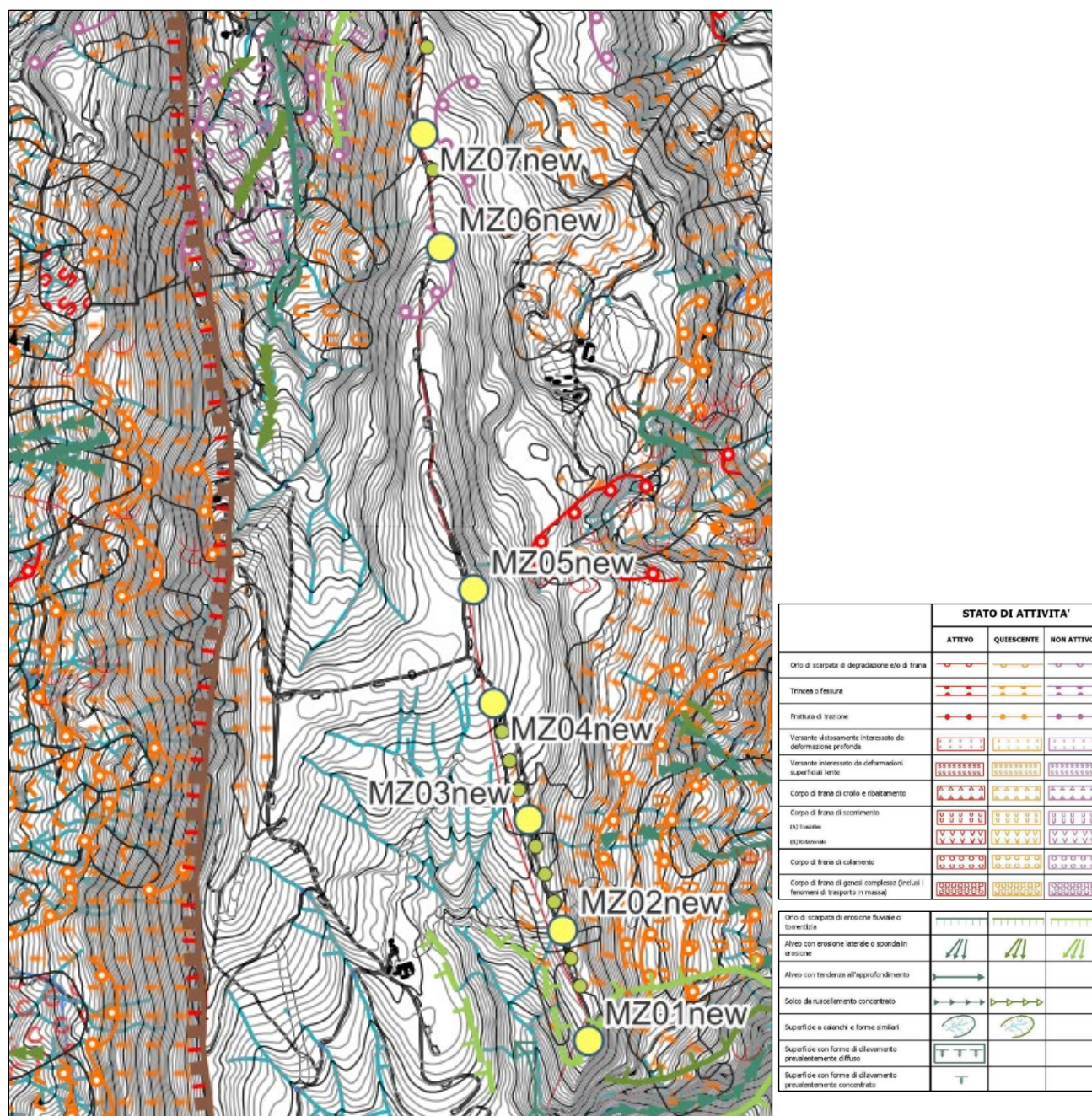


Fig. 6 – Carta Geomorfologica PAI

Nella Carta Geomorfologica del PAI, sopra riportata, si nota come le aree calcaree sommitali, destinate ad accogliere gli aerogeneratori in progetto, non siano state inserite in zone interessate da dissesti gravitativi. Le torri MZ02 new e MZ03 new ricadono all'interno di zone indicate come “*superfici con forme di dilavamento diffuso*” e, pertanto, nella Carta della Pericolosità, risultano inserite in zone a pericolosità moderata P1, ossia interessate da dissesti con bassa possibilità di riattivazione, mentre tutte le altre ricadono in zona bianca.

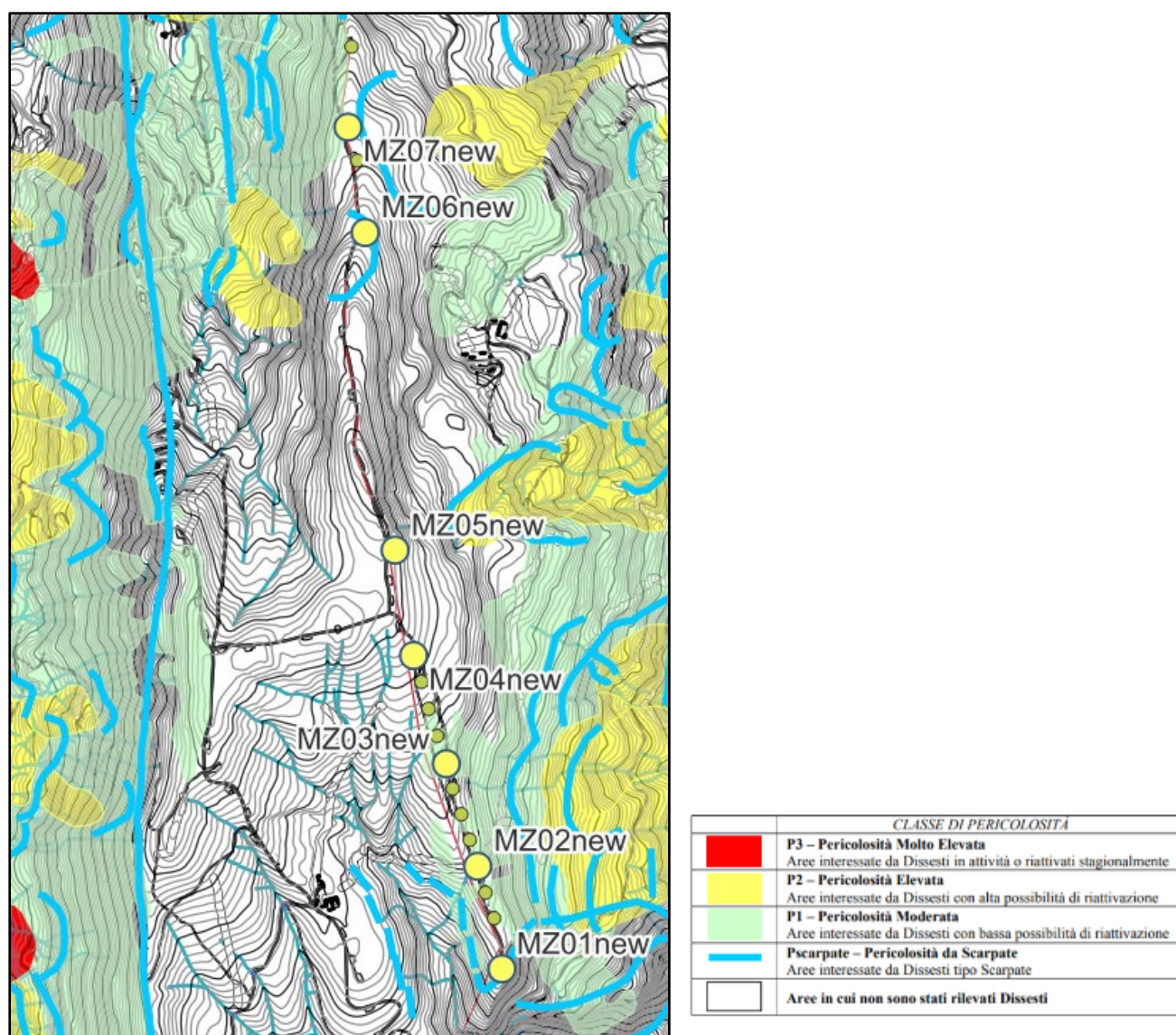


Fig. 7 – Carta della Pericolosità PAI

4.0 CARATTERI IDROLOGICI E IDROGEOLOGICI

Dal punto di vista idrologico, il crinale può essere distinto in due parti separate da una vasta superficie poco acclive (Piana dei Gizzi) in cui le superfici sommitali superano i 1200 m.

Sia la parte sud della dorsale (Guidone), sia il crinale nord, M. Fischietto, sono incisi, sia sul versante occidentale che su quello orientale, da piccoli fossi che costituiscono dei reticoli di forma dendritica. Si tratta di accenni di impluvi e di modeste incisioni effimere, che risentono delle precipitazioni stagionali.

La linea sommitale della dorsale costituisce lo spartiacque superficiale di due bacini idrografici: ad occidente sono presenti i rami iniziali delle incisioni del reticolo idrografico del Vallone Gufo, affluente di destra del F. Sangro, ad oriente quelli afferenti al F. Sinello.

Al fine di evidenziare la presenza di corsi d'acqua importanti e/o di sorgenti, è stata considerata un'area circostante l'impianto di Montazzoli con un buffer di circa 3 Km.

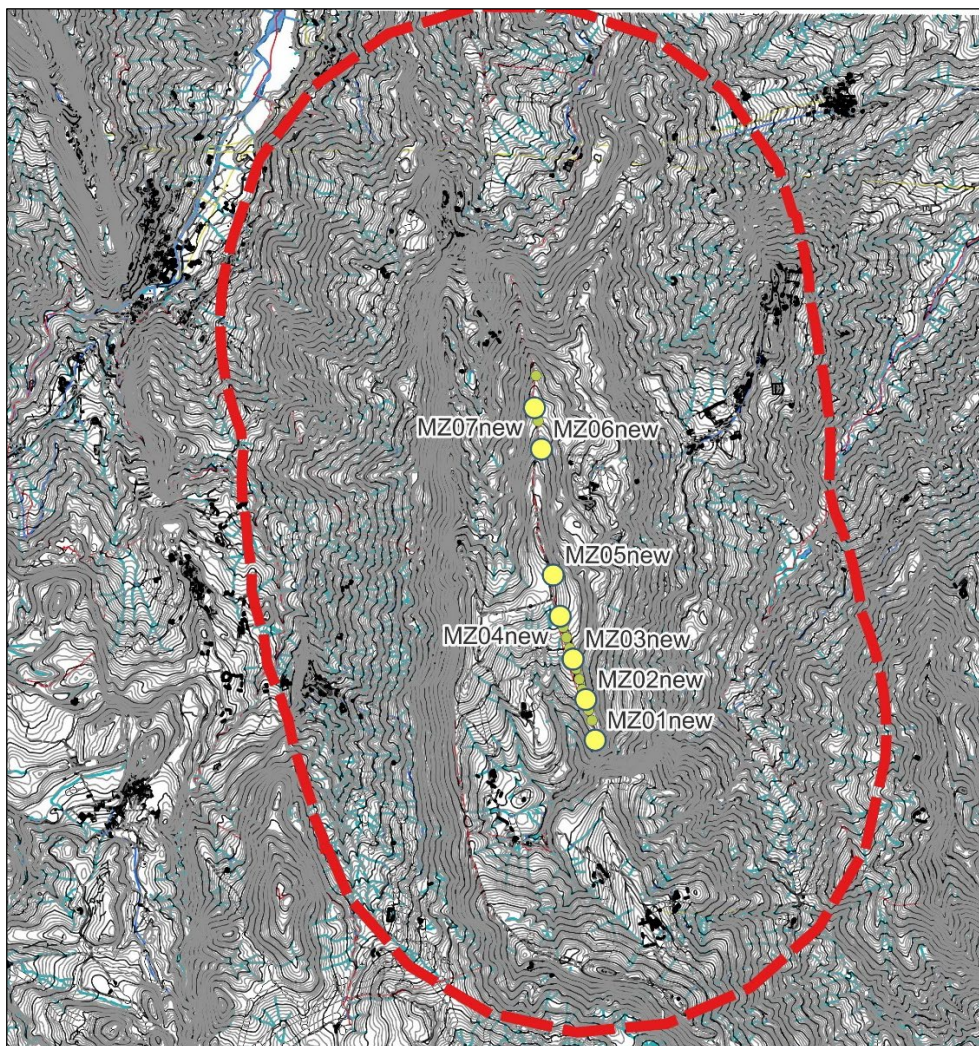


Fig. 8 – Ubicazione impianto con indicato il buffer di 3 km utilizzato per l'analisi idrologica

Trattandosi di una dorsale stretta ed allungata in direzione all'incirca N-S, il buffer di 3 km investe un'area molto ampia e comprende le dorsali laterali, che ospitano altri impianti, che non hanno rapporti idrologici diretti con quella in esame.

Per chiarezza espositiva, il crinale e le aree circostanti sono state suddivise in tre zone denominate rispettivamente zona Nord, zona Centro e Zona Sud.

Zona Nord

L'ultima torre dell'impianto (MZ07 new) è ubicata sullo stretto crinale di M. Fischietto che prosegue verso Nord nel crinale di Monteferrante. Come si vede nello stralcio della CTR riportato di seguito, l'area è caratterizzata da modeste e corte incisioni, quasi tutte ubicate sul suo versante occidentale, che afferiscono al Vallone Gufo asciutto per la maggior parte dell'anno.

Nelle vecchie carte topografiche era indicata la presenza di piccole sorgenti di cui attualmente non si hanno più notizie.

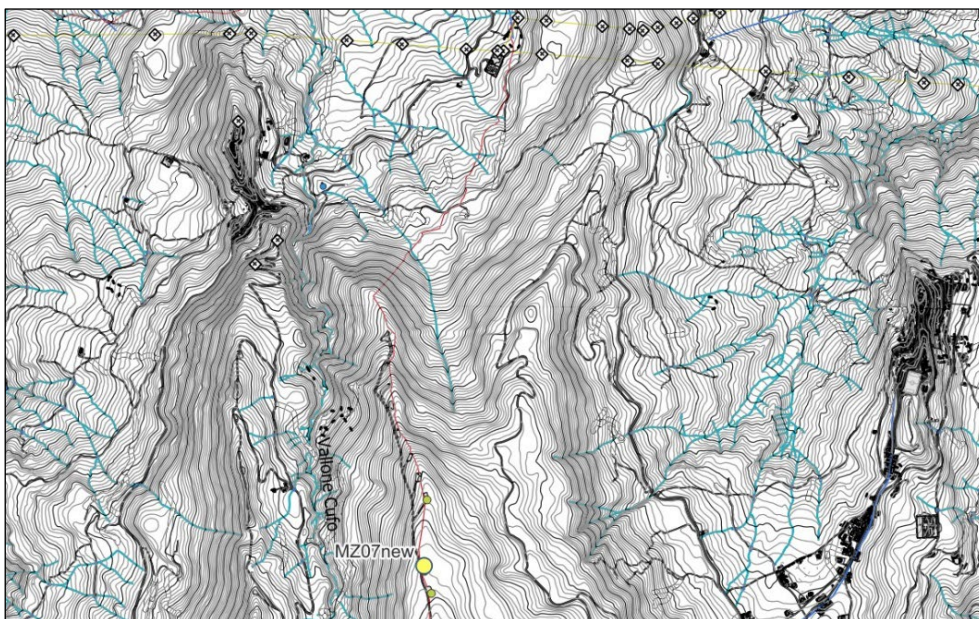


Fig. 9 – Area Nord dell'impianto

Zona Centrale

Nella parte centrale dell'impianto la situazione è molto simile: come si vede nella Carta riportata di seguito sono presenti ancora modeste e corte incisioni, a morfologia acclive, quasi tutte ubicate sul suo versante occidentale, che afferiscono al Vallone Gufo.

Anche in questo caso si tratta di incisioni attive solo in concomitanza di periodi particolarmente piovosi. Non sono presenti né sorgenti né invasi naturali.

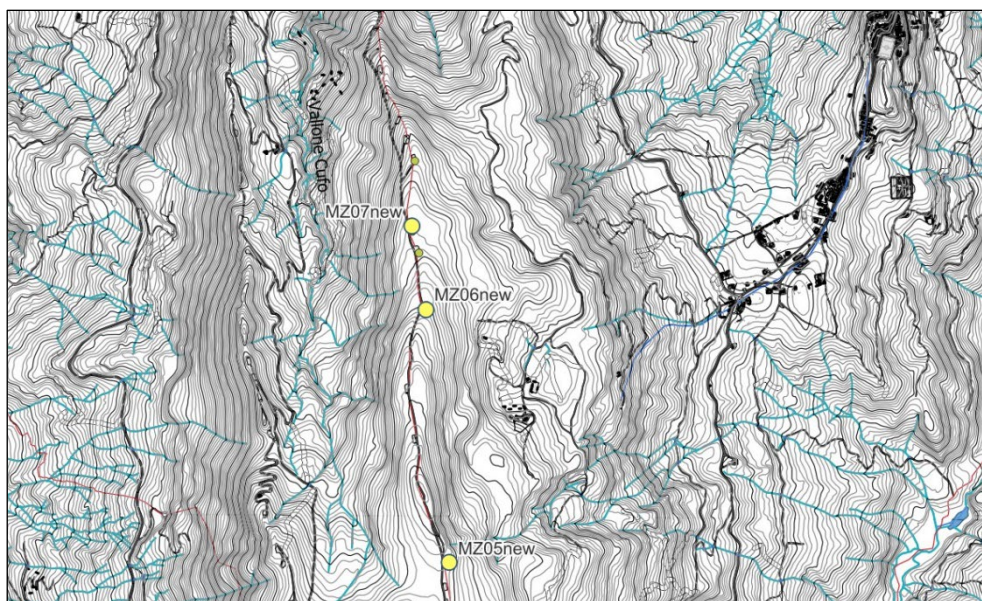


Fig. 10 – Zona centrale dell’impianto

Zona Sud

Nella parte sud dell’impianto la situazione del crinale è molto simile: come si vede nello stralcio riportato di seguito non ci sono corsi d’acqua perenni ma solo modeste e corte incisioni.

In particolare, la dorsale in esame risulta bruscamente interrotta a Sud da una profonda incisione orientata in direzione all’incirca E-W in cui si nota un reticolo idrografico dentritico che rappresenta la parte iniziale del bacino del F. Sinello.

Anche per questa area non si rinvencono sorgenti e/o invasi.

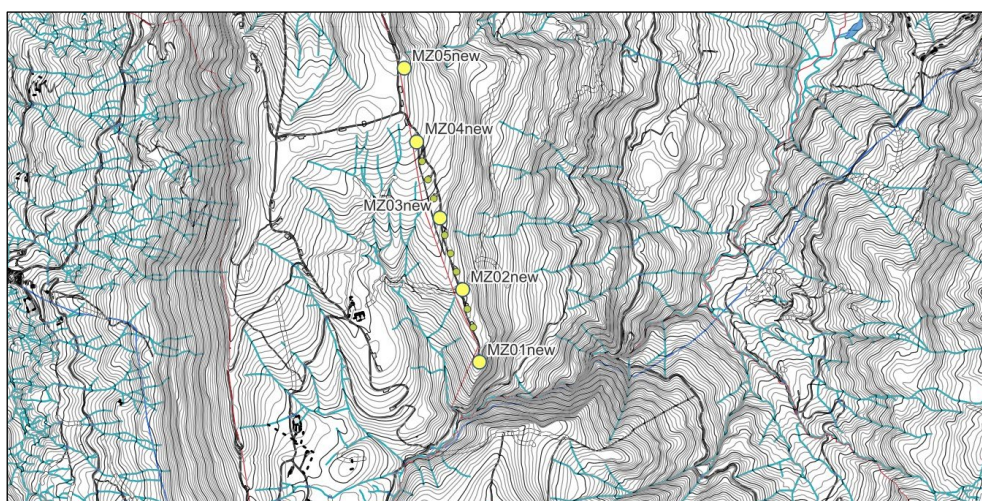


Fig. 11 – Area Sud dell’impianto

Dal punto di vista idrogeologico, la circolazione idrica della dorsale montuosa è condizionata dalla natura litologica dei sedimenti presenti: i terreni calcarei 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.

I sondaggi eseguiti in corrispondenza dei nuovi aerogeneratori, spinti alla profondità di 30 m dal p.c., non hanno evidenziato la presenza di falde idriche.

5.0 INDAGINI GEOGNOSTICHE GEOTECNICHE E SISMICHE

La campagna di indagini geognostiche, geotecniche e sismiche, eseguite dalla ditta **Albanese Perforazioni s.r.l.** di Ripalimosani (CB), ha riguardato tutte le aree destinate ad ospitare le nuove colonne eoliche.

In ogni sito sono stati eseguiti un sondaggio meccanico profondo per la ricostruzione stratigrafica prove penetrometriche dinamiche (SPT) a fondo foro per la caratterizzazione geotecnica dei sedimenti presenti e prove geofisiche. A questi sono stati affiancati altri sondaggi corti (profondità di 3.5 m) finalizzati principalmente al prelievo di campioni di terreno da sottoporre ad analisi ambientali.

Nella tabella riportata di seguito vengono riportati, in forma sintetica, le quantità e il tipo di indagini condotte, le cui modalità esecutive e i cui risultati saranno descritti dettagliatamente nei paragrafi seguenti:

- n. 7 sondaggi meccanici a rotazione e carotaggio continuo, della profondità variabile da 20 a 30 m, ubicati in corrispondenza di ciascuna torre in progetto e denominati MZ (01-07) NEW;
- n. 14 sondaggi meccanici a rotazione e carotaggio continuo, della profondità di 3.5 m, ubicati in corrispondenza delle piazzole circostante le torri in progetto e denominati MZ (01-07) NEW (2-3);
- n. 11 prove penetrometriche dinamiche in foro di sondaggio (SPT);
- prelievo di n. 9 campioni di terreno (n.8 rimaneggiati e n.1 indisturbato);
- prove geotecniche di laboratorio;
- analisi chimiche di laboratorio su n. 7 campioni di terreno;
- n. 4 prospezioni sismiche tipo M.A.S.W.;
- n. 3 prospezioni sismiche tipo down hole.

Le prove di laboratorio sono state eseguite dal *Laboratorio Geotecnico Brainstormers di Potenza* – Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture con il n. 7893 del 02/10/2013 Circolare 7618/2010/STC.

5.1 Modalità esecutive indagini geognostiche, geotecniche e sismiche

5.1.1 Sondaggi geognostici

Le perforazioni sono state eseguite mediante sonde a rotazione modello CMV MK800 con movimentazioni a cingoli, ralla rotativa, antenna di perforazione in struttura di profilati in acciaio, reclinabile e con pompa ad acqua reclinabile a comando idraulico le cui caratteristiche principali sono riportate nella tabella seguente:

Sottocarro allargabile FL4	Morse di bloccaggio diam. 50-220 mm
Lunghezza 2540 mm	Svitatrice diam. 50-220 mm
Larghezza 1600 mm	
Larghezza pattini 30 mm	Argano Idraulico
Rulli 7	Tiro al 1° strato 1000 Kg
Stabilizzatori 4	Capacità tamburo 52 m
Peso totale 5700 Kg	
	Rotary
Motore Diesel Deuts BF4M 1011 f	Coppia min-max 200-600 Kgm
Potenza 51/70 hp	Velocità min-max 56-170 rpm
Insonorizzazione LpA -Lwa 86-103 db	Passaggio testa di adduzione ½" – 1 n
	Spostamento laterale rotary 350 mm
Serbatoio Carburante 70Lt	
Serbatoio olio idraulico 210 Lt	Accessori
	Lubrificatore di linea 3 lt
Antenna	Pompa acqua 120 lt/min 20 bar
Lunghezza min. 5175 mm	Pompa scarotatrice 15 lit/min 150 bar
Corsa tavola rotary 3300 mm	Pompa schiumogeni 30 lit/min 30 bar
Spinta sull'utensile 2600 Kg	
Forza di estrazione 3800 Kg	Aste di perforazione
Traslazione verticale 500 mm	Diametro esterno 76 mm con raccordo conico
Inclinazione antenna sx/dx 90°	Peso 14,5 Kg/m
Rotazione Pantografo sx/dx 20°	Lunghezza 1000 mm ; 1500 mm ; 3000 mm

La perforazione è stata eseguita con carotiere semplice di diametro esterno di 101 mm, lunghezza mm 1500, corona al widia e tubazione di rivestimento provvisorio del diametro di 127 mm. Solo localmente, per il carotaggio di livelli calcarenitici molto resistenti è stata utilizzata una corona diamantata.

L'avanzamento in fase di perforazione è stato condotto, quando possibile, a secco, con l'utilizzo dei fluidi di perforazione quando le caratteristiche meccaniche dei depositi presenti rendevano difficoltoso l'avanzamento.

La realizzazione dei sondaggi stratigrafici ha comportato l'esecuzione dalle seguenti fasi operative:

- perforazione a rotazione e carotaggio continuo a profondità prestabilita;
- descrizione stratigrafica dei termini rinvenuti.

I campioni estratti dai carotieri (carote) sono stati sistemati in successione continua in apposite cassette catalogatrici atte alla loro conservazione, con coperchio di protezione in pvc delle dimensioni di cm 100x50 con l'indicazione del numero di sondaggio e le profondità di riferimento.

Per l'acquisizione dei termini stratigrafici si rimanda alle schede allegate nel Quaderno delle Indagini e alla descrizione riportata nel relativo paragrafo della presente Relazione geologica.

5.1.2 Prove Penetrometriche dinamiche SPT

Durante le perforazioni sono state eseguite n. 11 prove penetrometriche dinamiche SPT (Standard Penetration Test) a fondo foro, condotte secondo quanto previsto nelle norme ASTM 1586/68: “Penetration Test and Split-Barrel Sampling of Soil” e nelle “*Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche*” dell’Associazione Geotecnica Italiana.

L’attrezzatura usata, secondo lo standard internazionale, presenta le seguenti caratteristiche tecniche:

- punta conica $\phi = 50.8$ mm e angolo di punta = 60° ;
- massa battente del peso di 63.5 Kg;
- batterie di aste collegabili al campionatore aventi un peso di 6.5 kg al metro lineare con un’oscillazione massima di 0.5 kg/ml;
- dispositivo di guida e di sganciamento automatico del maglio all’altezza di 75 cm;
- centratore di guida disposto tra la testa di battuta e il piano campagna;
- tubazione provvisoria di rivestimento con diametro interno superiore a quello esterno delle aste di un valore massimo di 6 cm.

Ogni determinazione di prova è stata preceduta dalla pulizia del fondo foro; la prova è costituita nel far penetrare il campionatore, posato in fondo al foro, per tre tratti successivi di 15 cm registrando ogni volta il numero di colpi (N_1 , N_2 e N_3).

Con il primo tratto, detto di “avviamento”, si intende superare la zona di terreno rimaneggiato in fase di perforazione. Nel caso di un terreno molto compatto con $N_1 \geq 50$ ed avanzamento minore di 15 cm, l’infissione deve essere sospesa; la prova è dichiarata conclusa in base alle raccomandazioni AGI 1977 e si annota la relativa penetrazione. Se il tratto di avviamento viene superato si conteggiano N_2 e N_3 (da 0.15 a 0.30 e da 0.30 a 0.45 m) fino ad un limite complessivo di 100 colpi ($N_2 + N_3$) raggiunto il quale si sospende la prova annotando l’avanzamento ottenuto.

Pertanto il parametro caratteristico della prova, prescindendo dai casi particolari di rifiuto, è:

$$N_{spt} = N_2 + N_3$$

esprimente il numero di colpi per 30 cm utili di penetrazione.

I risultati ottenuti nelle prove sono riportati nel relativo capitolo e nelle schede allegate, unitamente con le profondità di prova.

5.1.3 Prove geotecniche di laboratorio

Sui nove campioni di terreno prelevati nel corso della perforazione, otto dei quali rimaneggiati (classe Q4), sono state eseguite prove di classificazione e prove geotecniche atte alla loro caratterizzazione fisico-meccanica.

In particolare, sono state eseguite le seguenti determinazioni:

- *prove di classificazione*: determinazione del contenuto in acqua, peso di volume naturale, peso specifico dei grani, limite liquido, limite di plasticità e granulometria;
- *prova di taglio diretto con scatola di Casagrande* per la determinazione dei parametri di resistenza in termini di tensioni efficaci (angolo di attrito di picco ϕ' e coesione intercetta c');
- *prova triassiale non consolidata non drenata (U-U)* per la determinazione dei parametri di resistenza in termini di tensioni totali (coesione non drenata C_u);
- *prova edometrica* per la determinazione dei moduli di compressibilità.

Per i risultati di tali prove si rimanda ai certificati allegati nel relativo report sulle indagini di laboratorio.

5.1.4 Analisi chimiche di laboratorio

Alcuni campioni estratti durante le perforazioni sono stati sottoposti ad analisi chimiche, particolarmente importanti per la progettazione di strutture interrato, in quanto finalizzate ad accertare l'eventuale presenza di sostanze aggressive per il calcestruzzo.

Gli agenti chimici aggressivi di origine naturale (non derivanti, cioè da processi industriali) presenti sia nei terreni che nelle acque possono provocare il degrado del calcestruzzo.

La pasta di cemento, infatti, è costituita principalmente da idrati di calcio relativamente solubili la cui stabilità è garantita dall'ambiente fortemente basico determinato dalla presenza degli ioni OH^- e dagli alcali disciolti nella fase acquosa dei pori capillari.

Se il calcestruzzo viene in contatto con ambienti acidi (terreno ed acque) questo equilibrio può essere compromesso con conseguente degrado degli elementi strutturali.

Pertanto, su n. 7 campioni prelevati a profondità compresa tra 2.0 e 3.0 m sono stati determinati il valore dei solfati presenti e il grado di acidità del terreno (*Baumann Gully*).

5.2 Indagini sismiche

Nell'ambito della suddetta campagna di indagini geognostiche nelle aree interessate dalle nuove colonne eoliche sono state eseguite le indagini geofisiche (riportate nella seguente tabella) finalizzate alla ricostruzione del profilo sismostratigrafico del sottosuolo.

In particolare sono state eseguite:

- n. 4 prospezioni sismiche tipo M.A.S.W.
- n. 3 prospezioni sismiche tipo Down Hole

MZ01 New 01	DOWN HOLE
MZ02 New 01	MASW
MZ03 New 01	MASW
MZ04 New 01	DOWN HOLE
MZ05 New 01	MASW
MZ06 New 01	MASW
MV07 New 01	DOWN HOLE

I risultati di tali prove vengono riportati in forma sintetica nel paragrafo successivo e in forma estesa nel relativo report sulle indagini sismiche.

Analisi Multispettrale delle Onde Superficiali (Metodo M.A.S.W.)

Il metodo M.A.S.W. (Analisi Multispettrale delle Onde Superficiali) è un metodo indiretto utilizzato per la *misurazione delle velocità delle onde di taglio*, basato sulla dispersione delle onde di superficie di tipo Rayleigh.

Questa prova prevede le seguenti fasi:

- a) generazione e rilevazione di onde di superficie mediante sorgenti simili a quelle utilizzate per la rifrazione ed utilizzo di geofoni a bassa frequenza (max 4.5 Hz);
- b) analisi spettrale ed individuazione della curva di dispersione delle V_r ;
- c) costruzione di un modello e della relativa curva di dispersione teorica.

L'indagine è stata condotta mediante l'utilizzo del sismografo 12S24P della PASI srl (via Galliari 5/E TORINO) a 24 bit a 24 canali.

Le acquisizioni dei dati sono state eseguite con la stessa geometria e la stessa modalità di acquisizione (Tabella 1) riportate di seguito:

Tabella 1: caratteristiche di acquisizione dei dati

Numero geofoni	24
Tipo di geofono	Verticale
Frequenza propria dei geofoni (Hz)	4,5
Distanza intergeofonica $\square \times$ (m)	1,0
Lunghezza stendimento sismico (m)	26
Frequenza di campionamento (Hz)-MASW	1000
Intervallo di acquisizione (ms)-MASW	0.001
Tipo di starter	Meccanico
Tipo di energizzazione	Meccanico

I sismogrammi registrati sono stati trattati nel dominio delle frequenze risalendo in tal modo alla curva velocità di fase-frequenza, al fine di individuare la curva di dispersione.

L'inversione dei dati secondo più reiterazioni ha consentito di ricavare per ogni prospezione MASW un modello con una curva di dispersione teorica ben sovrapponibile a quella sperimentale.

Prove Down Hole

Tali prove sono state condotte nei fori di perforazione dei sondaggi MZ01 NEW01, MZ04 NEW 01 e MZ07 NEW 01: si tratta delle prove più comunemente usate per la *misurazione delle onde di taglio*.

Le prove sismiche DH sono state eseguite all'interno dei sondaggi opportunamente condizionati; per la registrazione delle onde sismiche è stato utilizzato un geofono tridimensionale da foro (o sonda geofonica). L'ancoraggio della sonda alla parete della tubazione (PVC ϕ 80 mm) è stato garantito da un pistone pneumatico azionato da un dispositivo ad aria compressa.

Per garantire la generazione degli impulsi P ed S è stata utilizzata, come fonte di energizzazione, una massa battente di 8 kg, e per ciascun punto di misura sono state effettuate 2 battute, una verticale e una orizzontale, secondo la seguente geometria di acquisizione.

Sondaggio	MZ01new01	MZ04new01S1	MZ07new01
Distanza da boccaforo (m)	2,0	1,5	2,0
Profondità raggiunta (m)	30,0	30,0	30,0
Intervallo di misura (m)	1,0	1,0	1,0

Dai dati ottenuti delle down-hole, nota la densità del terreno, è stato possibile ricavare i moduli relativi alle proprietà elastiche dei mezzi attraversati.

5.3 Risultati delle indagini geognostiche, geotecniche e sismiche

5.3.1 Sondaggi geognostici

Per la progettazione del nuovo impianto, sono stati eseguiti, in corrispondenza di ciascuna torre eolica (da MZ01 new a MZ07 new), n. 7 sondaggi meccanici a rotazione con carotaggio continuo della profondità variabile da 20,00 a 30,00 m, finalizzati alla ricostruzione del modello geostratigrafico della zona ed alla caratterizzazione geotecnica del sottosuolo.

Tutti i sondaggi hanno evidenziato una successione caratterizzata da alternanze di marne, marne calcaree e calcareniti biancastre: 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 integra, molto resistente, ma, a causa delle vicissitudini tettoniche subite, risulta interessata da intensa micro e macrofessurazione.

Nel complesso, siamo in presenza di sedimenti fragili fessurati in cui l'intensità della fratturazione è risultata 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.

5.3.2 Prove Penetrometriche dinamiche SPT

Durante le perforazioni sono state eseguite n. 11 prove penetrometriche dinamiche SPT (Standard Penetration Test) a fondo foro, condotte secondo quanto previsto nelle norme ASTM 1586/68: "Penetration Test and Split-Barrel Sampling of Soil" e nelle "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche" dell'Associazione Geotecnica Italiana.

Utilizzando le correlazioni ritenute più idonee in rapporto alle litologie presenti, sono stati ricavati i valori dei principali parametri geotecnici, riassunti nelle tabelle seguenti.

S.P.T. Sondaggio MZ02 new 1

Prova	Prof. (m)	N _{SPT} Corretto	γ' (t/m ³)	γ_s (t/m ³)	ϕ' (°)	Cu (Kg/cm ²)	Ed (Kg/cm ²)	Y (Kg/cm ²)	ν	G (Kg/cm ²)	Dr (%)
1	7.50	Rif.	1,91	2,18	45	--	305,60	375,00	0,23	1525,32	55,66

S.P.T. Sondaggio MZ03 new 1

Prova	Prof. (m)	N _{SPT} Corretto	γ' (t/m ³)	γ_s (t/m ³)	ϕ' (°)	Cu (Kg/cm ²)	Ed (Kg/cm ²)	Y (Kg/cm ²)	ν	G (Kg/cm ²)	Dr (%)
1	3.70	21,00	1,61	2,00	32,75	--	131,66	180,00	0,31	803,13	42,33
2	6.00	37,20	1,76	2,10	38,62	--	203,91	261,00	0,28	1138,97	49,11

S.P.T. Sondaggio MZ04 new 1

Prova	Prof. (m)	NSPT Corretto	γ' (t/m ³)	γ_s (t/m ³)	ϕ' (°)	Cu (Kg/cm ²)	Ed (Kg/cm ²)	Y (Kg/cm ²)	ν	G (Kg/cm ²)	Dr (%)
1	4.30	38,40	1,77	2,10	39	--	209,26	267,00	0,28	1161,28	53,8
2	6.20	12,00	1,60	1,94	28,42	--	91,52	135,00	0,33	570,54	24,51
3	8.00	22,20	1,62	2,01	33,25	--	137,01	186,00	0,31	830,87	33,35

S.P.T. Sondaggio MZ05 new 1

Prova	Prof. (m)	NSPT Corretto	γ' (t/m ³)	γ_s (t/m ³)	ϕ' (°)	Cu (Kg/cm ²)	Ed (Kg/cm ²)	Y (Kg/cm ²)	ν	G (Kg/cm ²)	Dr (%)
1	4.00	Rif.	1,91	2,18	45	--	305,60	375,00	0,23	1525,32	65,97
2	10.80	Rif.	1,91	2,18	45	--	305,60	375,00	0,23	1525,32	48,75

S.P.T. Sondaggio MZ06 new 1

Prova	Prof. (m)	NSPT Corretto	γ' (t/m ³)	γ_s (t/m ³)	ϕ' (°)	Cu (Kg/cm ²)	Ed (Kg/cm ²)	Y (Kg/cm ²)	ν	G (Kg/cm ²)	Dr (%)
1	6.50	26,40	1,66	2,03	34,9	--	155,74	207,00	0,3	923,66	39,83

S.P.T. Sondaggio MZ07 new 1

Prova	Prof. (m)	NSPT Corretto	γ' (t/m ³)	γ_s (t/m ³)	ϕ' (°)	Cu (Kg/cm ²)	Ed (Kg/cm ²)	Y (Kg/cm ²)	ν	G (Kg/cm ²)	Dr (%)
1	5.60	12,00	1,60	1,94	28,42	--	91,52	135,00	0,33	570,54	27,47
2	12.20	Rif.	1,91	2,18	45	--	305,60	375,00	0,23	1525,32	48,75

Cu - Coesione non drenata

Ed - Modulo Edometrico

Y - Modulo di Young

γ' - Peso unità di volume

γ_s - Peso unità di volume saturo

Dr - Densità relativa

Φ' Angolo di resistenza al taglio

G - Modulo di def. a taglio dinamico

ν - Modulo di Poisson

Correlazioni utilizzate (Terreni attritivi):

Densità relativa:	<i>Gibbs & Holtz (1957)</i>
Angolo di resistenza al taglio:	<i>Shioi-Fukuni (1982) - (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)</i>
Modulo di Young:	<i>Bowles (1982)</i>
Modulo Edometrico:	<i>Menzenbach e Malcev</i>
Classificazione AGI:	<i>A.G.I. (1977)</i>
Peso unità di volume:	<i>Meyerhof ed altri</i>
Peso unità di volume saturo:	<i>Terzaghi-Peck (1948-1967)</i>
Modulo di Poisson:	<i>A.G.I.</i>
Modulo di deform. a taglio dinamico:	<i>Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)</i>

Le prove eseguite 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.

Alcune prove sono andate a rifiuto, ossia non è stato possibile raggiungere i previsti 45 cm d'infissione. Nella tabella seguente vengono riportati il range dei valori dei parametri geotecnici ottenuti:

Range dei valori (min-max) dei parametri geotecnici ottenuti dalle prove S.P.T.

- Peso unità di volume - γ [t/m³] = 1.60 – 1.91
- Peso unità di volume saturo - γ_{sat} [t/m³] = 1.94 – 2.18
- Angolo di resistenza al taglio - ϕ' [°] = 29 - 45
- Modulo Edometrico - E_{ed} [kg/cm²] = 91 - 305
- Modulo Elastico - E_y [kg/cm²] = 135 - 375
- Modulo di Poisson - ν = 0.33 – 0.23
- Modulo di taglio - G [kg/cm²] = 570 - 1525

5.3.3 Prove di laboratorio

La descrizione dei campioni prelevati e i risultati ottenuti dalle prove di laboratorio, la cui certificazione è riportata in allegato, vengono sintetizzati nelle tabelle seguenti:

Descrizione campioni (CR rimaneggiati – CI indisturbati)

<i>Campione</i>	<i>Prof. prelievo</i>	<i>Descrizione</i>
MZ01 new CR1	4.00 – 4.50	Argilla limosa con sabbia e ghiaia di colore variabile dal marroncino al verdastro con porzioni biancastre.
MZ01 new CR2	7.00-7.40	Ghiaia con sabbia, limo e argilla di colore marroncino-biancastro
MZ02 new CR1	5.00-5.50	Ghiaia con limo, argilla e sabbia di colore variabile dal marroncino al verdastro
MZ02 new CR2	18.00-18.50	Ghiaia con sabbia, limo e argilla di colore variabile dal marroncino al marrone
MZ03 new CR1	4.40-4.80	Limo argilloso con sabbia e ghiaia di colore variabile dal marrone al marroncino-verdastro
MZ04 new CI1	7.50-8.00	Argilla limosa debolmente sabbiosa di colore variabile dal marroncino al verdastro
MZ04 new CR1	22.30-22.70	Ghiaia con limo, sabbia e argilla di colore marroncino
MZ07 new CR1	5.00-5.50	Argilla limosa debolmente sabbiosa di colore variabile dal marrone al marroncino
MZ07 new CR2	9.00-9.40	Ghiaia con argilla, limo e sabbia di colore variabile dal marrone al marroncino

Trattandosi di sedimenti di natura prevalentemente marnosa calcarea e calcarea, interessati da diffusa fratturazione, il comportamento può essere assimilato ad un terreno incoerente.

Considerata la difficoltà di prelievo di campioni indisturbati, le prove di laboratorio sono state eseguite su campioni rimaneggiati tranne che per il campione di argilla limosa, MZ04-CI1 prelevato con un campionatore tipo Shelby.

Considerata la difficoltà di prelievo di campioni indisturbati, su n. 8 campioni di terreno rimaneggiato è stato possibile eseguire in laboratorio solo prove di classificazione granulometrica, mentre sul campione MZ04-CI1, prelevato con un campionatore tipo Shelby sono state eseguite prove di caratterizzazione geomeccanica (taglio diretto, taglio triax U-U e prova di compressione edometrica).

Nella tabella seguente vengono riassunti, per ciascun campione, i valori dei principali parametri fisici e meccanici ottenuti dalle prove geotecniche di laboratorio, i cui certificati vengono riportati nell'allegato quaderno delle indagini.

Caratteristiche fisiche e parametri meccanici

SONDAGGIO:		MZ01	MZ01	MZ02	MZ02	MZ03	MZ04	MZ04	MZ07	MZ07
CAMPIONE:		CR1	CR2	CR1	CR2	CR1	CI1	CR1	CR1	CR2
Prof. da m. a m. :		4.0-4.5	7.0-7.4	5.0-5.5	9.0-9.5	4.4-4.8	7.5-8.0	22.3-22.7	5.0-5.5	9.0-9.4
Contenuto nat. d'acqua	[%]						16.0			
Densità naturale	[g/cm ³]						1.86			
Peso specifico dei grani	[g/cm ³]	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.71	2.70	2.64	2.64
Densità secca	[g/cm ³]						1.60			
Limite liquido	[%]						65.1			
Limite plastico	[%]						19.1			
Indice di plasticità	[%]						46.0			
Indice di consistenza							1.07			
Granulometria										
Ghiata	[%]	11.63	40.97	35.10	51.85	10.81	2.05	37.53	4.53	33.28
Sabbia	[%]	12.89	23.59	19.59	20.54	18.73	5.15	20.61	5.13	12.56
Limo	[%]	36.18	21.18	23.97	14.19	37.58	43.52	22.02	42.23	24.07
Argilla	[%]	39.30	14.26	21.34	13.42	32.93	49.28	19.84	48.11	30.09
TAGLIO DIRETTO										
Angolo d'attrito di picco	[°]						22.83			
Coesione intercetta	[kPa]						37.77			
PROVA TRIASSIALE UU										
Coesione non drenata	[kPa]						320.0			
PROVA EDOMETRICA										
Modulo edom. ($\sigma_v = 200$ kPa)	[kPa]						8493.5			
Modulo edom. ($\sigma_v = 400$ kPa)	[kPa]						9737.0			
Modulo edom. ($\sigma_v = 800$ kPa)	[kPa]						18685.7			
Modulo edom. ($\sigma_v = 1600$ kPa)	[kPa]						34649.0			
Modulo edom. ($\sigma_v = 3200$ kPa)	[kPa]						55659.6			

5.3.5 Analisi chimiche di laboratorio

In fase di perforazione sono stati prelevati n. 7 campioni di terreno rimaneggiato, a profondità variabile da 2.0 a 3.0 m, sottoposti ad analisi chimiche, particolarmente importanti per la progettazione di strutture interrato, in quanto finalizzate ad accertare l'eventuale presenza di sostanze aggressive per il calcestruzzo.

TABELLA RIASSUNTIVA RISULTATI ANALISI CHIMICHE

Sondaggio	Profondità prelievo	Solfati [mg/kg]	Acidità (Baumann Gully) [ml/kg]
MZ01 New1 amb	2.0 – 3.0	21	<0.1
MZ02 New 1 amb	2.0 – 3.0	9	<0.1
MZ03 New 1 amb	2.0 – 3.0	11	<0.1
MZ04 New 1 amb	2.0 – 3.0	21	<0.1
MZ05 New 1 amb	2.0 – 3.0	21	<0.1
MZ06 New 1 amb	2.0 – 3.0	8	<0.1
MZ07 New 1 amb	2.0 – 3.0	21	<0.1

5.3.4 Indagini sismiche

Le indagini sismiche sono state condotte mediante:

- n. 4 prospezioni sismiche tipo M.A.S.W.
- n. 3 prospezioni sismiche tipo Down Hole

La velocità di propagazione delle onde sismiche dipende dalle costanti elastiche e dalla densità del mezzo attraversato, e pertanto risulta variabile in funzione delle caratteristiche geomeccaniche e fisiche del terreno o delle rocce. Poiché le tensioni e le deformazioni che si generano nel campo sismico sono di modestissima entità, anche il terreno e le rocce sollecitate in questo ambito possono essere considerati in prima approssimazione come materiali omogenei, isotropi ed elastici, a cui è applicabile la legge di Hooke (proporzionalità tra lo sforzo applicato d e la deformazione prodotta e).

Nelle analisi riportate di seguito sono stati calcolati: *il modulo elastico (o di Young)* del materiale definito come rapporto tra sollecitazione e conseguente deformazione longitudinale; *il modulo di elasticità tangenziale (o di taglio) G* definito come rapporto tra la sollecitazione ortogonale (trasversale o di taglio) e la deformazione, *il modulo di compressione cubica (o di Bulk) k* che rappresenta il rapporto tra la tensione idrostatica e la deformazione cubica (o di volume) e *il modulo (o rapporto) di Poisson ν* , definito come il rapporto tra la deformazione trasversale e quella longitudinale.

Le *Analisi Multispettrali delle Onde Superficiali - Metodo M.A.S.W.*, sono state eseguite in corrispondenza di quattro piazzole MZ02 new, MZ03 new, MZ05 new e MZ06 new al fine di determinare i valori delle velocità delle onde di taglio e gli spessori dei sismostrati per almeno 30 metri dal piano campagna.

Nelle tabelle seguenti vengono riportati i risultati delle velocità ottenute per ciascuna prospezione e i relativi parametri elastici e geomeccanici.

MZ02New01

Strato	Spessore (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densità ρ (kg/m ³)	Poisson ν	Modulo di taglio G (kPa)	Modulo di Young E (kPa)	Modulo di incompressibilità K (kPa)
1	1,20	676	212	1600	0,45	71910	207887	635281
2	3,60	879	361	1700	0,40	221546	619687	1018095
3	25,20	1280	677	1900	0,31	870825	2274255	1951860

Profondità (m)	Vs,eq (m/s)
0-30	568

MZ03New01

Strato	Spessore (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densità ρ (kg/m ³)	Poisson ν	Modulo di taglio G (kPa)	Modulo di Young E (kPa)	Modulo di incompressibilità K (kPa)
1	2,20	577	225	1600	0,41	81000	228474	424686
2	1,10	1021	450	1700	0,38	344250	949755	1313150
3	3,10	1104	552	1800	0,33	548467	1462579	1462579
4	23,60	1266	620	1900	0,34	730360	1960646	2071423

Profondità (m)	Vs,eq (m/s)
0-30	537

MZ05New01

Strato	Spessore (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densità ρ (kg/m ³)	Poisson ν	Modulo di taglio G (kPa)	Modulo di Young E (kPa)	Modulo di incompressibilità K (kPa)
1	1,10	487	153	1500	0,45	35114	101495	308936
2	2,20	820	341	1700	0,40	197678	551700	879510
3	1,10	905	457	1800	0,33	375928	999113	973007
4	25,60	1293	690	1900	0,30	904590	2353598	1970393

Profondità (m)	Vs,eq (m/s)
0-30	564

MZ06New01

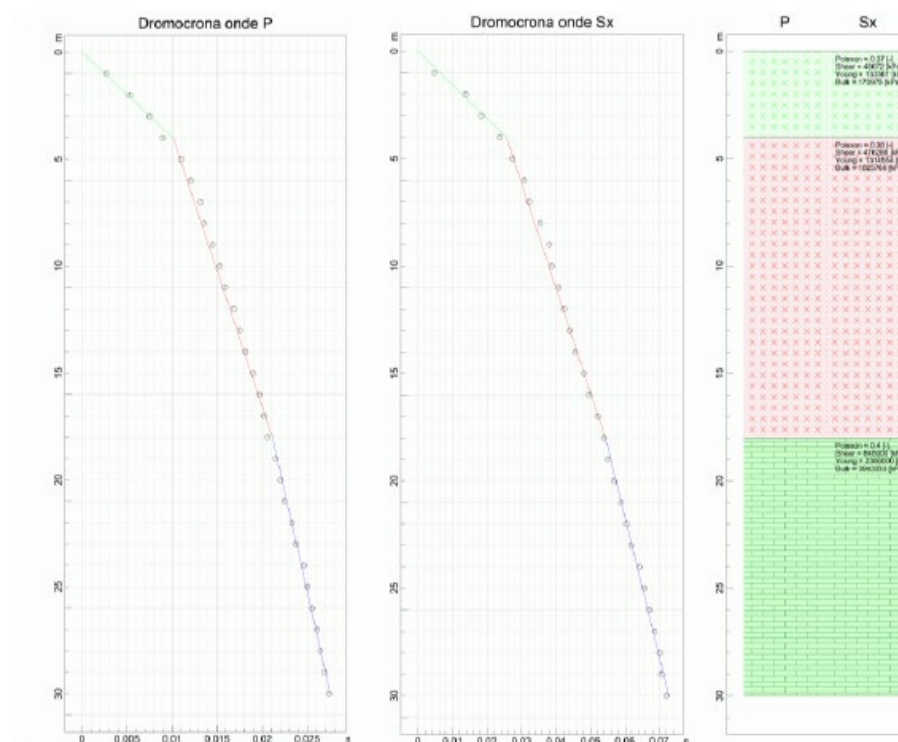
Strato	Spessore (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densità ρ (kg/m ³)	Poisson ν	Modulo di taglio G (kPa)	Modulo di Young E (kPa)	Modulo di incompressibilità K (kPa)
1	1,90	711	227	1500	0,44	77294	223108	655224
2	1,10	971	459	1800	0,36	379226	1028554	1191479
3	9,70	980	495	1800	0,33	441045	1172072	1140660
4	17,30	1194	631	1900	0,31	756506	1976361	1700034

Profondità (m)	Vs,eq (m/s)
0-30	519

Le prospezioni eseguite hanno evidenziato una **velocità media delle onde di taglio S** variabili da **519 m/s a 568 m/s**: considerato che le fondazioni degli aerogeneratori verranno poste ad una profondità di sedime di circa 3.0 m dal p.c., e che pertanto verrà asportato l'orizzonte superficiale a minore velocità, i valori ottenuti portano a classificare il sottosuolo in **Categoria B** (D.M. 17.01.2018 - N.T.C.).

Le **Prove Down Hole** sono state condotte nei fori di perforazione dei sondaggi MZ01 New01, MZ04 New01 e MZ07 New01, tutti della profondità di 30 m.

MZ01New01



Dromocrone delle onde P ed S e relativi sismostrati

VELOCITA' ONDE P

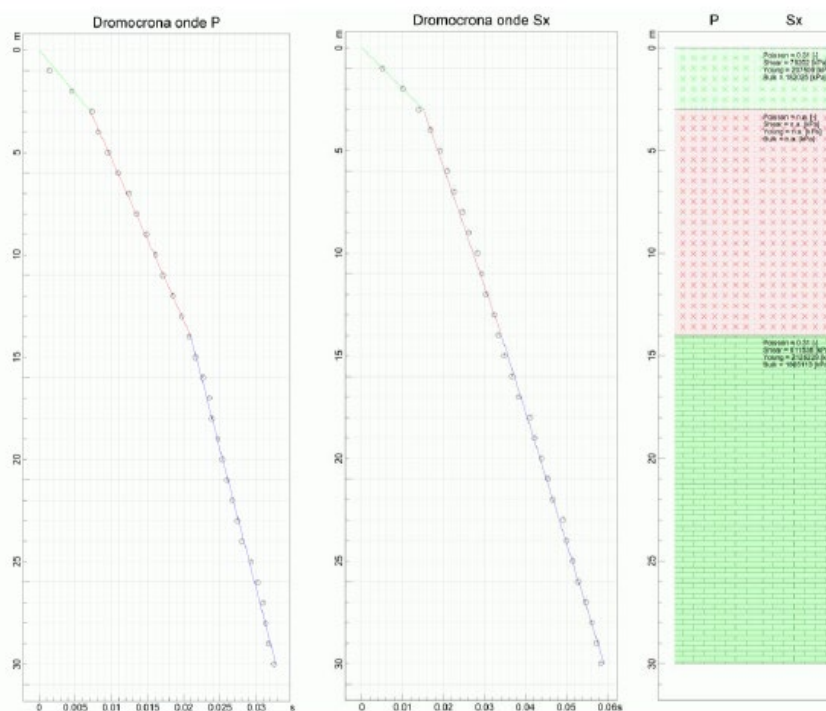
Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]
1	4	396
2	18	1268
3	30	1871

PARAMETRI ONDE SX

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]	Poisson [-]	Shear [kPa]	Young [kPa]	Bulk [kPa]
1	4	156	0.37	48672.0	133361	170975
2	18	488	0.38	476288	1314554	1825769
3	30	650	0.40	845000	2366000	3943333

Profondità (m)	Vs,eq (m/s)
0-30	412

MZ04New01



Dromocrone delle onde P ed S e relativi sismostrati

VELOCITA' ONDE P

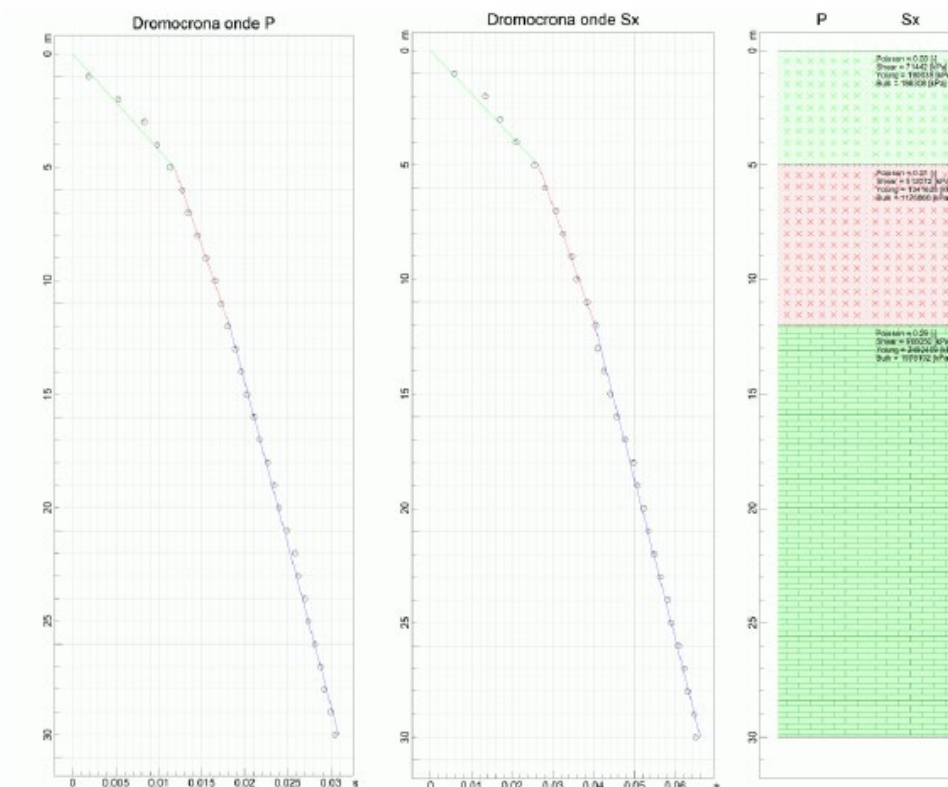
Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]
1	3	402
2	14	814
3	30	1359

PARAMETRI ONDE SX

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]	Poisson [-]	Shear [kPa]	Young [kPa]	Bulk [kPa]
1	3	189	0.31	71442.0	187178..	164191
2	14	603	0.48	29282.0	86674.0	722282
3	30	635	0.31	806450	2112899.0	1853420

Profondità (m)	Vs,eq (m/s)
0-30	506

MZ07New01



Dromocrone delle onde P ed S e relativi sismostrati

VELOCITA' ONDE P

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]
1	5	424
2	12	1085
3	30	1423

PARAMETRI ONDE SX

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]	Poisson [-]	Shear [kPa]	Young [kPa]	Bulk [kPa]
1	5	189	0.33	71442.0	190035	186308
2	12	506	0.31	512072	1341628	1176866
3	30	695	0.29	966050	2492408	1978101

Profondità (m)	Vs,eq (m/s)
0-30	453

Dall'esame dei risultati risulta che i valori di velocità delle onde di taglio S ottenuti (da 412 a 506 m/s), seppur leggermente inferiori a quelli delle prove M.A.S.W., portano anch'essi a classificare il sottosuolo in categoria B.

6.0 MODELLI GEOLOGICO E GEOTECNICO

Per la progettazione del nuovo impianto, sono stati eseguiti, in corrispondenza di ciascuna torre eolica (da MZ01 new a MZ07 new), n. 7 sondaggi meccanici e rotazione con carotaggio continuo della profondità di 30,00 m, finalizzati alla ricostruzione del modello geologico della zona ed alla caratterizzazione geotecnica del sottosuolo.

Tutti i sondaggi, i cui prospetti stratigrafici sono riportati in allegato, hanno evidenziato una successione caratterizzata da alternanze di marne calcaree e calcareniti con colorazioni biancastre e grigiastre, il cui spessore varia molto da luogo a luogo.

Nei sondaggi MZ01 new, MZ05 new e MZ06 new, lungo la verticale, si nota una componente importante dei sedimenti calcarei, in particolare, nel sondaggio MZ01, dalla profondità di 12 m fino a quella raggiunta dalla perforazione (30 m), si ha una successione monotona di calcari biancastri e calcareniti grigio chiaro, in strati di 4/5 cm fino ad un massimo di 8 cm, localmente molto fratturati e con presenza di fenomeni di ricristallizzazione.

Nei sondaggi MZ02 new, MZ03 new, MZ04 new e MZ07 new, invece, si ha un'alternanza di marne di colore grigio o grigio-verdastro, con intercalazioni arenacee e calcaree, e di orizzonti di calcari e calcarenite (spessori da pochi cm a qualche metro).

Le alternanze rinvenute sono ascrivibili alla Formazione di Tufillo classicamente descritta come una successione di 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 di essa sono presenti alternanze di marne argillose ed arenarie in strati centimetrici con intercalazioni di calcareniti fini torbiditiche, talora in banchi massicci.

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.

Dal punto di vista geotecnico, le indagini geognostiche e geotecniche condotte 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 ottenuti:

Valori medi dei parametri geotecnici

- Peso unità di volume - γ [t/m³] = 2.2 - 2.3
- Peso unità di volume saturo - γ_{sat} [t/m³] = 2.3 - 2.4
- Angolo di resistenza al taglio - ϕ' [°] = 35 - 45
- Modulo Edometrico - E_{ed} [kg/cm²] = 200 - 360
- Modulo Elastico - E_y [kg/cm²] = 250 - 450
- Modulo di Poisson - ν = 0.25 - 0.18
- Modulo di taglio - G [kg/cm²] = 1800

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

7.0 CARATTERIZZAZIONE 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 TR 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^{esimo} percentile, ad una vita di riferimento di 50 anni e ad una probabilità di superamento del 10%.

Il Comune di Montazzoli è localizzato in un settore a media 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 0.125 a 0.150 g.

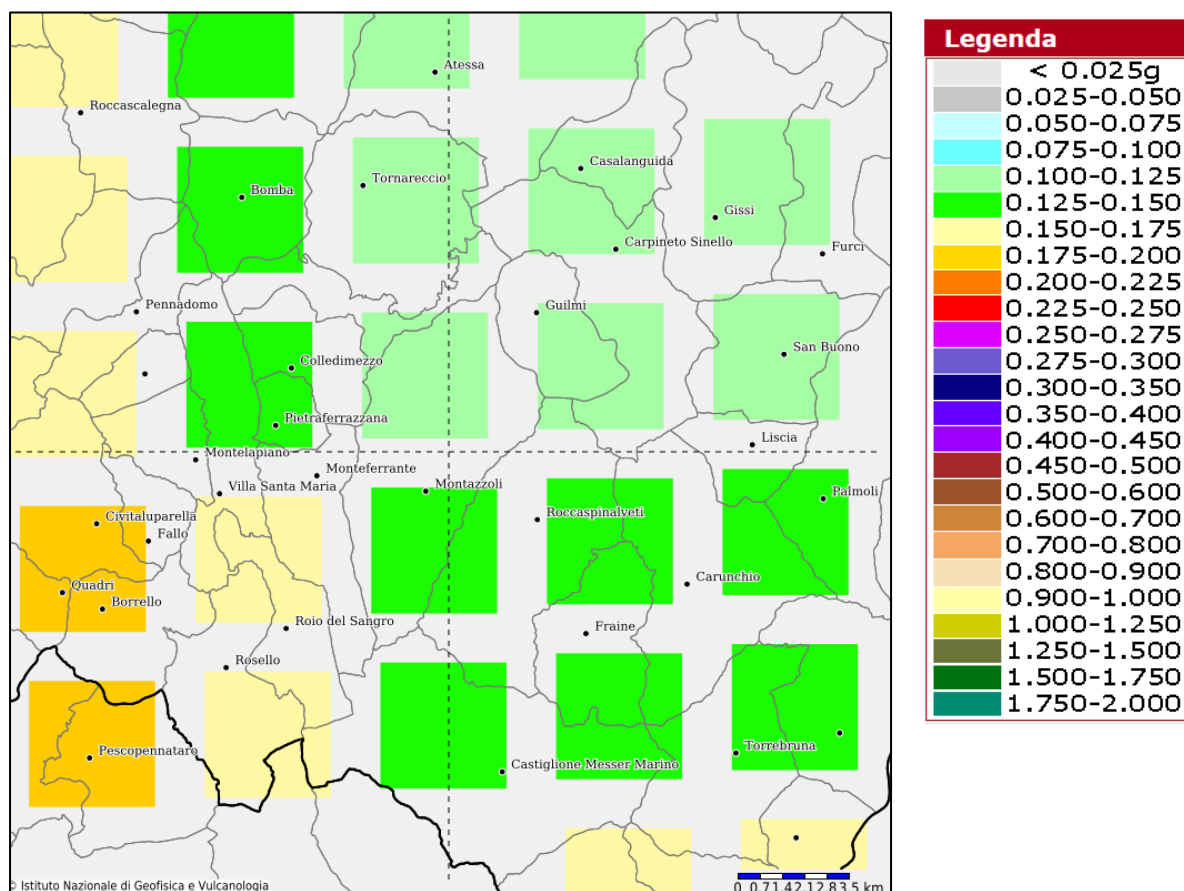


Fig.8 – Mappa di pericolosità sismica (da <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>)

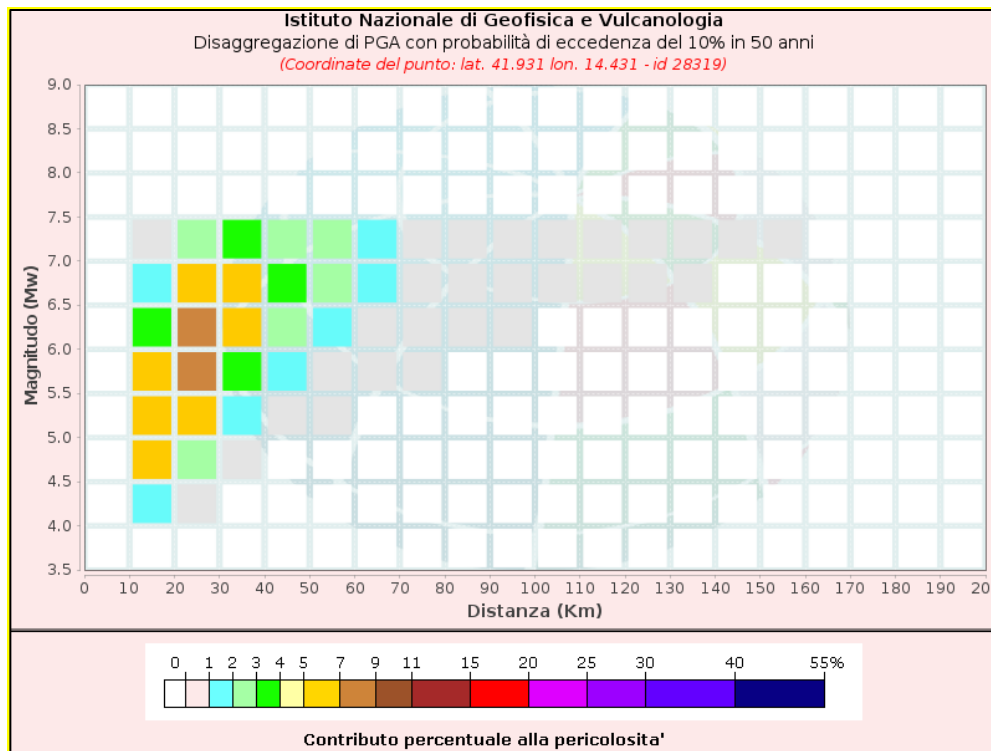


Fig.9 - Grafico di disaggregazione del valore di a_g con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni in termini di distanza epicentrale.

Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 41.931 lon. 14.431 - id 28319)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	1.6100	5.3700	6.2400	5.7200	3.8900	1.3100	0.4830	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.2110	2.3800	5.4600	7.5300	7.7500	5.9000	2.8200	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0731	1.3900	3.6500	5.3500	5.7500	3.6200	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.1080	1.3100	2.8800	3.9400	2.9500	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0007	0.2890	1.4300	2.5100	2.1900	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0218	0.5570	1.3700	1.3700	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0010	0.1380	0.6080	0.6980	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0188	0.2350	0.3220	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0008	0.1070	0.1790	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0435	0.1030	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0140	0.0570	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0026	0.0290	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0128	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0042	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0007	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
6.13	31.5	1.44

Fig.10 - Dati tabellari di disaggregazione del valore di a_g con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni in termini di distanza epicentrale.

Nella figura 9 è stato riportato il grafico di disaggregazione (o deaggregazione) della pericolosità sismica che consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito.

La forma più comune di disaggregazione è quella bidimensionale in magnitudo e distanza (M-R) che permette di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M. Espresso in altri termini, il processo di disaggregazione in M-R fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso come l'evento di magnitudo M a distanza R dal sito oggetto di studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso.

Analogamente alla disaggregazione in MR è possibile definire la disaggregazione tridimensionale in M-R- ϵ dove ϵ rappresenta il numero di deviazioni standard per cui lo scuotimento (logaritmico) devia dal valore mediano predetto da una data legge di attenuazione dati **M** ed **R** (BAZZURRO E CORNELL, 1999) Fig. 10.

I dati di sismicità storica che riguardano il territorio di Montazzoli 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 unici eventi di intensità piuttosto elevata sono stati quello del 1933 localizzato nella Maiella e quelli del 1984 localizzati nei Monti della Meta che hanno mostrato intensità al sito rispettivamente di 6 e 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	📄	1882	06	06	05	40	Isernino	50	7	5.20
6	📄	1933	09	26	03	33 2	Maiella	325	9	5.90
5	📄	1980	11	23	18	34 5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
5	📄	1984	05	07	17	50	Monti della Meta	911	8	5.86
4	📄	1987	07	03	10	21 5	Costa Marchigiana	359	7	5.06
NF	📄	1990	05	05	07	21 2	Potentino	1375		5.77
NF	📄	1992	07	16	05	38 5	Chietino	107	5-6	4.22
4	📄	2002	11	01	15	09 0	Molise	638	7	5.72
NF	📄	2003	06	01	15	45 1	Molise	501	5	4.44
NF	📄	2003	12	30	05	31 3	Molise	326	4-5	4.53
NF	📄	2005	03	01	05	41 3	Molise	136	4	3.68

7.1 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 $C_U = 1$.

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

7.2 Stati limite, probabilità di superamento e periodo di ritorno

Le NTC18 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 rigidità 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 rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità 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.

Le NTC18, in presenza di azioni sismiche, richiedono le verifiche allo SLO solo per gli elementi non strutturali e per gli impianti di strutture di classi d'uso III e IV (punto 7.1). Lo SLO si utilizza anche come riferimento progettuale per quelle opere che devono restare operative durante e subito dopo il terremoto. Le verifiche allo SLC sono, invece, richieste solo per le costruzioni o ponti con isolamento e/o dissipazione..

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			P_{VR}
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 riportata nell'**Allegato A** delle NTC08:

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

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:

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

7.3 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	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> 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	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , 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	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento</i> (con $V_s > 800$ m/s).

La classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente V_{seq} 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) hanno evidenziato una velocità delle onde S (*da 412 m/s a 568 m/s*), che porta a classificare il sottosuolo delle aree di sedime delle fondazioni delle torri in **categoria B**.

7.4 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

7.5 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. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. 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_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

5. 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 $U_c > 3,5$.

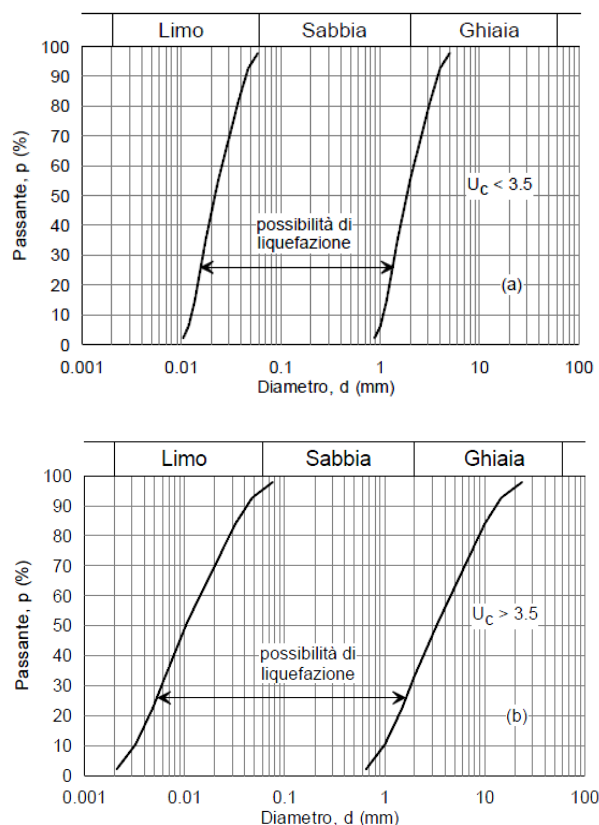


Figura 7.11.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione.

Nel caso in esame, l'assenza di falde idriche e le litologie presenti fanno sì che non sussistano le condizioni per il verificarsi di fenomeni di liquefazione e pertanto la relativa verifica analitica può essere omessa.

7.6 Pericolosità sismica di base

La pericolosità sismica di base, cioè le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di interesse, nelle NTC 2018, per una determinata probabilità di superamento, si può ritenere definita quando vengono designati un'accelerazione orizzontale massima (a_g) ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione, riferiti ad un suolo rigido e ad una superficie topografica orizzontale.

Per poter definire la pericolosità sismica di base, le NTC 2018 si rifanno ad una procedura basata

sui risultati disponibili anche sul sito web dell'INGV <http://essel-gis.mi.ingv.it/>, nella sezione “Mappe interattive della pericolosità sismica”.

Secondo le NTC18 le forme spettrali sono definite per 9 differenti periodi di ritorno T_R (30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni) a partire dai valori dei seguenti parametri riferiti a terreno rigido orizzontale, cioè valutati in condizioni ideali di sito, definiti nell'Allegato A alle NTC2008:

- a_g - accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_0 - valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* - periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I tre parametri si ricavano per il 50° percentile ed attribuendo a:

a_g , il valore previsto dalla pericolosità sismica S1

F_0 e T_c^* i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC2008, scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica S1 (il minimo è ottenuto ai minimi quadrati, su valori normalizzati).

I valori di questi parametri vengono forniti in tabella (Tabella 4.1), contenuta nell'Allegato B delle NTC08 (a cui le NTC 2018 fanno riferimento), per i 10751 punti di un reticolo di riferimento in cui è suddiviso il territorio nazionale, identificati dalle coordinate geografiche longitudine e latitudine.

Qualora la pericolosità sismica del sito sul reticolo di riferimento non consideri il periodo di ritorno T_R corrispondente alla V_R e P_{VR} fissate, il valore del generico parametro p ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione a partire dai dati relativi ai tempi di ritorno previsti nella pericolosità di base, utilizzando la seguente espressione dell'Allegato A alle NTC08:

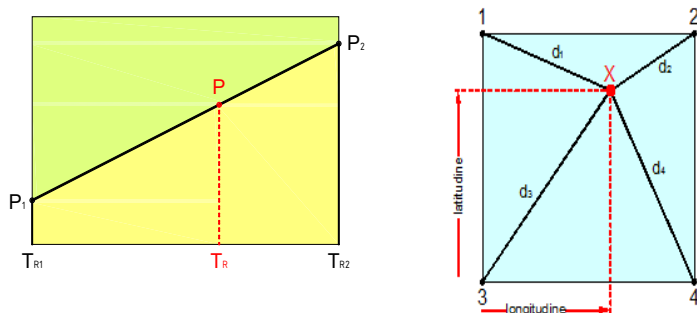
$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \times \log\left(\frac{T_R}{T_{R1}}\right) \times \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1} \quad (4.1)$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (a_g , F_0 , T_c^*) corrispondente al periodo di ritorno T_R desiderato, mentre p_1 , p_2 è il valore di tale parametro corrispondente al periodo di ritorno T_{R1} , T_{R2} .

Per un qualunque punto del territorio non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri p possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando l'espressione dell'Allegato A alle NTC08:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}} \quad (4.2)$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (a_g , F_o , TC^*) corrispondente al punto considerato, p_i è il valore di tale parametro nell' i -esimo vertice della maglia elementare contenente il punto in esame e d_i è la distanza del punto in esame dall' i -esimo vertice della suddetta maglia.



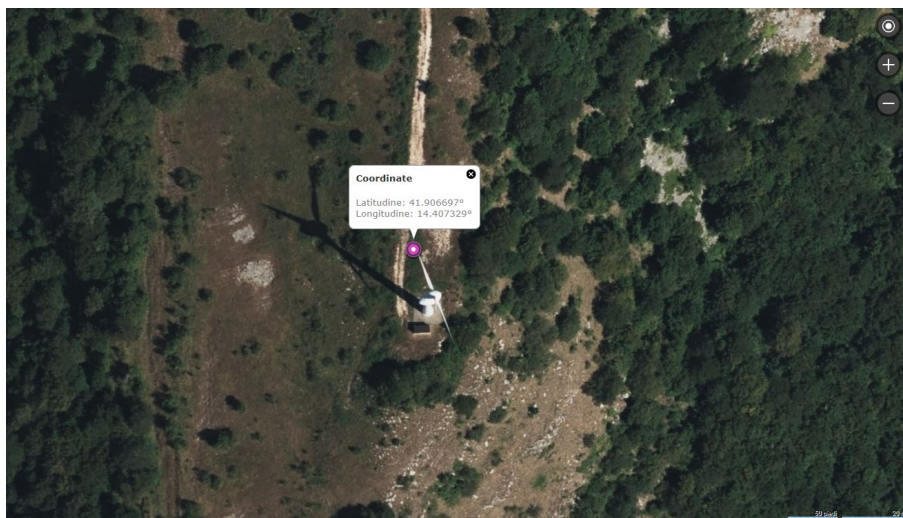
PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Vita nominale (V_n):	50 [anni]
Classe d'uso:	II
Coefficiente d'uso (C_u):	1
Periodo di riferimento (V_r):	50 [anni]

Periodo di ritorno (T_r) SLO:	30 [anni]
Periodo di ritorno (T_r) SLD:	50 [anni]
Periodo di ritorno (T_r) SLV:	475 [anni]
Periodo di ritorno (T_r) SLC:	975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE – MZ01 NEW



Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 41,9066963 [°]

Longitudine (WGS84): 14,4073296 [°]

Latitudine (ED50): 41,9076729 [°]

Longitudine (ED50): 14,4082127 [°]

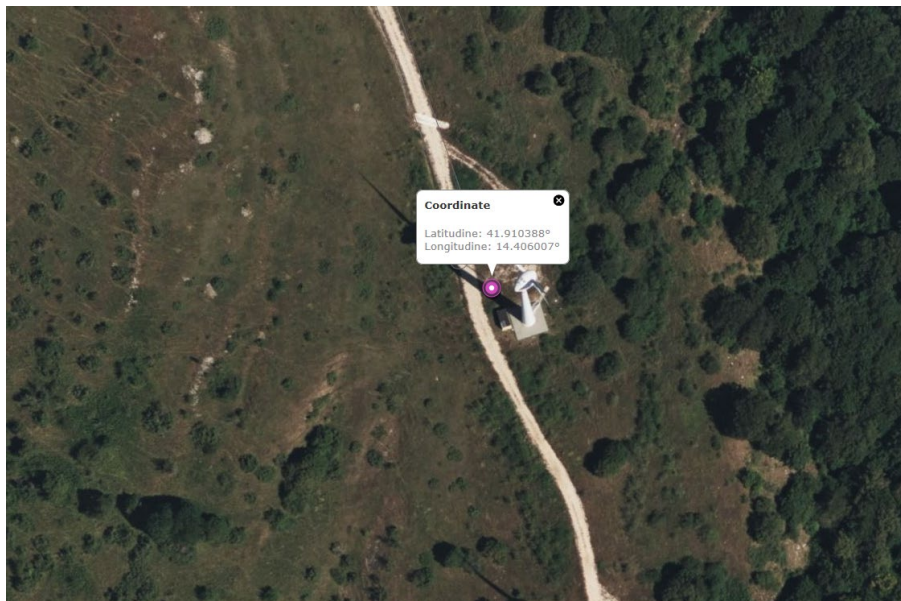
Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	28318	41,931690	14,363960	4531,85
2	28319	41,931170	14,431130	3228,32
3	28541	41,881170	14,430420	3473,24
4	28540	41,881700	14,363280	4708,75

Parametri di pericolosità sismica per TR per il sito in esame

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,051	2,459	0,289
SLD	50	0,062	2,504	0,320
SLV	475	0,147	2,481	0,428
SLC	975	0,190	2,479	0,448

PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE – MZ02 NEW



Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 41,9103889 [°]

Longitudine (WGS84): 14,4060068 [°]

Latitudine (ED50): 41,9113617 [°]

Longitudine (ED50): 14,4068899 [°]

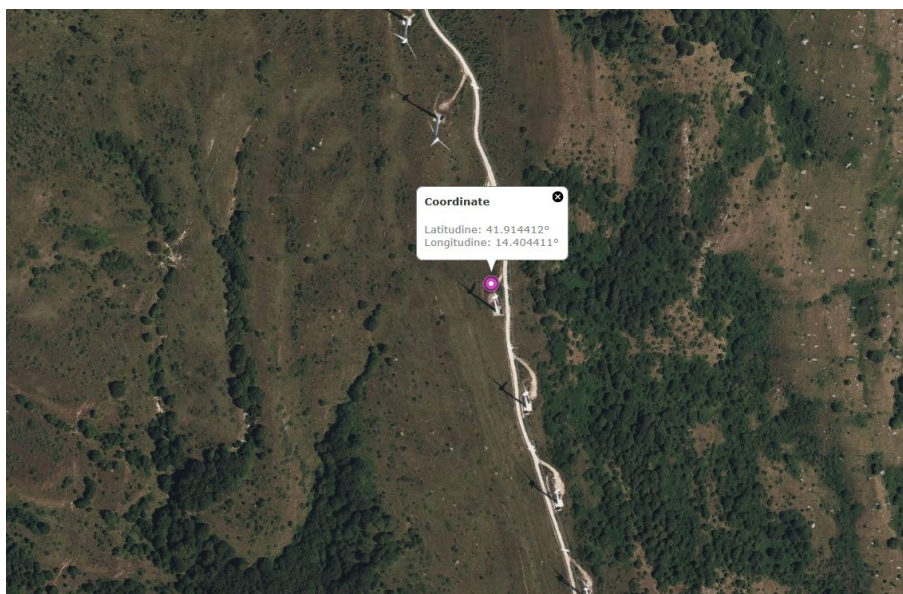
Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	28318	41,931690	14,363960	4210,06
2	28319	41,931170	14,431130	2978,72
3	28541	41,881170	14,430420	3881,27
4	28540	41,881700	14,363280	4889,58

Parametri di pericolosità sismica per TR per il sito in esame

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,051	2,459	0,289
SLD	50	0,062	2,505	0,320
SLV	475	0,147	2,484	0,428
SLC	975	0,189	2,478	0,448

PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE – MZ03 NEW



Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 41,9144135 [°]

Longitudine (WGS84): 14,4044123 [°]

Latitudine (ED50): 41,9153862 [°]

Longitudine (ED50): 14,4052954 [°]

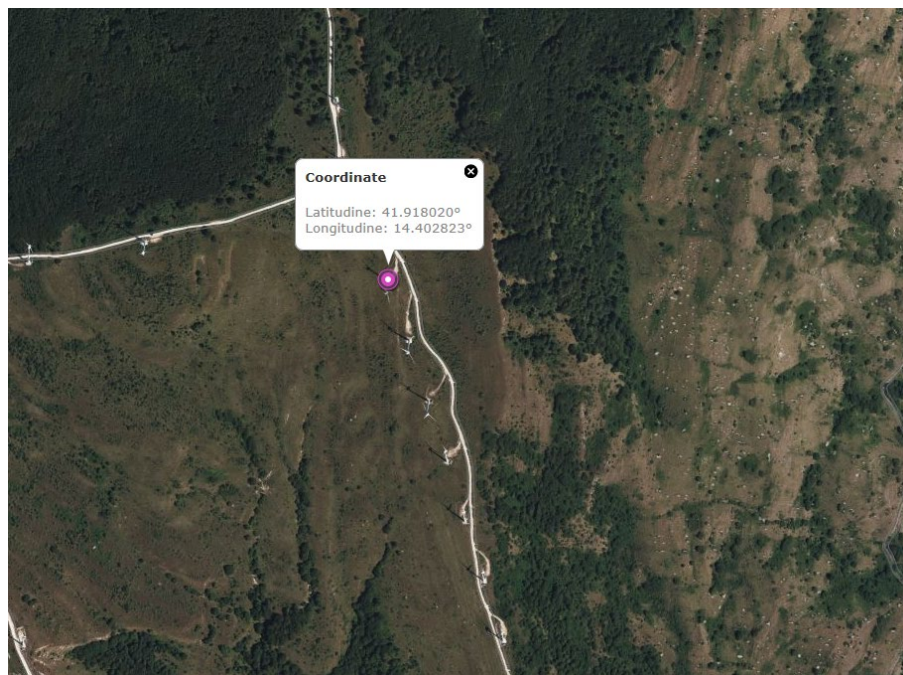
Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	28318	41,931690	14,363960	3870,56
2	28319	41,931170	14,431130	2765,61
3	28541	41,881170	14,430420	4335,93
4	28540	41,881700	14,363280	5111,10

Parametri di pericolosità sismica per TR per il sito in esame

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,051	2,459	0,289
SLD	50	0,062	2,505	0,320
SLV	475	0,147	2,486	0,428
SLC	975	0,189	2,478	0,449

PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE – MZ04 NEW



Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 41,9180222 [°]

Longitudine (WGS84): 14,4028244 [°]

Latitudine (ED50): 41,9189949 [°]

Longitudine (ED50): 14,4037075 [°]

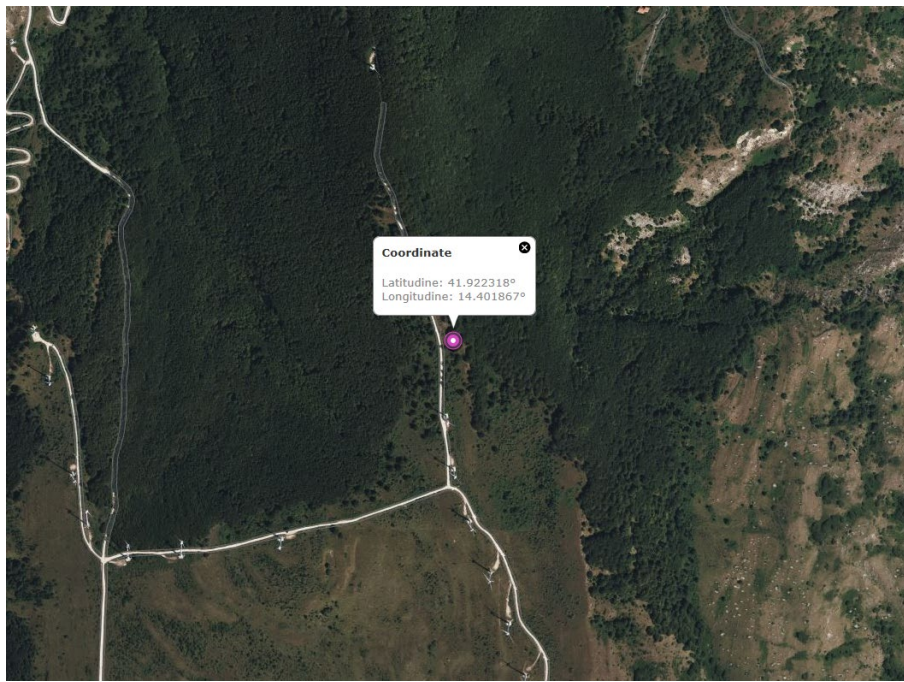
Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	28318	41,931690	14,363960	3578,50
2	28319	41,931170	14,431130	2641,92
3	28541	41,881170	14,430420	4751,64
4	28540	41,881700	14,363280	5328,51

Parametri di pericolosità sismica per TR per il sito in esame

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,051	2,459	0,289
SLD	50	0,062	2,506	0,320
SLV	475	0,146	2,488	0,428
SLC	975	0,188	2,477	0,449

PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE – MZ05 NEW



Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 41,9223175 [°]

Longitudine (WGS84): 14,4018679 [°]

Latitudine (ED50): 41,9232941 [°]

Longitudine (ED50): 14,4027510 [°]

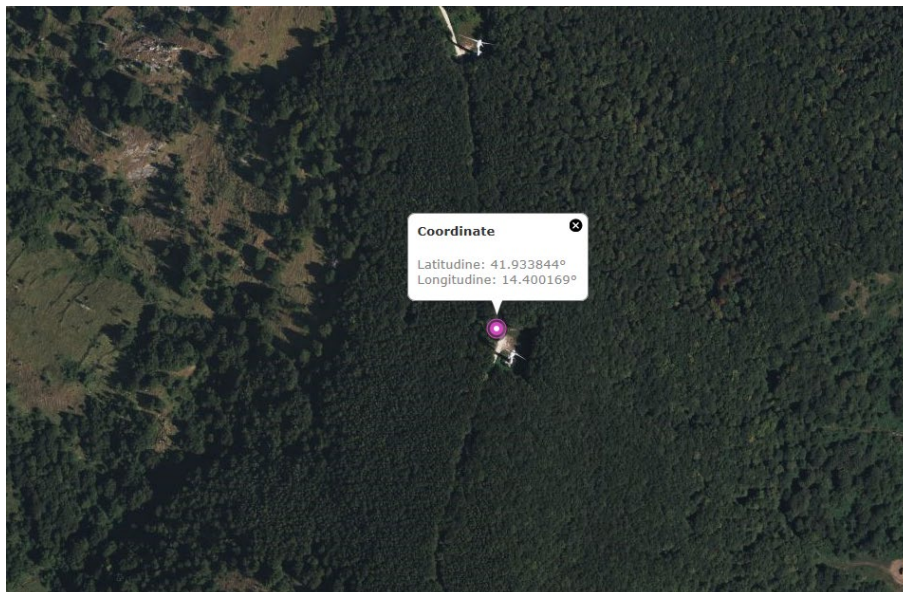
Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	28318	41,931690	14,363960	3342,17
2	28319	41,931170	14,431130	2505,84
3	28541	41,881170	14,430420	5213,64
4	28540	41,881700	14,363280	5662,19

Parametri di pericolosità sismica per TR per il sito in esame

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,051	2,459	0,289
SLD	50	0,062	2,506	0,320
SLV	475	0,146	2,490	0,428
SLC	975	0,188	2,477	0,449

PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE – MZ06 NEW



Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 41,9338455 [°]
 Longitudine (WGS84): 14,4001703 [°]
 Latitudine (ED50): 41,9348183 [°]
 Longitudine (ED50): 14,4010534 [°]

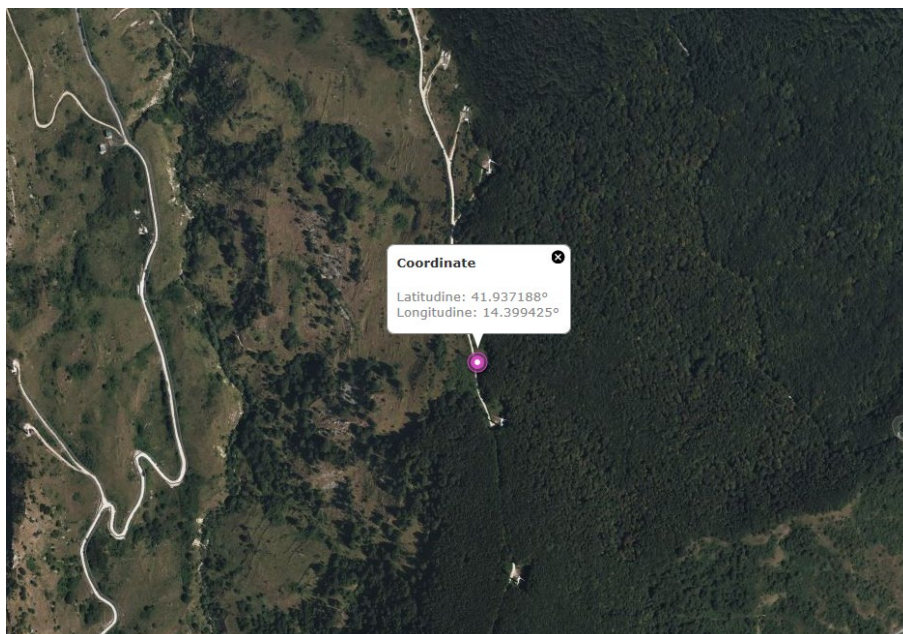
Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	28318	41,931690	14,363960	3088,05
2	28319	41,931170	14,431130	2520,82
3	28097	41,981170	14,431870	5749,55
4	28096	41,981700	14,364620	6020,88

Parametri di pericolosità sismica per TR per il sito in esame

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,050	2,461	0,289
SLD	50	0,060	2,516	0,319
SLV	475	0,138	2,545	0,431
SLC	975	0,179	2,510	0,451

PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE – MZ07 NEW



Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 41,9371872 [°]

Longitudine (WGS84): 14,3994265 [°]

Latitudine (ED50): 41,9381638 [°]

Longitudine (ED50): 14,4003096 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	28318	41,931690	14,363960	3091,72
2	28319	41,931170	14,431130	2665,36
3	28097	41,981170	14,431870	5447,88
4	28096	41,981700	14,364620	5669,66

Parametri di pericolosità sismica per TR per il sito in esame

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,050	2,461	0,289
SLD	50	0,060	2,516	0,319
SLV	475	0,138	2,547	0,430
SLC	975	0,179	2,511	0,451

7.7 Pericolosità sismica di sito

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Per la singola opera o per il singolo sistema geotecnico la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A, definito al § 3.2.2).

I coefficienti sismici orizzontale K_h e verticale K_v dipendono del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi e del tipo di opera da calcolare. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno (TR) dell'evento sismico che è valutato come segue: $TR = -VR / \ln(1 - PVR)$

Con VR vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso VR non può essere inferiore a 35 anni.

Nel caso di fondazioni i coefficienti K_h e K_v sono così determinati:

$$K_h = \beta_s \times (a_{max}/g) \quad K_v = \pm 0,5 \times K_h$$

Con

β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

I valori di β_s sono riportati nella tabella seguente:

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa al sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = S_S S_T a_g$$

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica) ($0,90 \leq S_S \leq 1,80$) è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E);

S_T (effetto di amplificazione topografica), varia con il variare delle quattro categorie topografiche.

$$T1: S_T = 1,0; T2: S_T = 1,20; T3: S_T = 1,2; T4: S_T = 1,40$$

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

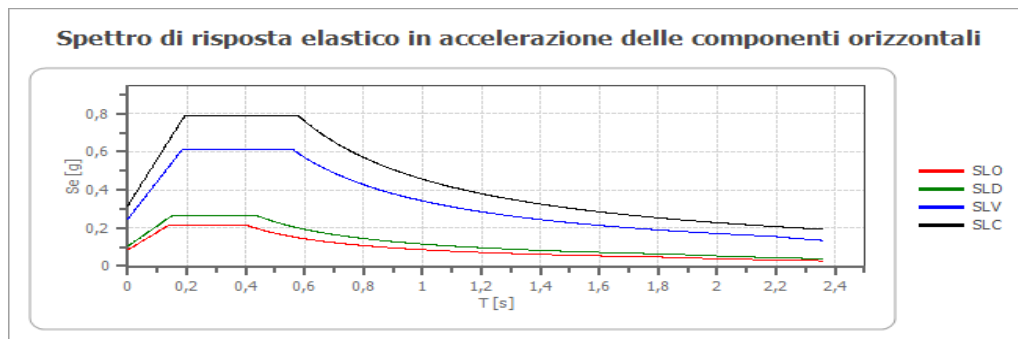
Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1,000

Categoria sottosuolo: B Categoria topografica: T4

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO – MZ01 NEW

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,017	0,021	0,059	0,076
kv	0,009	0,010	0,030	0,038
amax [m/s ²]	0,846	1,029	2,429	3,123
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

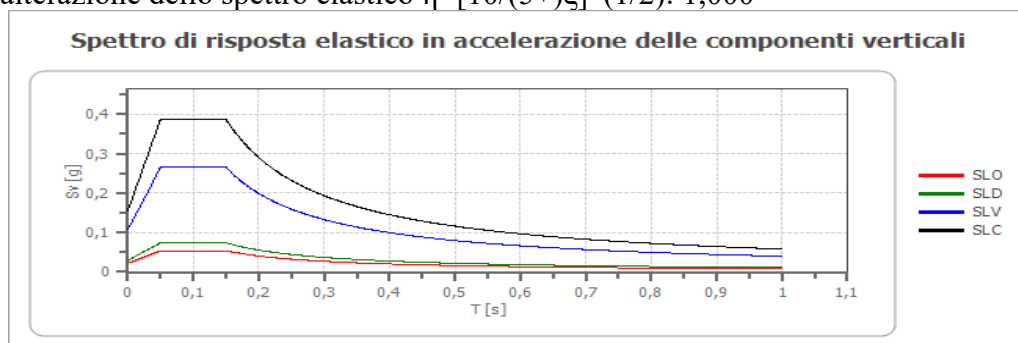


	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,051	2,459	0,289	1,200	1,410	1,400	1,680	1,000	0,136	0,407	1,805	0,086	0,212
SLD	1,0	0,062	2,504	0,320	1,200	1,380	1,400	1,680	1,000	0,147	0,441	1,850	0,105	0,263
SLV	1,0	0,147	2,481	0,428	1,200	1,300	1,400	1,680	1,000	0,186	0,557	2,190	0,248	0,615
SLC	1,0	0,190	2,479	0,448	1,200	1,290	1,400	1,680	1,000	0,193	0,578	2,358	0,318	0,789

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1,000



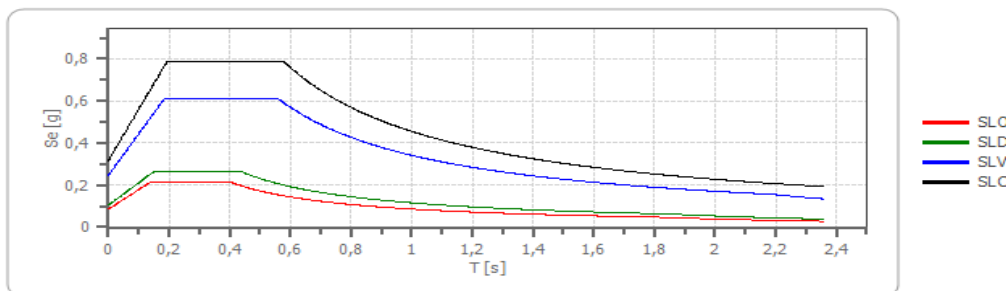
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,051	2,459	0,289	1	1,410	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,022	0,054
SLD	1,0	0,062	2,504	0,320	1	1,380	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,029	0,074
SLV	1,0	0,147	2,481	0,428	1	1,300	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,107	0,265
SLC	1,0	0,190	2,479	0,448	1	1,290	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,156	0,387

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO – MZ02 NEW

Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,017	0,021	0,059	0,076
kv	0,009	0,010	0,030	0,038
amax [m/s ²]	0,845	1,027	2,422	3,115
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



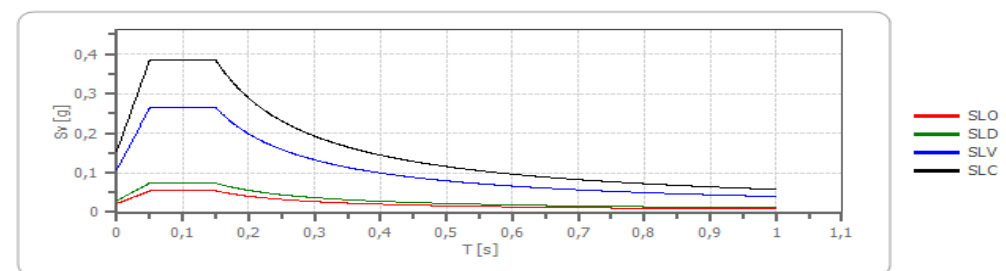
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,051	2,459	0,289	1,200	1,410	1,400	1,680	1,000	0,136	0,407	1,805	0,086	0,212
SLD	1,0	0,062	2,505	0,320	1,200	1,380	1,400	1,680	1,000	0,147	0,441	1,849	0,105	0,262
SLV	1,0	0,147	2,484	0,428	1,200	1,300	1,400	1,680	1,000	0,186	0,557	2,188	0,247	0,613
SLC	1,0	0,189	2,478	0,448	1,200	1,290	1,400	1,680	1,000	0,193	0,578	2,356	0,318	0,787

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1,000

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

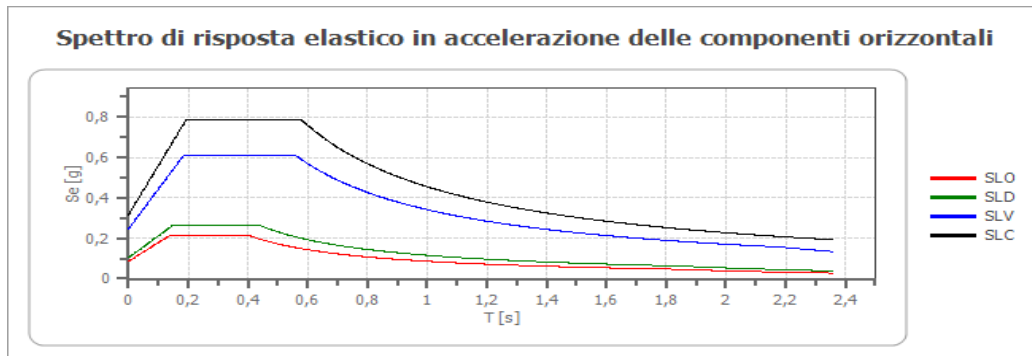


	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,051	2,459	0,289	1	1,410	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,022	0,054
SLD	1,0	0,062	2,505	0,320	1	1,380	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,029	0,074
SLV	1,0	0,147	2,484	0,428	1	1,300	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,107	0,265
SLC	1,0	0,189	2,478	0,448	1	1,290	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,155	0,385

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO – MZ03 NEW

Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,017	0,021	0,059	0,076
kv	0,009	0,010	0,030	0,038
amax [m/s ²]	0,844	1,026	2,415	3,109
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

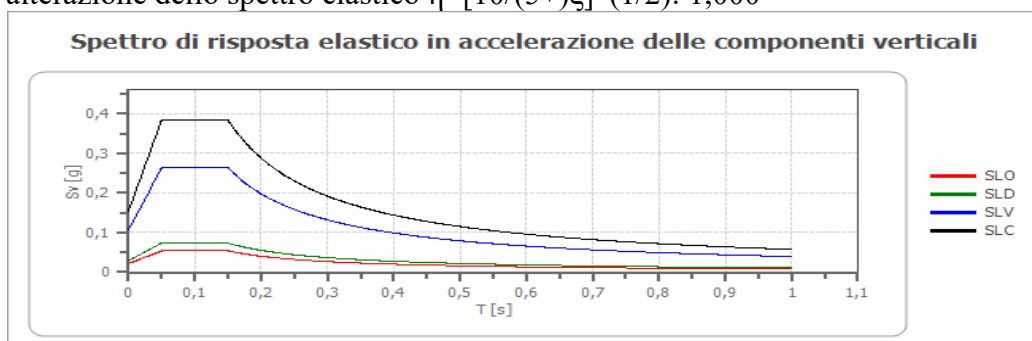


	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,051	2,459	0,289	1,200	1,410	1,400	1,680	1,000	0,136	0,407	1,805	0,086	0,212
SLD	1,0	0,062	2,505	0,320	1,200	1,380	1,400	1,680	1,000	0,147	0,441	1,849	0,105	0,262
SLV	1,0	0,147	2,486	0,428	1,200	1,300	1,400	1,680	1,000	0,186	0,557	2,186	0,246	0,612
SLC	1,0	0,189	2,478	0,449	1,200	1,290	1,400	1,680	1,000	0,193	0,579	2,355	0,317	0,785

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1,000

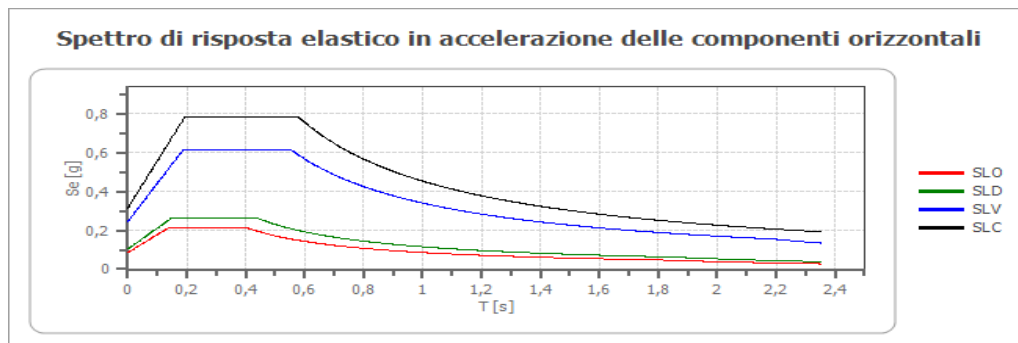


	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,051	2,459	0,289	1	1,410	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,022	0,054
SLD	1,0	0,062	2,505	0,320	1	1,380	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,029	0,074
SLV	1,0	0,147	2,486	0,428	1	1,300	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,106	0,264
SLC	1,0	0,189	2,478	0,449	1	1,290	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,155	0,384

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO – MZ04 NEW

Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,017	0,021	0,059	0,076
kv	0,009	0,010	0,030	0,038
amax [m/s ²]	0,843	1,025	2,411	3,104
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

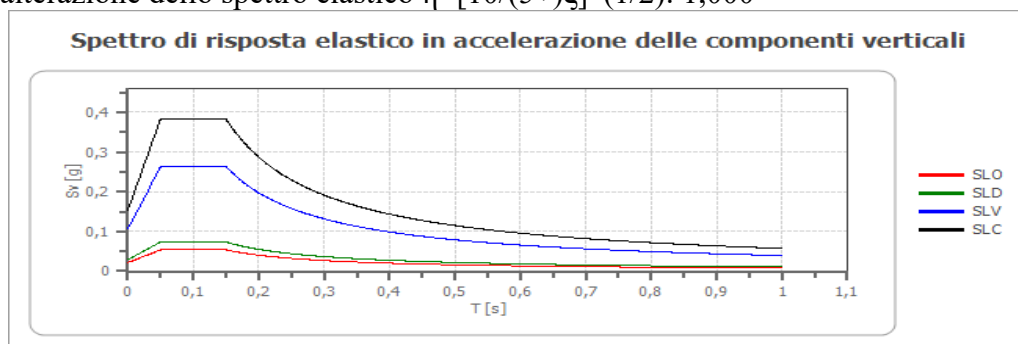


	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,051	2,459	0,289	1,200	1,410	1,400	1,680	1,000	0,136	0,407	1,805	0,086	0,211
SLD	1,0	0,062	2,506	0,320	1,200	1,380	1,400	1,680	1,000	0,147	0,441	1,849	0,105	0,262
SLV	1,0	0,146	2,488	0,428	1,200	1,300	1,400	1,680	1,000	0,186	0,557	2,185	0,246	0,612
SLC	1,0	0,188	2,477	0,449	1,200	1,290	1,400	1,680	1,000	0,193	0,579	2,354	0,317	0,784

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1,000

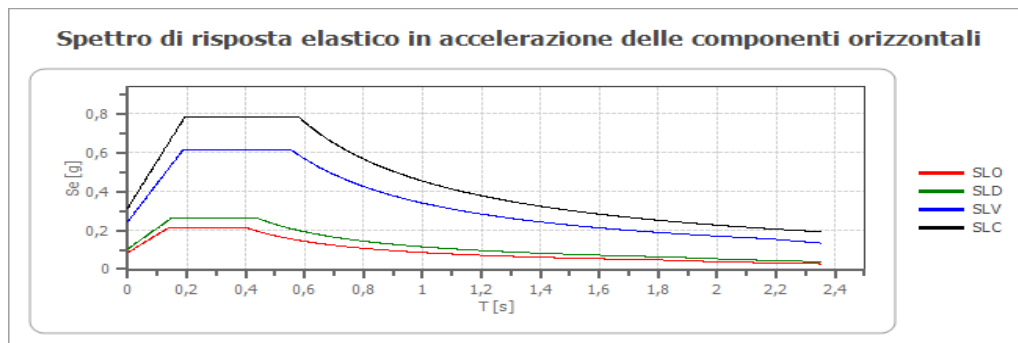


	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,051	2,459	0,289	1	1,410	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,022	0,054
SLD	1,0	0,062	2,506	0,320	1	1,380	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,029	0,074
SLV	1,0	0,146	2,488	0,428	1	1,300	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,106	0,263
SLC	1,0	0,188	2,477	0,449	1	1,290	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,155	0,383

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO – MZ05 NEW

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,017	0,021	0,059	0,076
kv	0,009	0,010	0,029	0,038
amax [m/s ²]	0,842	1,024	2,405	3,098
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

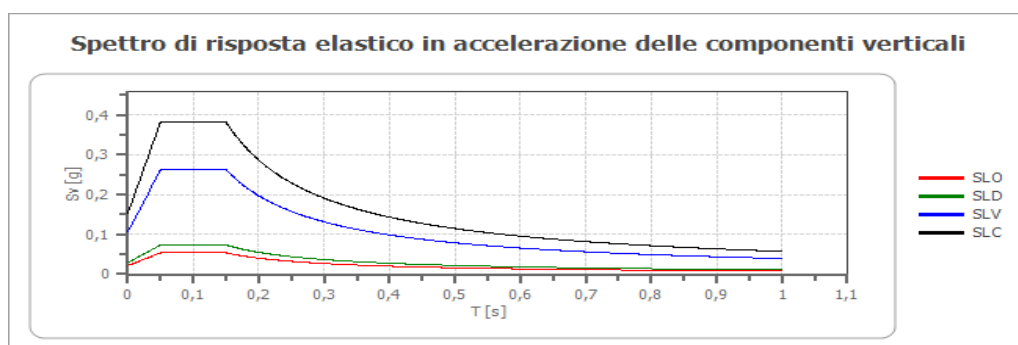


	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,051	2,459	0,289	1,200	1,410	1,400	1,680	1,000	0,136	0,407	1,804	0,086	0,211
SLD	1,0	0,062	2,506	0,320	1,200	1,380	1,400	1,680	1,000	0,147	0,441	1,849	0,104	0,262
SLV	1,0	0,146	2,490	0,428	1,200	1,300	1,400	1,680	1,000	0,186	0,557	2,184	0,245	0,611
SLC	1,0	0,188	2,477	0,449	1,200	1,290	1,400	1,680	1,000	0,193	0,579	2,352	0,316	0,783

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1,000



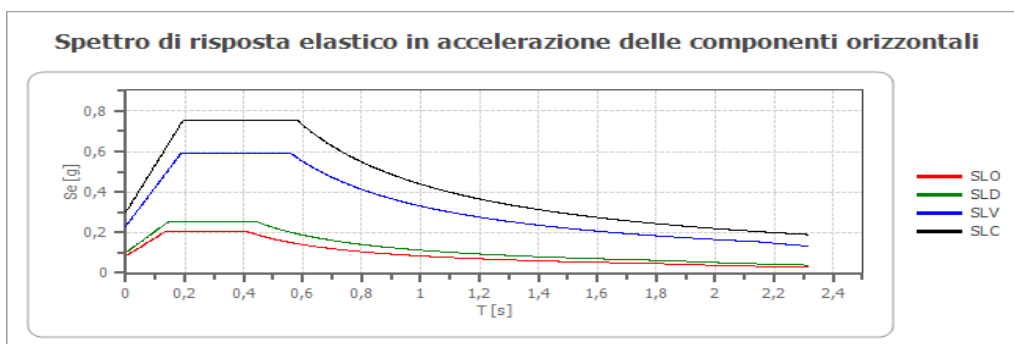
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,051	2,459	0,289	1	1,410	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,022	0,054
SLD	1,0	0,062	2,506	0,320	1	1,380	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,029	0,073
SLV	1,0	0,146	2,490	0,428	1	1,300	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,105	0,263
SLC	1,0	0,188	2,477	0,449	1	1,290	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,154	0,382

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO – MZ06 NEW

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,017	0,020	0,056	0,072
kv	0,008	0,010	0,028	0,036
amax [m/s ²]	0,822	0,996	2,277	2,947
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,050	2,461	0,289	1,200	1,410	1,400	1,680	1,000	0,136	0,408	1,800	0,084	0,206
SLD	1,0	0,060	2,516	0,319	1,200	1,380	1,400	1,680	1,000	0,147	0,440	1,842	0,102	0,256
SLV	1,0	0,138	2,545	0,431	1,200	1,300	1,400	1,680	1,000	0,187	0,560	2,153	0,232	0,591
SLC	1,0	0,179	2,510	0,451	1,200	1,290	1,400	1,680	1,000	0,194	0,582	2,316	0,301	0,754

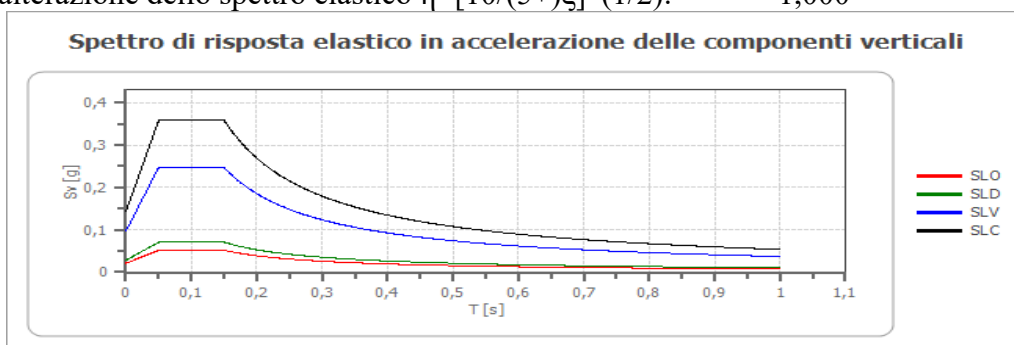
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ :

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$:

1,000



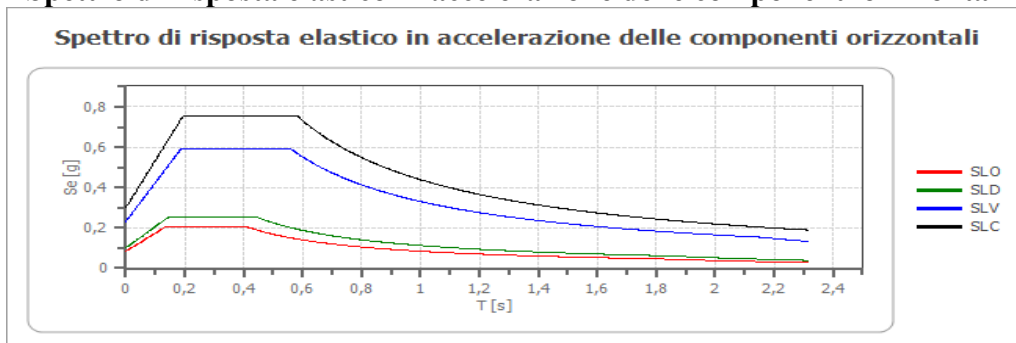
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,050	2,461	0,289	1	1,410	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,021	0,052
SLD	1,0	0,060	2,516	0,319	1	1,380	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,028	0,071
SLV	1,0	0,138	2,545	0,431	1	1,300	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,097	0,247
SLC	1,0	0,179	2,510	0,451	1	1,290	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,143	0,359

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO – MZ07 NEW

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,017	0,020	0,056	0,072
kv	0,008	0,010	0,028	0,036
amax [m/s ²]	0,822	0,996	2,276	2,946
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,050	2,461	0,289	1,200	1,410	1,400	1,680	1,000	0,136	0,408	1,800	0,084	0,206
SLD	1,0	0,060	2,516	0,319	1,200	1,380	1,400	1,680	1,000	0,147	0,440	1,842	0,102	0,256
SLV	1,0	0,138	2,547	0,430	1,200	1,300	1,400	1,680	1,000	0,187	0,560	2,153	0,232	0,591
SLC	1,0	0,179	2,511	0,451	1,200	1,290	1,400	1,680	1,000	0,194	0,581	2,315	0,300	0,755

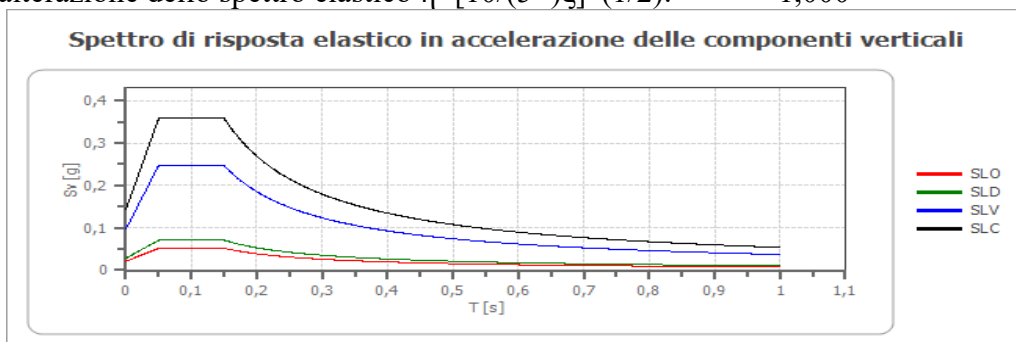
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ :

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$:

1,000



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,050	2,461	0,289	1	1,410	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,021	0,052
SLD	1,0	0,060	2,516	0,319	1	1,380	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,028	0,071
SLV	1,0	0,138	2,547	0,430	1	1,300	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,097	0,247
SLC	1,0	0,179	2,511	0,451	1	1,290	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,143	0,359

8.0 CONCLUSIONI

Il progetto dell'integrale ricostruzione del Parco Eolico IR8 nel Comune di Montazzoli (CH) prevede l'adeguamento tecnico dell'impianto mediante un intervento di repowering delle torri esistenti e la riduzione numerica degli aerogeneratori.

Il progetto consiste, infatti, nello smantellamento dei 16 aerogeneratori esistenti e nella nuova installazione di soli 7 aerogeneratori, con relative piazzole, cabine di macchina e stradine di accesso alle piazzole stesse.

Con la nuova soluzione installativa (7 aerogeneratori da 4,5 MW) viene favorito il riutilizzo di piazzole esistenti: 6 aerogeneratori verranno posizionati in corrispondenza di piazzole già realizzate e solo per un aerogeneratore ne verrà realizzata una nuova.

Il posizionamento delle nuove torri è stato definito in modo da insistere su aree caratterizzate da condizioni di stabilità favorevoli: esse saranno ubicate in aree sub-pianeggianti del crinale, in modo da assicurare un'adeguata stabilità e minimizzare i movimenti terra per la realizzazione/adeguamento delle piazzole e della viabilità.

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-marnoso, formato da alternanze di calcari, calcareniti e marne calcaree.

Le aree interessate dalle 7 nuove colonne (dalla MZ01 new alla MZ07 new) sono ubicate sul crinale allungato all'incirca in direzione N-S con la cima più alta di 1363 m s.l.m. di M. Fischietto.

In particolare, l'impianto può essere distinto in una parte a sud (da MZ01 new a MZ04 new) da realizzare sulle zone di cresta della dorsale di Guidone e una parte a Nord (da MZ05 new a MZ07 new) sul crinale di Monte Fischietto, entrambe località ubicate a occidente dell'abitato di Montazzoli.

Sia la parte sud della dorsale (Guidone), sia il crinale nord, M. Fischietto, sono incisi, sia sul versante occidentale che su quello orientale, da piccoli fossi che costituiscono dei reticoli di forma dendritica. Si tratta di accenni di impluvi e di modeste incisioni, che risentono delle precipitazioni stagionali e sono asciutti per la maggior parte dell'anno.

Nell'area della dorsale interessata dall'impianto, e nelle aree circostanti, non sono presenti corsi d'acqua perenni, né sorgenti, né invasi.

Per la ricostruzione dei modelli geologico, geotecnico e sismico di ciascuna area di sedime dei nuovi aerogeneratori, sono state eseguite indagini geognostiche in situ, prove geotecniche in foro di sondaggio e di laboratorio e prospezioni sismiche, sia lineari (MASW) sia in foro di sondaggio

(down hole).

I prospetti stratigrafici ed i risultati delle prove eseguite, riassunti e commentati nella presente relazione nei capitoli 5, 6 e 7, vengono riportati nell'allegato quaderno delle indagini a cui si rimanda per informazioni più dettagliate.

Alla luce dello studio eseguito, si ritiene che le aree direttamente interessate dalla realizzazione delle nuove colonne eoliche non presentano particolari criticità geologiche, in quanto ubicate sulla superficie sommitale della dorsale, rappresentate da siti sub-pianeggianti e caratterizzate da buone condizioni di stabilità generale.

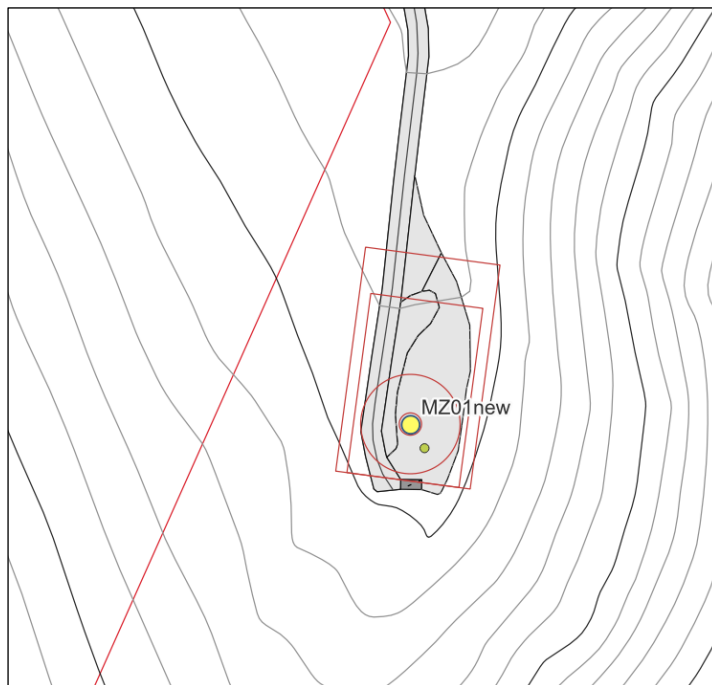
Geol. Nicola Tullo



SCHEDE SITI NUOVI AEROGENERATORI

AEROGENERATORE:

MZ01 new (41.9065671 - 14.4073472)



Ubicazione indagini in sito



SONDAGGIO	PERFORAZIONE	PROF (ml)	LAT/LONG	ALT (m s.l.m.)
MZ01new1 (DOWN HOLE)	0.00-3.50: Carotaggio Continuo in modalità ambientale; 3.50-30.00: Carotaggio Continuo	30	41.906639° 14.407333°	1251.08
MZ01new2	Carotaggio Continuo in modalità ambientale	3.50	41.906722° 14.407500°	1253.53
MZ01new3	Carotaggio Continuo in modalità ambientale	3.50	41.906806° 14.407389°	1253.01

Certificato n° 50 del 18 Settembre 2023

Committente: Edison Rinnovabili S.P.A.

Sondaggio: MZ01new1 + DH

Riferimento: Parco Eolico IR8 - Montazzoli (CH)

Data: 14 Settembre 2023

Coordinate: 41.9066422 14.4073428

Quota: 1251.08 m s.l.m.

Perforazione: A carotaggio continuo

SCALA 1:150

STRATIGRAFIA - MZ01new1 + DH

Pagina 1/1

Ø mm	R v	P z	A	metri	LITOLOGIA	Campioni	Standard Penetration Test	RQD %	Cass.	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	metri batt.	RP
m	S.P.T.	N	0 --- 100											
1										0.5	0.5	Terreno di riporto, detrito calcareo sabbioso grigio e biancastro	1	
2												Calcare marnoso biancastro, fratturato	2	
3									1	2.7	2.2		3	
4										3.5	0.9	Marne localmente argillose grigio-verdastre, tenere, umide, fratturate e straterellate, consistenza da solida a solido/plastica	4	
5												Trovante calcareo grigio e biancastro	5	
6										6.2	2.6	Marne localmente argillose grigio-verdastre, tenere, umide, fratturate e straterellate, consistenza da solida a solido/plastica	6	
7										7.0	0.8	Calcare grigiastro molto fratturato	7	
8									2	7.5	0.5	Marne localmente argillose biancastre, tenere, umide, fratturate e straterellate, consistenza da solida a solido/plastica	8	
9												Calcare e calcarenite biancastro, molto fratturato, in strati di massimo 5-8cm	9	
10										9.9	2.4	Marne grigio-verdastre, umide, con intercalazioni calcaree centimetriche fratturate	10	
11													11	
12									3	11.8	1.9	Alternanze di calcare biancastro e calcarenite grigio chiaro, in strati da 4-5cm fino a massimo 8cm, localmente molto fratturati; locale presenza di fenomeni di ricristallizzazione.	12	
13												A partire dalla progressiva di 25.50m, gli strati sono più spessi, meno fratturati, a prevalenza calcarenitica	13	
14													14	
15													15	
16													16	
17									4				17	
18													18	
19													19	
20													20	
21													21	
22									5				22	
23													23	
24													24	
25													25	
26													26	
27													27	
28									6	27.6	15.8	Calcare biancastro fratturato, alternato a calcare marnoso grigio chiaro, fratturato	28	
29													29	
30										30.0	2.4		30	

Il Responsabile di sito

Dott. Geol. I. Michele Di Iorio

Il Direttore

Dott. Geol. Gennaro Carlone



0 - 5 m



5 - 10 m



10 - 15 m



15 - 20 m



20 - 25 m



25 - 30 m

PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

<i>Campione</i>	<i>Prof. prelievo</i>	<i>Descrizione</i>
MZ01 new CR1	4.00 – 4.50	Argilla limosa con sabbia e ghiaia di colore variabile dal marroncino al verdastro con porzioni biancastre.
MZ01 new CR2	7.00-7.40	Ghiaia con sabbia, limo e argilla di colore marroncino-biancastro

SONDAGGIO:		MZ01	MZ01
CAMPIONE:		CR1	CR2
Prof. da m. a m. :		4.0-4.5	7.0-7.4
<i>Peso specifico dei grani</i>	[g/cmc]	2.70	2.70
<i>Granulometria</i>	<i>Ghiaia</i> [%]	11.63	40.97
	<i>Sabbia</i> [%]	12.89	23.59
	<i>Limo</i> [%]	36.18	21.18
	<i>Argilla</i> [%]	39.30	14.26

PROSPEZIONE SISMICA “DOWN HOLE”
VELOCITA' ONDE P

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]
1	4	396
2	18	1268
3	30	1871

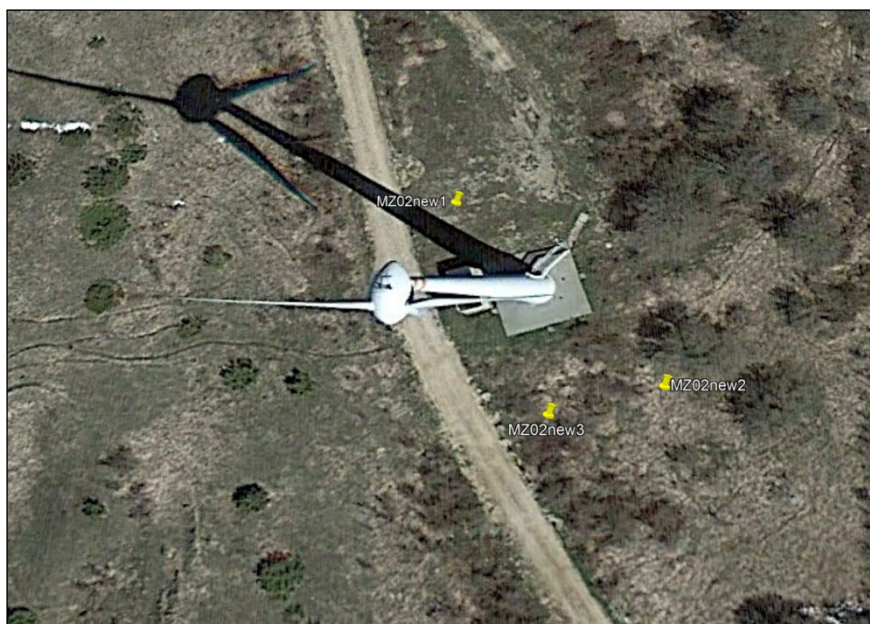
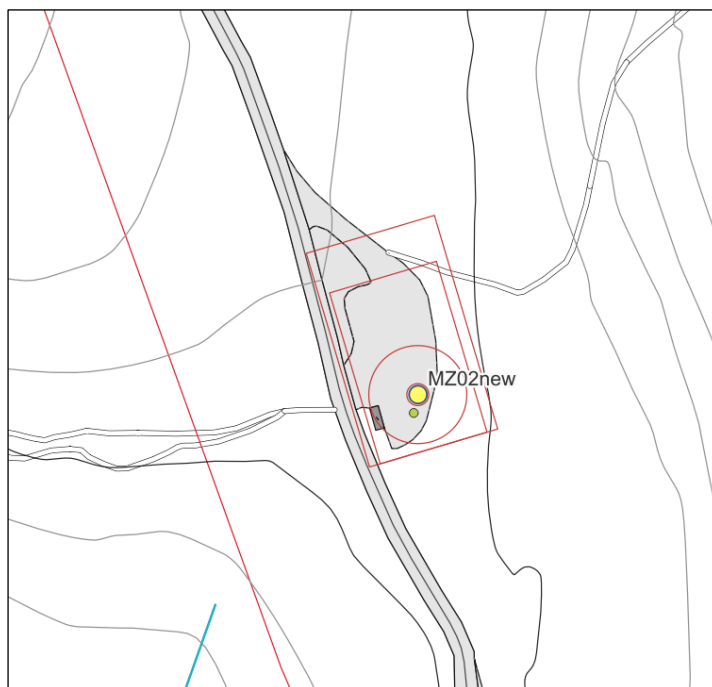
PARAMETRI ONDE SX

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]	Poisson [-]	Shear [kPa]	Young [kPa]	Bulk [kPa]
1	4	156	0.37	48672.0	133361	170975
2	18	488	0.38	476288	1314554	1825769
3	30	650	0.40	845000	2366000	3943333

Profondità (m)	V _{s,eq} (m/s)
0-30	412

AEROGENERATORE:

MZ02 new (41.9103398 - 14.4061375)



Ubicazione indagini in sito



SONDAGGIO	PERFORAZIONE	PROF (ml)	LAT/LONG	ALT (m s.l.m.)
MZ02new1	0.00-3.50: Carotaggio Continuo in modalità ambientale; 3.50-20.00: Carotaggio Continuo	20	41.910389° 14.406028°	1275.36
MZ02new2	Carotaggio Continuo in modalità ambientale	3.50	41.910194° 14.406278°	1272.85
MZ02new3	Carotaggio Continuo in modalità ambientale	3.50	41.910167° 14.406139°	1274.90

Certificato n° 50 del 18 Settembre 2023

Committente: Edison Rinnovabili S.P.A.

Sondaggio: MZ02new1

Riferimento: Parco Eolico IR8 - Montazzoli (CH)

Data: 12 Settembre 2023

Coordinate: 41.9103837 14.4060317

Quota: 1275.36 m s.l.m.

Perforazione: A carotaggio continuo

SCALA 1:100

STRATIGRAFIA - MZ02new1

Pagina 1/1

Ø mm	R v	P Z	A	metri	LITOLOGIA	Campioni	Standard Penetration Test m	S.P.T.	N	RQD % 0 --- 100	Cass.	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	metri batt.	RP
				1								1,0	1,0	Materiale di riporto sabbioso-limoso con ciottolame grigio e rosato	1	
				2		AMB) Dis 2,00 3,00					1			Marne arenacee avana e verdastro, molto fratturate	2	
				3												
				4								3,9	2,9			
				5		CR1) Rim 5,00 5,50						4,6	0,7	Calcare e calcare marnoso grigio e grigio chiaro, molto fratturato	4	
				6										Marne lievemente arenacee grigio-verdastre	5	
				7								5,5	0,9			
				8										Calcare e calcarenite grigio e avana, molto fratturato	6	
				9								7,2	1,7			
				10			7,5	17-6cm	Rif		2			Marne grigie e lievemente rosate, straterellate, con locale presenza di sottili livelletti calcarei fratturati centimetrici	7	
				11		CR2) Rim 9,00 9,60										
				12								9,6	2,4			
				13										Calcare e calcarenite grigio e rosato, molto fratturato	8	
				14								10,5	0,9			
				15								10,9	0,4	Marne grigie e lievemente rosate, straterellate, con locale presenza di sottili livelletti calcarei fratturati centimetrici	9	
				16								11,4	0,5			
				17							3			Calcare e calcarenite grigio, molto fratturato	10	
				18										Marne avana e rosato, con locali intervalli di calcare e calcarenite grigia di 2-3cm, molto fratturato	11	
				19												
				20								15,0	3,6			
				21								15,5	0,5	Calcare e calcarenite grigio, molto fratturato	12	
				22										Marne avana e grigio-verdastro, con intervalli calcarei molto fratturati, in livelletti di 4-5cm	13	
				23												
				24							4	17,6	2,1			
				25										Calcare e calcarenite a grana fine grigio, fratturato, con presenza di fenomeni di ricristallizzazione	14	
				26								18,4	0,8			
				27										Marne avana e marroncino, poco umide, con intervalli calcarei e calcareo-marnosi marroncino di qualche centimetro di spessore	15	
101				28								20,0	1,6			

Il Responsabile di sito

Dott. Geol. I. Michele Di Iorio

Il Direttore

Dott. Geol. Gennaro Carlone



0 - 5 m



5 - 10 m



10 - 15 m



15 - 20 m

PROVE STANDARD PENETRATION TEST

Prova	Prof. (m)	N _{SPT} Corretto	γ' (t/m ³)	γ_s (t/m ³)	ϕ' (°)	Cu (Kg/cm ²)	Ed (Kg/cm ²)	Y (Kg/cm ²)	ν	G (Kg/cm ²)	Dr (%)
1	7.50	Rif.	1,91	2,18	45	--	305,60	375,00	0,23	1525,32	55,66

Cu - Coesione non drenata

Ed - Modulo Edometrico

Y - Modulo di Young

γ' - Peso unità di volume

γ_s - Peso unità di volume saturo

Dr - Densità relativa

Φ' - Angolo di resistenza al taglio

G - Modulo di def. a taglio dinamico

ν - Modulo di Poisson

PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

<i>Campione</i>	<i>Prof. prelievo</i>	<i>Descrizione</i>
MZ02 new CR1	5.00-5.50	Ghiaia con limo, argilla e sabbia di colore variabile dal marroncino al verdastro
MZ02 new CR2	18.00-18.50	Ghiaia con sabbia, limo e argilla di colore variabile dal marroncino al marrone

SONDAGGIO:		MZ02	MZ02
CAMPIONE:		CR1	CR2
Prof. da m. a m. :		5.0-5.5	9.0-9.5
<i>Peso specifico dei grani</i>	[g/cm ³]	2.70	2.70
<i>Granulometria</i>			
<i>Ghiaia</i>	[%]	35.10	51.85
<i>Sabbia</i>	[%]	19.59	20.54
<i>Limo</i>	[%]	23.97	14.19
<i>Argilla</i>	[%]	21.34	13.42

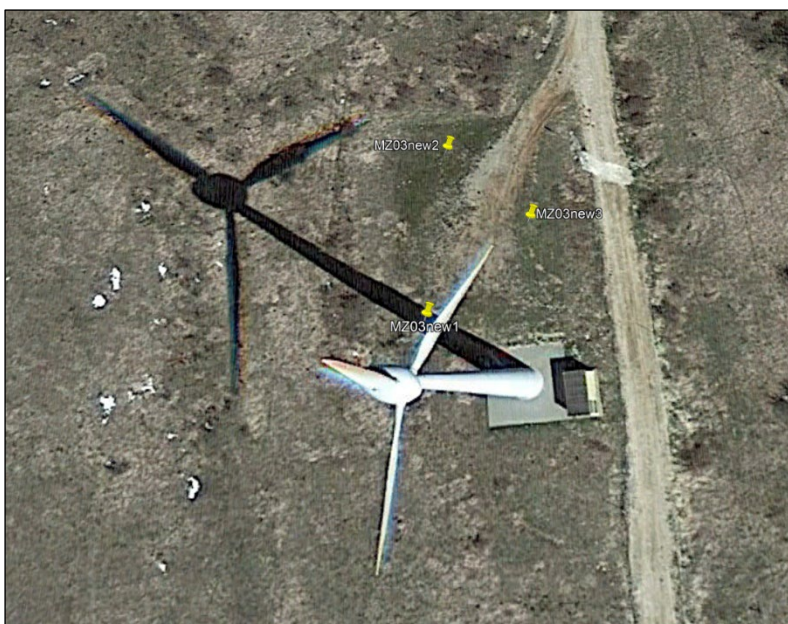
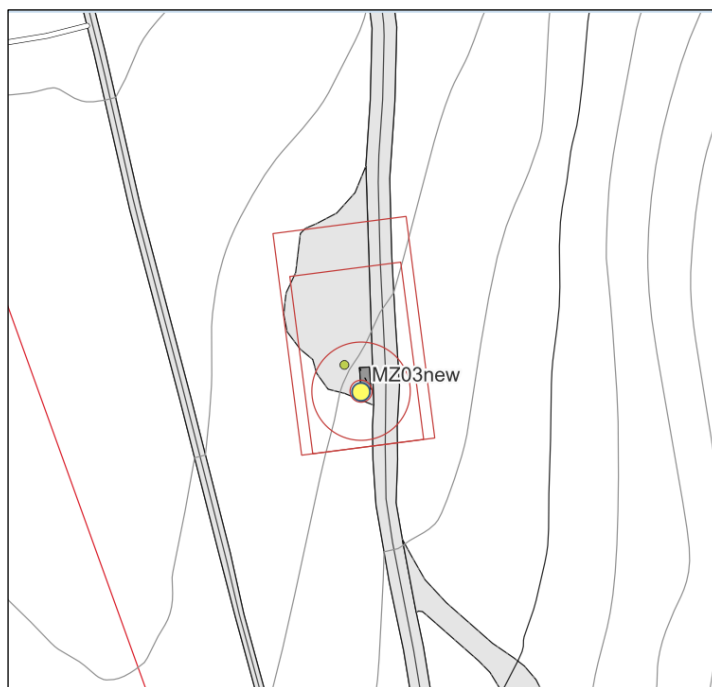
PROSPEZIONE SISMICA "M.A.S.W."

Strat o	Spessore (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densità ρ (kg/m ³)	Poisson ν	Modulo di taglio G (kPa)	Modulo di Young E (kPa)	Modulo di incompressibilità K (kPa)
1	1,20	676	212	1600	0,45	71910	207887	635281
2	3,60	879	361	1700	0,40	221546	619687	1018095
3	25,20	1280	677	1900	0,31	870825	2274255	1951860

Profondità (m)	Vs,eq (m/s)
0-30	568

AEROGENERATORE:

MZ03 new (41.9140799 - 14.4045396)



Ubicazione indagini in sito



SONDAGGIO	PERFORAZIONE	PROF (ml)	LAT/LONG	ALT (m s.l.m.)
MZ03new1	0.00-3.50: Carotaggio Continuo in modalità ambientale; 3.50-20.00: Carotaggio Continuo	20	41.914194° 14.404361°	1310.73
MZ03new2	Carotaggio Continuo in modalità ambientale	3.50	41.914389° 14.404389°	1310.20
MZ03new3	Carotaggio Continuo in modalità ambientale	3.50	41.914306° 14.404500°	1310.04

Certificato n° 50 del 18 Settembre 2023

Committente: Edison Rinnovabili S.P.A.

Sondaggio: MZ03new1

Riferimento: Parco Eolico IR8 - Montazzoli (CH)

Data: 11 Settembre 2023

Coordinate: 41.914194 14.404361

Quota: 1310.71 m s.l.m.

Perforazione: A carotaggio continuo

SCALA 1:100

STRATIGRAFIA - MZ03new1

Pagina 1/1

Ø mm	R v	P z	A	metri	LITOLOGIA	Campioni	Standard Penetration Test			RQD %	Cass.	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	metri batt.	RP
m							m	S.P.T.	N	0 --- 100						
				1								0,6	0,6	Materiale di riporto sabbioso-ciottoloso grigio e rosato	1	
				2		AMB) Dis 2,00 3,00					1			Livello arenaceo-marnoso grigio-verdastro, con sottili intervalli calcarenitici centimetrici	2	
				3												
				4			3,7	8-13-22	35			3,6	3,0	Marne grigio-verdastro e avana, con livelli calcareo-marnosi centimetrici, straterellati	4	
				5		CR1) Rim 4,40 4,80										
				6			6,0	14-22-40	62							
				7							2					
				8												
				9								8,5	4,9	Calcari, calcareniti e calcari marnosi grigio e biancastro, in strati centimetrici, molto fratturati	9	
				10												
				11												
				12								12,0	3,5	Marne lievemente arenacee avana, sottilmente straterellate, fratturate	12	
				13							3	12,5	0,5	Calcari grigio e avana, molto fratturati	13	
				14								13,0	0,5	Marne grigio e biancastro con intervalli calcarei centimetrici, fratturati	14	
				15												
				16								16,1	3,1	Calcari e calcareniti grigio, grigio-verdastro e marroncino, molto fratturati	16	
				17							4					
				18								17,8	1,7	Marne localmente arenacee grigio-verdastro e avana, con intercalazioni calcaree centimetriche, fratturate	18	
				19												
				20								19,4	1,6	Calcare biancastro, fratturato	19	
101				20								20,0	0,6		20	

Il Responsabile di sito

Dott. Geol. I. Michele Di Iorio

Il Direttore

Dott. Geol. Gennaro Carlone



0 - 5 m



5 - 10 m



10 - 15 m



15 - 20 m

PROVE STANDARD PENETRATION TEST

Prova	Prof. (m)	N _{SPT} Corretto	γ' (t/m ³)	γ_s (t/m ³)	ϕ' (°)	Cu (Kg/cm ²)	Ed (Kg/cm ²)	Y (Kg/cm ²)	ν	G (Kg/cm ²)	Dr (%)
1	3.70	21,00	1,61	2,00	32,75	--	131,66	180,00	0,31	803,13	42,33
2	6.00	37,20	1,76	2,10	38,62	--	203,91	261,00	0,28	1138,97	49,11

Cu - Coesione non drenata

Ed - Modulo Edometrico

Y - Modulo di Young

γ' - Peso unità di volume

γ_s - Peso unità di volume saturo

Dr - Densità relativa

Φ' - Angolo di resistenza al taglio

G - Modulo di def. a taglio dinamico

ν - Modulo di Poisson

PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

<i>Campione</i>	<i>Prof. prelievo</i>	<i>Descrizione</i>
MZ03 new CR1	4.40-4.80	Limo argilloso con sabbia e ghiaia di colore variabile dal marrone al marroncino-verdastro

SONDAGGIO:		MZ03
CAMPIONE:		CR1
Prof. da m. a m. :		4.4-4.8
<i>Peso specifico dei grani</i>	[g/cmc]	2.70
<i>Granulometria</i>		
<i>Ghiaia</i>	[%]	10.81
<i>Sabbia</i>	[%]	18.73
<i>Limo</i>	[%]	37.58
<i>Argilla</i>	[%]	32.93

PROSPEZIONE SISMICA "M.A.S.W."

Strato	Spessore (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densità ρ (kg/m ³)	Poisson ν	Modulo di taglio G (kPa)	Modulo di Young E (kPa)	Modulo di incompressibilità K (kPa)
1	2,20	577	225	1600	0,41	81000	228474	424686
2	1,10	1021	450	1700	0,38	344250	949755	1313150
3	3,10	1104	552	1800	0,33	548467	1462579	1462579
4	23,60	1266	620	1900	0,34	730360	1960646	2071423

Profondità (m)	Vs,eq (m/s)
0-30	537

AEROGENERATORE:

MZ04 new (41.9180461 - 14.4028788)



Ubicazione indagini in sito



SONDAGGIO	PERFORAZIONE	PROF (ml)	LAT/LONG	ALT (m s.l.m.)
MZ04new1 (DOWN HOLE)	0.00-3.50: Carotaggio Continuo in modalità ambientale; 3.50-30.00: Carotaggio Continuo	30	41.918111° 14.402861°	1358.40
MZ04new2	Carotaggio Continuo in modalità ambientale	3.50	41.918306° 14.402806°	1360.85
MZ04new3	Carotaggio Continuo in modalità ambientale	3.50	41.918222° 14.402944°	1358.70

Certificato n° 50 del 18 Settembre 2023

Committente: Edison Rinnovabili S.P.A.

Sondaggio: MZ04new1 + DH

Riferimento: Parco Eolico IR8 - Montazzoli (CH)

Data: 8 Settembre 2023

Coordinate: 41.918111 14.402861

Quota: 1358.40 m s.l.m.

Perforazione: A carotaggio continuo

SCALA 1:150

STRATIGRAFIA - MZ04new1 + DH

Pagina 1/1

Ø mm	R v	P z	A	metri	LITOLOGIA	Campioni	Standard Penetration Test m	S.P.T.	N	RQD % 0 --- 100	Cass.	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	metri batt.	RP
				1								0.5	0.5	Ripporto limoso-sabbioso, con ciottolame calcareo biancastro	1	
				2		AMB) Dis 2.00 3.00					1			Marne grigio-verdastre, localmente grigio scuro, molto fratturate	2	
				3											3	
				4			4,3	11-23-41	64						4	
				5											5	
				6			6,2	7-10-10	20						6	
				7							2				7	
				8		Cl1) Ind< 7.50 8.00	8,0	8-13-24	37						8	
				9											9	
				10								10.8	0.4	Livello calcareo-marnoso grigio-avana, fratturato	10	
				11								11.0	1.0	Marne grigio-verdastre, localmente grigio scuro, molto fratturate	11	
				12								12.0	1.0	Calcarei marnosi grigio e grigio chiaro, recuperati in strati di 60-70cm	12	
				13							3			Marne grigio-verdastre e avana, con intercalazioni calcareo-marnose fratturate	13	
				14											14	
				15											15	
				16								16.2	4.2		16	
				17								17.0	0.8	Alternanza di calcare marnoso grigio in strati di 10-12cm e calcarenite avana, il tutto molto fratturato	17	
				18							4			Marne grigio e avana, con intercalazioni calcareo-marnose centimetriche	18	
				19								19.2	2.2		19	
				20								20.3	1.1	Calcare marnoso grigio chiaro, fratturato, con presenza di fenomeni di ricristallizzazione; con intercalazioni di marne grigio, straterellate	20	
				21										Marne avana e marroncino, con presenza di rade intercalazioni di livelli calcarei fratturati	21	
				22		CR1) Ind< 22.30 22.70					5				22	
				23								23.6	3.3		23	
				24										Marne, localmente marne argillose, grigio, straterellate, poco umide, consistenza solida	24	
				25											25	
				26											26	
				27								27.0	3.4		27	
				28							6	27.3	0.3	Marne avana e marroncino	28	
				29								28.6	1.3	Calcareniti grigio e avana, fratturate, sottilmente straterellate	29	
				30								30.0	1.4	Marne grigio chiaro e grigio-verdastro	30	

Il Responsabile di sito

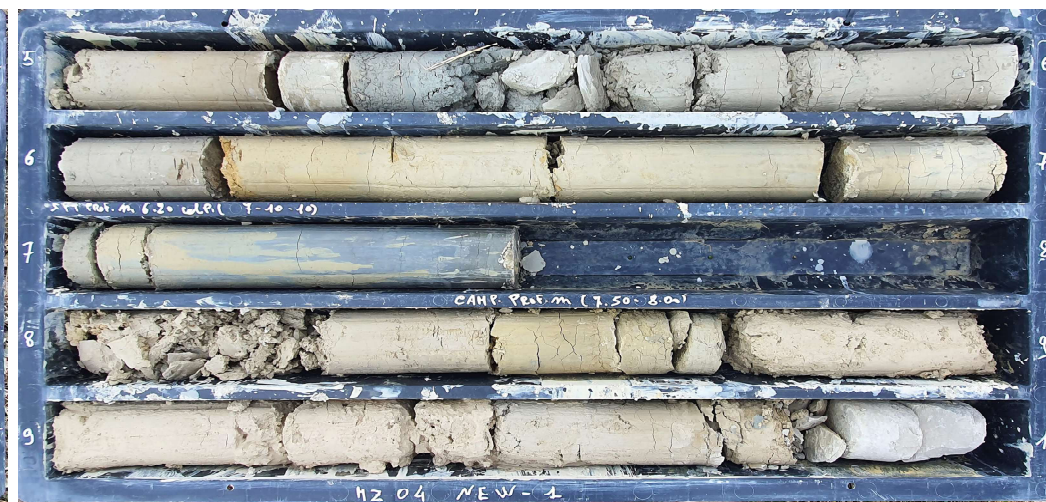
Dott. Geol. I. Michele Di Iorio

Il Direttore

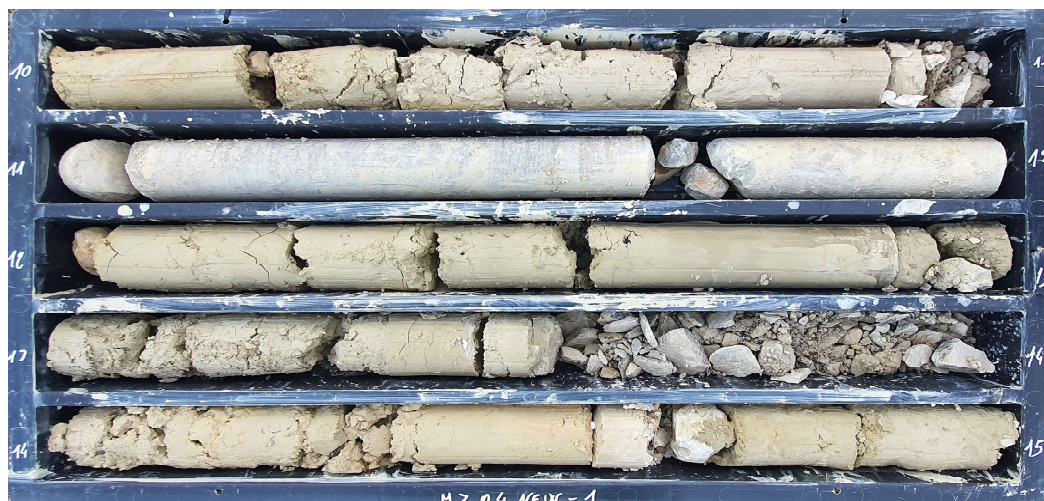
Dott. Geol. Gennaro Carlone



0 - 5 m



5 - 10 m



10 - 15 m



15 - 20 m



20 - 25 m



25 - 30 m

PROVE STANDARD PENETRATION TEST

Prova	Prof. (m)	N _{SPT} Corretto	γ' (t/m ³)	γ_s (t/m ³)	ϕ' (°)	Cu (Kg/cm ²)	Ed (Kg/cm ²)	Y (Kg/cm ²)	ν	G (Kg/cm ²)	Dr (%)
1	4.30	38,40	1,77	2,10	39	--	209,26	267,00	0,28	1161,28	53,8
2	6.20	12,00	1,60	1,94	28,42	--	91,52	135,00	0,33	570,54	24,51
3	8.00	22,20	1,62	2,01	33,25	--	137,01	186,00	0,31	830,87	33,35

Cu - Coesione non drenata

Ed - Modulo Edometrico

Y - Modulo di Young

γ' - Peso unità di volume

γ_s - Peso unità di volume saturo

Dr - Densità relativa

Φ' - Angolo di resistenza al taglio

G - Modulo di def. a taglio dinamico

ν - Modulo di Poisson

PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Campione	Prof. prelievo	Descrizione
MZ04 new CI1	7.50-8.00	Argilla limosa debolmente sabbiosa di colore variabile dal marroncino al verdastro
MZ04 new CR1	22.30-22.70	Ghiaia con limo, sabbia e argilla di colore marroncino

SONDAGGIO:		MZ04	MZ04
CAMPIONE:		CI1	CR1
Prof. da m. a m. :		7.5-8.0	22.3-22.7
<i>Contenuto nat. d'acqua</i>		[%]	16.0
<i>Densità naturale</i>		[g/cmc]	1.86
<i>Peso specifico dei grani</i>		[g/cmc]	2.71
<i>Densità secca</i>		[g/cmc]	1.60
<i>Limite liquido</i>		[%]	65.1
<i>Limite plastico</i>		[%]	19.1
<i>Indice di plasticità</i>		[%]	46.0
<i>Indice di consistenza</i>			1.07
<i>Granulometria</i>			
Ghiaia		[%]	2.05
Sabbia		[%]	5.15
Limo		[%]	43.52
Argilla		[%]	49.28
TAGLIO DIRETTO			
<i>Angolo d'attrito di picco</i>		[°]	22.83
<i>Coesione intercetta</i>		[kPa]	37.77
PROVA TRIASSIALE UU			
<i>Coesione non drenata</i>		[kPa]	320.0

PROVA EDOMETRICA

 Modulo edom. ($\sigma'_v = 200 \text{ kPa}$)

[kPa]

8493.5

 Modulo edom. ($\sigma'_v = 400 \text{ kPa}$)

[kPa]

9737.0

 Modulo edom. ($\sigma'_v = 800 \text{ kPa}$)

[kPa]

18685.7

 Modulo edom. ($\sigma'_v = 1600 \text{ kPa}$)

[kPa]

34649.0

 Modulo edom. ($\sigma'_v = 3200 \text{ kPa}$)

[kPa]

55659.6

PROSPEZIONE SISMICA “DOWN HOLE”
VELOCITA' ONDE P

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]
1	3	402
2	14	814
3	30	1359

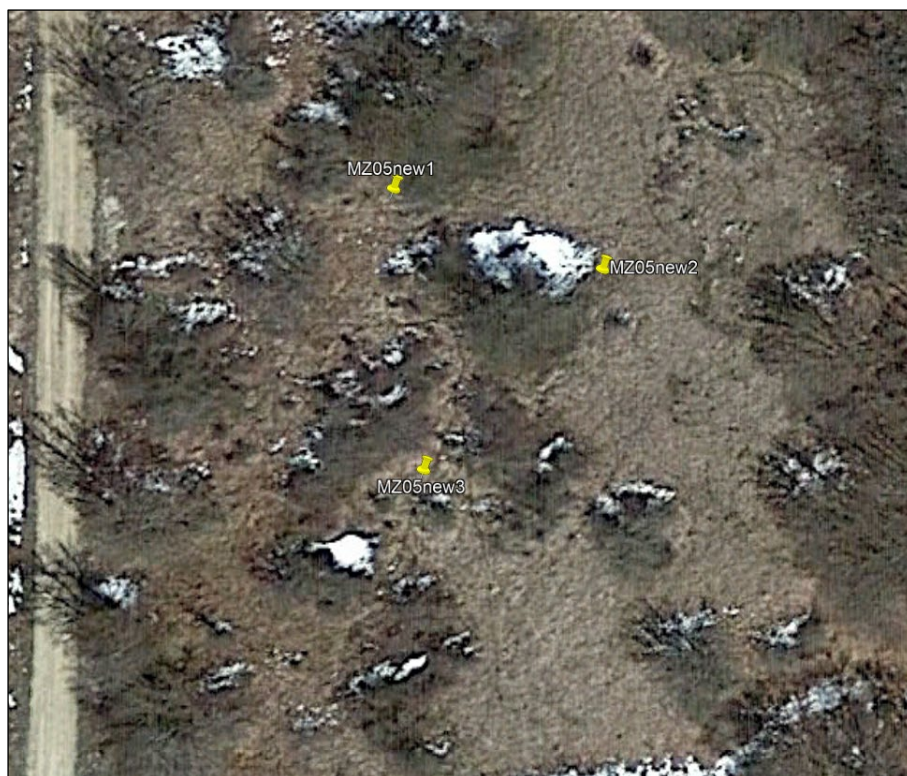
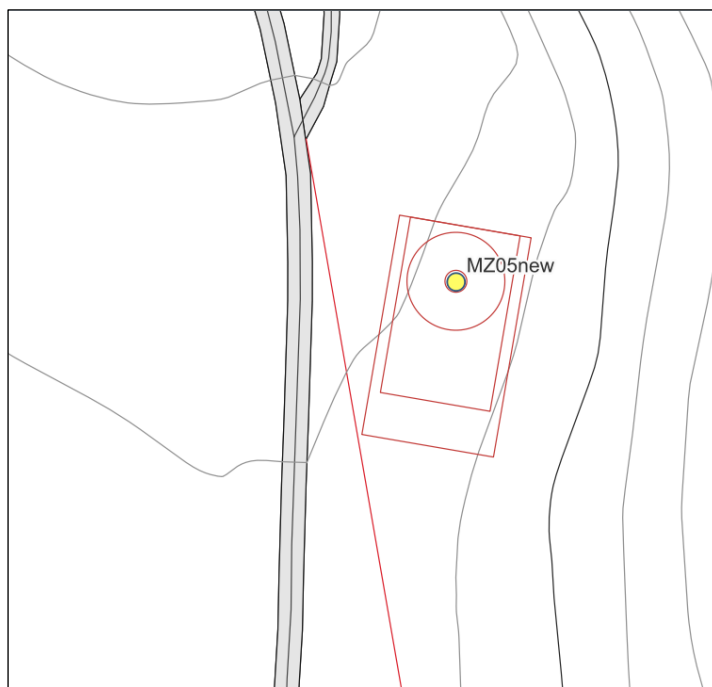
PARAMETRI ONDE SX

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]	Poisson [-]	Shear [kPa]	Young [kPa]	Bulk [kPa]
1	3	189	0.31	71442.0	187178..	164191
2	14	603	0.48	29282.0	86674.0	722282
3	30	635	0.31	806450	2112899.0	1853420

Profondità (m)	Vs,eq (m/s)
0-30	506

AEROGENERATORE:

MZ05 new (41.9218756 - 14.4019848)



Ubicazione indagini in sito



SONDAGGIO	PERFORAZIONE	PROF (ml)	LAT/LONG	ALT (m s.l.m.)
MZ05new1	0.00-3.50: Carotaggio Continuo in modalità ambientale; 3.50-20.00: Carotaggio Continuo	20	41.921806° 14.401889°	1381.53
MZ05new2	Carotaggio Continuo in modalità ambientale	3.50	41.921750° 14.402083°	1379.90
MZ05new3	Carotaggio Continuo in modalità ambientale	3.50	41.921611° 14.401917°	1379.95

Certificato n° 50 del 18 Settembre 2023

Committente: Edison Rinnovabili S.P.A.

Sondaggio: MZ05new1

Riferimento: Parco Eolico IR8 - Montazzoli (CH)

Data: 04 Settembre 2023

Coordinate: 41.921806 14.401889

Quota: 1381.53 m s.l.m.

Perforazione: A carotaggio continuo

SCALA 1:100

STRATIGRAFIA - MZ05new1

Pagina 1/1

Ø mm	R v	P Z	A	metri	LITOLOGIA	Campioni	Standard Penetration Test			RQD %	Cass.	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	metri batt.	RP
							m	S.P.T.	N	0 --- 100						
				1								0,4	0,4	Terreno vegetale argilloso-limoso con ciottolame	1	
				2		AMB) Dis 2,00 3,00								Marne grigio, grigio-verdastro e biancastro, con intercalazioni calcaree di 3-4cm, fratturate	2	
				3							1					
				4			4,0	23-10cm	Rif							
				5												
				6												
				7								6,6	6,2	Calcare, calcarenite e calcare marnoso grigio, avana e marroncino, molto fratturato, con intercalazioni marnose avana alle progressive 7.90-8.10, 8.70-8.80, 9.50-9.60	7	
				8							2					
				9												
				10												
				11			10,8	28-6cm	Rif			10,3	3,7	Marne grigio-verdastro, consistenza pseudolapidea	11	
				12								10,8	0,5	Alternanze di marne localmente arenacee avana e livelli di calcare marnoso e calcarenite grigio-verdastro, fratturato, con spessori da centimetrici a decimetrici	12	
				13							3					
				14												
				15								14,6	3,8	Calcare e calcare marnoso avana e biancastro, in strati di 2-3cm (max 10cm), molto fratturato, a cui si intercalano sottili livelli marnosi, che assumono spessore di circa 10cm, alle progressive 16.50-16.60, 18.40-18.50	15	
				16							4					
				17												
				18												
				19												
101				20								20,0	5,4		20	

Il Responsabile di sito

Dott. Geol. I. Michele Di Iorio

Il Direttore

Dott. Geol. Gennaro Carlone



0 - 5 m



5 - 10 m



10 - 15 m



15 - 20 m

PROVE STANDARD PENETRATION TEST

Prova	Prof. (m)	N _{SPT} Corretto	γ' (t/m ³)	γ_s (t/m ³)	ϕ' (°)	Cu (Kg/cm ²)	Ed (Kg/cm ²)	Y (Kg/cm ²)	ν	G (Kg/cm ²)	Dr (%)
1	4.00	Rif.	1,91	2,18	45	--	305,60	375,00	0,23	1525,32	65,97
2	10.80	Rif.	1,91	2,18	45	--	305,60	375,00	0,23	1525,32	48,75

Cu - Coesione non drenata

Ed - Modulo Edometrico

Y - Modulo di Young

γ' - Peso unità di volume

γ_s - Peso unità di volume saturo

Dr - Densità relativa

Φ' Angolo di resistenza al taglio

G - Modulo di def. a taglio dinamico

ν - Modulo di Poisson

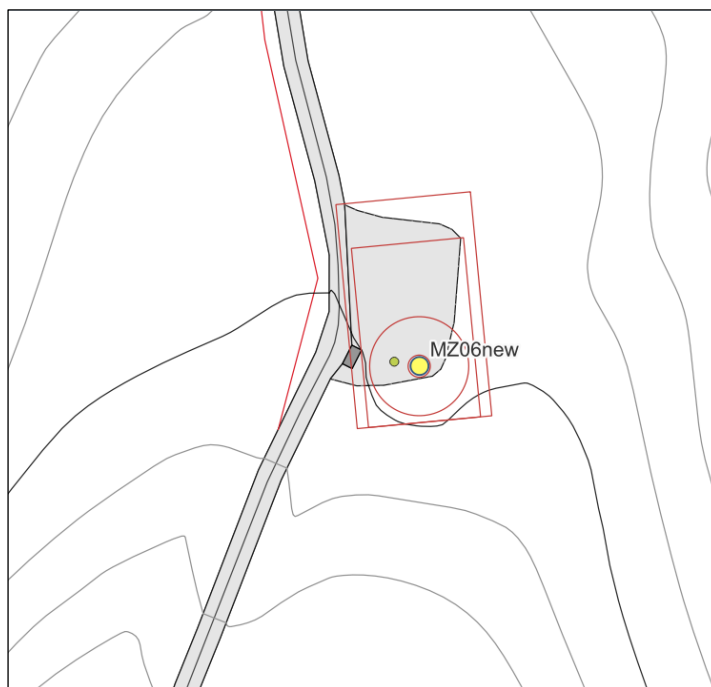
PROSPEZIONE SISMICA "M.A.S.W."

Strato	Spessore (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densità ρ (kg/m ³)	Poisson ν	Modulo di taglio G (kPa)	Modulo di Young E (kPa)	Modulo di incompressibilità K (kPa)
1	1,10	487	153	1500	0,45	35114	101495	308936
2	2,20	820	341	1700	0,40	197678	551700	879510
3	1,10	905	457	1800	0,33	375928	999113	973007
4	25,60	1293	690	1900	0,30	904590	2353598	1970393

Profondità (m)	Vs,eq (m/s)
0-30	564

AEROGENERATORE:

MZ06 new (41.9335296 - 14.4004191)



Ubicazione indagini in sito



SONDAGGI	MZ06 NEW - 1	Profondità raggiunta: 30 m Prove SPT: n. 10 Campioni per analisi chimiche: n.1 Attrezzato per: Down-Hole
	MZ06 NEW – 2 TRS	Profondità raggiunta: 3 m
	MZ06 NEW – 3 TRS	Profondità raggiunta: 3 m

Certificato n° 50 del 18 Settembre 2023

Committente: Edison Rinnovabili S.P.A.

Sondaggio: MZ06new1

Riferimento: Parco Eolico IR8 - Montazzoli (CH)

Data: 05 Settembre 2023

Coordinate: 41.933611 14.400417

Quota: 1325.21 m s.l.m.

Perforazione: A carotaggio continuo

SCALA 1:100

STRATIGRAFIA - MZ06new1

Pagina 1/1

Ø mm	R v	P Z	A	metri	LITOLOGIA	Campioni	Standard Penetration Test			RQD %	Cass.	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE		metri batt.	RP
m							m	S.P.T.	N	0 --- 100							
				1								0,7	0,7	Terreno umifero argilloso-limoso bruno con ciottolame			
				2								1,0	0,3	Livello calcareo biancastro fratturato		1	
				3										Marne avana, grigio e grigio-verdastro, con intercalati livelli calcarei centimetrici, fratturati; presenza di livello schiettamente calcareo grigio-verdastro alle progressive 2.60-2.80		2	
				4								3,3	2,3	Calcare grigio-biancastro, fratturato, con intercalazioni di livelli marnosi avana e biancastri		3	
				5												4	
				6								6,0	2,7			5	
				7			6,5	7-16-28	44					Marne avana, grigio e grigio-verdastro, con intercalati livelli calcarei centimetrici, fratturati		6	
				8								8,2	2,2			7	
				9										Calcarei e calcari marnosi avana e marroncino, fratturati in straterelli di 5-8cm, con intervalli marnosi alle progressive 9.00-9.15, 10.00-10.20, 11.40-11.50, 18.50-18.70, 18.90-19.00; presenza di locali fenomeni di ricristallizzazione		8	
				10												9	
				11												10	
				12												11	
				13												12	
				14												13	
				15												14	
				16												15	
				17												16	
				18												17	
				19												18	
				20								20,0	11,8			19	
101				20												20	

Il Responsabile di sito
Dott. Geol. I. Michele Di Iorio

Il Direttore
Dott. Geol. Gennaro Carlone



0 - 5 m



5 - 10 m



10 - 15 m



15 - 20 m

PROVE STANDARD PENETRATION TEST

Prova	Prof. (m)	N _{SPT} Corretto	γ' (t/m ³)	γ_s (t/m ³)	ϕ' (°)	Cu (Kg/cm ²)	Ed (Kg/cm ²)	Y (Kg/cm ²)	ν	G (Kg/cm ²)	Dr (%)
1	6.50	26,40	1,66	2,03	34,9	--	155,74	207,00	0,3	923,66	39,83

Cu - Coesione non drenata

Ed - Modulo Edometrico

Y - Modulo di Young

γ' - Peso unità di volume

γ_s - Peso unità di volume saturo

Dr - Densità relativa

Φ' Angolo di resistenza al taglio

G - Modulo di def. a taglio dinamico

ν - Modulo di Poisson

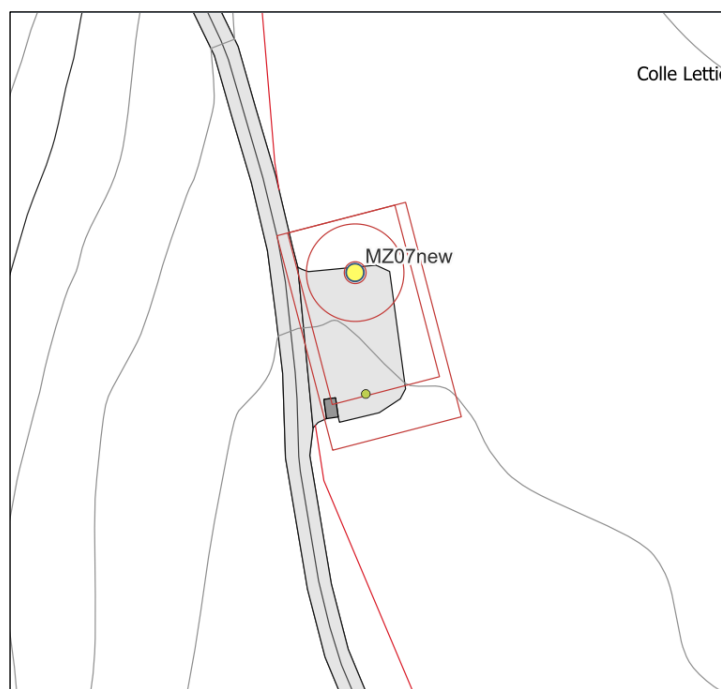
PROSPEZIONE SISMICA "M.A.S.W."

Strato	Spessore (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densità ρ (kg/m ³)	Poisson ν	Modulo di taglio G (kPa)	Modulo di Young E (kPa)	Modulo di incompressibilità K (kPa)
1	1,90	711	227	1500	0,44	77294	223108	655224
2	1,10	971	459	1800	0,36	379226	1028554	1191479
3	9,70	980	495	1800	0,33	441045	1172072	1140660
4	17,30	1194	631	1900	0,31	756506	1976361	1700034

Profondità (m)	Vs,eq (m/s)
0-30	519

AEROGENERATORE:

MZ07 new (41.9373614 - 14.3995055)



Ubicazione indagini in sito



SONDAGGIO	PERFORAZIONE	PROF (ml)	LAT/LONG	ALT (m s.l.m.)
MZ07new1 (DOWN HOLE)	0.00-3.50: Carotaggio Continuo in modalità ambientale; 3.50-30.00: Carotaggio Continuo	30	41.937389° 14.399444°	1287.80
MZ07new2	Carotaggio Continuo in modalità ambientale	3.50	41.937167° 14.399583°	1285.14
MZ07new3	Carotaggio Continuo in modalità ambientale	3.50	41.937278° 14.399389°	1287.50

Certificato n° 50 del 18 Settembre 2023

Committente: Edison Rinnovabili S.P.A.

Sondaggio: MZ07new1 + DH

Riferimento: Parco Eolico IR8 - Montazzoli (CH)

Data: 6 Settembre 2023

Coordinate: 41.937389 14.399444

Quota: 1287.80 m s.l.m.

Perforazione: A carotaggio continuo

SCALA 1:150

STRATIGRAFIA - MZ07new1 + DH

Pagina 1/1

Ø mm	R v	P Z	A	metri	LITOLOGIA	Campioni	Standard Penetration Test m	S.P.T.	N	RQD % 0 --- 100	Cass.	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	metri batt.	RP
				1										Terreno umifero argilloso-limoso bruno	1	
				2		AMB) Dis 2.00 3.00					1	1.6 2.0	1.5 0.4	Riporto calcareo ciottoloso biancastro, in scarsa matrice sabbiosa avana	2	
				3								2.7	0.7	Livello umifero argilloso-limoso bruno, umido	3	
				4								3.9	1.2	Calcare marnoso grigio e biancastro, fratturato	4	
				5		CR1) Rim 5.00 5.50	5,6	9-9-11	20			5.0	1.1	Marna avana e grigiastro, con intercalati livelli calcarei fratturati centimetrici; presenza di segni di ossidazione	5	
				6										Calcare marnoso grigio, fratturato, con intervallo marnoso decimetrico alle progressive 4.60-4.70	6	
				7										Marna grigio e avana, consistenza solida, con intercalazioni arenaceo-marnose e sporadici straterelli carbonatici fratturati centimetrici	7	
				8							2	7.4 7.7	2.4 0.3	Intervallo calcareo e calcareo-marnoso grigiastro, fratturato	8	
				9		CR2) Rim 9.00 9.40								Marne grigio-verdastre o avana, a cui si intercalano livelli decimetrici di straterelli calcarei biancastri molto fratturati	9	
				10								10.5	2.8		10	
				11								11.7	1.2	Prevalenza di straterelli calcarei grigio-biancastro molto fratturati, con presenza di sottili livelli marnosi grigio	11	
				12			12,2	15-38-6cm	Rif			13.0 13.5	1.3 0.5	Marna verdastro e grigio-verdastro, con intercalati livelli centimetrici carbonatici fratturati	12	
				13							3			Calcare grigio fratturato, ossidato	13	
				14										Alternanza di marne e arenarie a grana fine grigio e avana, con presenza di minuti ciottoli e livelli di breccia calcarea poligenica a matrice carbonatica	14	
				15											15	
				16											16	
				17											17	
				18											18	
				19								19.5	6.0		19	
				20								20.4	0.9	Calcarenite e breccia a cemento calcareo grigio, con segni di ricristallizzazione	20	
				21										Marna grigiastro, avana e marrone, intercalata a sottili livelli carbonatici fratturati; presenza di passaggi di breccia a cemento calcareo fratturata alle progressive 21.70-22.00, 22.80-23.50 e passaggi calcareo-marnosi grigi con segni di ricristallizzazione alle progressive 28.70-29.10	21	
				22											22	
				23											23	
				24											24	
				25											25	
				26											26	
				27											27	
				28											28	
				29											29	
				30								30,0	9,6		30	

Il Responsabile di sito

Dott. Geol. I. Michele Di Iorio

Il Direttore

Dott. Geol. Gennaro Carlone



0 - 5 m



5 - 10 m



10 - 15 m



15 - 20 m



20 - 25 m



25 - 30 m

PROVE STANDARD PENETRATION TEST

Prova	Prof. (m)	N _{SPT} Corretto	γ' (t/m ³)	γ_s (t/m ³)	ϕ' (°)	Cu (Kg/cm ²)	Ed (Kg/cm ²)	Y (Kg/cm ²)	ν	G (Kg/cm ²)	Dr (%)
1	5.60	12,00	1,60	1,94	28,42	--	91,52	135,00	0,33	570,54	27,47
2	12.20	Rif.	1,91	2,18	45	--	305,60	375,00	0,23	1525,32	48,75

Cu - Coesione non drenata

Ed - Modulo Edometrico

Y - Modulo di Young

γ' - Peso unità di volume

γ_s - Peso unità di volume saturo

Dr - Densità relativa

Φ' Angolo di resistenza al taglio

G - Modulo di def. a taglio dinamico

ν - Modulo di Poisson

PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

<i>Campione</i>	<i>Prof. prelievo</i>	<i>Descrizione</i>
MZ07 new CR1	5.00-5.50	Argilla limosa debolmente sabbiosa di colore variabile dal marrone al marroncino
MZ07 new CR2	9.00-9.40	Ghiaia con argilla, limo e sabbia di colore variabile dal marrone al marroncino

SONDAGGIO:		MZ07	MZ07
CAMPIONE:		CR1	CR2
Prof. da m. a m. :		5.0-5.5	9.0-9.4
<i>Peso specifico dei grani</i>	[g/cmc]	2.64	2.64
<i>Granulometria</i>			
<i>Ghiaia</i>	[%]	4.53	33.28
<i>Sabbia</i>	[%]	5.13	12.56
<i>Limo</i>	[%]	42.23	24.07
<i>Argilla</i>	[%]	48.11	30.09

PROSPEZIONE SISMICA “DOWN HOLE”
VELOCITA' ONDE P

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]
1	5	424
2	12	1085
3	30	1423

PARAMETRI ONDE SX

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]	Poisson [-]	Shear [kPa]	Young [kPa]	Bulk [kPa]
1	5	189	0.33	71442.0	190035	186308
2	12	506	0.31	512072	1341628	1176866
3	30	695	0.29	966050	2492408	1978101

Profondità (m)	Vs,eq (m/s)
0-30	453