Regione Liguria	Comune Cairo Montenotte	Comune Savona	Provincia Savona

PARCO EOLICO DI SAVONA - LOC. PIANDELMELO (9 MW)

Relazione geologica di compatibilità idrogeologica e di modellazione sismica

Rel. 02

Progetto definitivo
Rev. 00 - Novembre 2023

Bissi Marco
05.12.2023
15:09:04
GMT+00:00

PROGETTISTA

Firmato digitalmente da
danilo grossi
CN = grossi danilo
O = Ordine dei Geologi della Lombardia
T = Geologo
SerialNumber = TINIT-GRSDNL66S03I829M
C = IT

BH Wind s.r.l.
Via Zara, 5
23100 SONDRIO
tel. +39.0342.211159
fax. +39.0342.517163

www.bissiholding.com - info@bissiholding.com
C.F. - P.Iva. 01055440141
R.E.A. SO - 79322
Con Unico Socio

Società soggetta all'attività di direzione e coordinamento di Bissi Holding S.p.A.

GEO 3
STUDIO DI CONSULENZA GEOLOGICA

COMUNI DI CAIRO MONTENOTTE - SAVONA

PROVINCIA DI SAVONA

PARCO EOLICO DI SAVONA – LOCALITA' PIANDELMELO (9 MW)



RELAZIONE GEOLOGICA di COMPATIBILITA' IDROGEOLOGICA E DI MODELLAZIONE SISMICA

novembre 2023

COMMITTENTE: **BH Wind s.r.l.**
Via Zara 5
23100 SONDRIO (SO)

Geologo Danilo Grossi

INDICE

1 - PREMESSA 2

2 – INTERVENTI IN PROGETTO 3

3 – CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA ED IDROGEOLOGICA GENERALE DELLA ZONA D'INTERVENTO 5

3.1. – Inquadramento geologico e geomorfologico generale 5

3.2. – Inquadramento idrogeologico generale 9

4 – CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICHE ZONA PIAZZOLE ED INDICAZIONI PROGETTUALI 10

4.1. – Piazzola WTG01 10

4.2. – Piazzola WTG02 14

4.3. – Piazzola WTG03 19

4.4. – Pista di accesso a WTG01 21

5 – PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA E DISSESTO 28

6 – VERIFICA CARTA DI ZONIZZAZIONE GEOLOGICA E DI SUSCETTIVITÀ D'USO 31

7 – VERIFICA CARTA DEI VINCOLI DI CARATTERE GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO 32

8 – CLASSE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO 33

9 – SISMICITÀ DELL'AREA 33

9.1. – Classificazione sismica comunale 33

9.2. – Carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica 34

9.3. – Indagine sismica con metodologia HVSR e definizione Vs,eq 36

10 – CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA PRELIMINARE 43

11 – PIANO DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE E SISMICHE 43

TAVOLE:

1 – Carta di dissesto PAI	scala 1:10.000
2 – Carta del rischio geomorfologico	scala 1:10.000
3 – Carta geologica	scala 1:10.000

1 - Premessa

Il presente lavoro, eseguito su incarico della **Società BH Wind s.r.l.** di Sondrio (SO), costituisce la Relazione Geologica preliminare realizzata a supporto del *Progetto del nuovo "PARCO EOLICO di SAVONA – località Piandelmelo (9 MW)* - nei comuni di Cairo Montenotte e Savona (SV).

Nell'ambito della presente relazione è stata effettuata una prima *"caratterizzazione e modellazione geologica, sismica e geotecnica del sito"*, volta alla ricostruzione preliminare dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio, ai fini della verifica della "fattibilità geologica" delle opere in progetto e della definizione delle modalità d'intervento ritenute più idonee in relazione alle caratteristiche geologiche e geomorfologiche dei siti.

Le successive fasi di progettazione dovranno essere precedute da idonee indagini geognostiche e sismiche in sito, mediante sondaggi a carotaggio continuo ed indagini geofisiche, volte alla definizione litostratigrafica e geotecnica dei terreni e geomeccanica dell'ammasso roccioso, finalizzata alla progettazione e dimensionamento strutturale degli interventi. La presente relazione geologica è stata prodotta secondo quanto previsto dalla vigente normativa in materia di opere edificatorie e più precisamente:

- **D.M. 17/01/2018 -** N.T.C. (Norme Tecniche delle Costruzioni)
- **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici** - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 17/01/2018. Circolare 21 gennaio 2019
- **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici** - Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale - Allegato al voto n° 36 del 27/07/2007
- **Eurocodice 8**
- **Eurocodice 7.1** - Progettazione geotecnica – Parte I: Regole Generali. – UNI
- **Eurocodice 7.2**- Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione da prove di laboratorio - UNI
- **Eurocodice 7.3** - Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione da prove in sito – UNI
- **Leggi Regionali e Comunali** - in materia di pianificazione e vincolo idrogeologico
- **PAI** - Autorità di Bacino.

Bibliografia:

Le informazioni e le cartografie riportate nella presente relazione sono state tratte da:

- Comune di Savona: Sito istituzionale https://www.comune.savona.it/it/aree-tematiche/pianificazione-territoriale/piano-urbanistico-comunale-puc-2/descrizione-fondativa-puc-2.html
- Comune di Cairo Montenotte: Sito istituzionale: https://geoportale.sportellounicodigitale.it/GisMaster/Default.aspx?IdCliente=009015&IdSer=1
- Regione Liguria: Geoportale – catalogo mappe https://geoportal.regione.liguria.it/catalogo/mappe.html#

2 – Interventi in progetto

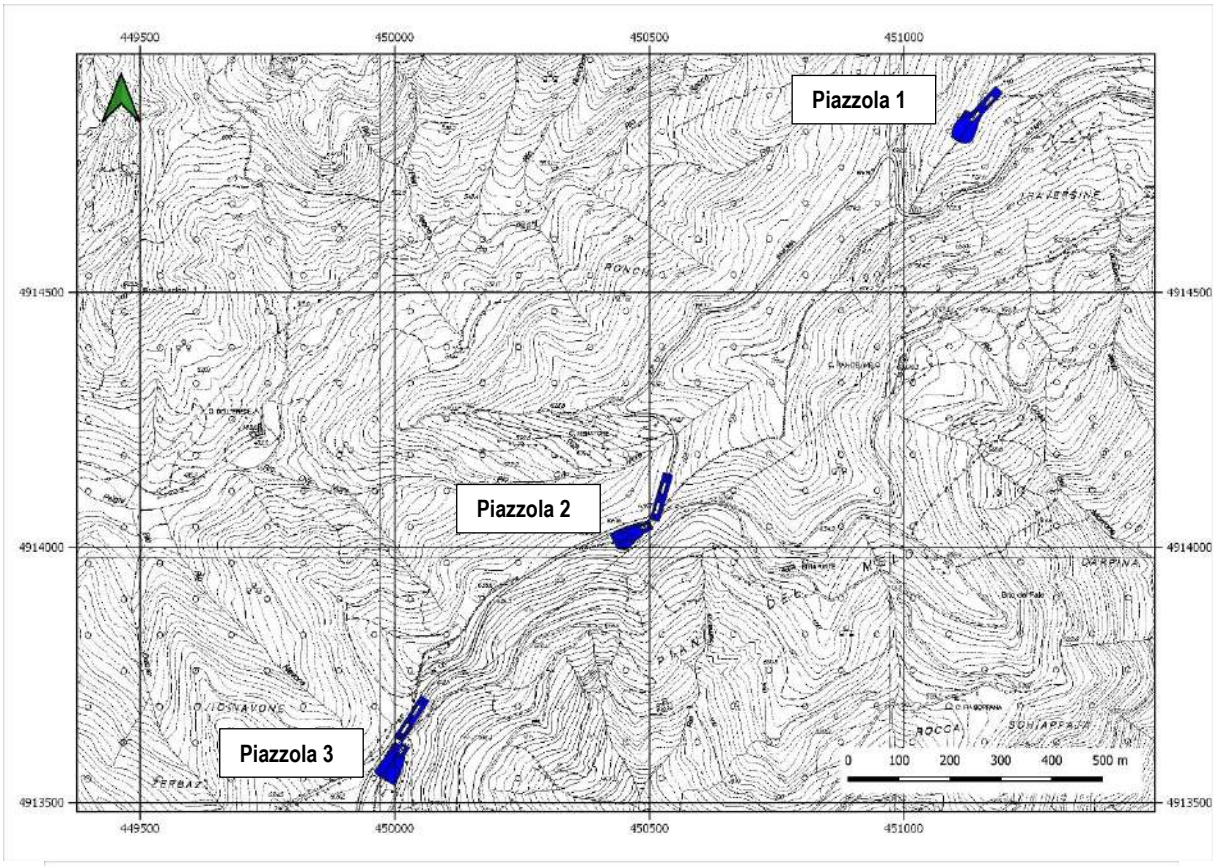
Gli interventi in progetto prevedono la realizzazione di un nuovo impianto eolico costituito da tre aerogeneratori dalla potenza nominale superiore a 4,00 MW cadauno limitati a 3 MW, per una potenza di immissione complessiva di 9,0 MW da realizzare nei comuni di Cairo Montenotte e Savona (SV) in corrispondenza di tre differenti piazzole poste lungo il crinale del Piandelmelo. In particolare:

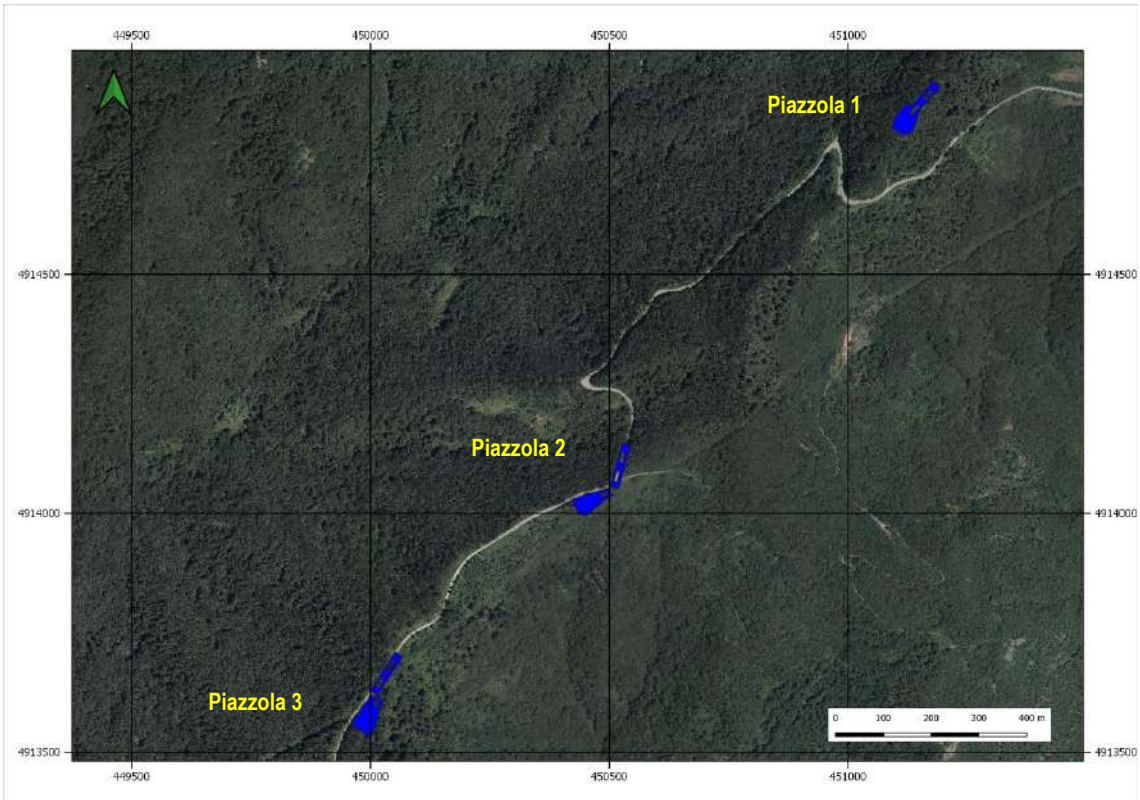
- **Piazzola WTG01** – posizionata a q. 740-750 m slm, sulla sommità di un dosso-crinale situato qualche decina di metri a monte della strada provinciale 12. Il progetto prevede di effettuare un livellamento dell'attuale piano di campagna con un volume di scavo pari a 12.848 mc e il riporto di 20.425 mc di terreno proveniente anche dagli scavi necessari per la realizzazione delle piazzole 2 e 3. L'area è resa attualmente accessibile da una strada sterrata che andrà sistemata e adeguata al passaggio di mezzi pesanti atti al trasporto dei vari componenti degli aerogeneratori;
- **Piazzola WTG02** – è suddivisa in due parti, inferiore e superiore ed è posizionata ad una quota media di 640-650 m slm, immediatamente a ridosso della strada provinciale SP 12. Il progetto prevede, in corrispondenza della "parte inferiore" lo "spianamento" del piccolo dosso-crinale esistente, sino a portarlo circa a quota della strada, con un volume di scavo computato in 10.180 mc e di riporto pari a 852 mc. Nella "parte superiore", posizionata a bordo strada, verrà sbancata la scarpata di monte della strada, con riporto del terreno lungo la scarpata di valle; sono previsti volumi di scavo pari a 1.834 mc e di riporto pari a 2.574 mc così da depositare parte del materiale proveniente dal vicino scavo;
- **Piazzola WTG03** – è suddivisa in due parti, inferiore e superiore ed è posizionata ad una quota media di 600-615 m slm, immediatamente a ridosso della strada provinciale SP 12. Il progetto prevede, in corrispondenza della "parte inferiore", lo "spianamento" del piccolo dosso-crinale esistente, sino a portarlo circa a quota della strada, con un volume di scavo computato in 15.057 mc e di riporto pari a 2.007 mc. Nella "parte superiore", su entrambi i lati della strada verranno creati due terrapieni in riporto, impiegando un volume complessivo di materiale pari a 7.410 mc provenienti dallo scavo precedente.

In questa fase progettuale, in attesa dei risultati delle indagini geognostiche e sismiche che andranno realizzate successivamente, si ipotizza una fondazione del palo mediante un plinto circolare in c.a., con diametro 17 metri, posto ad una profondità di almeno 2,0 m÷3,0 m dall'attuale piano di campagna, ed ancorato al substrato roccioso mediante una corona di micropali disposti a radice. In fase di realizzazione dell'impianto verrà predisposta un'area logistica di cantiere con le seguenti funzioni: stoccaggio materiale e strutture, ricovero mezzi, disposizione dei baraccamenti necessari alle maestranze e alle figure deputate al controllo della realizzazione dell'impianto. L'area di cantiere è temporanea e sarà smantellata al termine dei lavori di costruzione dell'impianto.
Le piazzole WTG02 e WTG03 saranno accessibili direttamente dalla strada provinciale, mentre per raggiungere la piazzola WTG01 sarà necessario sistemare una pista forestale già esistente che parte dalla strada provinciale.

In località Cà Cappelletta-Bivio Sella, alla quota di 450 m slm, è prevista un'area di stoccaggio temporanea del materiale proveniente dagli scavi, in attesa di essere riutilizzato per la formazione dei terrapieni in riporto. Si tratta di un piazzale pianeggiante, posizionato a bordo strada in un'area facilmente accessibile.

COROGRAFIA GENERALE





3 – Caratterizzazione geologica ed idrogeologica generale della zona d'intervento

3.1. – Inquadramento geologico e geomorfologico generale

L'area interessata dagli interventi in progetto è posizionata lungo un evidente crinale che, in direzione SW-NE rappresenta lo spartiacque tra il bacino del Torrente Letimbro a sudest e il bacino del Torrente Bormida di Spigno a nordovest.

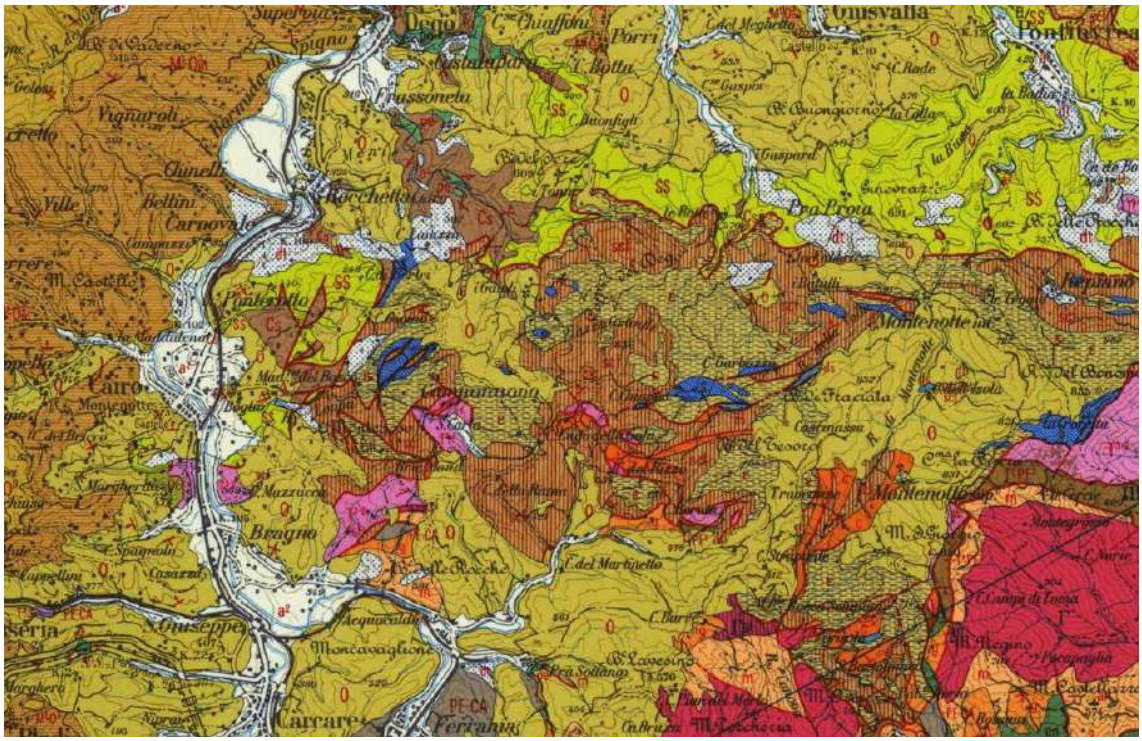
Si tratta di un tipico crinale con linea di cresta ben arrotondata, colonizzata dal bosco e caratterizzata da uno strato superficiale di depositi eterogranulari grossolani, costituiti da una ghiaia con ciottoli ben arrotondati e con diametri da decimetrici a pluridecimetrici, immersi in un'abbondante matrice sabbiosa e sabbioso-limosa mediamente addensata; si tratta, con tutta probabilità, dei depositi eluvio/colluviali di alterazione della sottostante formazione rocciosa.
Il substrato roccioso, non affiorante all'interno delle tre aree d'intervento, è costituito dai Conglomerati della Formazione oligocenica di Molare – Bacino Terziario Piemontese – rappresentati da un "conglomerato mal selezionato con dimensioni molto varie (da qualche decimetro fino a 2 metri di diametro) a clasti poligenici e matrice arenacea grossolana in un cemento calcareo – CARG". Nelle foto 1 e 2 allegate viene illustrato un affioramento di conglomerato presente lungo la scarpata di monte della SP.12, poche decine di metri a valle della Piazzola 3.



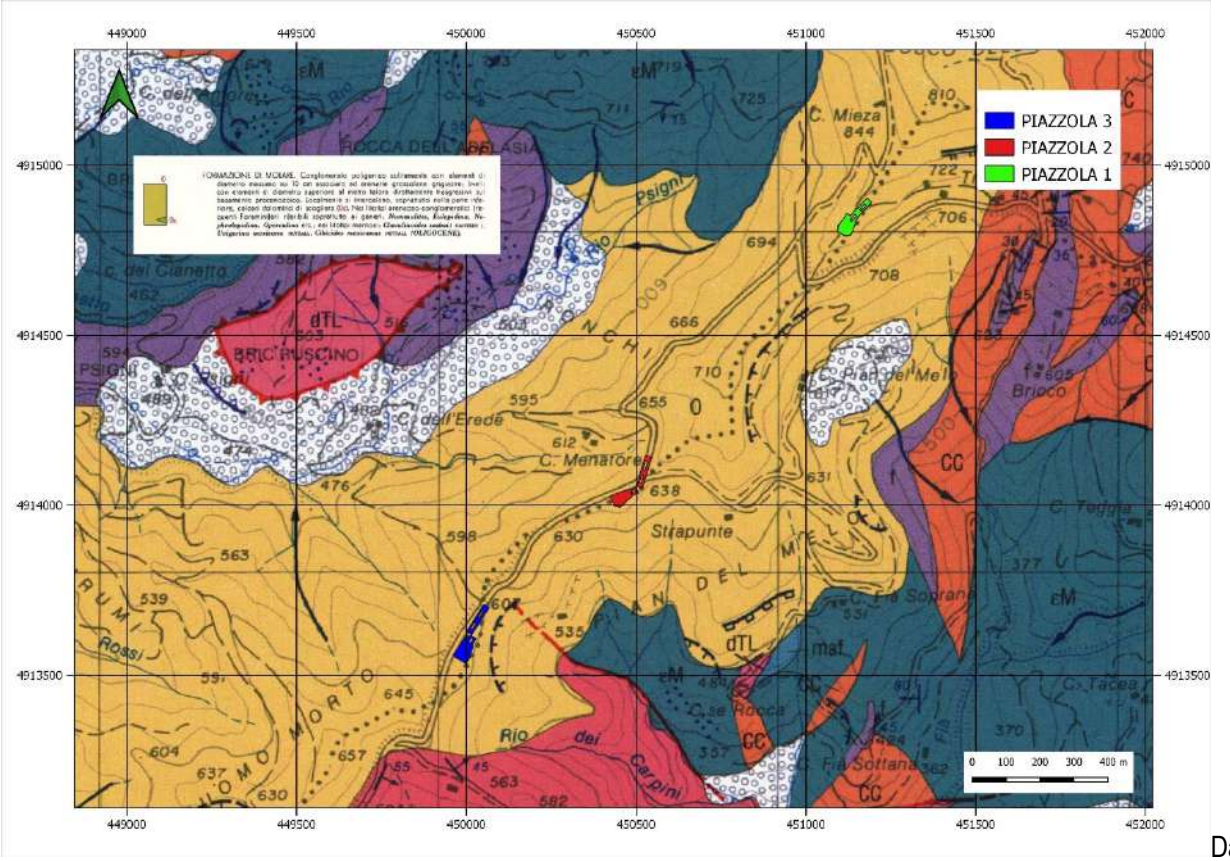
foto 1



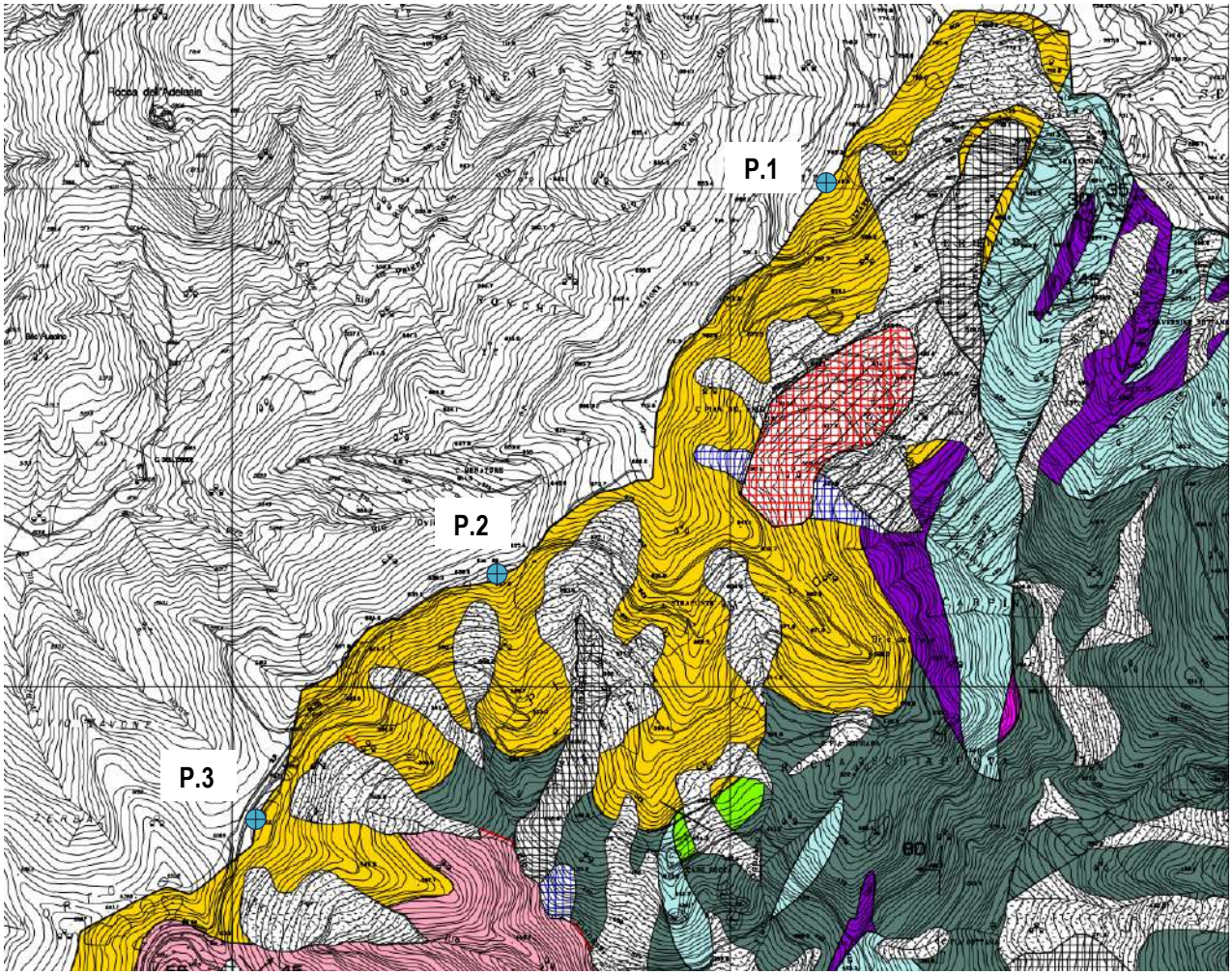
foto 2



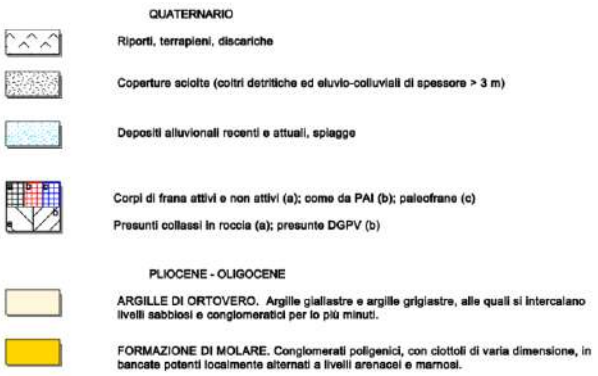
Estratto "Carta Geologica d'Italia" – Foglio CEVA n.81

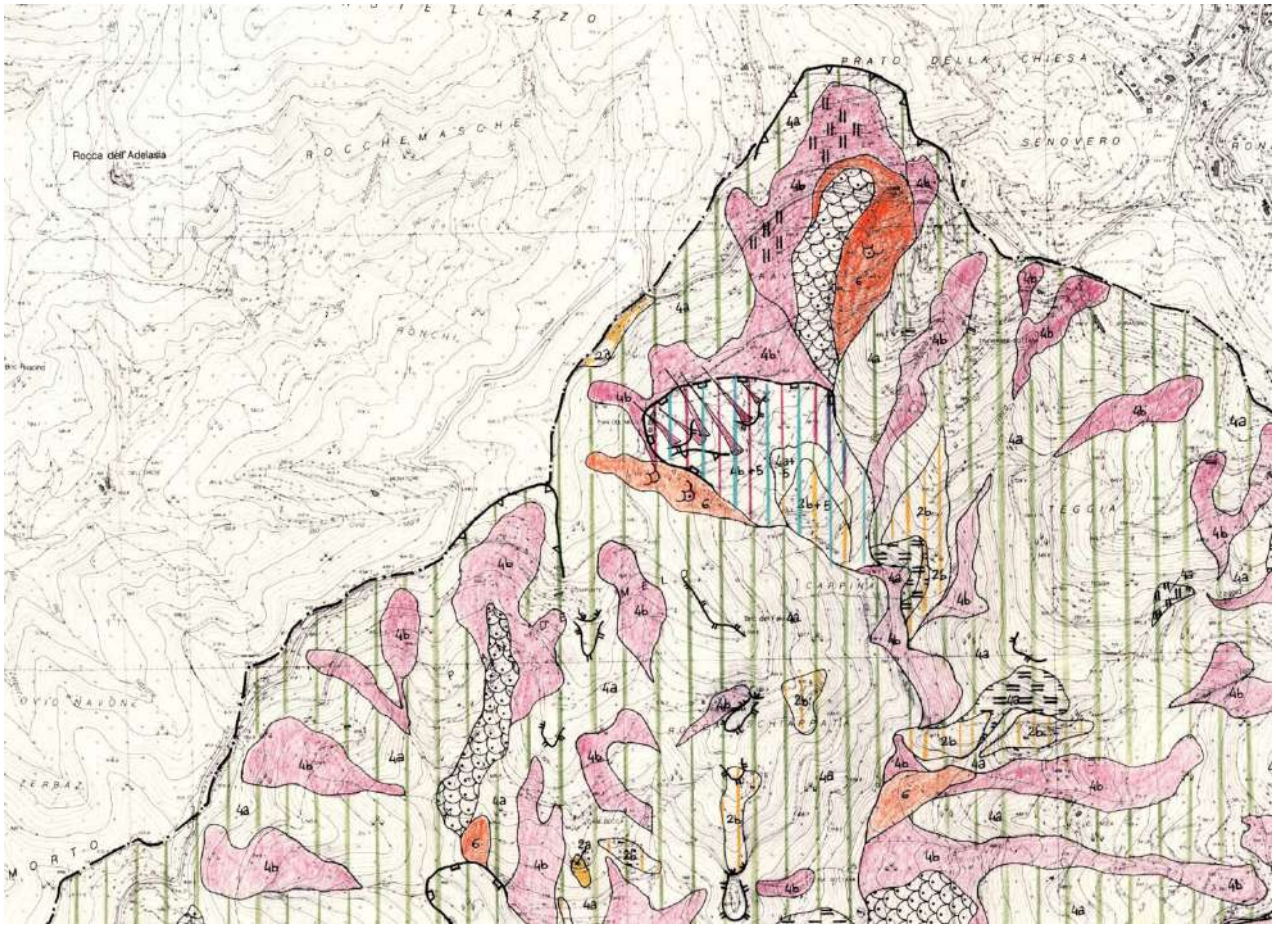

PIAZZOLA 3
PIAZZOLA 2
PIAZZOLA 1
449000
449500
450000
450500
451000
451500
452000
4915000
4914500
4914000
4913500
C. Mieza
844
BRIC RUSCINO
C. Menatore
Strapunte
Rio dei Carpini
0 100 200 300 400 m

Dal

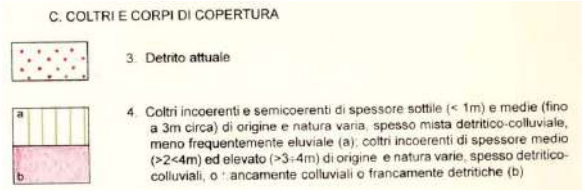


Estratto "Carta geologica con elementi di tettonica – Tavola DF G.7.2. del PUC di Savona"





Estratto "Carta geomorfologica – Tavola DF G.2.1. del PUC di Savona"



In accordo a quanto riportato nella carta geomorfologica del PUC di Savona il crinale interessato dalle opere in progetto risulta coperto da una "coltre incoerente e semicoerente, di spessore variabile da 1,0 m a 3,0 m, di origine mista detrito/colluviale.

3.2. – Inquadramento idrogeologico generale

A causa delle caratteristiche geomorfologiche dei tre siti, posizionati su dossi-crinali, nel corso dei sopralluoghi non si è rilevata la presenza di emergenze sorgentizie, di zone di ristagno idrico superficiale e/o di interferenze con reticoli di deflusso. Le piazzole 2 e 3, date anche le ridotte dimensioni del dosso, sono completamente asciutte e ben drenate. La piazzola 1, posizionata in corrispondenza di un più ampio dosso boscato, nella parte basale di un crinale che risale sino al "bosco della chiesa", evidenzia locali tracce di ruscellamento superficiale legate agli apporti provenienti da monte.

4 – Caratterizzazione geologiche zona piazzole ed indicazioni progettuali

4.1. – Piazzola WTG01

Viene posizionata in corrispondenza di un ampio dosso boscato caratterizzato da un continuo strato superficiale di materiali incoerenti, formati da ciottoli ben arrotondati e ghiaie in abbondante matrice sabbiosa (foto 1 e 2); il substrato roccioso non affiora nell'area d'intervento o lungo le scarpate di monte della pista sterrata di accesso al sito, stando ad indicare, con tutta probabilità, uno spessore medio dei depositi di copertura superiore a 2,0-3,0 m.

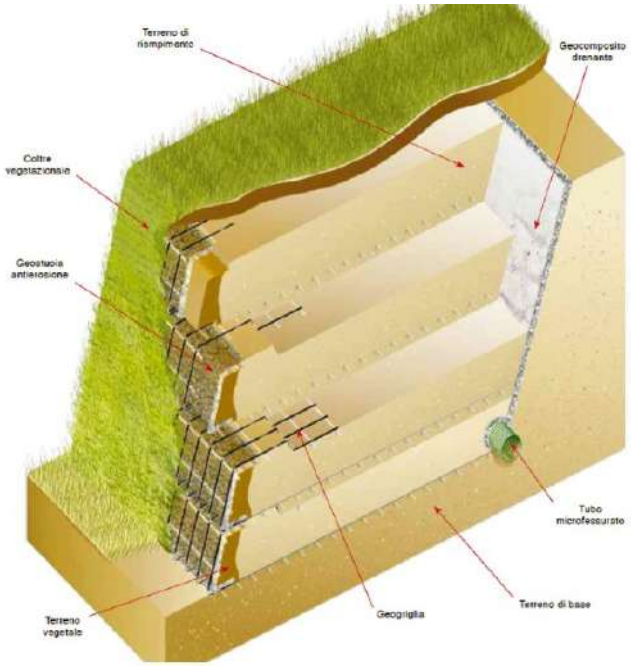
Si tratta di un'area stabile e priva di fenomeni di dissesto attivi.

La morfologia della parte superiore del dosso è subpianeggiante (foto 3 e 4), in direzione SW-NE, mentre sui due lati i versanti hanno pendenza nel complesso contenuta (foto 5 e 6).
Per raggiungere la prevista profondità di imposta sarà necessario realizzare uno scavo di sbancamento che avrà una profondità media di circa 3,0 m e massima di circa 8,5 m per un volume complessivo di terreno sbancato di circa 12.848 mc; alla stato attuale delle conoscenze litostratigrafiche preliminari, si ritiene che gran parte dello scavo interesserà terreni incoerenti di copertura, raggiungendo il substrato roccioso in corrispondenza delle parti più profonde dello sbancamento (zona nord).

Il progetto prevede, inoltre, il riporto di circa 20.425 mc di terreno, proveniente anche dagli scavi di sbancamento necessari per la realizzazione delle piazzola 2 e 3, che verrà posato lungo entrambi i versanti del dosso, con spessori massimi nell'ordine di 5,0-6,0 m.
Rimandando alla successiva fase di progettazione la definizione delle modalità di realizzazione e posa del terrapieno in rilevato, una volta completate anche le indagini geognostiche e sismiche necessarie, si forniscono le seguenti prime indicazioni progettuali:

- Preliminarmente all'inizio dei lavori di posa dei terreni di riporto il versante andrà "gradonato" realizzando, in scavo, ripiani orizzontali di appoggio suborizzontali su cui depositare i terreni;
- I materiali di riporto andranno posati per strati suborizzontali, con spessore non superiore a 40-50 cm, che andranno compattati in fase di posa mediante più passate del rullo sino "a rifiuto";
- La scarpata di valle andrà completamente inerbita e profilata con inclinazioni non superiori a 35° o, in alternativa, realizzata mediante terre rinforzate.

Il plinto di fondazione della torre dell'aerogeneratore verrà posizionato nella parte sud della piazzola con la sagoma planimetrica interamente incassata al di sotto della linea dell'andamento del piano di campagna attuale, così da garantire l'imposta uniforme nei terreni o substrato roccioso in posto, evitando di poggiare parte della struttura su materiali di riporto.



esempio di scarpata inerbita e in terre rinforzate





Foto 1 e 2 – in mancanza di indagini in sito la caratterizzazione litostratigrafica e granulometrica dei terreni di copertura è stata effettuata mediante l'esame visivo delle scarpate di scavo presenti lungo la pista di accesso all'area.





Foto 3 e 4 – parte sommitale subpianeggiante del dosso interessato dall'intervento.





Foto 5 e 6 – versanti NW e SE

4.2. – Piazzola WTG02

E' suddivisa in due parti distinte: *piazzola inferiore e superiore*, entrambe posizionate nelle immediate vicinanze o a ridosso della strada provinciale.

La *piazzola inferiore* verrà creata mediante il completo sbancamento di un dosso arrotondato, posto sul lato sudest della strada (foto 7 e 8), interamente boscato e caratterizzato da uno strato superficiale di depositi incoerenti, formati da terreni eterogranulari grossolani con ghiaie e ciottoli ben arrotondati immersi in abbondante matrice sabbioso-limosa mediamente addensata (foto 9 e 10); il substrato roccioso non affiora sulla sommità del dosso e/o lungo entrambi i versanti laterali. Per raggiungere le previste profondità di imposta, posizionate circa a quota strada, sarà necessario realizzare uno sbancamento di circa 10.180 mc, con una profondità massima di scavo di circa 8,0 m. Lungo la scarpata di scavo della strada non affiora il substrato roccioso però, considerando la morfologia del rilievo e le profondità massime di scavo si ritiene probabile che parte dello stesso possa raggiungere la roccia (conglomerato della Formazione di Molare). E', inoltre, previsto il riporto di 852 mc di terreno proveniente dallo scavo, che verrà posato con ridotti spessori, principalmente in corrispondenza di una piccola conca sul lato NE, senza particolari criticità di carattere geologico.



Foto 7 – dosso che verrà sbancato per la formazione della piazzola



Foto 8 – parte superiore del dosso, caratterizzato da una morfologia subpianeggiante





Foto 9 e 10 – in mancanza di indagini in sito la caratterizzazione litostratigrafica e granulometrica dei terreni di copertura è stata effettuata mediante l'esame visivo delle scarpate di scavo presenti lungo la strada provinciale.

La *piazzola superiore* viene realizzata, con forma allungata, utilizzando entrambi i lati della strada provinciale (foto 11). Sul lato di monte sarà necessario realizzare uno sbancamento di circa 1.834 mc, con formazione di scarpate con altezze nell'ordine di 3,0 m, all'interno del pendio in materiali incoerenti di copertura (foto 12); non affiora il substrato roccioso pertanto si ritiene che la quasi totalità dello scavo interesserà i depositi di copertura.
Sul lato di valle della strada verrà creato un terrapieno in riporto di circa 2.574 mc, posando il terreno lungo una scarpata caratterizzata da una ridotta pendenza media e da piccoli gradini morfologici su cui impostare il materiale (foto 13).

Non sono presenti particolari situazioni di criticità geologica, si tratta di una zona stabile e priva di fenomeni di dissesto.

Il plinto di fondazione della torre dell'aerogeneratore verrà posizionato nella parte sud della piazzola con la sagoma planimetrica interamente incassata al di sotto della linea dell'andamento del piano di campagna attuale, così da garantire l'imposta uniforme nei terreni o substrato roccioso in posto, evitando di poggiare parte della struttura su materiali di riporto.


foto 11



Foto 12 – scarpata di monte impostata in depositi incoerenti



Foto 13 – scarpata di valle con pendenze moderate e localmente interrotta da piccoli gradini morfologici

4.3. – Piazzola WTG03

E' suddivisa in due parti distinte: *piazzola inferiore e superiore*, entrambe posizionate nelle immediate vicinanze o a ridosso della strada provinciale.

La *piazzola inferiore* verrà creata mediante sbancamento di un dosso arrotondato, posto sul lato sudest della strada (foto 14), interamente boscato e caratterizzato da uno strato superficiale di depositi incoerenti, formati da terreni eterogranulari grossolani con ghiaie e ciottoli ben arrotondati immersi in abbondante matrice sabbioso-limosa mediamente addensata (foto 15); il substrato roccioso, qui costituito dai conglomerati della Formazione di Molare, non affiora sulla sommità del dosso e/o lungo entrambi i versanti laterali ma lungo la scarpata di monte della Strada Provinciale (foto 16) circa 140 m a SSW. Per raggiungere le previste profondità di imposta, posta circa a quota strada, sarà necessario realizzare uno sbancamento di circa 15.057 mc, con una profondità massima di scavo di circa 10,0 m. Lungo la scarpata di scavo, posta a fianco della strada, non affiora il substrato roccioso però, considerando la morfologia del rilievo e le profondità massime di scavo, si ritiene probabile che parte dello stesso possa raggiungere la roccia. E', inoltre, previsto il riporto di 2.007 mc di terreno proveniente dallo scavo, che verrà posato con ridotti spessori, principalmente in corrispondenza di una piccola conca sul lato NE, senza particolari criticità di carattere geologico.

Il plinto di fondazione della torre dell'aerogeneratore verrà posizionato nella parte sud della piazzola con la sagoma planimetrica interamente incassata al di sotto della linea dell'andamento del piano di campagna attuale, così da garantire l'imposta uniforme nei terreni o substrato roccioso in posto, evitando di poggiare parte della struttura su materiali di riporto.


foto 14



Foto 15 – strato superficiale di copertura del dosso, costituito da terreni eterogranulari grossolani



Foto 16 – affioramento di "Conglomerato della Formazione di Molare" lungo la scarpata di monte della Provinciale, nelle vicinanze della Piazzola 3

La *piazzola superiore* viene realizzata, con forma allungata, utilizzando entrambi i lati della strada provinciale (foto 17) dove è prevista la creazione di un terrapieno in riporto, utilizzando circa 7.410 mc del materiale proveniente dallo scavo della piazzola inferiore. In corrispondenza del lato NW è solo previsto un ridotto allargamento dell'attuale piattaforma stradale mentre sul lato SE verrà creato un terrapieno che avrà uno spessore massimo di circa 3,0 m su un versante a debole pendenza e sostanzialmente privo di situazioni di criticità idraulica.

Analogamente alla Piazzola 1:

- Preliminarmente all'inizio dei lavori di posa dei terreni di riporto il versante andrà "gradonato" realizzando, in scavo, ripiani orizzontali di appoggio suborizzontali su cui depositare i terreni;
- I materiali di riporto andranno posati per strati suborizzontali, con spessore non superiore a 40-50 cm, che andranno compattati in fase di posa mediante più passate del rullo sino "a rifiuto";
- La scarpata di valle andrà completamente inerbita e profilata con inclinazioni non superiori a 35°.



Foto 17

4.4. – Pista di accesso a WTG01

Per raggiungere la piazzola di WTG01 è prevista la sistemazione, con allargamento, di una pista forestale in gran parte già esistente che, partendo dalla strada provinciale in località Traversine risale a mezza costa il versante meridionale di Prato della Chiesa e, con un dislivello di circa 40 m e una lunghezza di circa 370 m, raggiunge il crinale su cui verrà realizzato l'aerogeneratore.

Dal punto di vista geologico/geomorfologico il tracciato attraversa un versante a media pendenza, quasi interamente ricoperto da terreni di copertura formati da coltri detritiche ed eluvio colluviali di spessore variabile 2-3 m; il substrato roccioso, costituito da conglomerati poligenici con ciottoli di varie dimensioni appartenenti della "Formazione di Molare" è, generalmente, in condizioni di subaffioramento.
Nella parte iniziale, l'innesto sulla strada provinciale verrà realizzato mediante uno scavo di sbancamento all'interno di un versante che, negli elaborati geologici del PUC di Savona viene indicato in "frana quiescente". Tale indicazione non è, invece, riportata nel PAI. Si tratta, con tutta probabilità, di una vecchia frana come, per altro, confermato dalla data della Carta Geomorfologica del PUC, febbraio 1998, dove già viene riportata come "frana quiescente". Allo stato attuale, così come emerso dal rilievo geologico di superficie e dall'esame di fotografie aeree (foto 18) non ci sono evidenze di fenomeni in atto; nelle successive fasi di progettazione verranno, comunque, effettuati approfondimenti di indagine geologica volti ad una più precisa caratterizzazione della dinamica in atto e alla definizione delle più idonee modalità d'intervento per la realizzazione della prima parte della pista.



Foto 18

Nel tratto successivo il tracciato segue la pista già esistente (foto 19 e 20) effettuando solo interventi di adeguamento dell'attuale sezione per renderla funzionale all'accesso dei mezzi.

Verranno realizzati scavi e riporti che interesseranno, per la gran parte, terreni di copertura, a formare una pista di mezza costa, priva di tornanti.



Foto 19



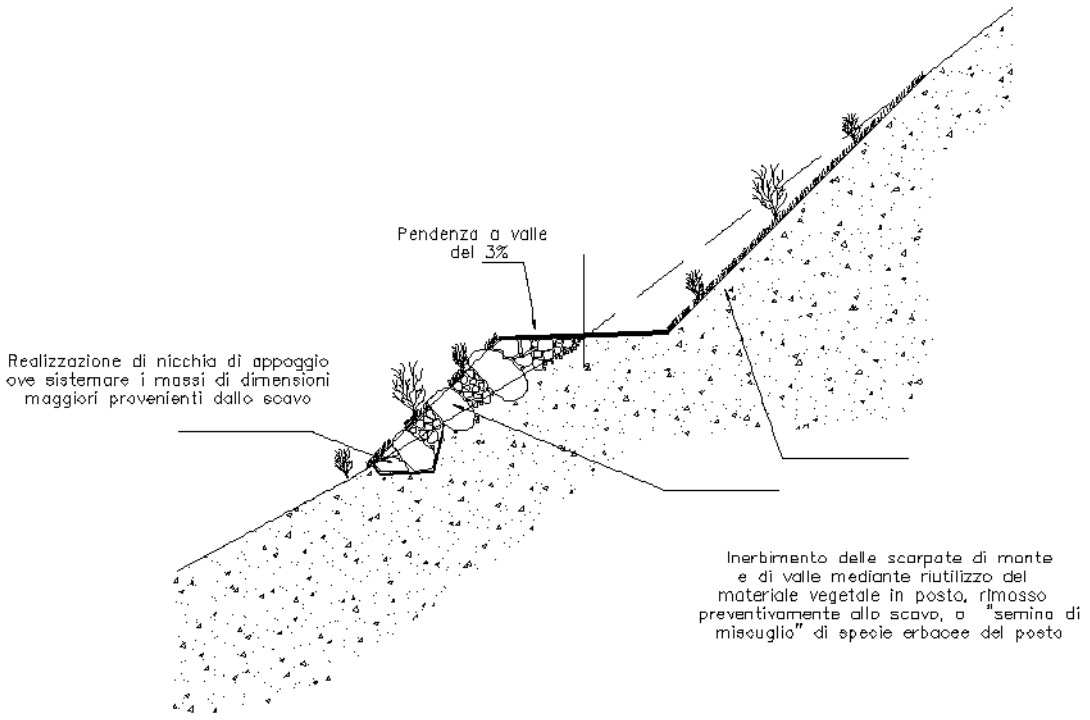
Foto 20

Analisi delle tipologie di progetto per la realizzazione delle opere

Nel presente paragrafo vengono esaminate le diverse tipologie tipo (una sorta di particolari costruttivi) previste per l'esecuzione della pista in progetto, con l'indicazione delle specifiche cautele di carattere geologico che si dovranno di volta in volta adottare nella realizzazione delle opere.

Scavo e riporto con stabilizzazione delle scarpate

Questa tipologia d'intervento verrà adottata in gran parte del tracciato laddove la pendenza del versante non rende necessario l'utilizzo di opere di sostegno. La tipologia proposta prevede quindi di disporre a sostegno della base delle scarpate i massi di proporzioni maggiori rinvenuti in fase di scavo, con formazione di una sorta di "scogliera alla rinfusa" di altezza pari a 0,4-0,8 m, che permetta di formare un solido gradino d'imposta per il materiale di riporto. Tale scogliera dovrà essere fondata all'interno di una nicchia di appoggio preventivamente formata. Particolare cura andrà riposta nella disposizione in posizione stabile dei massi alla base della scarpata e nelle successive fasi di riporto del materiale in strati di spessore massimo pari a 0,5 m addensato mediante ripetuti passaggi del mezzo d'opera. Per la stabilizzazione dei terreni delle scarpate in riporto è stato inoltre previsto l'ammorzamento all'interno dei terreni di massi di notevoli proporzioni, provenienti dallo scavo, avendo cura che gli stessi siano sempre a contatto reciproco, almeno parziale. Le scarpate così realizzate dovranno avere una pendenza generalmente non superiore ai 35°.



Scavo e riporto stabilizzato

Tabella VI: Linee guida per la pendenza delle scarpate di scavo e di riporto (modificato da British Columbia Forest Code, 1995)

Scarpate di scavo		Scarpate di riporto	
materiale[2]	*pendenza*	*materiale*	*pendenza*
miscele di sabbia e ghiaia (GP) sabbie da sciolte ad addensate (SW, SP)	1/1.5	miscele di sabbia e ghiaia (GP) sabbie (SW, SP) miscele di ghiaia, sabbia, limo e argilla (GM, GC)	1/1.5
sabbie limose (SM)	1/1		
limi da addensati a molto addensati sino a cementati (ML)	1/0.75	limi (ML, MH) argille (CL, CH)	1/2.5
limi soffici, limi argillosi (MH)	1/1.5		
argille limose (CL) argille inorganiche (CH)	1/1		

Per la formazione di scarpate di scavo in depositi incoerenti si potranno tenere inclinazioni nell'ordine di 40-45° a condizione che vengano subito inerbite.

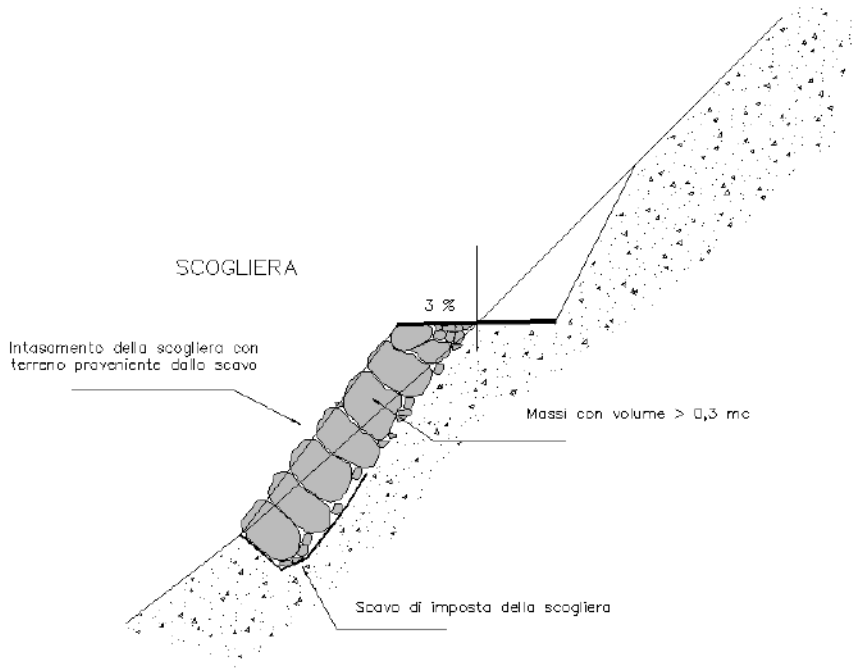
Per quanto riguarda le scarpate di riporto l'inclinazione non dovrà superare i 30-35° con successivo immediato inerbimento. Per la formazione delle scarpate in roccia le stesse andranno profilate con inclinazioni di circa 70°, completamente pulite e disgaggiate con l'escavatore mediante rimozione dei blocchi e delle lastre rese instabili dallo scavo, taglio delle piante presenti lungo i cigli sommitali.

Scogliera in pietrame

La tipologia prevista dovrà essere adottata per il sostegno delle scarpate di controripa in situazioni, con terreni di copertura, in cui l'elevata pendenza del versante non consente la realizzazione dello scavo e riporto in condizioni di stabilità.

Particolare cura si dovrà riporre nella realizzazione del paramento di valle, inclinato di almeno il 20%, e nella formazione del piano di appoggio dell'opera. Per l'imposta della fondazione la profondità minima dello scavo dovrà essere di 1,0 m dal p.c. originario misurato sulla verticale in corrispondenza del lato di valle. Al fine di migliorare l'impatto visivo delle scogliere si potrà provvedere all'intasamento delle fughe tra i conci con terreno vegetale misto al seminativo utilizzato per gli inerbimenti.

Nella realizzazione delle scogliere a sostegno delle scarpate di valle della pista dovranno essere utilizzati massi con volume > 0.3 mc disposti "di punta", ortogonali al pendio, leggermente inclinati a reggipoggio; per le scarpate di monte i massi potranno essere disposti anche parallelamente al versante avendo l'attenzione di posizionare i blocchi più grossi al piede.



scogliera in massi ciclopici

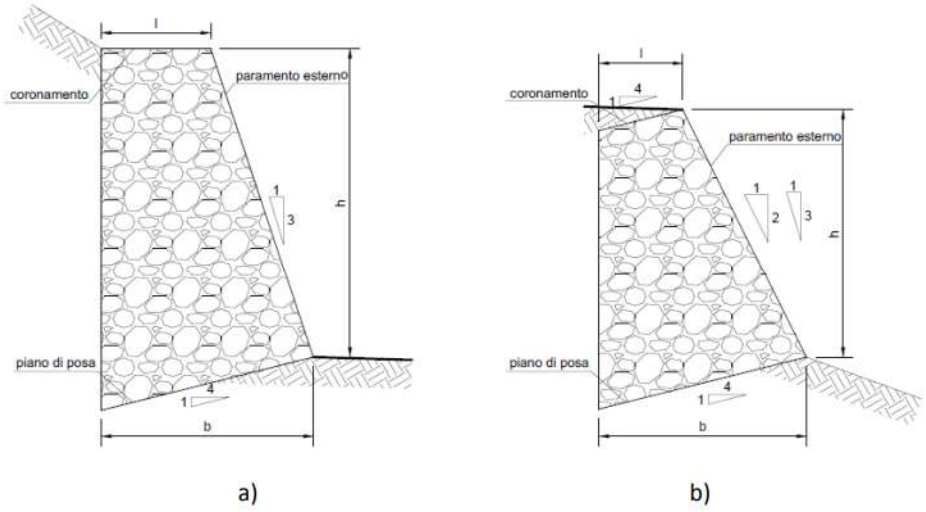


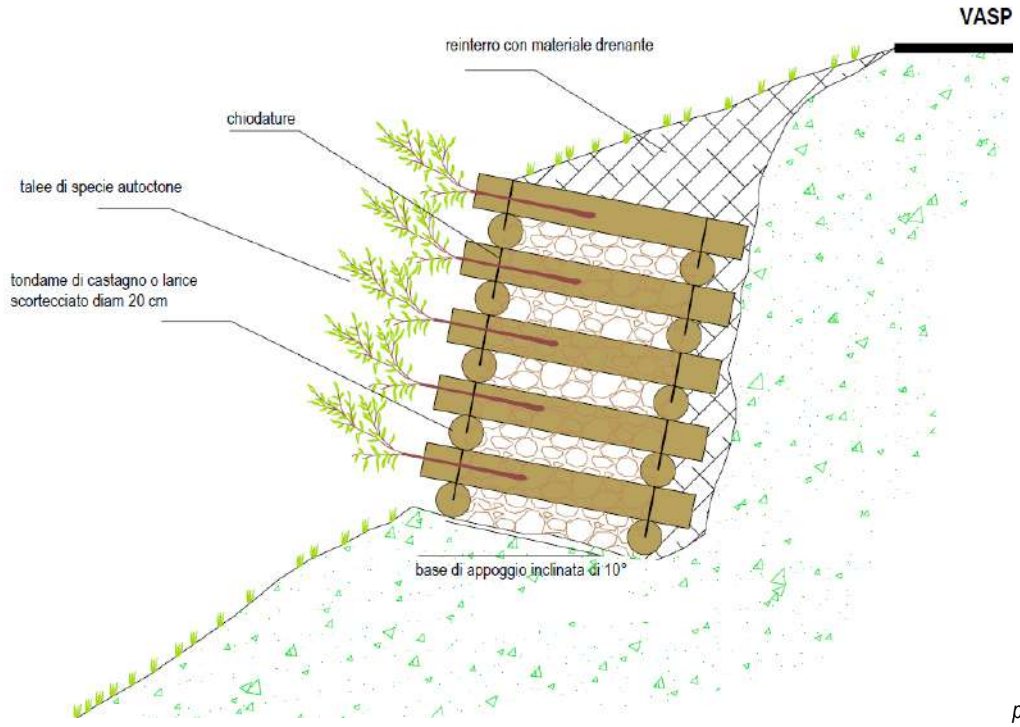
Figura 12 - Criteri di progettazione della scogliera di monte (a) e di valle (b)

La scogliera deve essere costruita secondo le sagome di progetto, sovrapponendo per strati massi di grosse dimensioni fino a raggiungere l'altezza desiderata. Si deve procedere con la disposizione dei massi di dimensioni maggiori in basso, collocandoli con la dimensione maggiore perpendicolare alla linea di versante. Inoltre, per ottenere il maggior grado di impaccamento possibile e la massima stabilità, nella disposizione si devono alternare massi di dimensioni maggiori con massi di dimensioni minori. I massi impiegati nelle scogliere devono essere possibilmente reperiti in loco e movimentanti mediante un escavatore cingolato.

Palificata doppia

In alternativa alle scogliere, in caso fosse più semplice reperire materiale legnoso, si possono utilizzare palificate doppie a sostegno delle scarpate della pista.

Si procederà con la preparazione di un piano di posa con inclinazione di circa 10° verso monte su cui si andranno a sovrapporre correnti e traversi fino al raggiungimento dell'altezza necessaria al completamento dell'opera. Si utilizzerà legname di castagno o larice scortecciato, così da aumentare la durabilità dell'opera, di diametro minimo di 20 cm. I vari elementi saranno uniti tra loro da chiodi e tondini in ferro di diametro compreso tra 10-14 mm. Gli ordini successivi di legname saranno collocati in modo che il fronte assuma un'inclinazione di circa 20°-30°. La palificata sarà riempita con inerti e terreno vegetale opportunamente compattato, provenienti dallo scavo e comunque reperito in loco.



palificata doppia

Sedime della strada e regimazione acque di piattaforma

Il fondo della pista verrà in gran parte realizzato con il terreno naturale presente in posto, opportunamente livellato e compattato. La pista dovrà essere sistemata con una inclinazione uniforme verso valle (3-5%) al fine di consentire il flusso laminare delle acque pluviali evitando, allo stesso tempo, il loro accumulo e concentrazione.

Lungo la sede stradale verranno posizionate canalette in legno disposte trasversalmente all'asse della pista con un'inclinazione di almeno 30° rispetto a questo. Al termine della canaletta dovrà essere realizzato, lungo la scarpata di

valle della pista, un ampio buco nel terreno per favorire i fenomeni di "infiltrazione laminata" senza formazione di erosioni di fondo.

In accordo a quanto riportato in "Linee guida per la progettazione delle VASP in Lombardia" l'interasse delle canalette dipende della pendenza della pista in accordo a quanto indicato nella tabella seguente.

Tabella V: spaziatura dei drenaggi trasversali (Hafner, 1971, cit. Mazzalai, 1987)

	Situazione favorevole[3]	Situazione sfavorevole[4]
Pendenza [%]	Distanza [m]	Distanza [m]
5	72	
6	56	
7	48	
8	44	30
9	40	28
10	36	26
11	34	24
12	32	22
13	30	20
14	28	18
15	27	16
16	26	14
17	24	13
18	23	
19	22	
20	21	
21	20	
22	19	

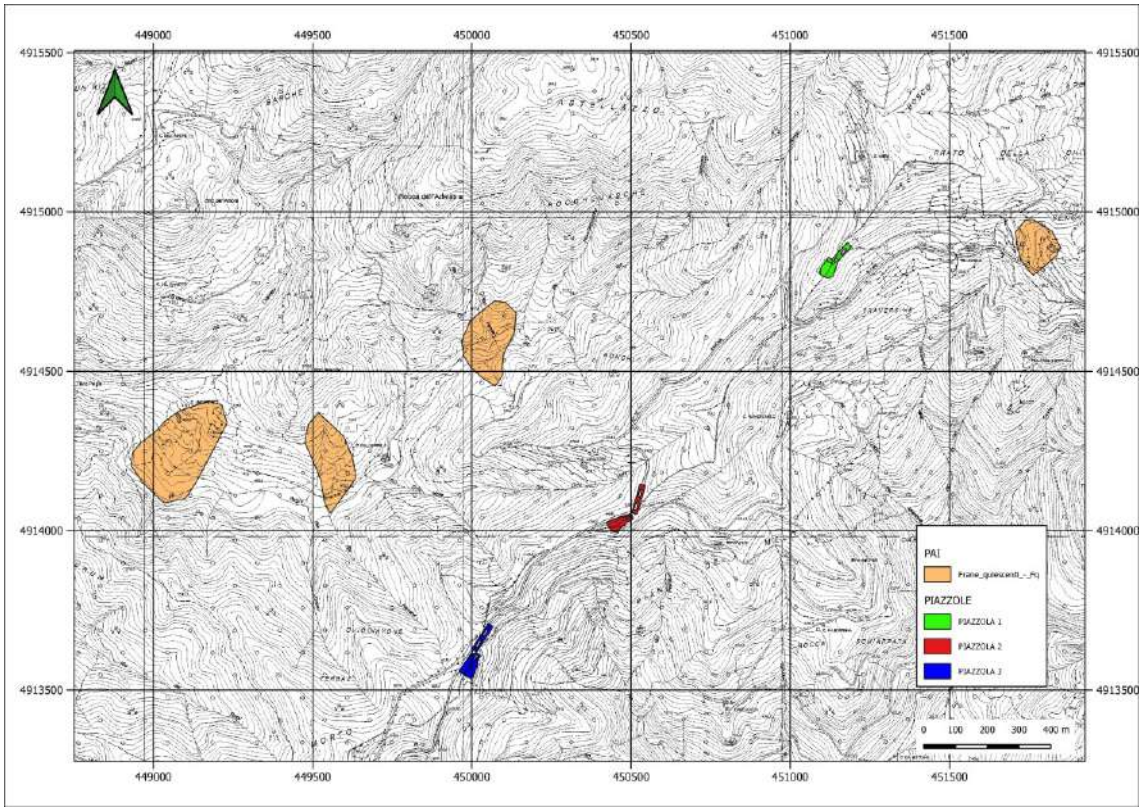
Spaziatura canalette in funzione della pendenza della pista

5 – Pericolosità geomorfologica e dissesto

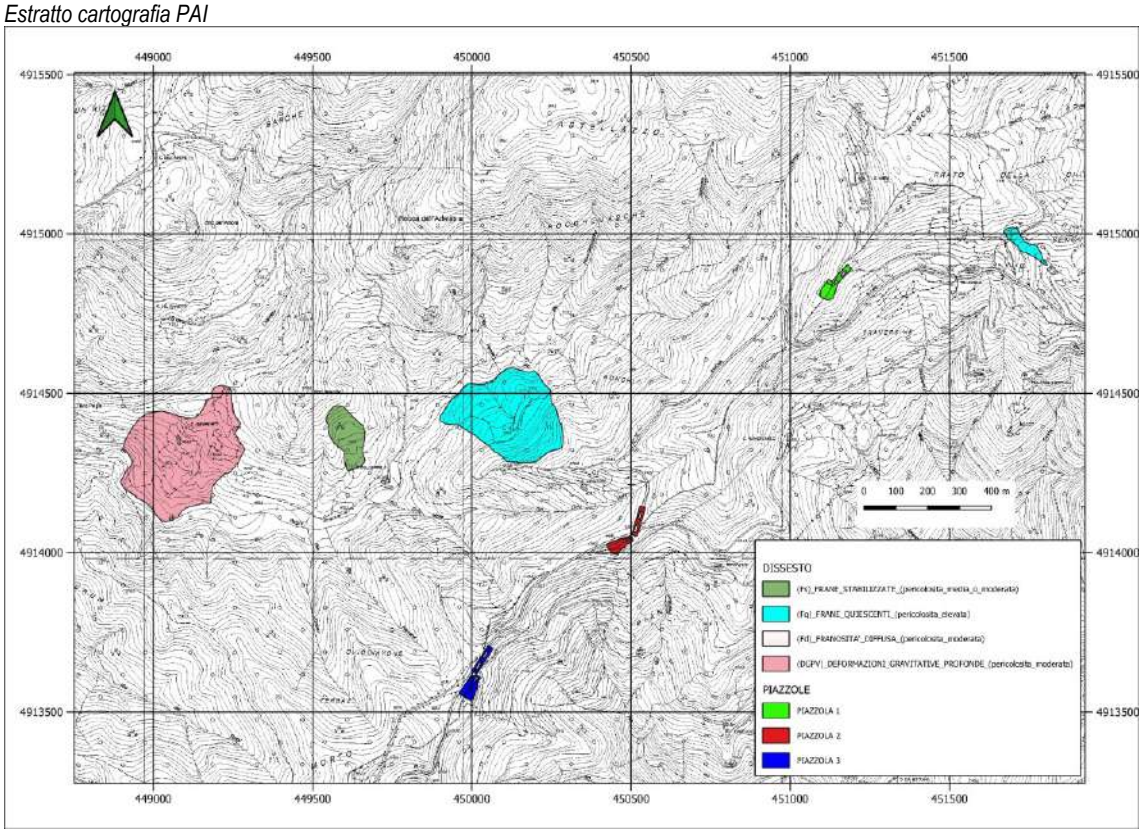
Per la definizione della Pericolosità geomorfologica e dissesto delle aree interessate dalle tre piazzole in progetto sono stati consultati i seguenti dati:

- Geoportale della Regione Liguria: Disciplina di tutela per aree a pericolosità idraulica e geomorfologica da frana sui bacini padani - Provincia di Savona e di Imperia - dgr 428/2021;
- Geoportale della Regione Liguria: P.A.I. – Piano Assetto Idrogeologico del Fiume Po';
- PUC del Comune di Savona: Carta della Pericolosità o della Predisposizione al dissesto – Tavola DF G.3.2
- Geoportale del Comune di Cairo Montenotte – Tematismo P.A.I. su CTR DB Liguria.

Dalla documentazione disponibile, ed illustrata nelle Tavole allegate, le aree interessate dalle tre piazzole in progetto risultano poste completamente all'esterno di zone in dissesto note e/o di zone comunque interferenti con aree in dissesto.



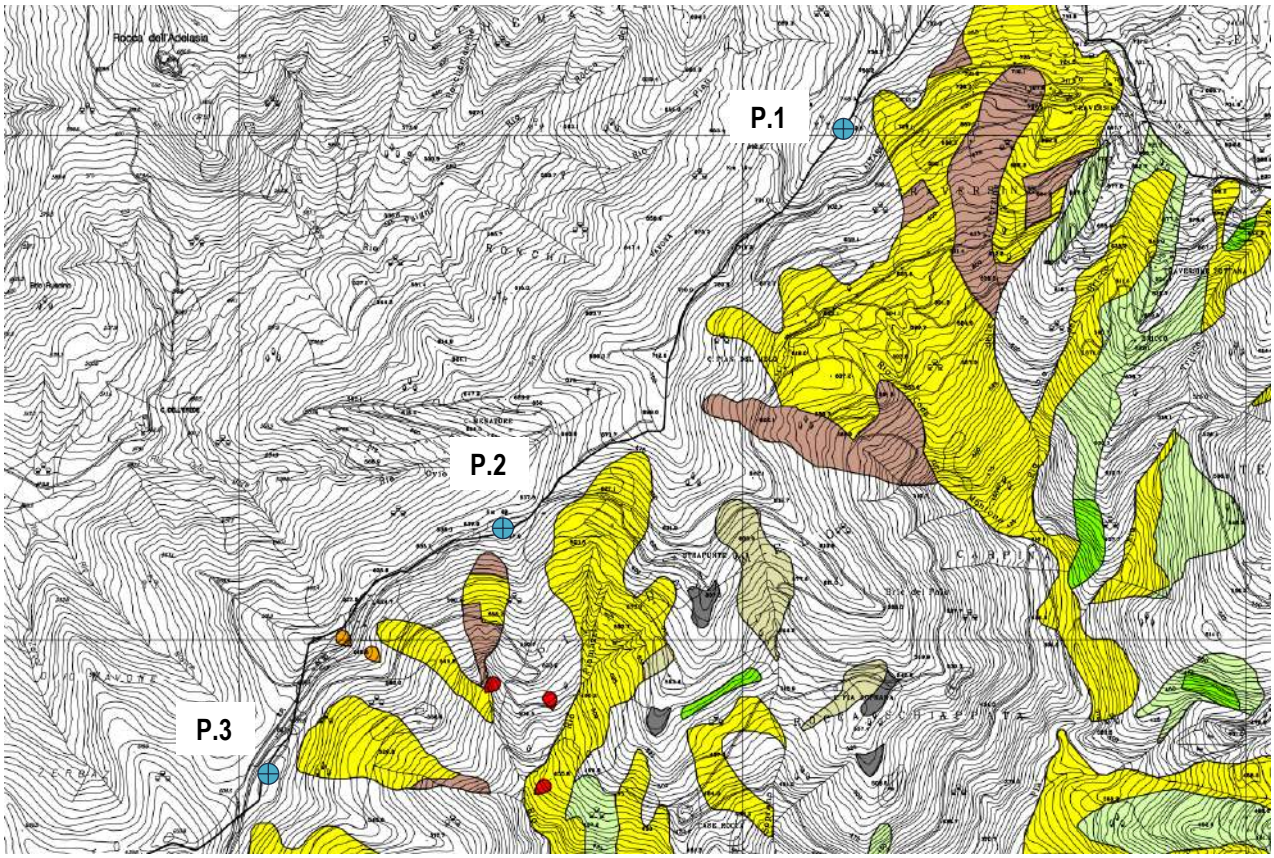
Estratto cartografia PAI



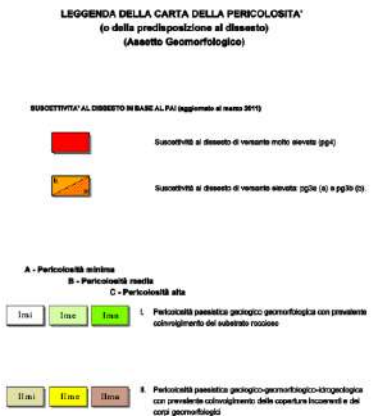
Estratto cartografia "Disciplina di tutela per aree a pericolosità idraulica e geomorfologica da frana sui bacini padani - Provincia di Savona e di Imperia - dgr 428/2021"

In entrambe le cartografie del dissesto sopra riportate, vengono indicate “aree di frane quiescenti o stabilizzate” poste lungo il versante a nord del crinale su cui sono ubicate le tre piazzole, in posizione di non interferenza con queste ultime.

Anche nella *Carta della pericolosità, o della predisposizione al dissesto – tavola DF G.3.2*. del PUC di Savona, i tre siti d’interesse sono posizionati all’esterno di aree in dissesto. Vengono riportate, lungo i versanti a sudest del crinale, aree a prevalente “pericolosità media” posizionate in corrispondenza della zona di testata degli impluvi e legate a potenziali fenomeni di scivolamento superficiale dei depositi di copertura.

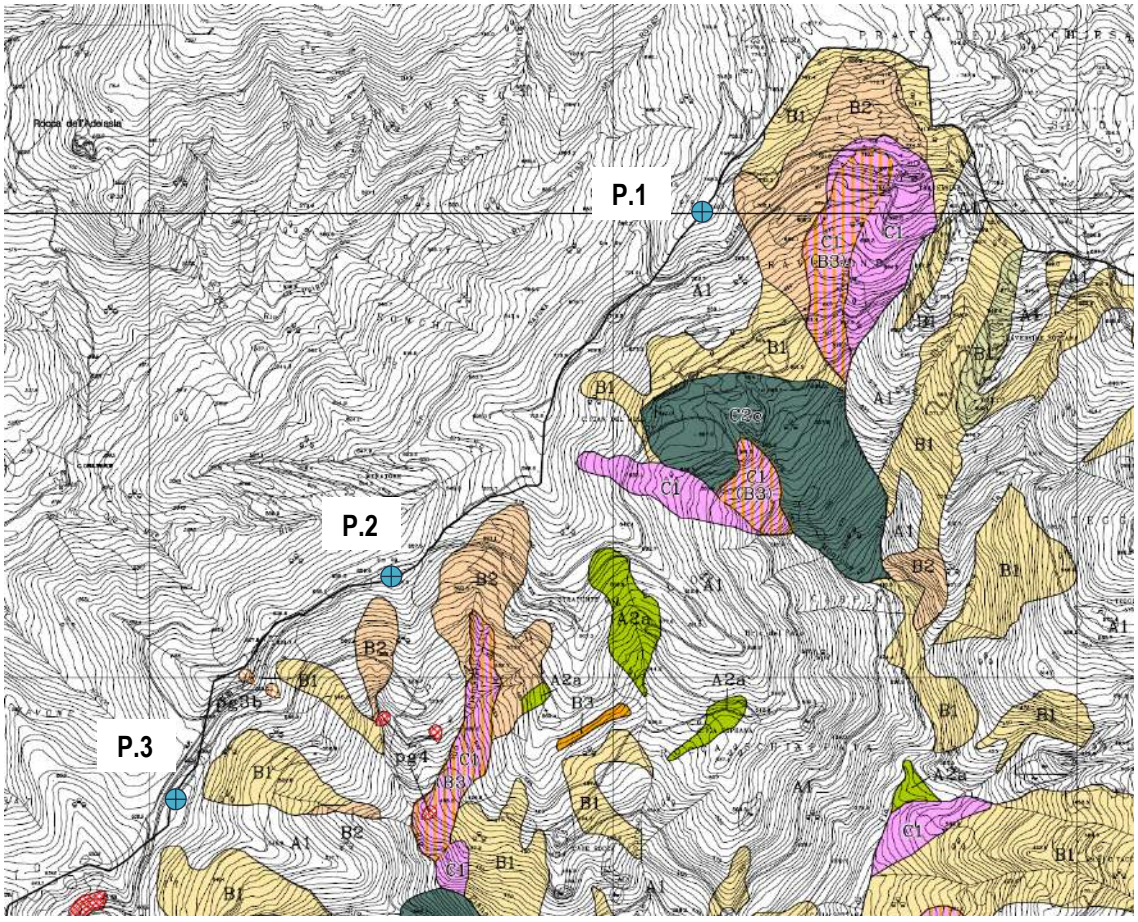


Estratto “Carta della pericolosità, o della predisposizione al dissesto – tavola DF G.3.2.” del PUC di Savona



6 – Verifica Carta di Zonizzazione geologica e di Suscettività d'Uso

In accordo a quanto si legge nella Relazione e note illustrative della parte geologica del PUC di Savona (elaborato DF Gr.1), la *Carta di Zonizzazione e Suscettività d'uso del territorio* (Tav. 4) è una carta derivata, nella quale il territorio è stato zonizzato in funzione delle sue suscettività geologiche d'uso complessive, ossia geologico-geomorfologiche, geologico-tecniche, idrogeologiche. Tale carta è stata redatta incrociando le tematiche *carta geomorfologica*, *carta dei caratteri ambientali* e *carta della predisposizione al dissesto*.



Estratto "Carta di Zonizzazione e Suscettività d'uso del territorio – tavola St G.4a.2" del PUC di Savona

A. AREE CON AMPIA GAMMA DI SUSCETTIVITA' D'USO

A1 — A 1 Senza condizionamenti d'ordine geologico, se non per interventi di eccezionale incidenza sull'attuale assetto
(rif.: n.i., § 5.1.1.; N., Capo IV, §. 1.1.)

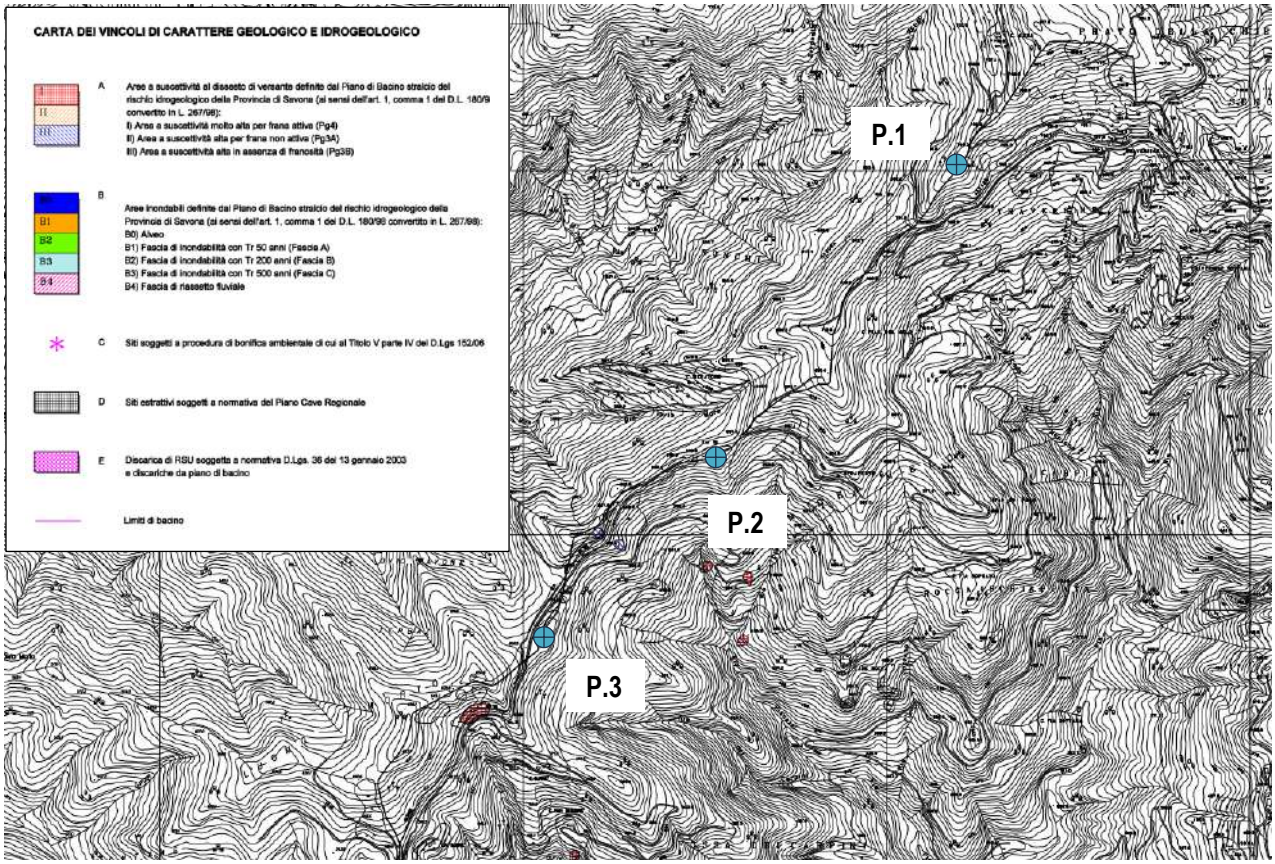
Tutti e tre i siti P1, P.2 e P.3 ricadono in area A1 – *aree con ampia gamma di suscettività d'uso – aree senza condizionamenti d'ordine geologico, se non per interventi di eccezionale incidenza sull'attuale assetto.*

Nelle classi A sono confluite tutte le aree che, a livello di studi territoriali, non risultano affette da problematiche di ordine geologico (ossia né d'ordine geolitologico, né d'ordine geomorfologico, o idrogeologico, o geologico-tecnico), tali da precludere qualsivoglia scelta di utilizzo del territorio.

Pertanto, non si ravvisano criticità geologiche alla realizzazione delle opere in progetto. In accordo a quanto stabilito anche dalle Norme Geologiche di Attuazione del PUC, elaborato St Gr.3, preliminarmente alle successive fasi di progettazione sarà necessario eseguire un adeguato approfondimento geologico, litostratigrafico e geotecnico dei siti mediante la realizzazione di una adeguata campagna di indagini geognostiche e sismiche in sito volte alla progettazione e dimensionamento strutturale delle opere di fondazione degli aerogeneratori, alla definizione delle modalità di scavo di sbancamento e di riporto dei terreni.

7 – Verifica Carta dei Vincoli di carattere geologico e idrogeologico

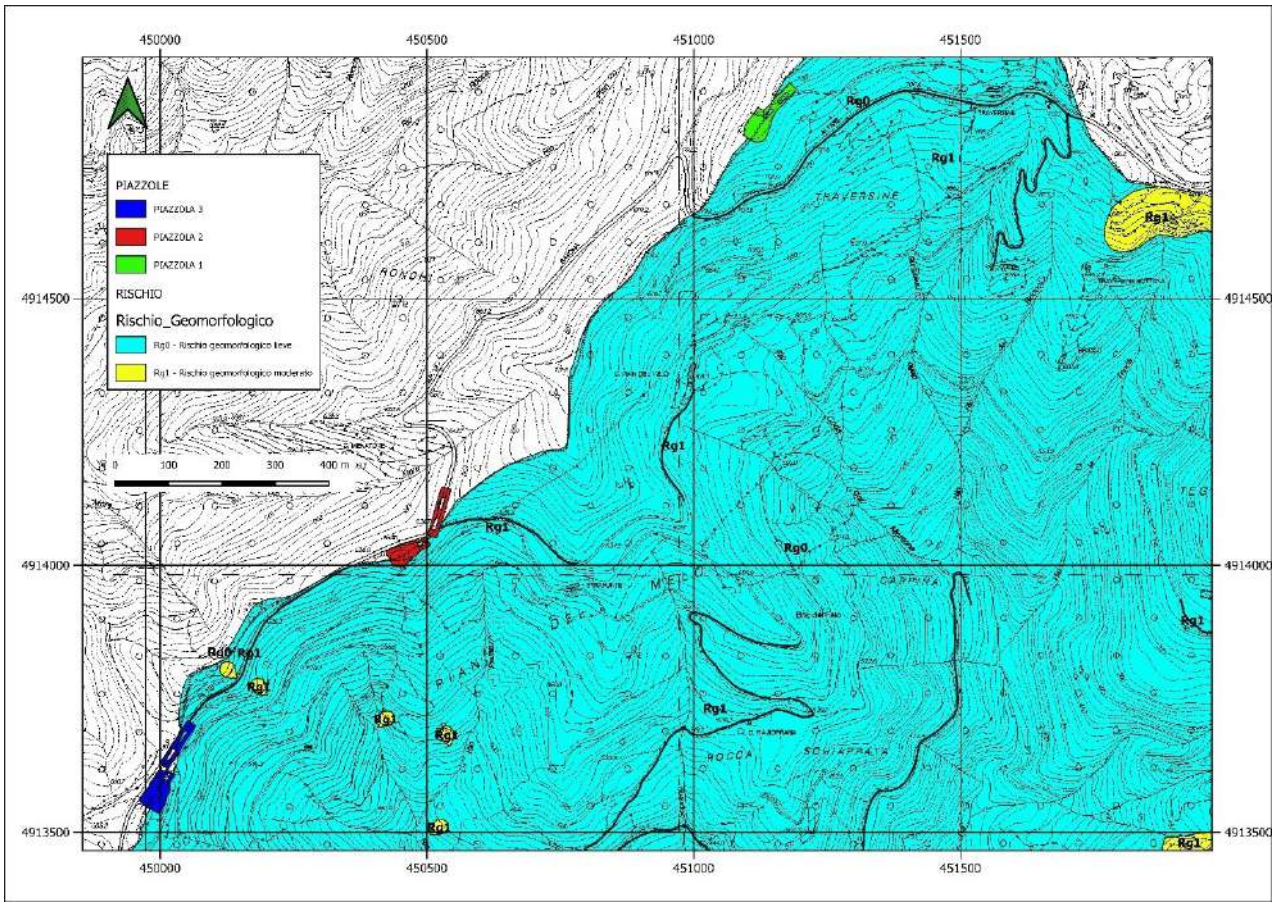
Nella carta dei Vincoli di carattere geologico e idrogeologico del PUC di Savona non vengono riportati vincoli che interessano i tre siti in esame.



Estratto "Carta dei Vincoli di carattere geologico e idrogeologico – tavola DF G.5.2." del PUC di Savona

8 – Classe del Rischio Geomorfologico

In accordo a quanto riportato nella cartografia del Rischio Geomorfologico e Idrogeologico del P.d.B rilievo regionale, riportata sul geoportale di Regione Liguria, le tre piazzole in progetto risultano situate all'interno di terreni posti in Classe di Rischio: *Rg0 – Rischio geomorfologico lieve*. Si tratta della più bassa classe di rischio tra quelle presenti in legenda della carta.



Estratto "Carta del Rischio Geomorfologico" del P.d.B rilievo regionale

9 – Sismicità dell'area

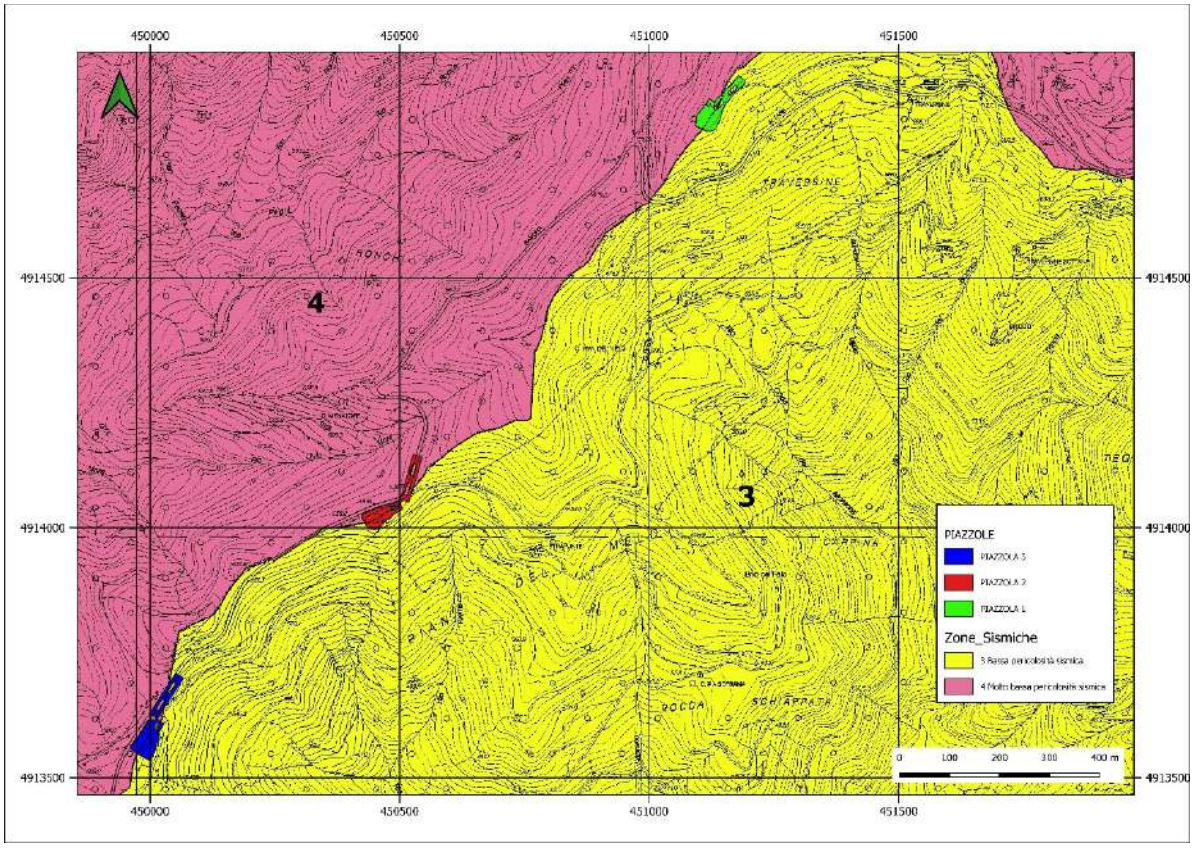
9.1. – Classificazione sismica comunale

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente". L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica. Si precisa, pertanto, che la suddivisione del territorio in zone sismiche con grado di pericolosità crescente da 4 a 1, prevista ai sensi dell'o.p.c.m.

3274/03, individua unicamente l'ambito di applicazione dei vari livelli di approfondimento e delle metodologie di calcolo da utilizzare.

La Classificazione sismica del territorio della Regione Liguria è stata effettuata ai sensi del DGR nr. 962 del 23.11.2018. In particolare, in relazione alle opere in progetto:

- Comune di Savona, aerogeneratori 1, 2 e 3, è posto in *Zona sismica 3 – pericolosità bassa*;
- Comune di Cairo Montenotte, movimenti di terra, scavi e riporti, aerogeneratori 1, 2 e 3, è posto in *Zona sismica 4 – pericolosità molto bassa*



Carta con riportata la zonizzazione sismica

9.2. – Carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica

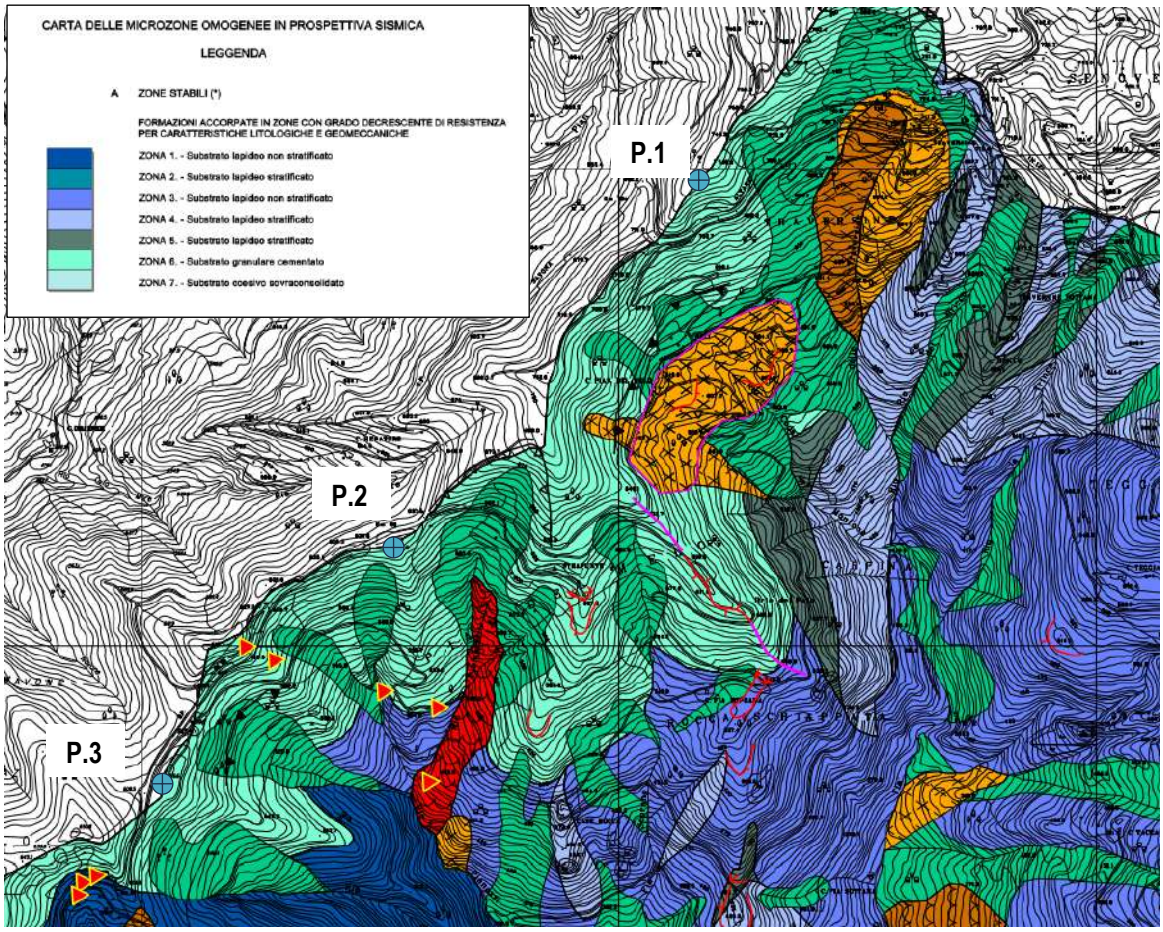
Lo studio di microzonazione sismica ha lo scopo di riconoscere le condizioni di sito che possono modificare sensibilmente le caratteristiche del moto sismico atteso (moto sismico di riferimento) o possono produrre effetti cosismici rilevanti (effetti locali) per le costruzioni e le infrastrutture. Uno studio di microzonazione restituisce, infatti, una mappa del territorio nella quale sono indicate:

- le zone in cui il moto sismico non viene modificato rispetto a quello atteso in condizioni ideali di roccia rigida e pianeggiante;

- le zone in cui il moto sismico viene amplificato a causa delle caratteristiche morfologiche, strutturali, stratigrafiche, geofisiche e geotecniche dei terreni;
- le zone in cui sono presenti, o possono attivarsi, dissesti o deformazioni del suolo dovuti al sisma o incrementati da esso.

Nella Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica, Tavola DF G.11.2 del PUC di Savona, l'area occupata dai tre aerogeneratori ricade in: *A – Zone stabili - ZONA 6 – Substrato granulare cementato.*
Nel seguito viene riportata la descrizione delle Zone stabili A tratta dal documento "Note alla Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica – elaborato DF Gr. 8" del PUC di Savona:

***A) zone stabili**, nelle quali non si ipotizzano effetti di alcuna natura, se non lo scuotimento, funzione dell'energia e della distanza dell'evento. Sono le zone dove è affiorante il substrato geologico o sub affiorante (fino a circa mt. 3) con morfologia pianeggiante o poco inclinata (pendii con inclinazione inferiore a circa 15°). Il soggetto realizzatore dovrà, in base alla letteratura, alle proprie conoscenze pregresse del territorio e in base ai dati raccolti, identificare le zone che più probabilmente sono caratterizzate da Vs _ 800 m/s.*



Estratto "Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica – tavola DF G.11.2." del PUC di Savona

9.3. – Indagine sismica con metodologia HVSR e definizione Vs,eq

La definizione preliminare del modello sismico del sottosuolo e la determinazione della $V_{S,eq}$ è stata effettuata sulla base dei risultati di specifiche indagini sismiche passive HVSR con Tromino in corrispondenza dei tre siti d'intervento. Con questa metodica vengono misurate le vibrazioni ambientali nelle tre direzioni dello spazio attraverso un unico sensore tridirezionale posto sulla superfice del terreno. In particolare, viene valutato il rapporto di ampiezza fra le componenti orizzontali e verticali del moto (metodo HVSR ovvero "Horizontal to Vertical Spectral Ratios – H/V"). In accordo al par. 3.2.2. delle NTC 2018 la classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_{S,i}}} \qquad [3.2.1]$$

con:

h_i spessore dell'i-esimo strato;
$V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
N numero di strati;
H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s.

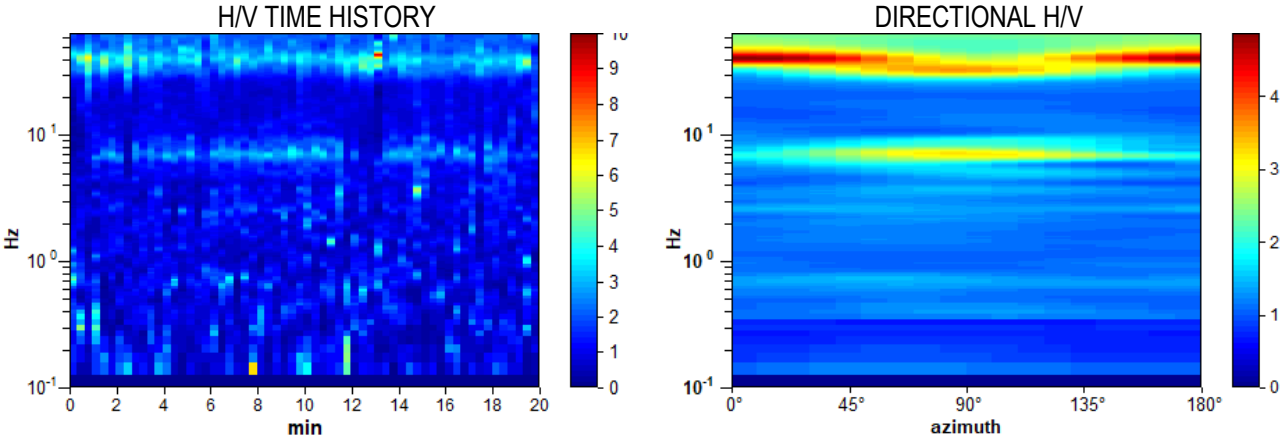
Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

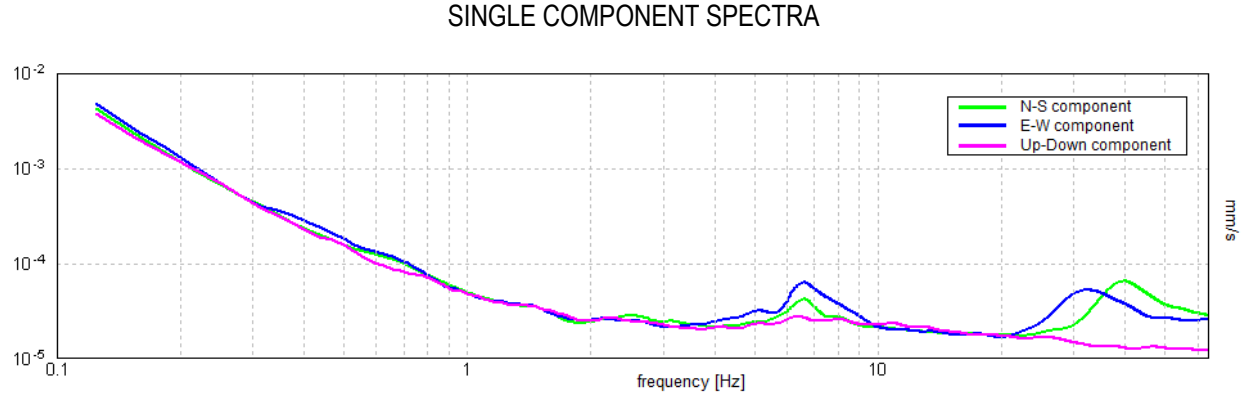
Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

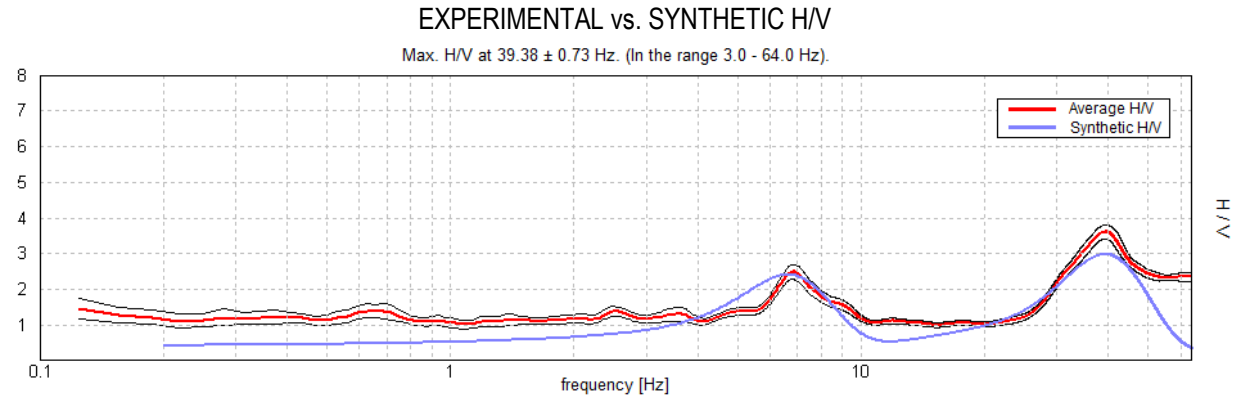
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti,* caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti,* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	*Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D,* con profondità del substrato non superiore a 30 m.

SITO 1



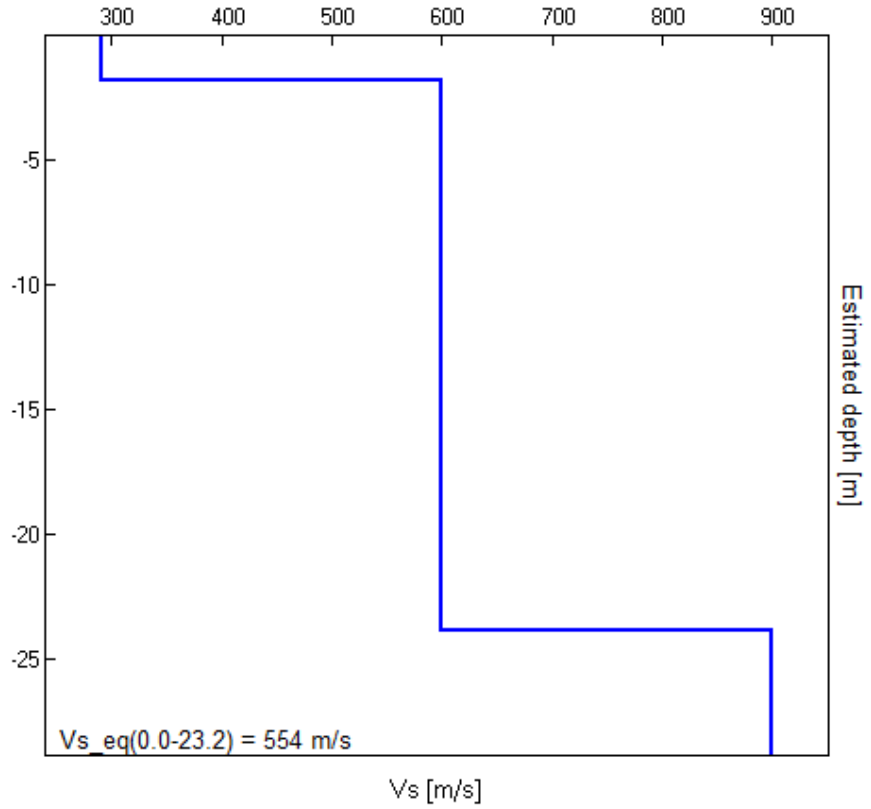

H/V TIME HISTORY
DIRECTIONAL H/V
Hz
min
azimuth
0°
45°
90°
135°
180°


SINGLE COMPONENT SPECTRA
N-S component
E-W component
Up-Down component
mm/s
frequency [Hz]



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1,80	1,80	290	0.45
23,80	22,00	600	0.45
inf.	inf.	900	0.45

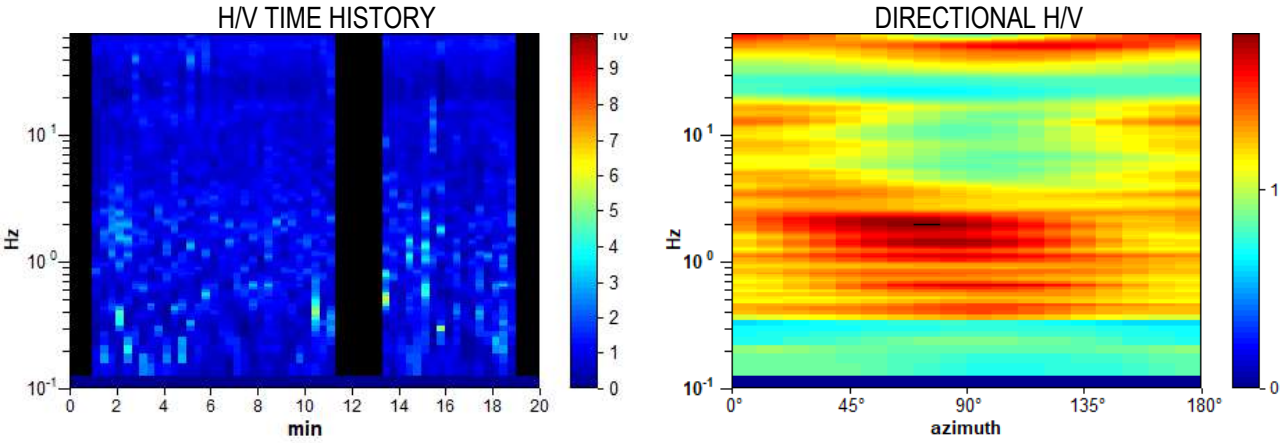
Stratigrafia sismica di sito

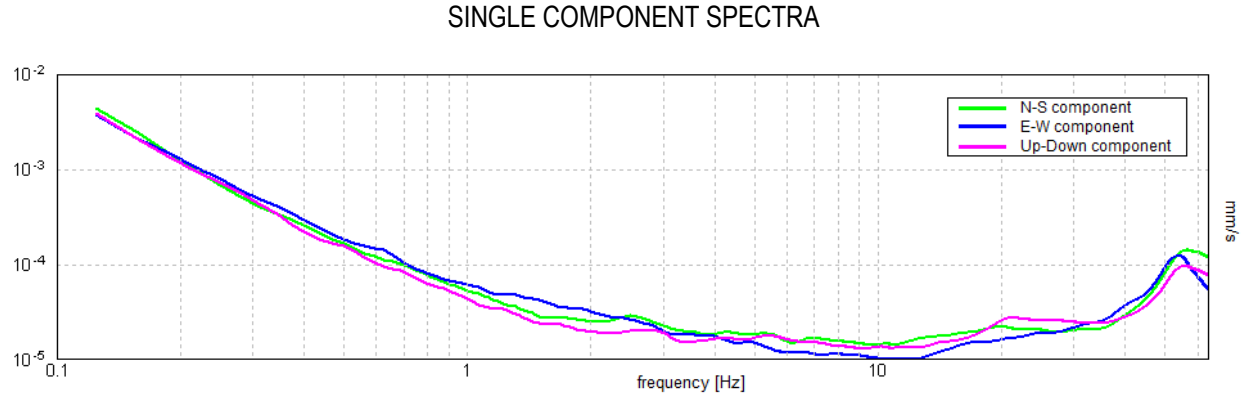


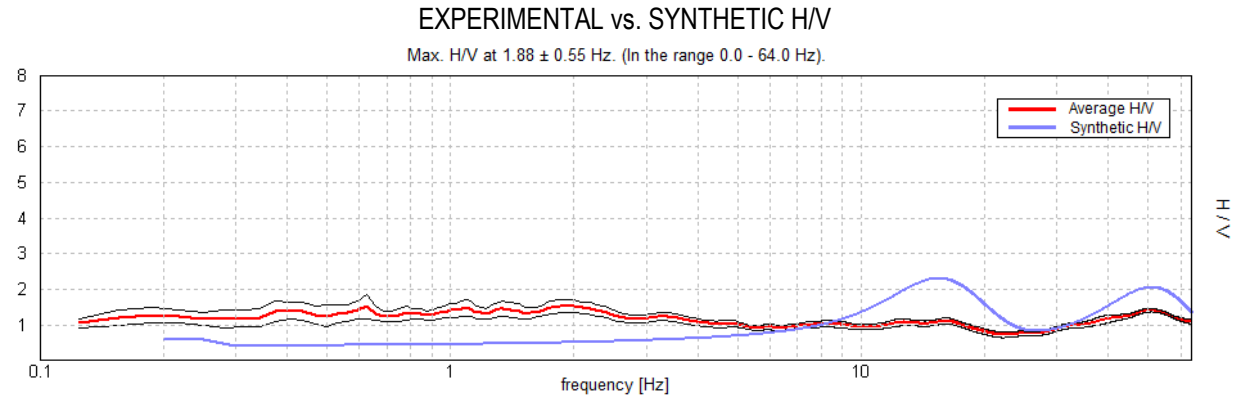
$V_{s_eq\ (0.0\text{-}23.8)}$ = 554 m/s TERRENO CATEGORIA B

SITO 2



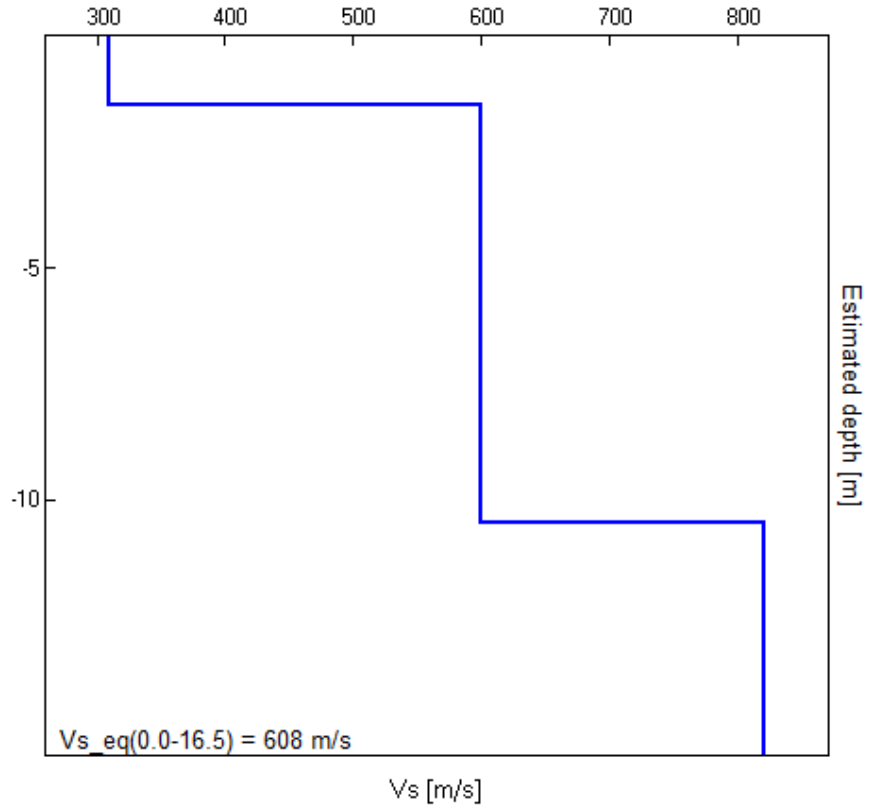

H/V TIME HISTORY
DIRECTIONAL H/V
Hz
min
azimuth
0°
45°
90°
135°
180°


SINGLE COMPONENT SPECTRA
N-S component
E-W component
Up-Down component
frequency [Hz]
mm/s



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1,50	1,50	310	0.45
10,50	9,00	600	0.45
inf.	inf.	820	0.45

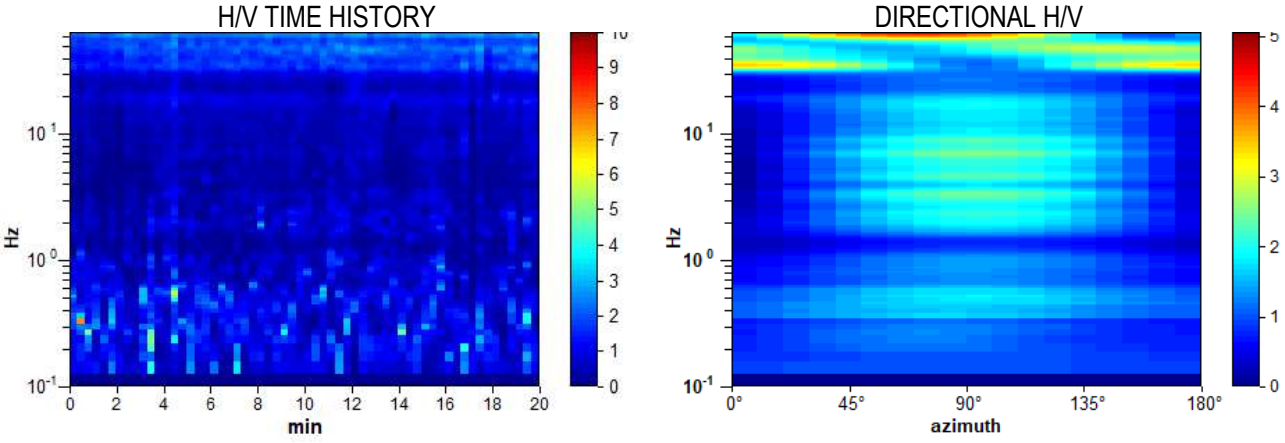
Stratigrafia sismica di sito

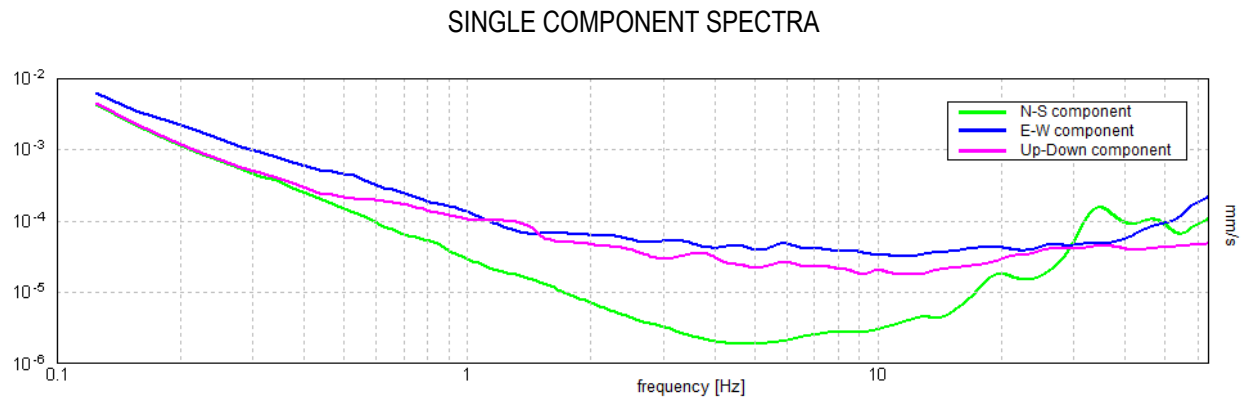


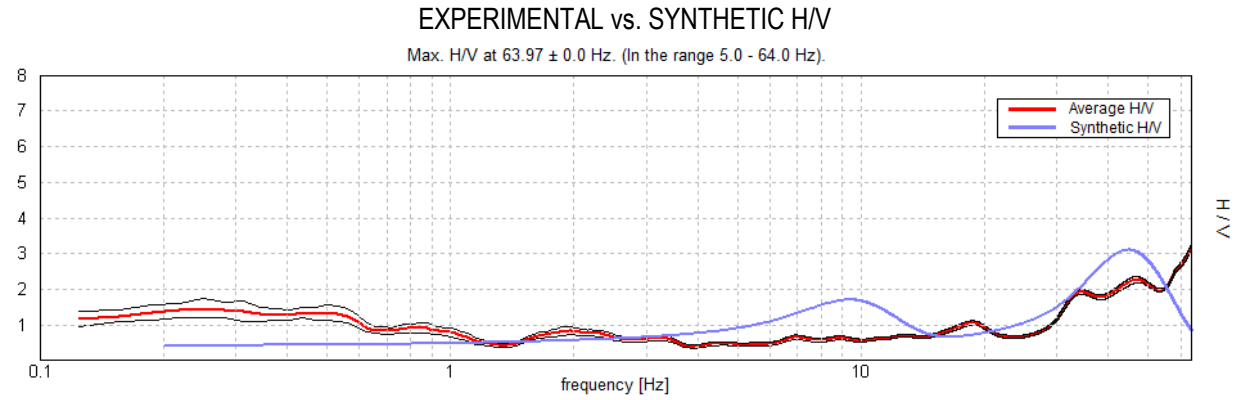
$V_{s_eq\ (0.0\text{-}10.5)}$ = 608 m/s TERRENO CATEGORIA B

SITO 3



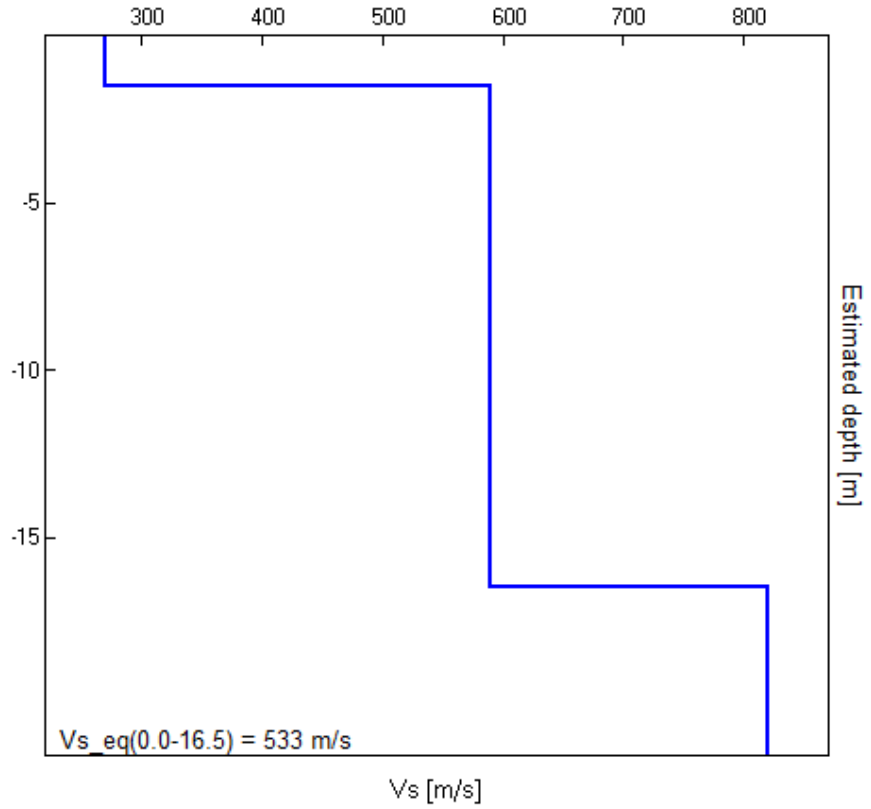

H/V TIME HISTORY
DIRECTIONAL H/V
Hz
min
azimuth
0°
45°
90°
135°
180°


SINGLE COMPONENT SPECTRA
N-S component
E-W component
Up-Down component
mm/s
frequency [Hz]



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1,50	1,50	270	0.42
16,50	15,00	590	0.42
inf.	inf.	820	0.45

Stratigrafia sismica di sito



$V_{s_eq\ (0.0\text{-}10.5)}$ = 533 m/s TERRENO CATEGORIA B

Le tre indagini sismiche hanno fornito situazioni litostratigrafiche sostanzialmente simili, con tre litozone sismiche tra loro sovrapposte:

- **Litozona 1** – Presente in superficie con spessori nell'ordine di 1,50-1,80 m e velocità di 270-310 m/s. Si tratta dello strato superficiale di terreni incoerenti, eterogranulari grossolani e poco addensati ben visibili anche lungo le scarpate di scavo presenti nelle vicinanze;
- **Litozona 2** – Presente alla base della L1, con spessori nell'ordine di 9,00-22,0 m e velocità di 590-600 m/s. Si tratta, con tutta probabilità, della parte superficiale alterata e fratturata del substrato roccioso, con in sommità depositi eterogranulari grossolani di copertura maggiormente addensati e compatti rispetto a L1;
- **Litozona 3** – Presente alla base della L2, con velocità di 820-900 m/s. Si tratta del substrato roccioso.

10 – Caratterizzazione litostratigrafica preliminare

Per avere una prima caratterizzazione litostratigrafica dei terreni presenti sono state utilizzate le informazioni tratte dalla "Carta Indagini Geognostiche della Liguria" presenti sul Geoportale della Regione Liguria.
In particolare, nelle vicinanze dei tre siti sono disponibili le indagini geognostiche, realizzate mediante scavi esplorativi spinti sino alla profondità massima di 4,0 m dal p.c., a supporto della costruzione di un campo eolico posizionato lungo il medesimo crinale oggetto d'intervento.

La situazione litostratigrafica rilevata dagli scavi conferma quanto da noi rilevato in sito mediante esame delle scarpate di sbancamento e indagine sismica con metodo HVSR.

Litozona 1 – strato superficiale, potente 1,00-2,00 m, di depositi eluvio-colluviali costituiti da una ghiaia in matrice sabbioso-limosa poco consolidata;

Litozona 2 – strato intermedio, potente 2,00-3,00 m, di ghiaie con ciottoli arrotondati con dimensione sino a pluridecimetrica in matrice sabbiosa grossolana addensata;

Litozona 3 – substrato roccioso mediamente presente a profondità superiori a 4,0 m dal p.c. e costituito da un conglomerato a clasti e ciottoli poligenici.

Stando questa stratigrafia le fondazioni degli aerogeneratori verranno impostate, o direttamente o indirettamente mediante micropali, nel substrato roccioso.

11 – Piano delle indagini geognostiche e sismiche

A supporto delle successive fasi di progettazione strutturale delle opere di fondazione dei tre aerogeneratori e per la definizione esecutiva delle modalità di realizzazione degli scavi di sbancamento (computo dei volumi di scavo in terreno e

in roccia e definizione della morfologia dei fronti di sbancamento) e dei terrapieni in riporto, sarà necessario realizzare una specifica campagna di indagini geognostiche e sismiche volte a:

- Caratterizzazione litostratigrafica dei terreni, definizione della profondità del substrato roccioso;
- Caratterizzazione geotecnica dei terreni di copertura e geomeccanica del substrato roccioso;
- Caratterizzazione sismica del sito.

Sito 1:

- n.1 sondaggio a carotaggio continuo con SPT in avanzamento, posizionato in corrispondenza dell'imposta dell'aerogeneratore. Profondità 20 m da p.c.
- n. 1 indagine sismica con metodologia MASW

Sito 2:

- n.1 sondaggio a carotaggio continuo con SPT in avanzamento, posizionato in corrispondenza dell'imposta dell'aerogeneratore. Profondità 30 m da p.c.
- n. 1 indagine sismica con metodologia MASW

Sito 3:

- n.1 sondaggio a carotaggio continuo con SPT in avanzamento, posizionato in corrispondenza dell'imposta dell'aerogeneratore. Profondità 30 m da p.c.
- n. 1 indagine sismica con metodologia MASW

REGIONE LIGURIA
COMUNI DI CAIRO MONTENOTTE e SAVONA (SV)

PARCO EOLICO DI SAVONA - LOC. PIANDELMELO (9 MW)

CARTA DI DISSESTO PAI

scala 1:10.000

TAVOLA 1

449000 449500 450000 450500 451000 451500 452000

4915500 4915000 4914500 4914000 4913500 4913000

0 100 200 300 400 m

CARTA DEL DISSESTO PAI

- Frane_quiescenti_-_Fq
- Frane_quiescenti_non_perimetrate_-_Fq

AREE A PERICOLOSITA' IDRAULICA E GEOMORFOLOGICA PROVINCIA SAVONA E IMPERIA

- (Fs)_FRANE_STABILIZZATE_(pericolosita_media_o_moderata)
- (Fq)_FRANE_QUIESCENTI_(pericolosita_elevata)
- (Fd)_FRANOSITA'_DIFFUSA_(pericolosita_moderata)
- (Fa)_FRANE_ATTIVE_(pericolosita_molto_elevata)
- (DGPV)_DEFORMAZIONI_GRAVITATIVE_PROFONDE_(pericolosita_moderata)

PIAZZOLE

- PIAZZOLA 3
- PIAZZOLA 2
- PIAZZOLA 1

GEO 3
STUDIO DI CONSULENZA GEOLOGICA

BH Wind s.r.l.
Via Zara, 5
23100 SONDRIO
tel. +39.0342.211159
fax. +39.0342.517163
www.bissiholding.com - info@bissiholding.com
C.F. - P.Iva. 01055440141
R.E.A. SO - 79322
Con Unico Socio

REGIONE LIGURIA
COMUNI DI CAIRO MONTENOTTE e SAVONA (SV)

PARCO EOLICO DI SAVONA - LOC. PIANDELMELO (9 MW)

CARTA DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO

scala 1:10.000

TAVOLA 2

PIAZZOLE
- PIAZZOLA 3
- PIAZZOLA 2
- PIAZZOLA 1

RISCHIO

Rischio_Geomorfologico
- Rg0 - Rischio geomorfologico lieve
- Rg1 - Rischio geomorfologico moderato
- Rg2 - Rischio geomorfologico medio
- Rg3 - Rischio geomorfologico elevato
- Rg4 - Rischio geomorfologico molto elevato

0 100 200 300 400 m

449500 450000 450500 451000 451500 452000 452500

4915000 4914500 4914000 4913500 4913000

GEO 3
STUDIO DI CONSULENZA GEOLOGICA

BH Wind s.r.l.
Via Zara, 5
23100 SONDRIO
tel. +39.0342.211159
fax. +39.0342.517163
www.bissiholding.com - info@bissiholding.com
C.F. - P.Iva. 01055440141
R.E.A. SO - 79322
Con Unico Socio

REGIONE LIGURIA
COMUNI DI CAIRO MONTENOTTE e SAVONA (SV)

PARCO EOLICO DI SAVONA - LOC. PIANDELMELO (9 MW)

CARTA GEOLOGICA

tratta da:
Carta Geologica Regionale con elementi di Geomorfologia (CGR) sc. 1.25.000 - tav. 229.4 - Savona

scala 1:10.000

TAVOLA 3

PIAZZOLE
- PIAZZOLA 3
- PIAZZOLA 2
- PIAZZOLA 1

0 100 200 300 400 m

QUATERNARIO

COPERTURE SCIOLTE: coltri detritiche eluvio-colluviali.

ALLUVIONI: depositi fluviali attuali e recenti; depositi di spiaggia. *Olocene*

ALLUVIONI ANTICHE: conglomerati, alternanze di argille sabbiose e/o conglomerati minuti; conglomerati con matrice rossa argillosa. *Quaternario - Pliocene*

COPERTURE PRE-QUATERNARIE

ARGILLE DI ORTOVERO: argille giallastre con intercalazioni di sabbie e conglomerati; marne grigio azzurre; conglomerati minuti con matrice rossastra, argille gialle, marne grigie e conglomerati minuti con matrice rossastra. *Pliocene*

FORMAZIONE DI MOLARE: depositi prevalentemente continentali o salmastri; conglomerati poligenici più o meno cementati, con ciottoli di dimensioni variabili, in bancate potenti, localmente alternati a livelli arenacei e marnosi; marne ed arenarie grigio azzurre, marne grigio giallastre generalmente potenti, intercalate a bancate arenacee e conglomeratiche; intercalazioni di lenti di lignite. *Oligocene inferiore*

DOMINIO PIEMONTESE LIGURE

UNITÀ DI ALPICELLA (GRUPPO DI VOLTRI)

Calcescisti e metabasiti (prasiniti auct.) fittamente intercalate, a metamorfismo alpino polifasico da facies Scisti Blu a Scisti Verdi

CALCESCISTI: scisti micaceo quarzosi, più o meno carbonatici. *Giurassico*

METABASITI: metabasiti listate comunemente a relitti di glaucofane. *Giurassico*

UNITÀ DI MONTENOTTE

Metafoliti e relative coperture con sovraimpronta alpina in facies Scisti Blu.

FILLADI: metapeliti scistose generalmente molto fissili caratterizzati da tipica lucentezza dei lembi micacei, verosimile associate ai calcari cristallini. *Cretaceo inferiore*

CALCARI CRISTALLINI: calcari cristallini grigi, quarzo-micacei, caratterizzati da fissilità grossolana (calcari lastroidi); localmente calcari marmorei con "picchiettature" di quarzo. *Giurassico - Cretaceo inferiore*

DIASPRI: scisti silicei ricchi di ematite, livelli di metaradiolariti di colore rosso violaceo e rari livelli verdastri. *Giurassico*

METAGABBRI: Mg-gabbri e Fe-gabbri con filoni di basalti, brecce ofiolitiche prevalentemente gabbriche con impronta metamorfica in facies Scisti Blu. *Giurassico*

METAOFIOLITI: serpentiniti più o meno scistose, metabasiti ad anfiboli sodici, brecce ofiolitiche poligeniche con impronta metamorfica in facies di Scisti Blu, difficilmente cartografabili separatamente. *Giurassico*

DOMINIO PIEMONTESE

UNITÀ TRIASSICO-LIASSICA

DOLOMIE: dolomie (tipiche dolomie di S.Pietro dei Monti), breccie di dolomie, livello argillo-marnosi; calcari scistosi neristri a spalmature grigio giallastre.

QUARZOSCISTI: quarzoscisti micacei (metaareniti e metasiltiti) rosso violacei; metaconglomerati scistosi a clasti di quarzo tipici del Verrucano. *Permo - Trias*

DOMINIO BRIANZONESE

TEGUMENTO PERMO CARBONIFERO

Metasedimenti di ambiente continentale

SCISTI DI GORRA: scisti quarzoso micacei fini comunemente di origine mista da sedimenti quarzo pelitici con inquinamento di materiale vulcanico acido (tufiti, piroclastiti); scisti molto diffusi verso il contatto con le sequenze sedimentarie. Quarzoso micacei Bianco argentei, metaquarziti fini bianche monomineraliche, locali intercalazioni di metabasiti della formazione di Eze peG, con subordinate intercalazioni di Porfiroidi di Melogno. *Permiano inferiore - Carbonifero superiore*

FORMAZIONE DI MURIALDO: filladi scure grafitiche, con frequenti lenti e vene di quarzo. *Carbonifero superiore*

METASEDIMENTI PERMIANI: metasedimenti riferibili alle formazioni precedenti non cartografabili separatamente. *Permiano inferiore - Carbonifero superiore*

FORMAZIONE DI OLLANO: metaconglomerati a matrice arenacea o pelitica con rare lenti grafitiche. *Carbonifero inferiore-medio*

UNITÀ DI BAGNASCHINO

ANFIBOLITI E GNEISS: anfiboliti e gneiss a marcata scistosità alpina e paragneiss in facies di Scisti Blu e Gladeite. *Ordoviciano - Siluriano*

UNITÀ SAVONA CALIZZANO

ORTOGNEISS METAGRANITOIDI II: metagranitoidi con sovraimpronta metamorfica prealpina in facies anfibolitica; granitoidi a grana da media a grossolana, generalmente porfirici per grandi megacristalli di K-feldspato (fino a 8-10 cm); metagranitoidi con forte sovraimpronta metamorfica a carattere milonitico (ITm). *Carbonifero inferiore*

MIGMATITI: migmatiti di anatessi, polimetamorfiche a peciloblasti di andalusite associate a mobilizzati leucocratici. *Siluriano - Devoniano*

ORTOGNEISS II ortogneiss con sovraimpronta polimetamorfica in facies anfibolitica prealpina; metagranitoidi a grana grossolana occhiadina per megacristalli di K-feldspato (fino a 4 cm) con strutture magmatiche relitte: ortogneiss biotitico muscovitico fortemente scistosi; ortogneiss biotitico-muscovitici con pasta di fondo equigranulare a grana medio fine e tenoricristalli di K-feldspato. *Cambriano - Ordoviciano - Siluriano*

PARAGNEISS MICASCISTI POLIMETAMORFICI IN FACIES ANFIBOLITICA: paragneiss e micascisti a grana fine, a biotite e muscovite; micascisti a grana media fino a grande. *Ordoviciano - Siluriano*

ANFIBOLITI: metabasiti massicciie, polimetamorfiche, in facies anfibolitica; localmente granatifere; metabasiti polimetamorfiche a grana generalmente da fine a media, con relitti di paragenesi eclogitiche a granato. *Ordoviciano - Siluriano*

MILONITI: cataclasiti, miloniti e blastomiloniti indifferenziate di rocce del basamento con intensa sovraimpronta metamorfico-alpina, deformativa, spesso polifasica.

GEO 3
STUDIO DI CONSULENZA GEOLOGICA

BH Wind s.r.l.
Via Zara, 5
23100 SONDRIO
tel.+39.0342.211159
fax. +39.0342.517163
www.bissiholding.com - info@bissiholding.com
C.F. - P.Iva. 01055440141
R.E.A. SO - 79322
Con Unico Socio