Regione Liguria	Comune Magliolo	Comune Rialto	Comune Tovo San Giacomo	Provincia Savona
REGIONE LIGURIA				PAR PARIBVS

PARCO EOLICO PIAN DEI BUOI - 8MW

Relazione geologica di compatibilità idrogeologica e modellazione sismica	Rel. 02

Progetto definitivo
Comuni di Magliolo - Rialto - Tovo San Giacomo (SV)
Località Piano dei Buoi
Rev. 00 - Gennaio 2025

IL PROGETTISTA

Firmato digitalmente da

danilo grossi

O = Ordine dei Geologi della Lombardia
T = Geologo
SerialNumber = TINIT-GRSDNL66S03I829M
C = IT

Bissi Marco
03.02.2025 10:28:24
GMT+02:00

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 MAGLIOLO – RIALTO – TOVO SAN GIACOMO

PROVINCIA DI SAVONA

PARCO EOLICO PIAN DEI BUOI (8 MW)

RELAZIONE GEOLOGICA di COMPATIBILITA' IDROGEOLOGICA E DI MODELLAZIONE SISMICA

gennaio 2025

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 e idrografico 7

4 – CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICHE ZONA PIAZZOLE ED INDICAZIONI PROGETTUALI 8

4.1. – Piazzola WTG01 8

4.2. – Piazzola WTG02 12

4.3. – Pista di accesso a WTG01 e WTG02 15

4.3.1. – Inquadramento geologico generale 15
4.3.2. – Inventario fenomeni franosi – Progetto IFFI 17
4.3.3. – Inquadramento idrogeologico-idrografico 21
4.3.4. – Analisi tipologie di progetto per la realizzazione delle opere 21

5 – PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA E DISSESTO 27

5.1. – Carta PAI dissesti: Pericolosità, Subsidenza - Appennino Settentrionale 28

5.2. – P.d.B. rilievo regionale – Rischio Geomorfologico ed Idrogeologico 30

5.3. – Inventario dei fenomeni franosi – Progetto IFFI 31

6 – SISMICITÀ DELL'AREA 32

6.1. – Classificazione sismica comunale 32

6.2. – Indagine sismica con metodologia HVSR e definizione Vs,eq 33

7 – CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA PRELIMINARE 38

8 – PIANO DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE E SISMICHE 38

TAVOLE:

1 – Carta di PERICOLOSITA' – PAI DISSESTI scala 1:4.000

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 PIAN DEI BUOI (8 MW)"* - nei comuni di Magliolo, Rialto e Tovo San Giacomo in Provincia di 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
- **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 Rialto: Sito istituzionale: https://www.comune.rialto.sv.it/it;
- Comune di Magliolo: Sito istituzionale: http://www.comune.magliolo.sv.it/
- Comune di Tovo San Giacomo: Sito istituzionale: https://comune.tovo-san-giacomo.sv.it/
- Regione Liguria: Geoportale – catalogo mappe https://geoportal.regione.liguria.it/catalogo/mappe.html#
- Provincia di Savona Geoportale – https://www.provincia.savona.it/cartografia
- ISPRA ambiente progetto CARG – carta geologica Foglio 228 Cairo Montenotte – https://www.isprambiente.gov.it/Media/carg/228_CAIRO_MONTENOTTE/Foglio.html
- Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale: – Carta PAI dissesti: Pericolosità, Subsidenza - Appennino Settentrionale; https://www.appenninosettentrionale.it/itc/?page_id=3112

2 – Interventi in progetto

Gli interventi in progetto prevedono la realizzazione di un nuovo impianto eolico costituito da due aerogeneratori ciascuno con una potenza nominale di 4 MW, posizionati tra i comuni di Magliolo, Rialto e Tovo San Giacomo, tutti in provincia di Savona, nell'Appenino Ligure di Ponente.

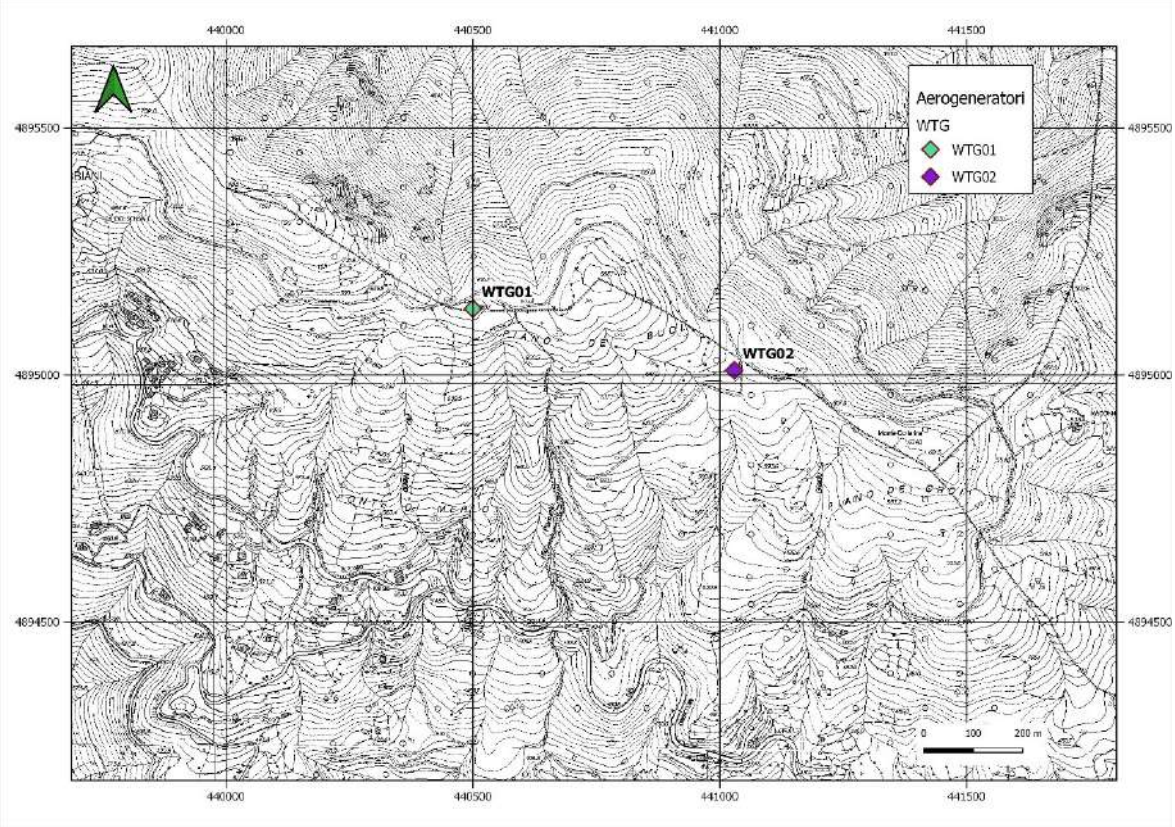
I due aerogeneratori, **WTG01** e **WTG02**, verranno posizionati rispettivamente alle quote di 680 m slm e 625 m slm, sulla sommità del crinale spartiacque del Piano dei Buoi, all'interno di aree a debole pendenza. Per la formazione delle piazzole di montaggio e di esercizio finale sarà necessario realizzare limitati scavi di adeguamento e livellamento morfologico del dosso; il materiale proveniente dagli scavi verrà, inizialmente, sistemato in loco per la formazione della piazzola di lavoro e successivamente utilizzato per il ripristino delle aree. La cabina elettrica di consegna è situata nel Comune di Finale Ligure (SV) e sarà collegata alla cabina primaria CP di Finale Ligure attraverso un sistema di interconnessione di tipo ENTRA ESCI.

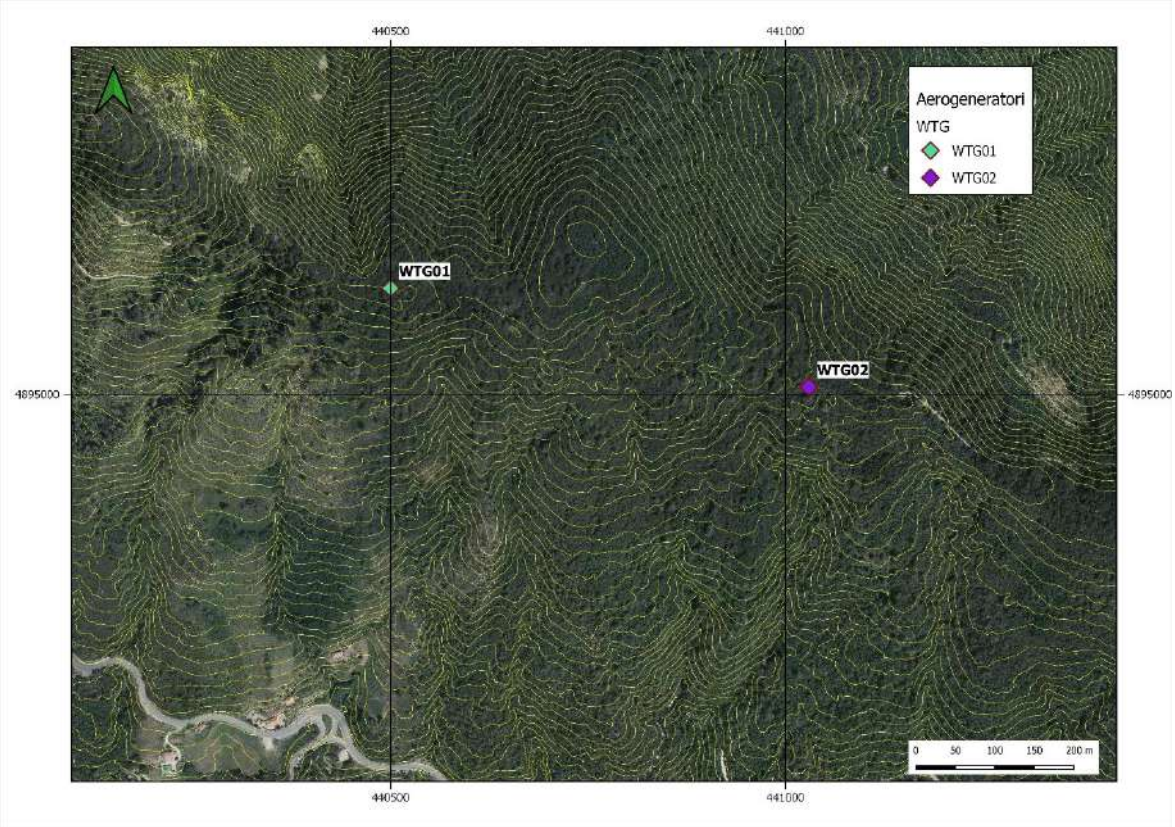
In questa fase progettuale, in attesa dei risultati delle indagini geognostiche e sismiche che andranno realizzate successivamente, si ipotizza una fondazione del palo mediante un plinto circolare in c.a. posto ad una profondità di almeno 2,0 m dall'attuale piano di campagna. In relazione ai risultati delle indagini geognostiche verrà valutata la necessità di ancorare la fondazione al substrato roccioso, direttamente mediante barre in acciaio o 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.

La proposta progettuale prevede di raggiungere le due piazzole mediante l'adeguamento di una pista forestale esistente che attraversa a mezza costa il versante, con inizio, circa a q. 942 m slm, in località Cà del Mago, in corrispondenza del parcheggio dell'Osteria del Din, ed arrivo al Piano dei Buoi (zona imposta aerogeneratori), per poi innestarsi ancora sulla strada Provinciale circa a q. 490 m slm. Al termine dei lavori di costruzione dell'impianto si procederà alla riduzione della larghezza della pista, riportandola alla sezione attuale e dotandola di tutte le opere necessarie al sostegno delle scarpate e alla regimazione delle acque di piattaforma.

Il collegamento tra gli aerogeneratori WTG01 e WTG02 avverrà attraverso un elettrodotto che seguirà la pista forestale esistente. Per il collegamento tra la WTG02 e la SP490, la società promuove la scelta di installare un cavidotto aereo di circa 600 metri. Raggiunta la SP490, il cavidotto proseguirà interrato fino alla fino di consegna situata a circa 1 km dalla cabina primaria di Finale Ligure (SV).

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 SE-NW rappresenta lo spartiacque tra il bacino del Torrente Pozza a nordest e il bacino del Torrente Maremola a sudovest.

Si tratta di un tipico crinale con linea di cresta ben arrotondata, colonizzata dal bosco e caratterizzata da un sottile strato superficiale di depositi eterogranulari medio-grossolani, costituiti da una ghiaia con ciottoli ben arrotondati e con diametri da centimetrici a decimetrici, immersi in un'abbondante matrice limosa e sabbioso-limosa mediamente addensata (foto 1); si tratta, con tutta probabilità, di depositi eluvio/colluviali di alterazione della sottostante formazione rocciosa.



foto 1

Il substrato roccioso si presenta in condizioni di subaffioramento all'interno delle due aree d'intervento, generalmente alla base di un sottile spessore di depositi di copertura quaternaria.

In particolare, in corrispondenza di WTG01 sono presenti quarzoscisti, scisti quarzo-sericitici e cloritici appartenenti alla Formazione degli "Scisti di Gorra – GRR" – Unità tettonostratigrafica del Monte Settepani – Dominio Brianzonese; si tratta di una roccia di colore chiaro che costituisce il substrato di anche quasi l'intero tracciato della pista di accesso agli aerogeneratori, affiorando in più punti lungo gli spaccati del sentiero (foto 2).

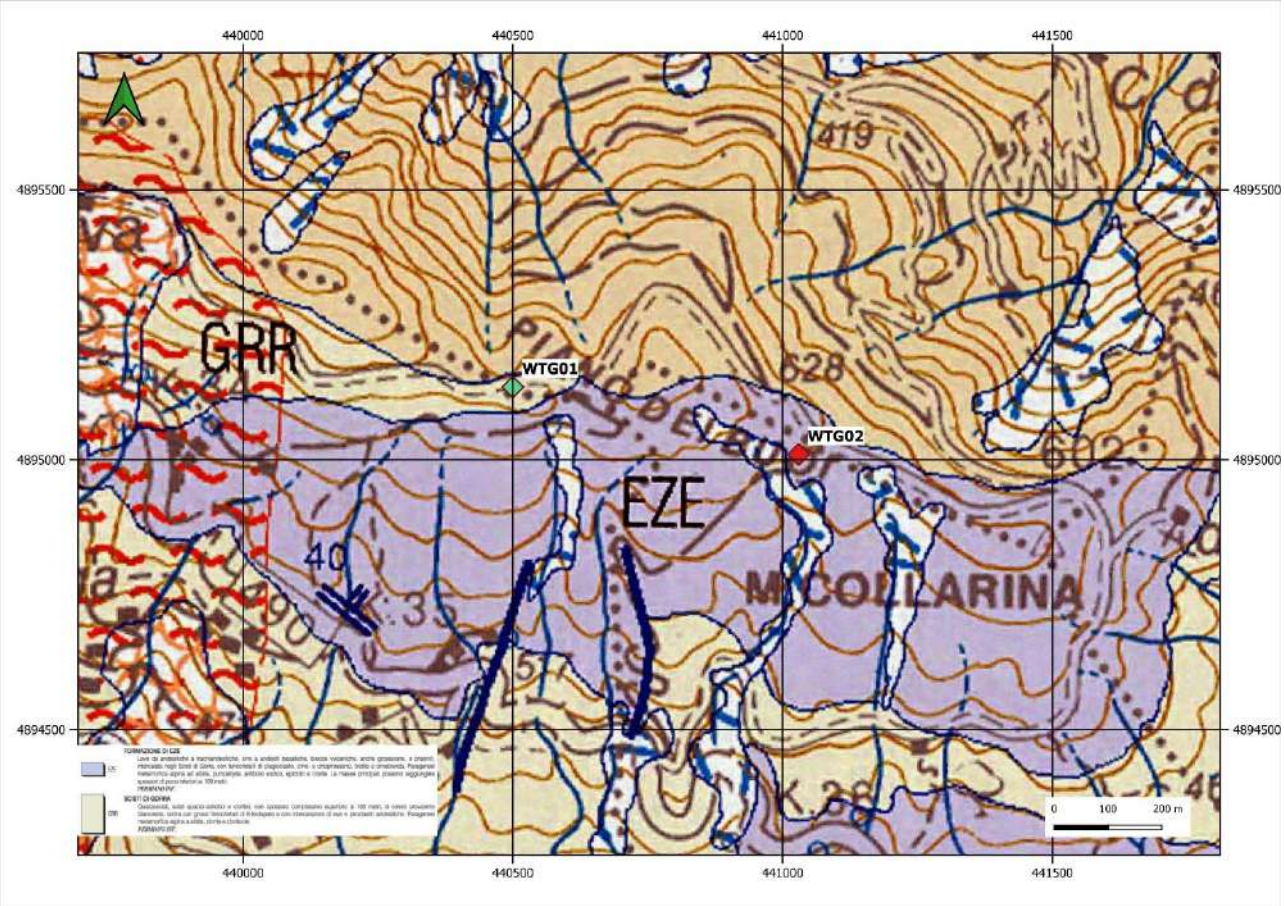


foto 2

In corrispondenza di WTG02 sono presenti lave da andesiniche a trachiandesiniche, sino ad andesiti basaltiche con brecce vulcaniche e prasiniti appartenenti alla "Formazione di Eze – EZE" – Unità tettonostratigrafica di Pamparato-Murialdo – Dominio Brianzonese; si tratta di una roccia di colore griglio chiaro che costituisce il substrato della pista forestale che raggiunge WTG02 da Mad.na della Guardia (foto 3).



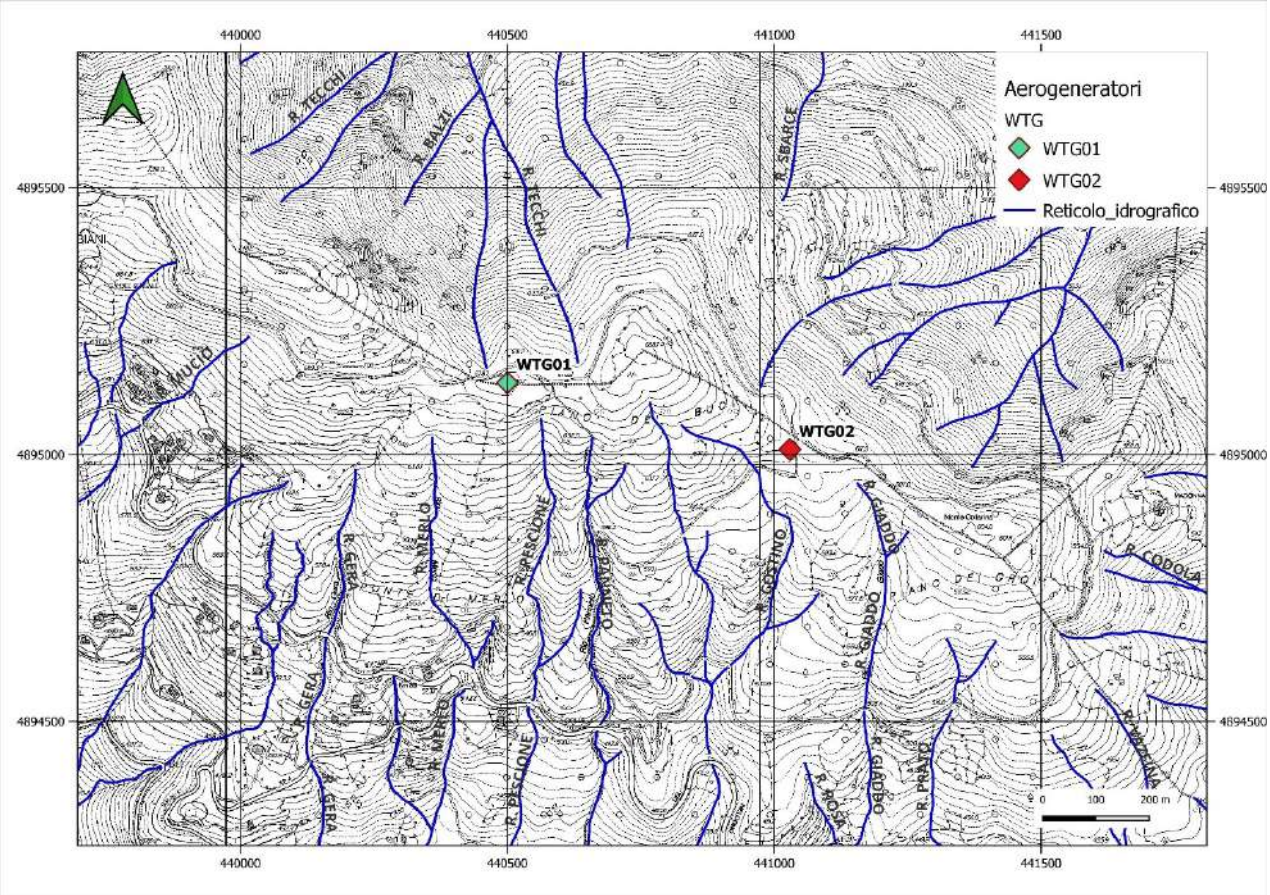
foto 3



Estratto "Carta geologica d'Italia – progetto CARG – Foglio 228 Cairo Montenotte

3.2. – Inquadramento idrogeologico e idrografico

I due siti WTG01 e WTG02 sono posizionati lungo un crinale spartiacque, nella parte sommitale dei bacini imbriferi superficiali e sottosuperficiali. Pertanto, soprattutto anche a causa delle caratteristiche geomorfologiche dei siti esaminati, 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 superficiali.



Reticolo idrografico superficiale

4 – Caratterizzazione geologiche zona piazzole ed indicazioni progettuali

4.1. – Piazzola WTG01

Viene posizionata in corrispondenza di un ampio dosso boscato caratterizzato da un sottile strato superficiale di suolo e terreni eluvio-colluviali di copertura sovrapposti al substrato roccioso, subaffiorante in corrispondenza di scarpate poste nelle vicinanze e sul fondo del sentiero (foto 4 e 5).

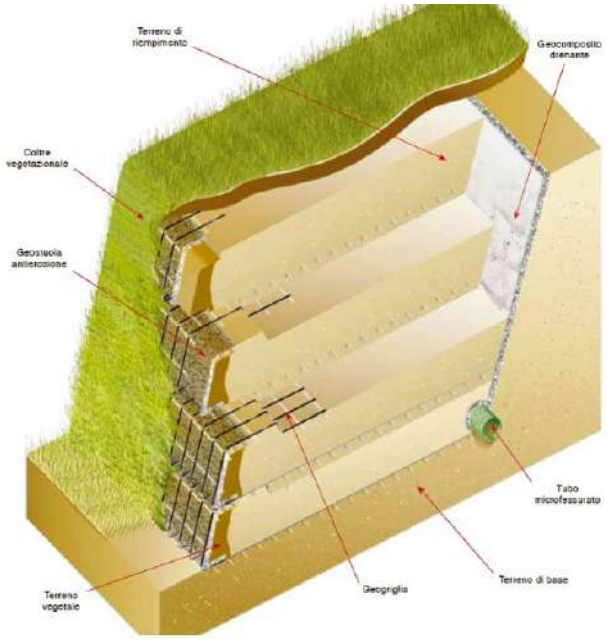
Si tratta di un'area stabile, priva di fenomeni di dissesto attivi e di situazioni di potenziale criticità geologica. La morfologia dell'area è subpianeggiante (foto 6 e 7) richiedendo, quindi, solo limitati interventi di adeguamento morfologico per la formazione della piazzola di lavoro e definitiva. In particolare, la stessa verrà creata abbassando leggermente il dosso esistente e riportando il terreno proveniente dallo scavo all'interno di un'area già ribassata, subpianeggiante, posta immediatamente a SE, senza creare situazioni di criticità geologica.

Allo stato attuale delle conoscenze litostratigrafiche preliminari si ritiene che, a meno di un sottile strato superficiale di suolo ed eluvio, gran parte dello scavo interesserà la parte di "cappellaccio superficiale fratturata" del substrato roccioso metamorfico

Il plinto circolare di fondazione della torre verrà, verosimilmente, impostato nel substrato roccioso, ad una profondità di almeno 2,0 m rispetto al fondo della piazzola.

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;
- La piazzola verrà realizzata con materiale drenante (roccia frantumata e terreno di scavo) non pavimentato e con pendenza uniforme verso l'esterno; le acque pluviali verranno, quindi, gestite mediante infiltrazione diretta nel terrapieno della piazzola, scarico diffuso per ruscellamento superficiale e raccolta delle acque in un sistema di cunette trasversali incise nel terrapieno e convergenti verso una canaletta perimetrale di raccolta;
- Al termine dei lavori di montaggio dell'aerogeneratore verrà mantenuta solo la piazzola, di circa 1000 m^2 di superficie, nell'intorno della torre mentre la parte rimanente andrà smantellata ripristinando l'originaria morfologia del terreno; verranno realizzati interventi di ingegneria naturalistica e di inerbimento così da favorire la veloce ricrescita della copertura vegetazionale e a bosco. Anche la piazzola che rimarrà in posto sarà adeguatamente inerbita e dotata di adeguate opere di regimazione delle acque pluviali.



esempio di scarpata inerbita e in terre rinforzate



foto 4



foto 5



foto 6



foto 7

4.2. – Piazzola WTG02

Anche questa piazzola, in continuità con WTG01, viene posizionata lungo il dosso crinale spartiacque, in corrispondenza di un ampio dosso boscato caratterizzato da un sottile strato superficiale di suolo e terreni eluvio-colluviali di copertura sovrapposti al substrato roccioso, subaffiorante in corrispondenza di scarpate poste nelle vicinanze e sul fondo del sentiero (foto 8 e 9).

Si tratta di un'area stabile, priva di fenomeni di dissesto attivi e di situazioni di potenziale criticità geologica. La morfologia dell'area è subpianeggiante (foto 10 e 11) richiedendo, quindi, solo limitati interventi di adeguamento morfologico per la formazione della piazzola di lavoro e definitiva, con volumi di movimenti di terra inferiori rispetto a WTG01. Anche in questo caso si procederà alla regolarizzazione del piccolo dosso arrotondato su cui sarà impostata la torre, riportando il terreno proveniente dallo scavo per il colmamento ed il riporto in quota di depressioni morfologiche situate immediatamente a SE, senza creare situazioni di criticità geologica.
Allo stato attuale delle conoscenze litostratigrafiche preliminari si ritiene che, a meno di un sottile strato superficiale di suolo ed eluvio, gran parte dello scavo interesserà la parte di "cappellaccio superficiale fratturata" del substrato roccioso metamorfico. Il plinto circolare di fondazione della torre verrà, verosimilmente, impostato nel substrato roccioso, ad una profondità di almeno 2,0 m rispetto al fondo della piazzola.

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:

- 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;
- La piazzola verrà realizzata con materiale drenante (roccia frantumata e terreno di scavo) non pavimentato e con pendenza uniforme verso l'esterno; le acque pluviali verranno, quindi, gestite mediante infiltrazione diretta nel terrapieno della piazzola, scarico diffuso per ruscellamento superficiale e raccolta delle acque in un sistema di cunette trasversali incise nel terrapieno e convergenti verso una canaletta perimetrale di raccolta;
- Al termine dei lavori di montaggio dell'aerogeneratore verrà mantenuta solo la piazzola, di circa 1000 m^2 di superficie, nell'intorno della torre mentre la parte rimanente andrà smantellata ripristinando l'originaria morfologia del terreno; verranno realizzati interventi di ingegneria naturalistica e di inerbimento così da favorire la veloce ricrescita della copertura vegetazionale e a bosco. Anche la piazzola che rimarrà in posto sarà adeguatamente inerbita e dotata di adeguate opere di regimazione delle acque pluviali.



foto 8



foto 9



foto 10

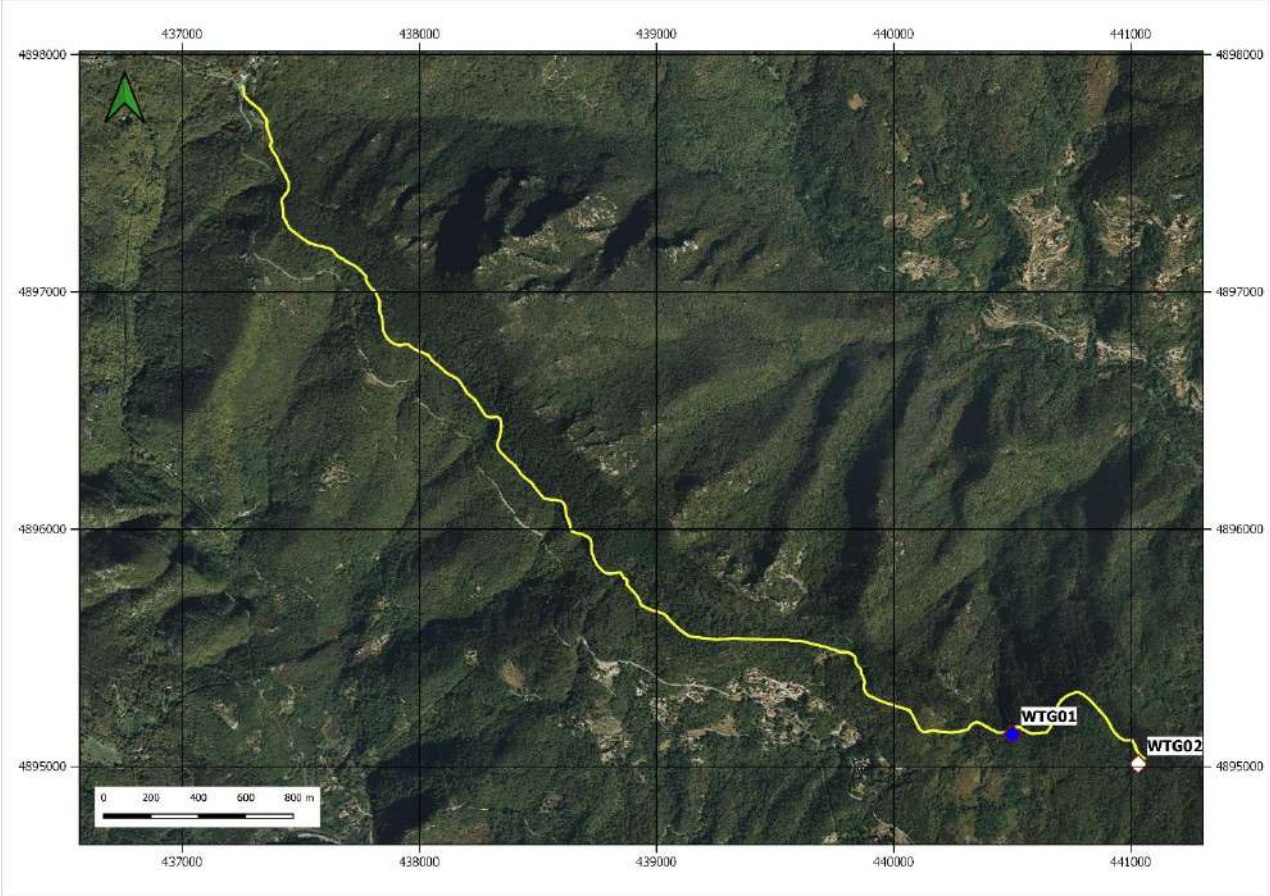


foto 11

4.3. – Pista di accesso a WTG01 e WTG02

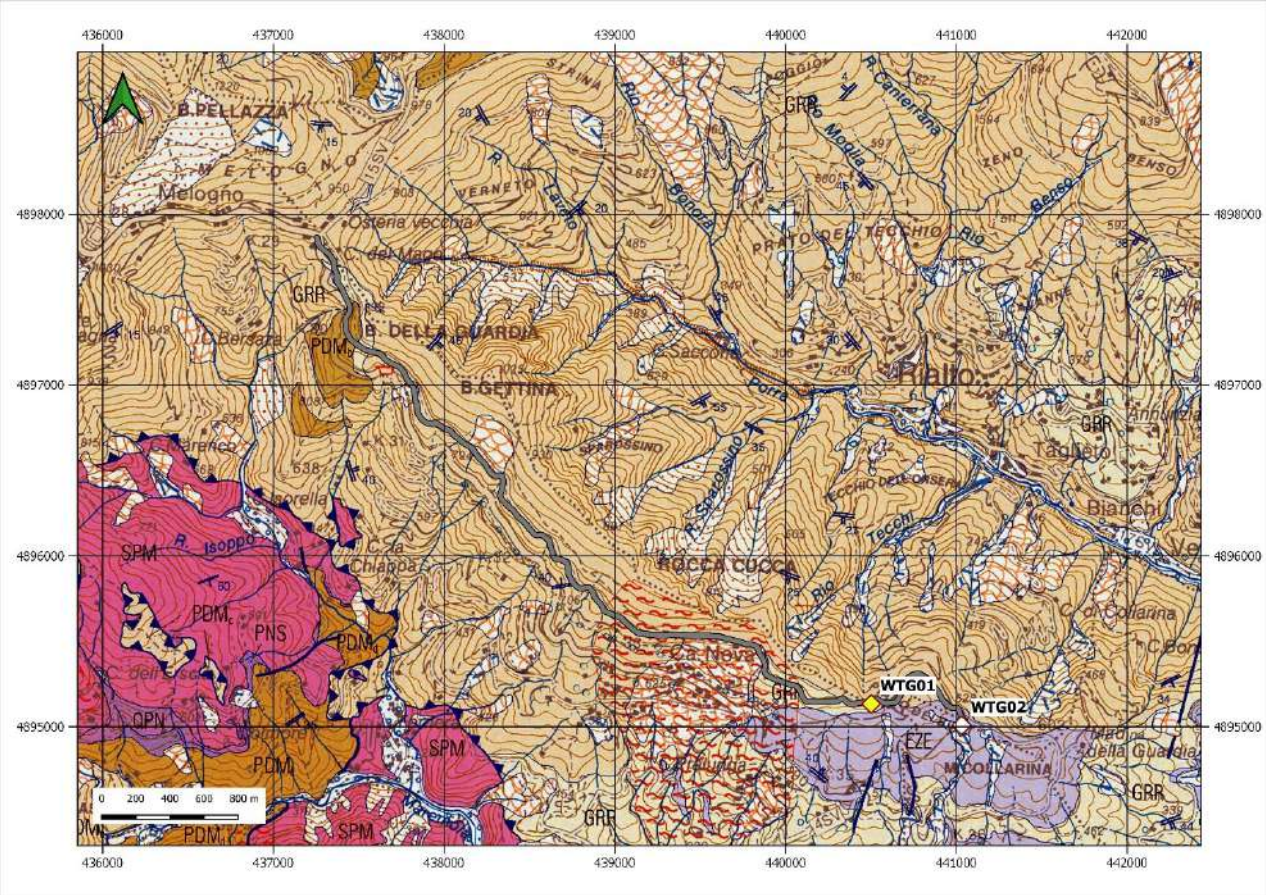
4.3.1. – Inquadramento geologico generale

Per raggiungere le piazzole di WTG01 e WTG02 è prevista la sistemazione e adeguamento in larghezza della pista forestale già esistente a servizio del versante boscato con un tracciato che, innestandosi sulla SP 490 in corrispondenza della sella in località Cà del Mago e Osteria del Din a q. 942 m s.l.m., raggiunge le due piazzole lungo un percorso, privo di tornanti, che taglia a mezza costa il versante. Da WTG01 a WTG02 si segue la pista forestale esistente che presenta già un tracciato e una larghezza adeguata rendendo, quindi, necessari solo limitati interventi di sistemazione (foto 16).



Tracciato pista di accesso

Dal punto di vista geologico/geomorfologico il tracciato esistente si mantiene a mezza costa, all'interno di un versante boscato a media pendenza, quasi interamente ricoperto da un sottile strato di terreni di copertura, formati da coltri detritiche ed eluvio colluviali, sovrapposte al substrato roccioso, costituito, per quasi totalità, da quarzoscisti, scisti quarzo-sericitici e cloritici fratturati nella parte di "cappellaccio superficiale", appartenenti alla Formazione degli "Scisti di Gorra – GRR"; nella zona ovest viene attraversato, in trincea, un affioramento di rioliti, riodaciti e daciti scistose appartenenti alla Formazione dei "Porfiroidi di Melogno – PDM_b", mentre nella parte ad est viene lambito un affioramento di lave da andesitiche a trachiandesitiche appartenenti alla "Formazione di Eze – EZE".



Estratto "Carta geologica d'Italia – progetto CARG – Foglio 228 Cairo Montenotte



4.3.2. – Inventario fenomeni franosi – Progetto IFFI

Il tracciato della pista esistente, ed oggetto di sistemazione e adeguamento funzionale, attraversa tre aree riportate all'interno dell' "Inventario dei Fenomeni Franosi sc. 1:10000 - Progetto IFFI" presente sul Geoportale Regione Liguria.

Le prime due aree a nord ovest presentano uno stato di attività definito "quiescente" e con tipologia di "scivolamento rotazionale" impostato nei materiali di copertura; entrambe non mostrano, sul terreno, fenomeni di recente riattivazione e sono in gran parte colonizzate dal bosco. Anche il sedime della pista, nei due tratti di attraversamento, non evidenzia fenomeni di cedimento o assestamento denotando una generale condizione di stabilità del versante (foto 12 e 13) – stato di quiescenza.


foto 12


foto 13

La frana più a est è impostata completamente all'interno di una "deformazione gravitativa profonda di versante – DPGV" che arriva a comprendere anche il nucleo urbanizzato della frazione di Borgo dei Gabbiani. Sul terreno, nella parte a monte della pista forestale, è presente e ben visibile un antico accumulo detritico (foto 14), ormai completamente stabilizzato e colonizzato dal bosco. In questa zona la pendenza del versante è moderata e non ci sono evidenze di fenomeni attivi in atto. Anche il sedime della pista, che in questo tratto segue un tracciato semipianeggiante a mezzacosta, risulta stabile e senza tracce di fessurazioni o fenomeni di dissesto/scivolamento (foto 15); i blocchi detritici e i massi sono in condizioni di stabilità, appoggiati su un versante a bassa pendenza.



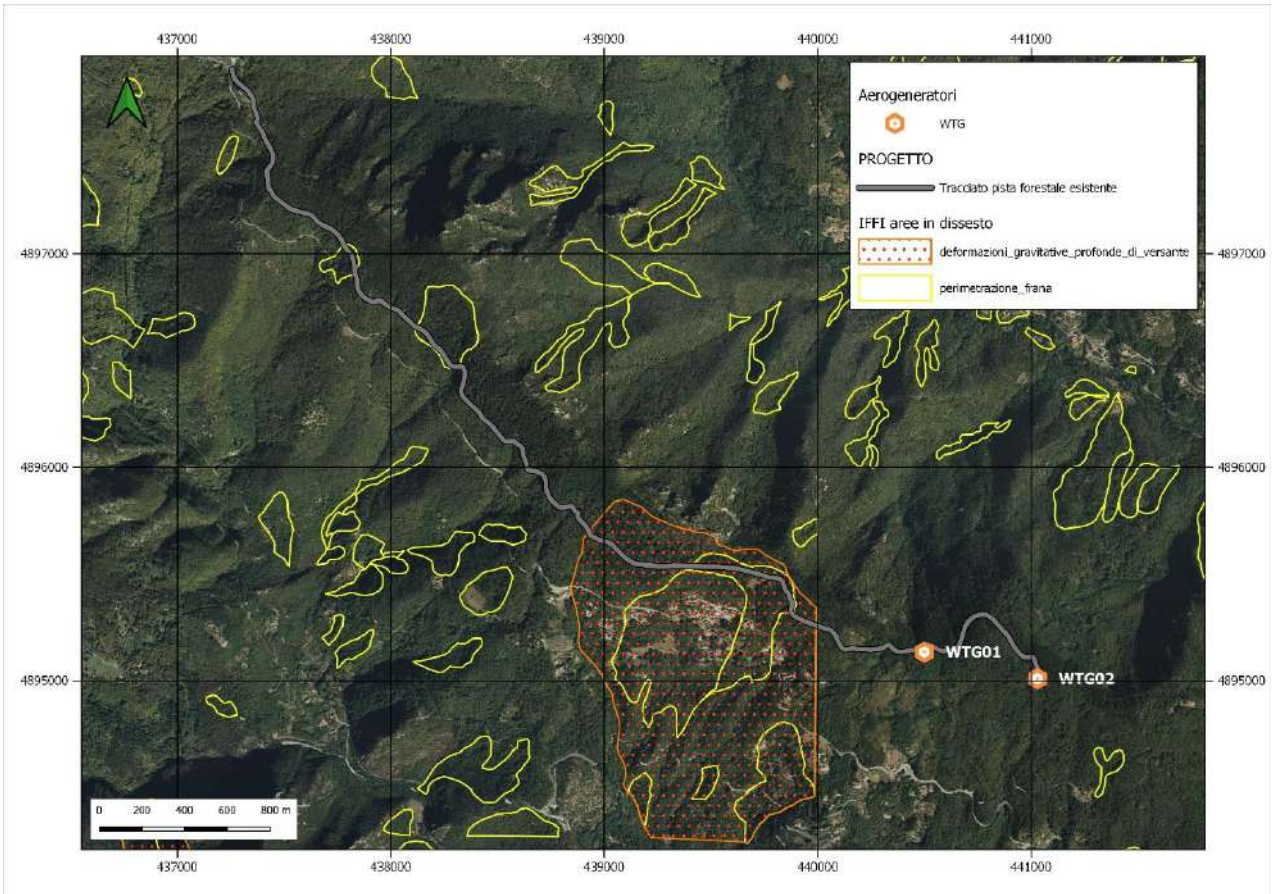
foto 14



foto 15



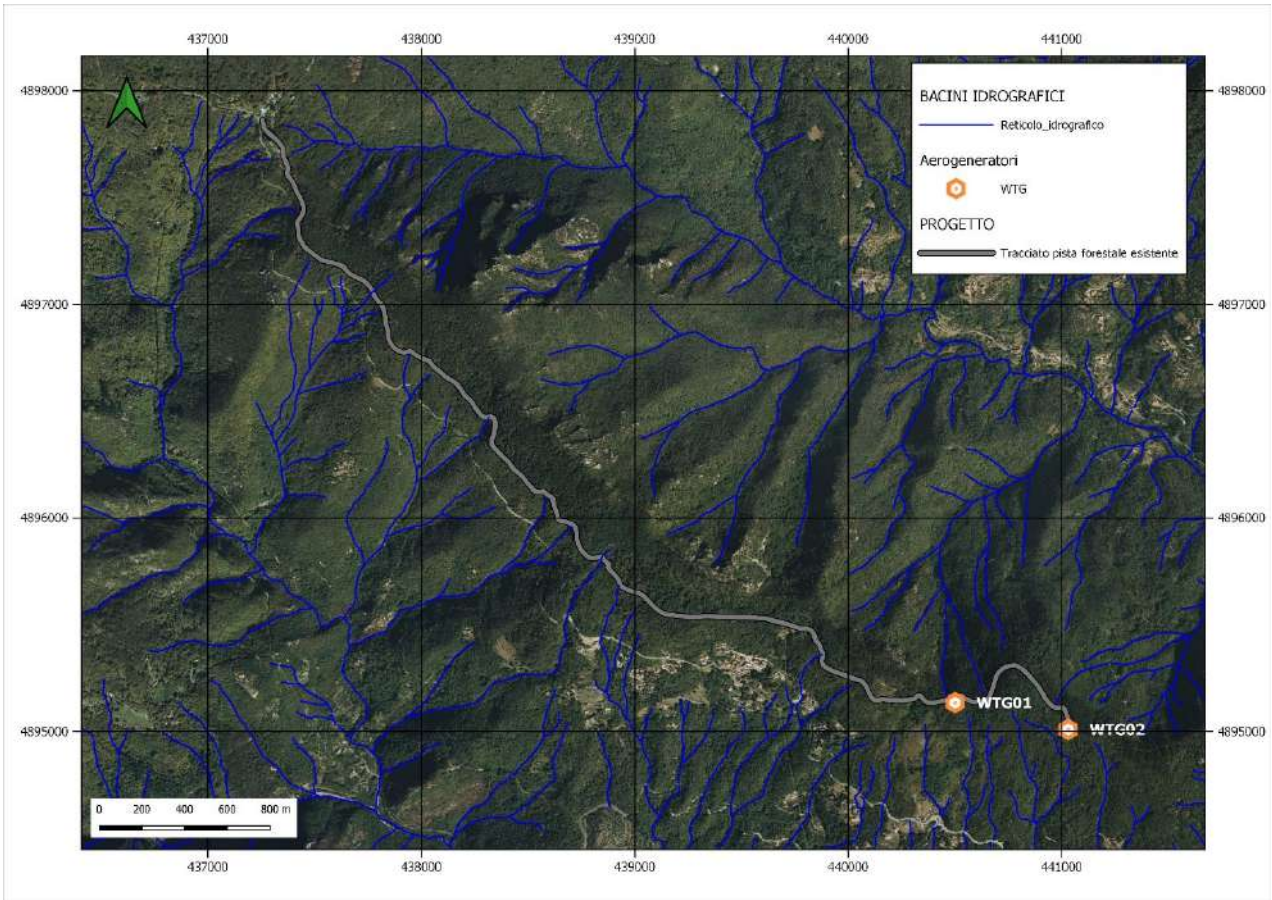
foto 16



Estratto ““Inventario dei Fenomeni Franosi sc. 1:10000 - Progetto IFFI”

4.3.3. – Inquadramento idrogeologico-idrografico

Dal punto di vista idrogeologico e idrografico il tracciato, essendo posizionato nella parte sommitale del versante, immediatamente a valle della cresta spartiacque, attraversa gli impluvi nella zona di testata dove è presente una minima circolazione idrica superficiale e sottosuperficiale, a regime temporaneo e legata ai periodi con intense o prolungate precipitazioni. Al momento dei sopralluoghi non sono state rilevate venute idriche sorgentizie che interferiscono con il sedime della pista.



Reticolo idrico superficiale

4.3.4. – Analisi tipologie di progetto per la realizzazione delle opere

Il versante presenta pendenze trasversali mediamente non elevate; gli interventi di allargamento della pista esistente verranno effettuati mediante uno scavo (a monte) e riporto (a valle) bilanciato sul posto e a tratti consolidato con opere di sostegno.

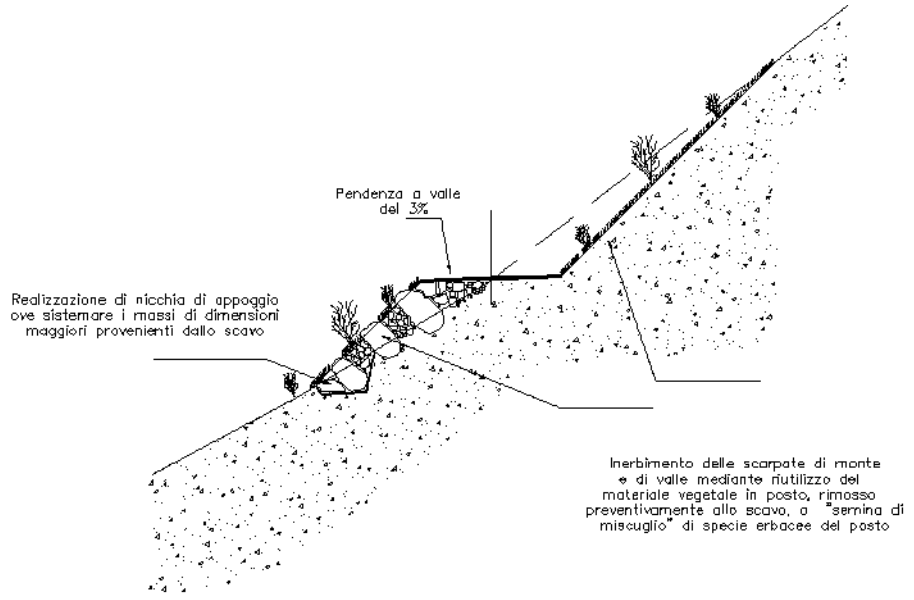
Nel presente paragrafo vengono esaminate le diverse tipologie tipo (una sorta di particolari costruttivi) previste per l'esecuzione della pista in progetto, con l'indicazione delle specifiche cautele di carattere geologico che si dovranno di volta in volta adottare nella realizzazione delle opere. La pista provvisoria di accesso, per l'utilizzo a cui è destinata, necessita di una larghezza della carreggiata particolarmente importante (circa 6,0 m) per cui, soprattutto nei tratti in cui la

pista verrà realizzata a mezza costa in corrispondenza di versanti mediamente acclivi, sarà necessario prevedere opere di sostegno delle scarpate di scavo e/o di riporto.

Al termine della costruzione dei due aerogeneratori la pista verrà completamente ripristinata nella sezione attuale (circa 3,0 m), andando, in gran parte, a recuperare il materiale depositato lungo le scarpate di valle e posizionandolo a ridosso delle scarpate di monte così da riprofilarle ed inerbirle. Laddove verranno realizzate opere di sostegno delle scarpate di valle (muri fondati su micropali) questi verranno mantenute e parzialmente coperte da terreno, lato di valle, così da mitigarne l'aspetto visivo lasciando inalterata la funzionalità.

Scavo e riporto con stabilizzazione delle scarpate

Questa tipologia d'intervento verrà adottata in gran parte del tracciato a mezza costa, 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 di valle, in riporto, 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 35-40° a condizione che vengano subito inerbite.

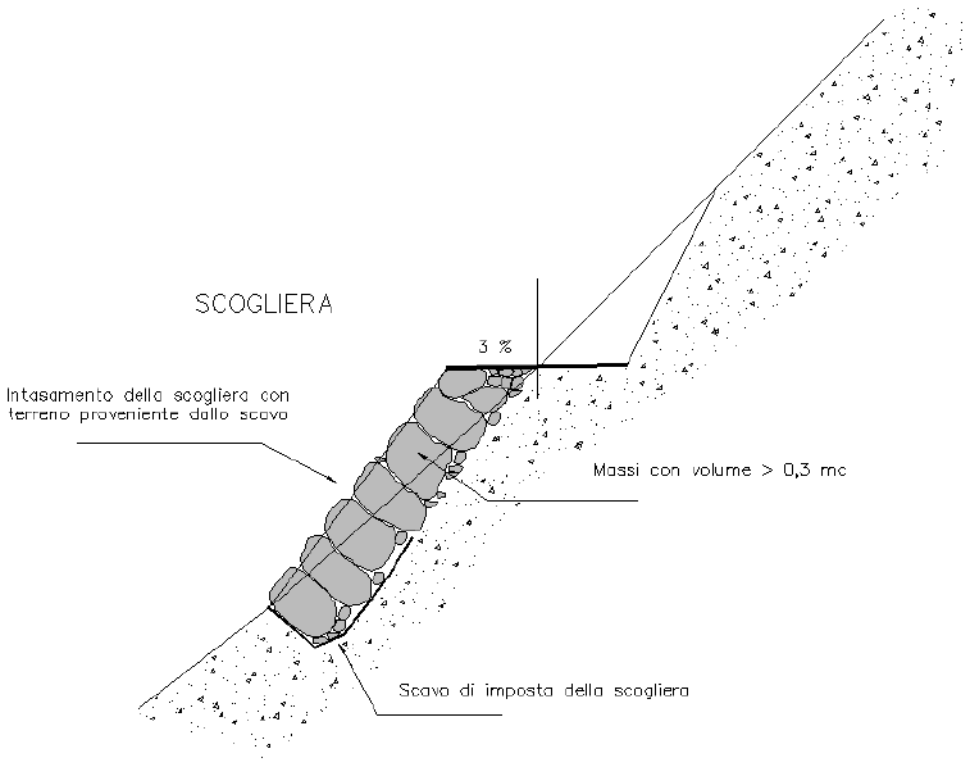
Per quanto riguarda le scarpate di riporto l'inclinazione non dovrà superare i 30-35° con successivo immediato inerbimento. Per la formazione delle scarpate in roccia le stesse andranno profilate con inclinazioni di circa 70°, completamente pulite e disgaggiate con l'escavatore mediante rimozione dei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

Scogliera in pietrame

La tipologia prevista potrà essere adottata, in funzione del materiale reperito in loco ed anche in sostituzione della palificata doppia in legno e/o del muro fondato su micropali, per il sostegno delle scarpate di scavo e/o di riporto in situazioni, con terreni di copertura, in cui la ridotta altezza delle scarpate e le favorevoli condizioni geologiche-geomorfologiche ne consentono la realizzazione 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

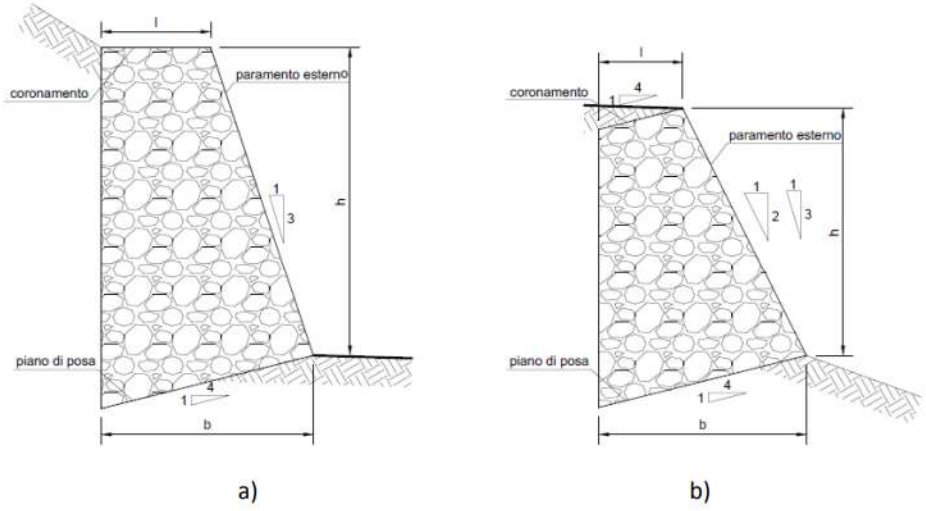


Figura 12 - Criteri di progettazione della scogliera di monte (a) e di valle (b)

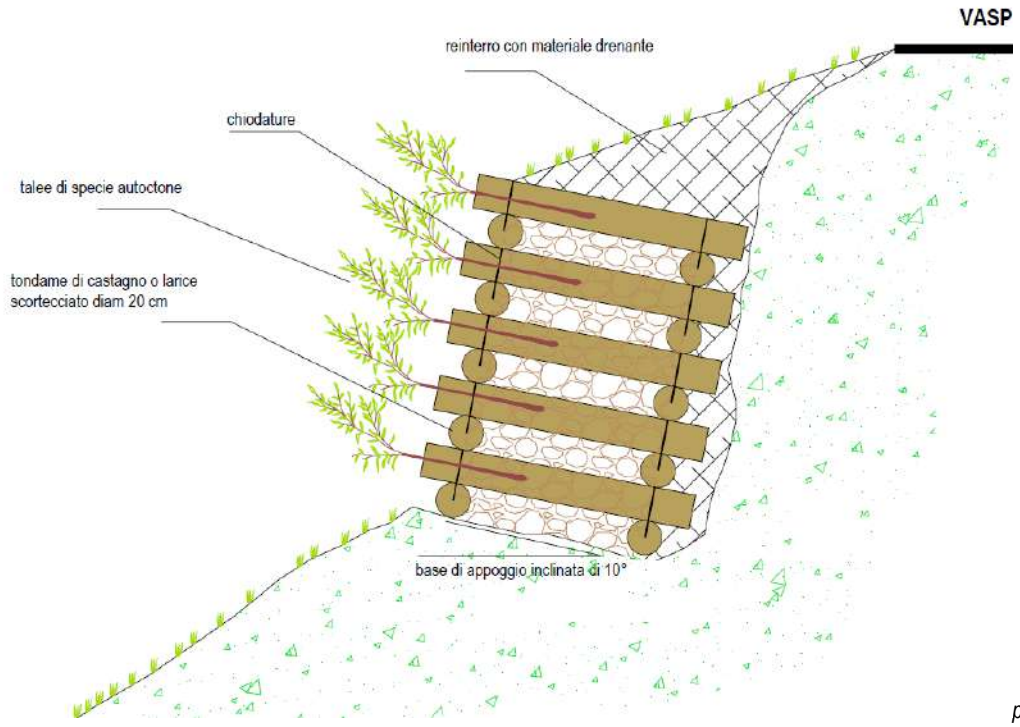
La scogliera deve essere costruita secondo le sagome di progetto, sovrapponendo per strati massi di grosse dimensioni fino a raggiungere l'altezza desiderata. Si deve procedere con la disposizione dei massi di dimensioni maggiori in basso, collocandoli con la dimensione maggiore perpendicolare alla linea 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 di monte d ella 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 andranno realizzati cunettoni in terra o posizionate canalette in legno o acciaio 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)

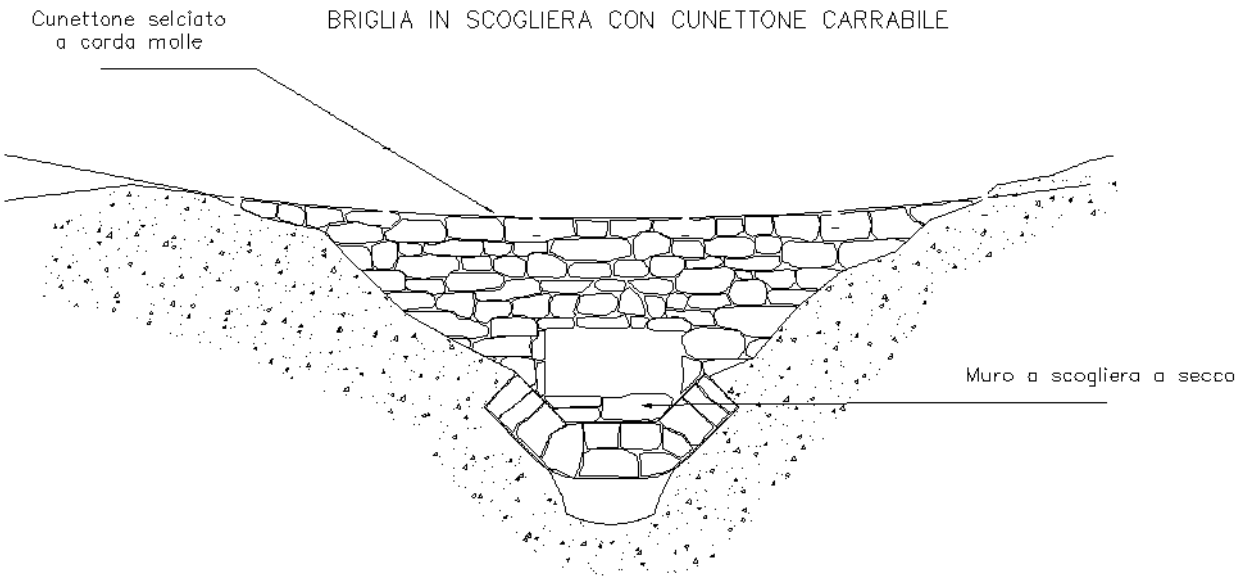
	Situazione favorevole[3]	Situazione sfavorevole[4]
Pendenza [%]	Distanza [m]	Distanza [m]
5	72	
6	56	
7	48	
8	44	30
9	40	28
10	36	26
11	34	24
12	32	22
13	30	20
14	28	18
15	27	16
16	26	14
17	24	13
18	23	
19	22	
20	21	
21	20	
22	19	

Spaziatura canalette in funzione della pendenza della pista

Attraversamento impluvi

Il tracciato della pista attraversa diversi impluvi in corrispondenza della parte sommitale del bacino per cui non saranno da attendersi portate particolarmente elevate.

In corrispondenza degli impluvi principali sarà necessario profilare la piattaforma della pista con andamento a corda molle rivestendone il fondo, laddove necessario, con un selciato a secco in pietrame ed eventualmente delimitato a monte e a valle con una scogliera a secco. Negli impluvi interessati da circolazione idrica presente per la maggior parte dell'anno potrà essere posizionato un tubo interrato sotto il selciatone della pista con diametro 100 cm, al fine di consentire il deflusso delle portate ordinarie senza che queste possano interferire con la transitabilità della pista.



Esempio attraversamento impluvi con cunettone a corda molle

Ripristino pista

Al termine dei lavori di costruzione degli aerogeneratori la pista verrà ripristinata nella sezione attuale con larghezza media di circa 3,0 m, per consentire il transito con i mezzi di manutenzione e presidio anche delle aree boscate.

Nei tratti in scavo e riporto andrà recuperato parte del materiale di riporto, così da ridurre sensibilmente l'estensione della scarpata di valle, posizionandolo a ridosso della scarpata di monte, riducendo in tal modo la larghezza della pista. Laddove sono state realizzate opere di sostegno, al posto della loro rimozione si ritiene preferibile effettuare interventi di mitigazione e mascheratura delle stesse mediante addossamento di terreno sul paramento fuori terra così da diminuirne l'altezza.

Il fondo della pista e le scarpate di valle e di monte andranno inerbite, e andrà effettuata la corretta regimazione delle acque di piattaforma.

5 – Pericolosità geomorfologica e dissesto

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

- Geoportale della Regione Liguria: P.d.B. rilievo regionale -Rischio Geomorfologico ed Idrogeologico – P.d.B. rilievo regionale – Rischio Idraulico ed Idrogeologico
  - https://geoportal.regione.liguria.it/catalogo/mappe.html#
- Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale: – Carta PAI dissesti: Pericolosità, Subsidenza - Appennino Settentrionale;
  - https://www.appenninosettentrionale.it/itc/?page_id=3112

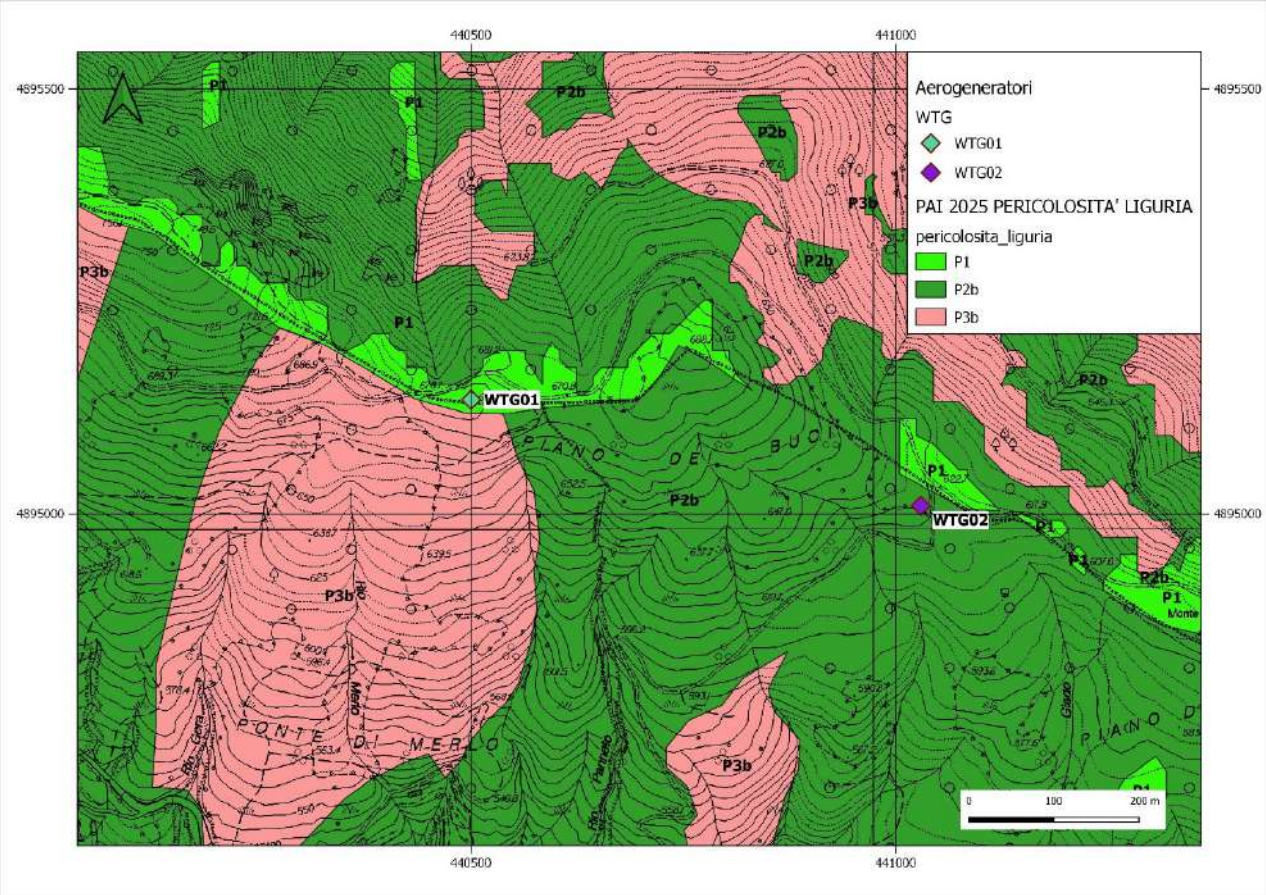
5.1. – Carta PAI dissesti: Pericolosità, Subsidenza - Appennino Settentrionale

Il Piano di bacino, stralcio "Assetto Idrogeologico del distretto idrografico dell'Appennino settentrionale per la gestione del rischio da dissesti di natura geomorfologica" (PAI dissesti) è lo strumento operativo di riferimento dell'Autorità di bacino distrettuale per la mappatura delle aree a pericolosità e per garantire livelli sostenibili di gestione del rischio da dissesti di natura geomorfologica, privilegiando la difesa della vita umana, del patrimonio ambientale, culturale, infrastrutturale ed insediativo, da perseguire mediante misure di prevenzione, di protezione, di preparazione e di risposta e ripristino tali da fronteggiare e mitigare i fenomeni di dissesto in atto o potenziali. Il PAI dissesti è il Piano stralcio di distretto per l'Assetto Idrogeologico previsto all'art. 67 del D.Lgs. 152/06 e sostituisce interamente i vari PAI elaborati secondo le disposizioni della legge 183/89. La Conferenza Istituzionale Permanente ha adottato con delibera n. 39 del 28 marzo 2024 in via definitiva il PAI dissesti e con delibera n. 40 del 28 marzo 2024 le relative misure di salvaguardia. Con la pubblicazione dell'avviso di adozione nella sono entrate in entrate in vigore le misure di salvaguardia.



PAI - Carta pericolosità da geoportale Autorità di bacino

https://geodataserver.appenninosettentrionale.it/portal/apps/webappviewer/index.html?id=14ca15f41e8e4396a1b27d788db98f60



PAI - Carta pericolosità ridisegnata con QGis con shapefile scaricati da "Banche dati geografiche PAI dissesti"

Dall'esame della nuova cartografia (art.6 - PAI dissesti):

WTG01 – ricade in zona a Pericolosità P1 moderata; - *aree stabili con suscettibilità da dissesti di natura geomorfologica moderata.*

WTG02 – ricade in zona a Pericolosità P2b media - *aree stabili interessate da suscettibilità di natura geomorfologica media;*

Misure di salvaguardia

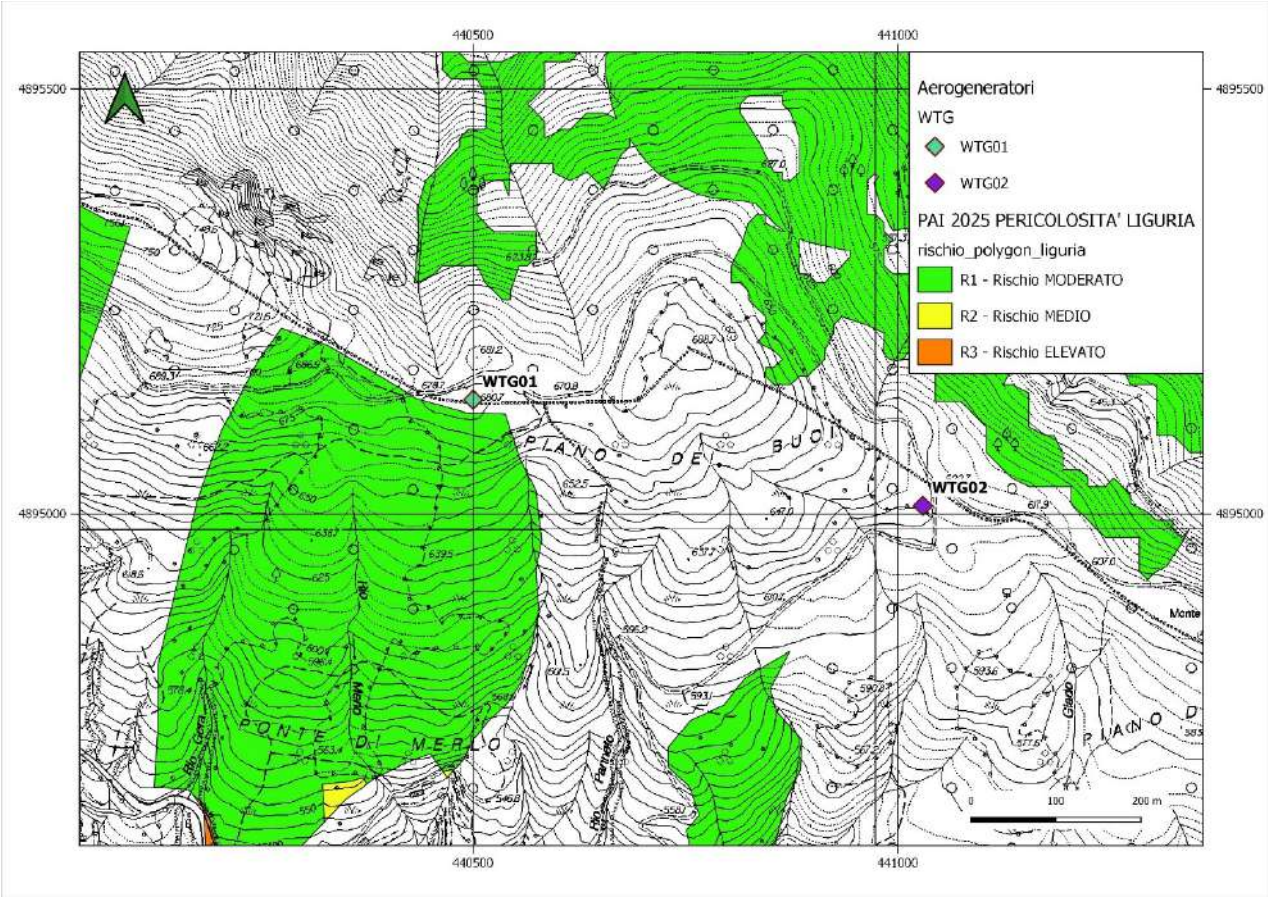
La Conferenza Istituzionale Permanente, con delibera n. 40 del 28 marzo 2024, ha adottato specifiche misure di salvaguardia ai sensi dell'art. 65 comma 7 del d.lgs. 152/2006. In particolare (art.12 - PAI dissesti):

Art. 12 – Aree a pericolosità media (P2) e moderata (P1) – Indirizzi per gli strumenti di governo del territorio

1. Nelle aree *P2* e *P1* sono da privilegiare le tipologie di intervento previste dagli strumenti di governo del territorio che non determinino condizioni di instabilità e non modifichino negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici nell'area e nelle zone potenzialmente interessate dagli interventi e dalle loro pertinenze.

Relativamente alle opere in progetto si ritiene che le stesse, essendo posizionate in corrispondenza di aree con morfologia pianeggiante, alla sommità di dossi crinali in condizioni di stabilità e con fondazioni impostate, direttamente o indirettamente, nel substrato roccioso in posto, non vanno a determinare o generare situazioni di instabilità e non modificano negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici nell'area e nelle zone interessate dagli interventi e dalle loro pertinenze.

Le opere in progetto sono posizionate all'esterno di Aree a Rischio così come cartografate dal nuovo PAI dissesti.

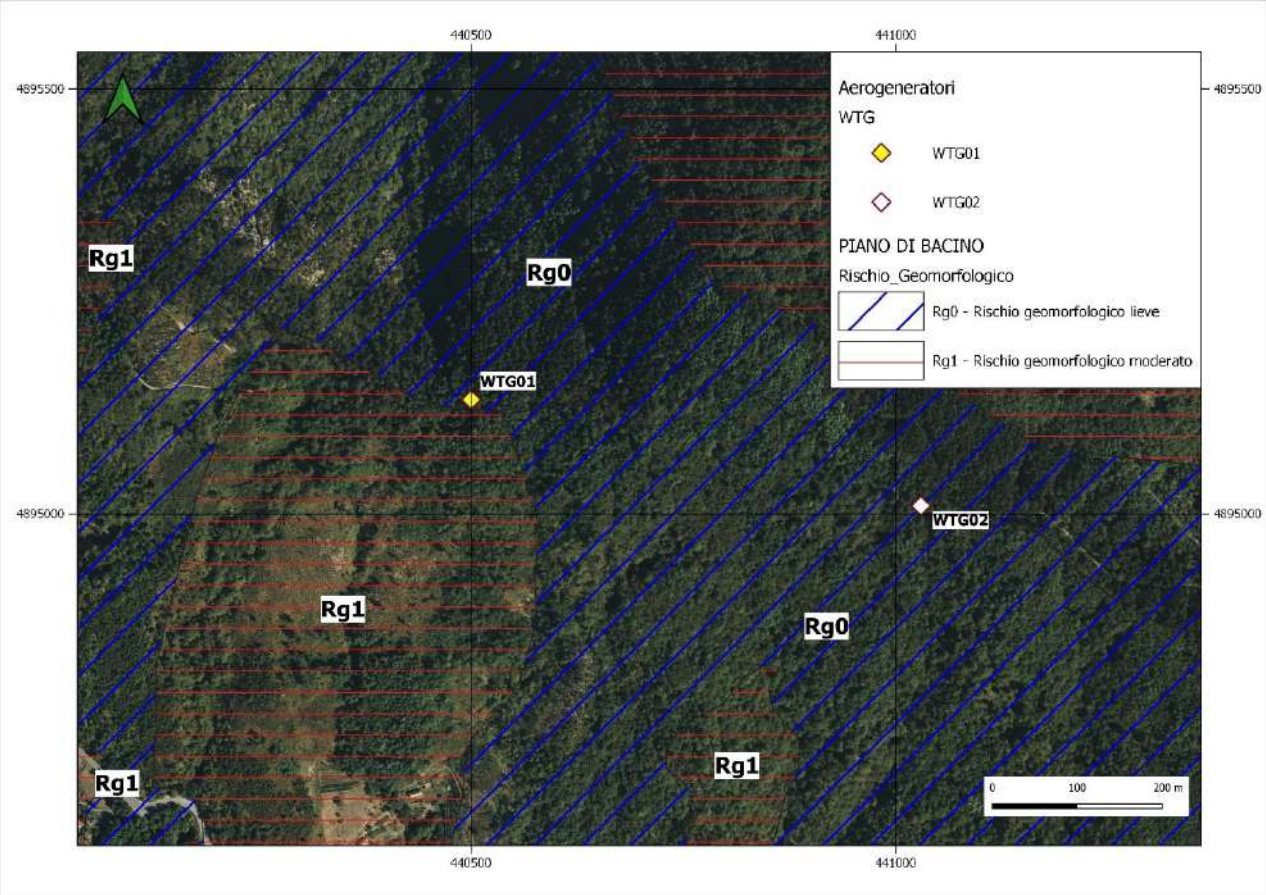


PAI - Carta del rischio ridisegnata con QGis con shapefile scaricati da "Banche dati geografiche PAI dissesti"

5.2. – P.d.B. rilievo regionale – Rischio Geomorfologico ed Idrogeologico

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 due piazzole in progetto risultano situate all'interno di terreni posti in Classe di Rischio: *Rg0 – Rischio geomorfologico lieve*.

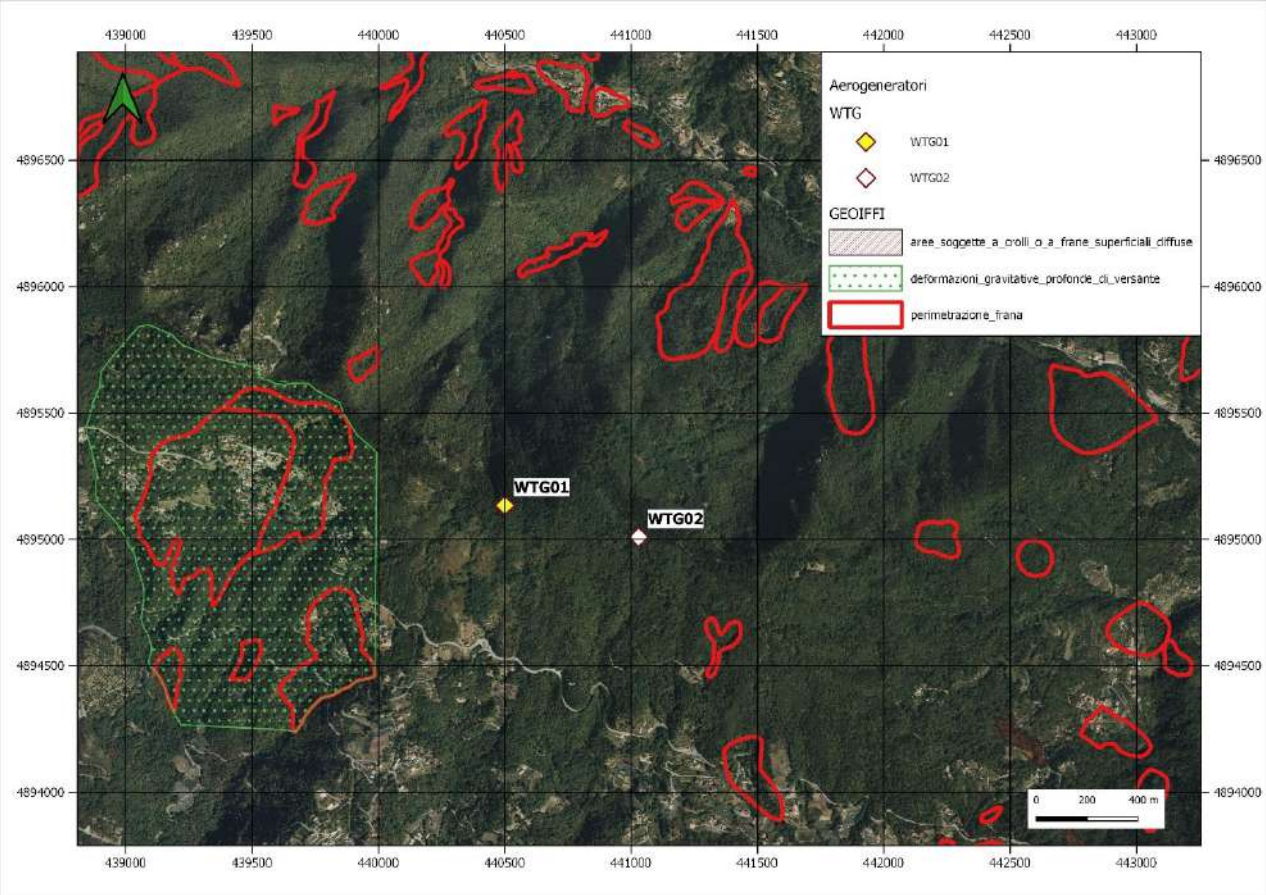
Si tratta della più bassa classe di rischio tra quelle presenti in legenda della carta.



P.d.B. regionale - Carta del rischio geomorfologico ridisegnata con QGis con shapefile scaricati da "Geoportale Liguria""

5.3. – Inventario dei fenomeni franosi – Progetto IFFI

Nella cartografia di "Inventario dei fenomeni franosi" realizzata dal Servizio Geologico Nazionale ed aggiornata da Regione Liguria, le due piazzole dove verranno posizionate le torri dei due aerogeneratori risultano poste all'esterno di aree in dissesto note e cartografate.



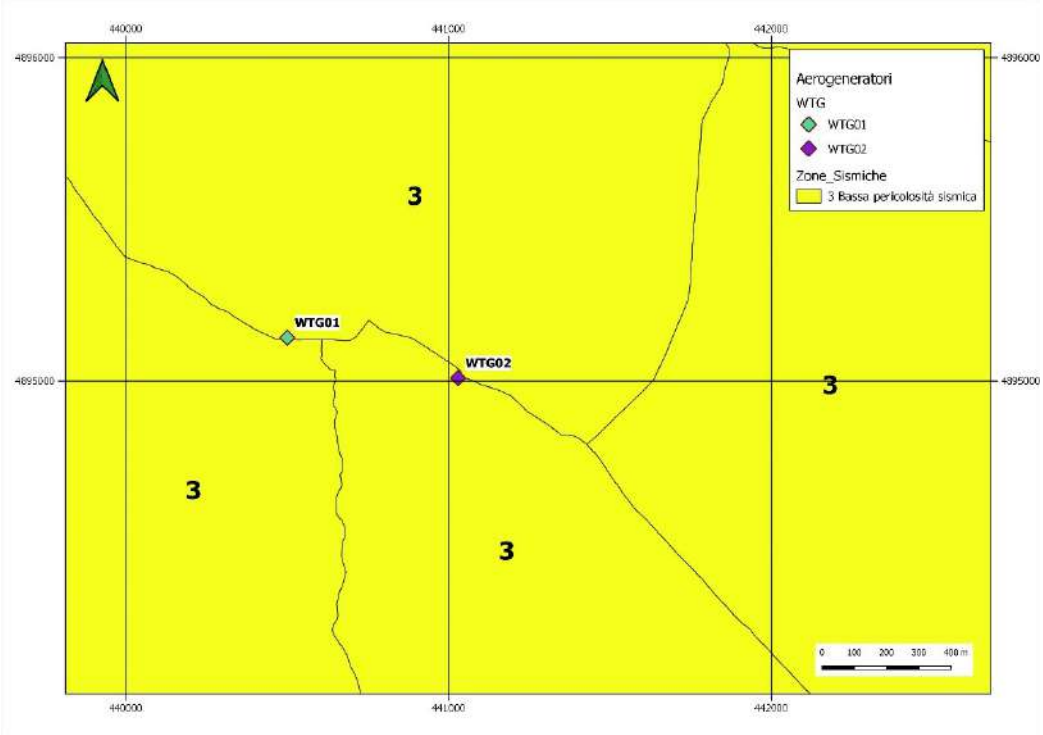
Progetto IFFI - Carta inventario dei fenomeni franosi ridisegnata con QGis con shapefile scaricati da "Geoportale Liguria""

6 – Sismicità dell'area

6.1. – 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, i due aerogeneratori in progetto WTG01 – WTG02 ricadono in comuni posti in *Zona sismica 3 – pericolosità bassa*;



Carta con riportata la zonizzazione sismica

6.2. – 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 due 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.

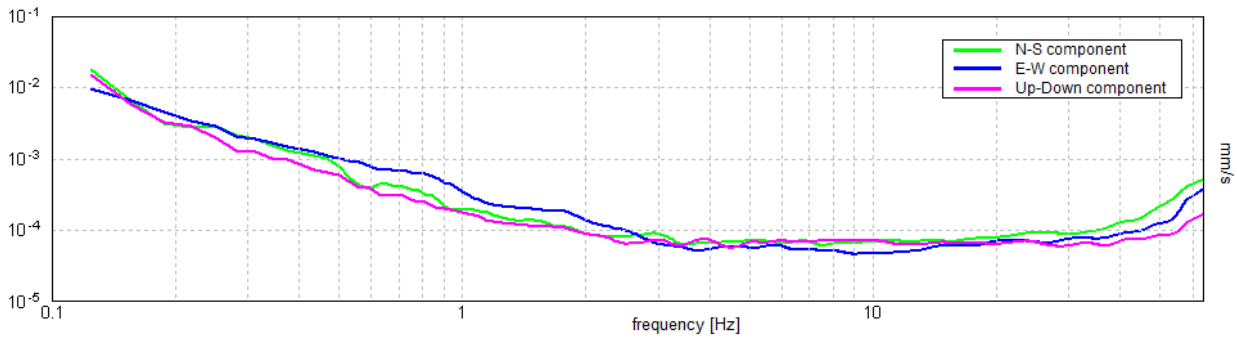
Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

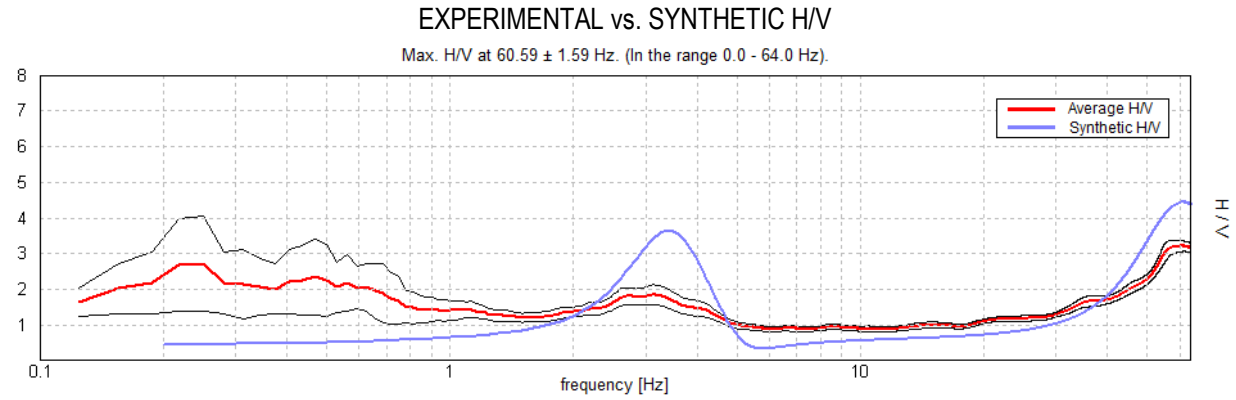
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo 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 WTG01



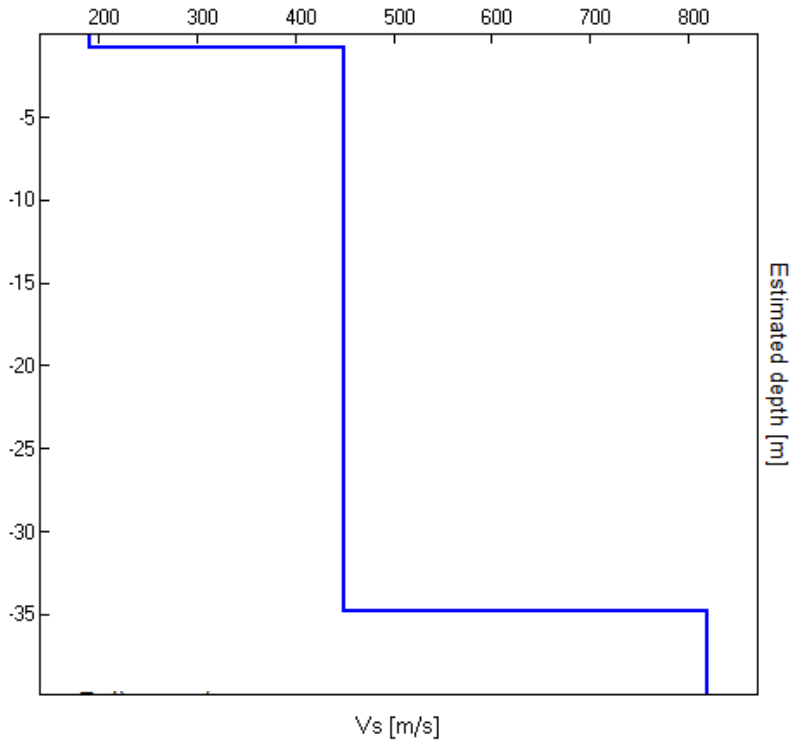
SINGLE COMPONENT SPECTRA





Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0,80	0,80	190	0.42
34,80	34,00	450	0.42
inf.	inf.	820	0.45

Stratigrafia sismica di sito

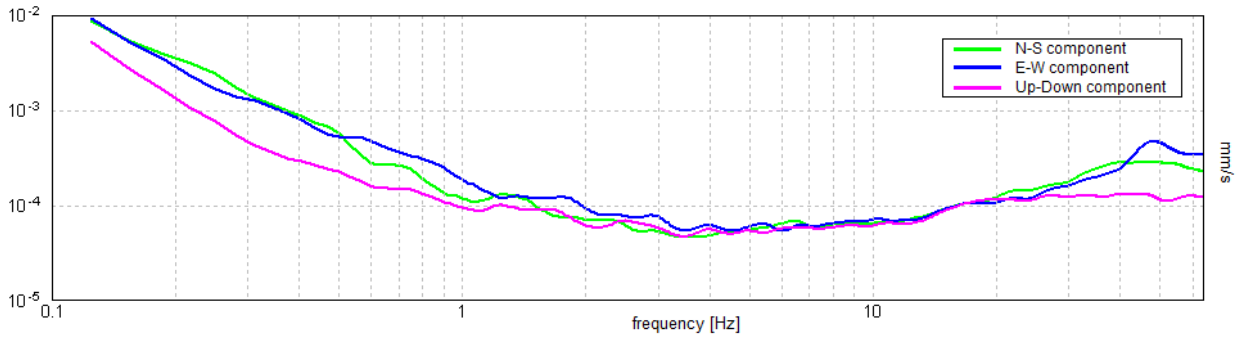


$V_{s_eq\ (0.0\text{-}30.0)}$ = 434 m/s TERRENO CATEGORIA B

SITO WTG02

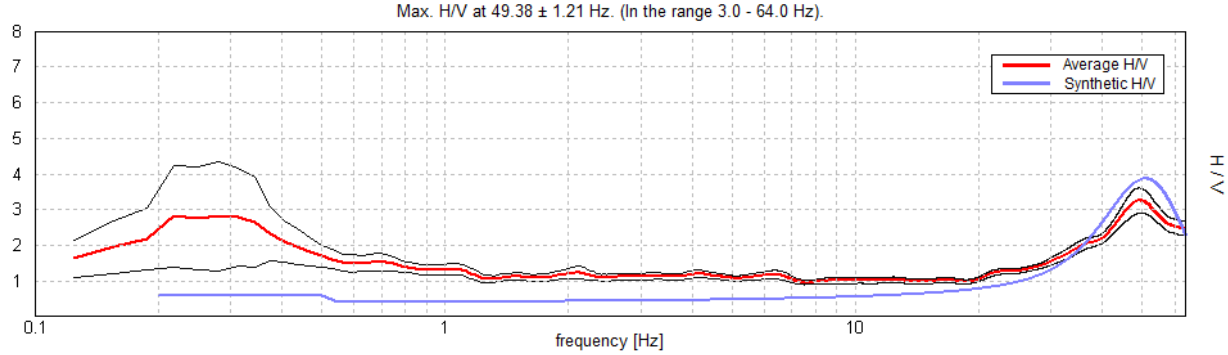


SINGLE COMPONENT SPECTRA



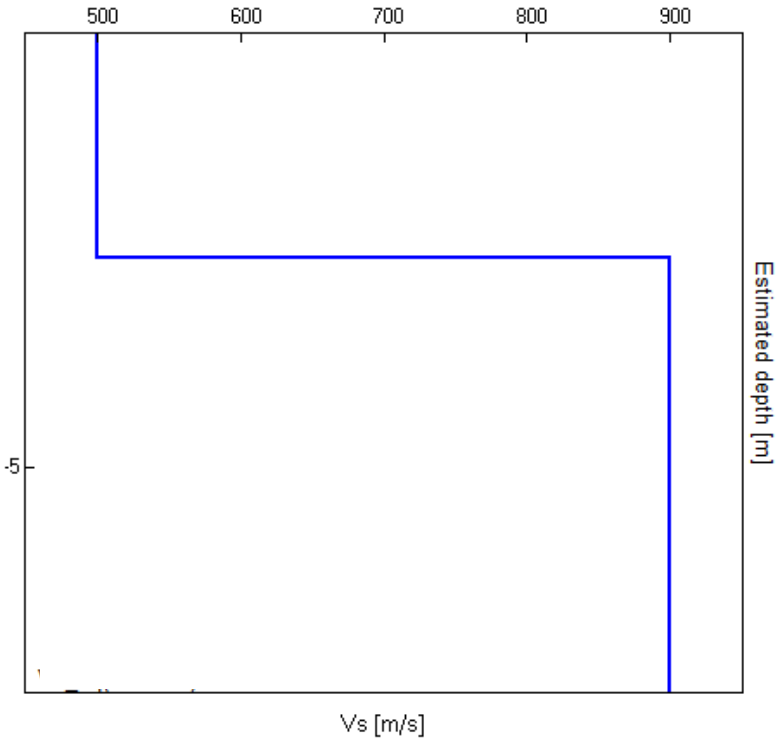
EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at 49.38 ± 1.21 Hz. (In the range 3.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
2,60	2,60	500	0.45
inf.	inf.	900	0.45

Stratigrafia sismica di sito



$V_{s_eq\ (0.0\text{-}2.6)}$ = 500 m/s TERRENO CATEGORIA B*

* *si tratta di una valutazione preliminare cautelativa in quanto le fondazioni dell'aerogeneratore verranno impostate in roccia, ad una profondità mediamente superiore a 2,6 m, pertanto in tal caso si può usare una classificazione A*

7 – Caratterizzazione litostratigrafica preliminare

In attesa dei risultati delle indagini geognostiche che andranno realizzate a supporto delle successive fasi di progettazione e dimensionamento delle fondazioni delle torri degli aerogeneratori, si riporta, nel seguito, una prima caratterizzazione effettuata sulla base di:

- Log stratigrafici indagini sismiche HVSR;
- Esame scarpate sentiero e pista nelle immediate vicinanze dei due siti;

Litozona 1 – strato superficiale, potente 0,80-2,00 m, di depositi eluvio-colluviali costituiti da sabbia limosa e ghiaia minuta in abbondante matrice sabbioso-limosa mediamente consolidata;

Litozona 2 – substrato roccioso mediamente presente a profondità superiori a 0,80-2,00 m dal p.c. e costituito da quarzoscisti, scisti quarzo-sericitici e cloritici appartenenti alla Formazione degli "Scisti di Gorra (zona WTG01 e gran parte del tracciato della pista di accesso) e da lave da andesiniche a trachiandesiniche, sino ad andesiti basaltiche con brecce vulcaniche e prasiniti appartenenti alla "Formazione di Eze – EZE" (zona WTG02).

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

8 – Piano delle indagini geognostiche e sismiche

A supporto delle successive fasi di progettazione strutturale delle opere di fondazione dei due 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 alla:

- 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 20 m da p.c.
- n. 1 indagine sismica con metodologia MASW

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

440000 440500 441000

4895000 4894500

WTG01 WTG02

P1 P2b P3b

0 100 200 m

Aerogeneratori

WTG

- WTG01
- WTG02

PAI 2025 PERICOLOSITA' LIGURIA

pericolosita_liguria

- P1
- P2b
- P3b

REGIONE LIGURIA
COMUNI DI MAGLIOLO, RIALTO e TOVO SAN GIACOMO (SV)

PARCO EOLICO PIAN DEI BUOI (8 MW)

CARTA PERICOLOSITA' - PAI DISSESTI

scala 1:4.000

TAVOLA 1