

PARCO EOLICO MONTE CERCHIO

Il Committente:



Windtek

Sede Legale:

Corso Vercelli n. 10
10152, Torino (TO)
P.IVA e C.F. 12930940015

Oggetto:

RELAZIONE GEOLOGICA E DI
PERICOLOSITA' SISMICA

Titolo:

INQUADRAMENTO GENERALE



Dott.ssa Geologo Sabrina Santini (O.R.G.L. n° 338)
Dott. Geologo Alessandro Canavero (O.R.G.L. n° 268)

Data	Emis.	Aggiornamento	Data	Contr.	Data	Autor.
07/2023	AC/SS	Emissione	07/2023	AC/SS	07/2023	AC/SS

SCALA: N.A.

FORMATO: A4

LUGLIO 2023

Commessa	Tip. impianto	Fase Progetto	Disciplina	Tip. Doc	Titolo	N. Elab	REV
22102	EO	DE	GE	R	07	0001	A

RICERCA, SVILUPPO E COORDINAMENTO IMPIANTI EOLICI E FOTOVOLTAICI A CURA DI:



Sede Amministrativa e Operativa
via Benessia, 14 12100 Cuneo (CU)
tel 335.6012098
e-mail: emmecsrfs@gmail.com

Geom. Domenico Bresciano

ANALISI GEOLOGICA A CURA DI:

Studio Associato
di Geologia Tecnica



Sede Legale: Piazza Diaz n° 11/5 - 17100 SAVONA (SV)
Tel. 3312334884/3935172231, email. geolab@studiogeolab.it
Website: www.studiogeolab.it

I Tecnici:

Dott.ssa Geologo Sabrina Santini (O.R.G.L. n° 338)

Dott. Geologo Alessandro Canavero (O.R.G.L. n° 268)

File: testalino relazione geologo.dwg

TUTTI I DIRITTI SONO RISERVATI - Questo documento è di proprietà esclusiva del progettista ivi indicato sul quale si riserva ogni diritto. Pertanto questo documento non può essere copiato, riprodotto, comunicato o divulgato ad altri o usato in qualsiasi maniera, nemmeno per fini sperimentali, senza autorizzazione scritta dallo stesso progettista.

INDICE

0. SOMMARIO	3
1. OGGETTO DELL'INCARICO	3
2. PREMESSE E RIFERIMENTI ALLE N.T.C.:	4
3. INTERVENTO IN PROGETTO	5
4. PROGRAMMA DI REALIZZAZIONE DEI LAVORI	11
5. CAMPAGNA DI INDAGINI IN SITO	12
5.1 RILEVAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO DI DETTAGLIO	12
5.2 INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE CON INTERPRETAZIONE TOMOGRAFICA, MASW E HVSR.	13
6. QUADRO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO REGIONALE	14
7. MODELLO GEOLOGICO DEL SITO	22
8. MODELLO IDROGEOLOGICO DEL SITO	22
9. MODELLAZIONE SISMICA ED EFFETTI DI SITO	22
9.1 ZONAZIONE SISMOGENETICA.	22
9.2 CLASSIFICAZIONE SISMICA DELLA REGIONE LIGURIA E DELLA REGIONE PIEMONTE.	28
10. SINTESI DEI DATI PER L'INQUADRAMENTO DEI PROBLEMI GEOTECNICI E PRESCRIZIONI	32

0. SOMMARIO

Gli Scriventi, Dott.ssa Geologo Sabrina Santini e Dott. Geologo Alessandro Canavero, domiciliati presso lo Studio Associato di Geologia Tecnica GEO.LAB, con sede a Savona in Piazza Diaz 11/5, ed iscritti all'Ordine Regionale dei Geologi della Liguria rispettivamente con i numeri 338 e 268, hanno realizzato la presente relazione geologica secondo il dettato del D.M. 17/01/2018 e della circolare n° 7 C.S.LL.PP. del 2019, su incarico Loro conferito dalla Windtek S.r.l.: questo relativamente al progetto di realizzazione di un parco eolico composto da 7 aerogeneratori di potenza ciascuno pari a 6,2 MW, per una potenza globale di 43.4 MW, da collocare sotto i crinali montani che dal Bric della Posa raggiungono Bric Traverse passando per Bric del Ribera e Bric Cappelle nel territorio Comunale di Cairo Montenotte (SV), Cengio (SV) e Saliceto (CN).

1. OGGETTO DELL'INCARICO

Su incarico conferito dalla Windtek S.R.L., è stata condotta una campagna di rilevamento allo scopo di caratterizzare dal punto di vista geologico e sismico il sedime dell'intervento di edificazione del Parco Eolico Monte Cerchio e di tutte le opere accessorie e connesse.

Lo studio è stato preceduto da una prima fase di raccolta bibliografica effettuata presso gli Uffici Regionali, Provinciali, Comunali, e tramite varie fonti ufficiali: IFFI, PAI, repertorio cartografico della Regione Liguria e Piemonte, ARPAL, ARPAP, ISPRA, ecc., al fine di reperire il maggior numero di informazioni possibili sull'areale d'interesse e programmare il piano delle attività previste.

In sintesi, nell'ambito della stesura di questo elaborato, per quanto riguarda gli aspetti geologici, sono state eseguite le attività di rilevamento geomorfologico, geologico e sismico da cui sono emerse le principali caratteristiche del sito. Il presente lavoro è atto a definire le caratteristiche geologiche del sedime interessato dal nuovo progetto di costruzione del Parco Eolico Monte Cerchio. L'incarico consta nella stesura della relazione geologica e sismica propedeutica alla progettazione globale delle opere.

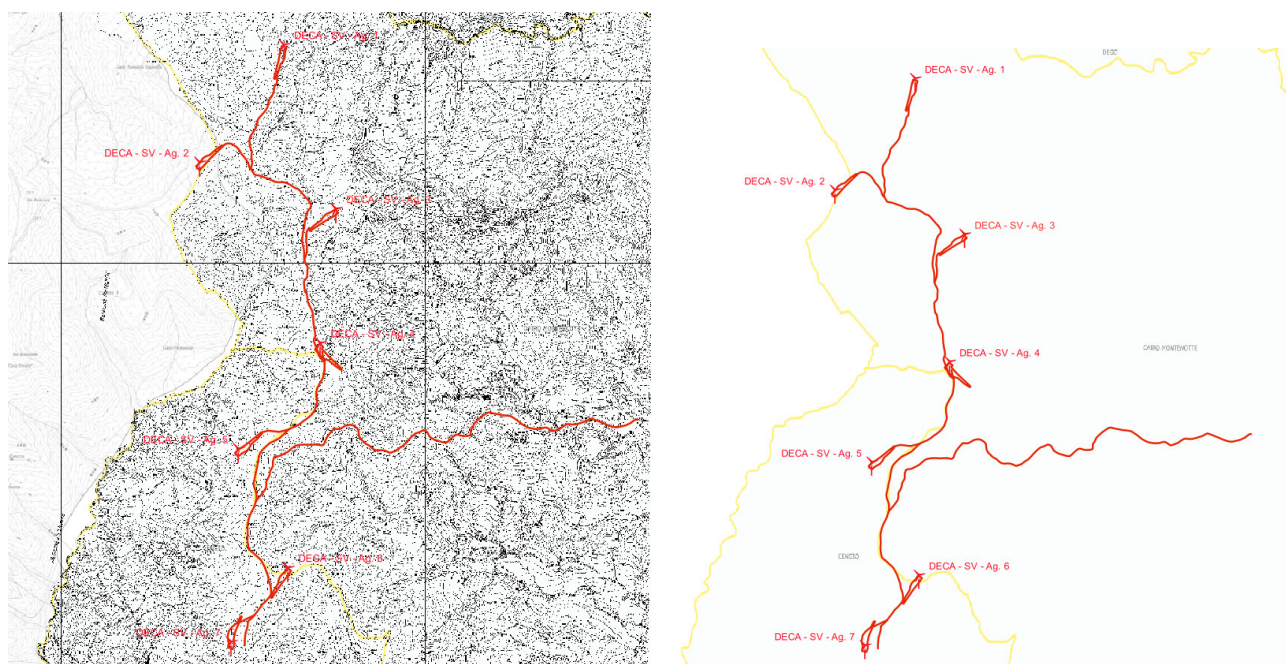


Figura 1.1: Inquadramento dell'area di intervento su base CTR regioni Liguria/Piemonte (aerogeneratori, strada di collegamento tra aerogeneratori, strada di connessione fra parco eolico strada di accesso al sito) e successivo inquadramento nell'abito amministrativo/territoriale.

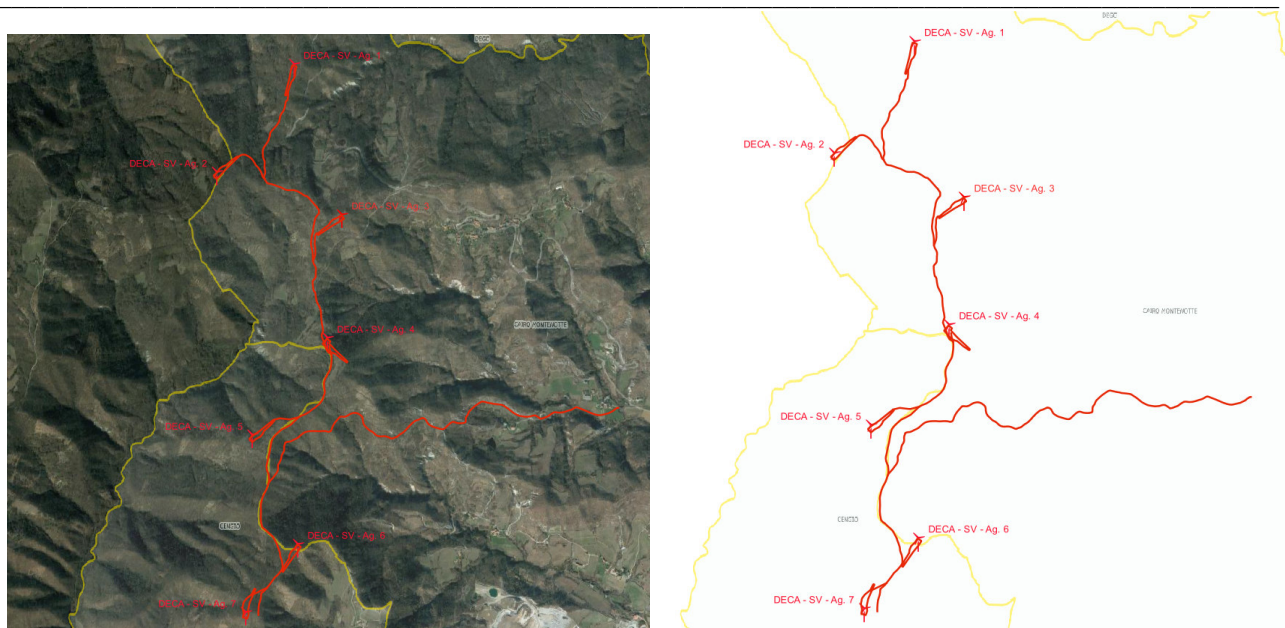


Figura 1.2: Inquadramento dell'area di intervento su base satellite Google Maps (aerogeneratori, strada di collegamento tra aerogeneratori, strada di connessione tra parco eolico, strada di accesso al sito), e successivo inquadramento nell'abito amministrativo/territoriale.

2. PREMESSE E RIFERIMENTI ALLE N.T.C.:

La presente indagine geologica è stata redatta in conformità al dettato del D.M. 17/01/2018 e della circolare n° 7 C.S.LL.PP. del 2019: di seguito, in particolare, si pone in evidenza quanto indicato dalla normativa in merito alle finalità e ai contenuti della relazione geologica.

D.M. 17/01/2018	Circolare C.S. LL.PP n° 7/2019
<p>Paragrafo 3.2.2 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE</p> <p>Categorie di sottosuolo</p> <p>Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s. I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_s per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2.</p>	<p>Paragrafo C3.2.2 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE</p> <p>Gli effetti della risposta sismica locale possono essere valutati con metodi semplificati oppure eseguendo specifiche analisi. I metodi semplificati possono essere adoperati solo se l'azione sismica in superficie è descritta dall'accelerazione massima o dallo spettro elastico di risposta; non possono cioè essere adoperati se l'azione sismica in superficie è descritta mediante storie temporali del moto del terreno.</p> <p>Nei metodi semplificati è possibile valutare gli effetti stratigrafici e topografici. In tali metodi si attribuisce il sito ad una delle categorie di sottosuolo definite nella Tabella 3.2.II delle NTC (A, B, C, D, E) e ad una delle categorie topografiche definite nella Tabella 3.2.IV delle NTC (T1, T2, T3, T4.). (omissis) ...</p>
	<p>Paragrafo C6: PROGETTAZIONE GEOTECNICA.</p> <p>... (omissis) La caratterizzazione e modellazione geologica del sito, è propedeutica all'impostazione della progettazione geotecnica ... (omissis)</p>
<p>Paragrafo 6.1.2: PRESCRIZIONI GENERALI.</p> <p>Le scelte progettuali devono tener conto delle prestazioni attese delle opere, dei caratteri geologici del sito e delle condizioni ambientali. I risultati dello studio rivolto alla caratterizzazione e modellazione geologica, dedotti da specifiche indagini, devono essere esposti in una specifica relazione geologica di cui al § 6.2.1.</p>	
<p>Paragrafo 6.2: ARTICOLAZIONE DEL PROGETTO.</p> <p>Il progetto delle opere e degli interventi si articola nelle seguenti fasi</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. caratterizzazione e modellazione geologica del sito; 2. scelta del tipo di opera o d'intervento e programmazione delle indagini geotecniche; 	

<p>3. caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce presenti nel volume significativo e definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo (cfr. § 3.2.2); 4. definizione delle fasi e delle modalità costruttive; 5. verifiche della sicurezza e delle prestazioni; 6. programmazione delle attività di controllo e monitoraggio.</p>	
<p>Paragrafo 6.2.1: CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO Il modello geologico di riferimento è la ricostruzione concettuale della storia evolutiva dell'area di studio, attraverso la descrizione delle peculiarità genetiche dei diversi terreni presenti, delle dinamiche dei diversi termini litologici, dei rapporti di giustapposizione reciproca, delle vicende tettoniche subite e dell'azione dei diversi agenti morfogenetici. La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito deve comprendere la ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio, descritti e sintetizzati dal modello geologico di riferimento. In funzione del tipo di opera, di intervento e della complessità del contesto geologico nel quale si inserisce l'opera, specifiche indagini saranno finalizzate alla documentata ricostruzione del modello geologico. Il modello geologico deve essere sviluppato in modo da costituire elemento di riferimento per il progettista per inquadrare i problemi geotecnici e per definire il programma delle indagini geotecniche La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito devono essere esaurientemente esposte e commentate in una relazione geologica, che è parte integrante del progetto. Tale relazione comprende, sulla base di specifici rilievi ed indagini, la identificazione delle formazioni presenti nel sito, lo studio dei tipi litologici, della struttura del sottosuolo e dei caratteri fisici degli ammassi, definisce il modello geologico del sottosuolo, illustra e caratterizza gli aspetti stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici, nonché i conseguenti livelli delle pericolosità geologiche.</p>	<p>Paragrafo C6.2.1: CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO La relazione geologica, estesa ad un ambito significativo e modulata in relazione al livello progettuale, alle caratteristiche dell'opera e del contesto in cui questa si inserisce, descrive il modello geologico, definito sulla base di specifiche indagini e prove. Tale relazione, che comprende quanto previsto al § 6.2.1 delle NTC, tiene conto dei seguenti aspetti:</p> <ul style="list-style-type: none"> - caratteristiche geologiche e successione stratigrafica locale (assetto litostrutturale e stratigrafico, stato di alterazione e fessurazione, distribuzione spaziale e rapporti tra vari corpi geologici); - caratteristiche geo-strutturali dell'area di studio e principali elementi tettonici presenti; - processi morfo evolutivi e principali fenomeni geomorfologici presenti, con particolare riferimento a quelli di frana individuandone stato e tipo di attività, di erosione e di alluvionamento; - caratteristiche idrogeologiche del sito e schema di circolazione idrica superficiale e sotterranea; - risultati dello studio sismotettonico; - assetti geologici finalizzati alla valutazione degli effetti di sito sismoindotti. <p>La relazione geologica sarà corredata dai relativi elaborati grafici quali: carte geologiche, idrogeologiche (con eventuale schema di circolazione idrica sotterranea) e geomorfologiche, sezioni geologiche, planimetrie e profili utili a rappresentare in dettaglio aspetti significativi, schema geologico di dettaglio alla scala dell'opera, carte dei vincoli geologico-ambientali e rapporto tecnico sulle indagini pregresse ed eseguite corredate da una planimetria con la loro ubicazione. Il piano delle indagini nell'area di interesse deve essere definito ed attuato sulla base dell'inquadramento geologico della zona e dei dati che è necessario acquisire per pervenire ad una ricostruzione geologica adeguata ed utile per la caratterizzazione e la modellazione geotecnica del sottosuolo. Gli studi svolti devono condurre ad una valutazione delle pericolosità geologiche presenti e devono essere finalizzati alla definizione della compatibilità geologica con le peculiarità dell'opera da realizzare.</p>

I contenuti del presente elaborato sono volti all'approfondimento del modello del sottosuolo al fine di fornire indicazioni per la progettazione dell'intervento.

Alla luce degli elementi emersi dalle indagini e dai rilievi svolti, si ritiene di poter esporre quanto segue.

3. INTERVENTO IN PROGETTO

PARCO MONTE CERCHIO

Al fine di semplificarne la trattazione il sito non è stato suddiviso in diverse zone unite dalla strada di collegamento, ma è stato trattato come un unico sito che dipartendosi dal Bric della Posa (metri 689 s.l.m.) raggiungono Bric Traverse (metri 695 s.l.m.) passando per Bric del Ribera (metri 680 s.l.m.) e Bric Cappelle (metri 686 s.l.m.).

L'ubicazione di tali aerogeneratori in coordinate piane: WGS 84 / UTM 32N, è di seguito riportata:

Coordinate piane: WGS 84 / UTM 32N			
----	COORD. X	COORD. Y	COORD. Z
AG01	438195	4921159	638
AG02	437732	4920513	780
AG03	438483	4920260	675
AG04	438396	4919519	650
AG05	437947	4918936	650
AG06	438219	4918283	680
AG07	437907	4917875	675

I principali elementi in progetto sono i seguenti.

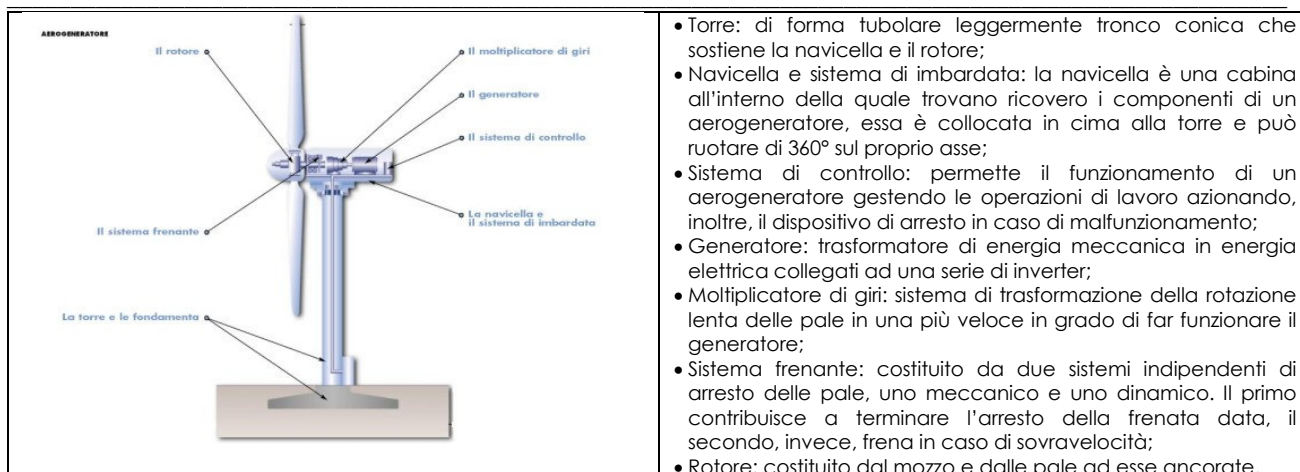
PIAZZOLA DI MONTAGGIO

Per ogni aerogeneratore si prevede la realizzazione di una piazzola dalla forma variabile, e avente una superficie totale di circa 3700 - 4000 mq, tuttavia, terminata la fase di cantiere, l'area effettiva permanente sarà pari a circa 1500 mq. I restanti mq verranno in parte ripristinati e in parte trasformati in strada di accesso al sito. Com'è possibile vedere nelle tavole specifiche la posizione delle piazzole sul territorio seguente a grandi linee l'orografia del terreno andandosi a incastrare all'interno delle forti pendenze che caratterizzano l'area. La piazzola di montaggio dell'aerogeneratore costituisce lo spazio di montaggio e successivamente manovra delle gru che permetteranno il montaggio dei vari componenti degli aerogeneratori

AEROGENERATORI

Gli aerogeneratori, tipo Vestas V162 che verranno utilizzati saranno di potenza nominale di 6,20 MW, altezza al mozzo del rotore pari a 162 m per una altezza complessiva di 206 metri. Il montaggio di dette strutture avverrà secondo schemi prestabiliti e collaudati da imprese specializzate. I mezzi principali utilizzati saranno le gru collocate nella piazzola riservata all'assemblaggio; nello specifico due saranno le gru necessarie, la prima, di dimensioni contenute, utilizzata principalmente per la fase di scarico dei componenti dai mezzi di trasporto mentre la seconda verrà utilizzata per il loro sollevamento e montaggio. Questa seconda gru ha come vincolo operativo la necessità di essere collocata alla minore distanza possibile rispetto al centro del posizionamento del pilone principale.

La struttura degli aerogeneratori e i loro componenti principali sono di seguito descritti.



STRUTTURE DI FONDAZIONE

Le torri degli aerogeneratori verranno fissate al terreno attraverso un sistema fondale di tipo diretto costituito da un plinto di fondazione di 25 metri di diametro per una altezza di circa 3.00 metri al quale, se le condizioni dell'ammasso roccioso lo rendessero necessario e sicuramente per gli aerogeneratori 1, 2, 3 e 5 a causa delle condizioni locali di coltri e rocce tenere rilevate dall'indagine geofisica preliminare, saranno collegati con pali di fondazione di tipo trivellati con diametro 1.2 metri e lunghezza 20 metri l'uno, opportunamente immorsati nelle porzioni più sane ed inalterate del substrato roccioso. Sebbene per tutti gli aerogeneratori sia stata effettuata una campagna geofisica preliminare e/o rilevamenti geomeccanici in sito, la necessità d'uso e l'esatta lunghezza di tali fondazioni indirette dovrà essere calcolata turbina per turbina a seguito di indagini a carotaggio con recupero di campione, indagini geotecniche e geomeccaniche di laboratorio ed indagini geofisiche specifiche quali downhole e crosshole. Tali strutture di fondazione saranno opportunamente strumentate al fine di monitorarle in corso di edificazione e di funzionamento. La parte superiore delle fondazioni sarà di circa 20 cm sopra al piano campagna mentre il resto della fondazione verrà interrata ed il terreno sovrastante la stessa, rinverdito per una migliore mitigazione. Al pari dell'interramento della fondazione anche le scarpate generate dai fronti scavo per la loro realizzazione verranno adeguatamente stabilizzate per mezzo di opere di ingegneria naturalistica e inerbite allo scopo di ridurre l'effetto erosivo delle acque meteoriche che verranno comunque raccolte in canalette posate a terra e convogliate in impluvi naturali.

STRADA DI COLLEGAMENTO

Con il termine di "strada di collegamento" si intendono invece tutte le vie che collegano le singole turbine eoliche tra di loro fino al collegamento con la sottostazione elettrica.

Per questa categoria le strade definite esistenti sono in realtà delle strade sterrate in parte classificate come "strade Provinciali" e in parte come "strade interpoderali", tuttavia vista l'esistenza di questi tracciati si è optato di mantenerne inalterato il sedime originario provvedendo alla realizzazione di piste di cantiere rinforzate e in grado di sopportare il carico del transito dei mezzi.

La larghezza media della strada di collegamento sarà pari a circa 7 metri, salvo alcuni tratti stradali dove potrà arrivare anche a 10 metri per permettere di ottenere idonei raggi di curvatura. Nel complesso la strada di collegamento tra le tre aree di installazione e le piste necessarie al raggiungimento delle singole piazzole avrà una lunghezza complessiva di circa 3,75 km. La pendenza

massima progettata per queste strade è del 16% oltre al quale i mezzi di trasporto e lavoro non riuscirebbero a transitare. Così come per le piazzole, anche la viabilità di collegamento verrà realizzata con sottofondo in misto naturale ed ulteriore strato di misto stabilizzato, mentre la formazione dei rilevati avverrà anche mediante l'impiego di materiale proveniente dagli scavi (se a seguito di analisi verrà classificato come idoneo) per la realizzazione delle sezioni in trincea.

Per quanto concerne l'approvvigionamento della materia prima, si prevede l'utilizzo di cave di inerti autorizzate presenti in zona.

SOVRASTRUTTURA VIARIA

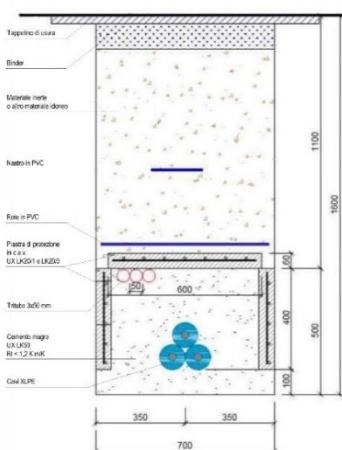
Il corpo stradale, definito come l'insieme delle operazioni necessarie a realizzare la strada in rilevato e quelle complementari necessarie a garantire nel tempo la stabilità e la sicurezza dell'opera costruita, è stato dimensionato sulla base del numero di veicoli in transito e dei carichi agenti sullo stesso. Oltre alle caratteristiche geometriche le nuove viabilità andranno a soddisfare anche i requisiti di capacità meccanica e di drenaggio superficiale; durante la realizzazione delle nuove piste tutti gli strati verranno adeguatamente compattati con appositi macchinari e dove necessario verranno previste delle opere di rinforzo dei terreni mediante posa di micropali. Inoltre, laddove in fase esecutiva venga evidenziata la presenza di falde acquifere verrà prevista la posa di materiale in geotessuto per evitarne la risalita. Come per la realizzazione delle piazzole, laddove gli esiti di laboratorio siano positivi, si prevede il riuso del materiale proveniente dagli scavi adeguatamente miscelato con misto stabilizzato granulometrico.

I materiali impiegati nella realizzazione del pacchetto stradale saranno appartenenti ai gruppi A1, A2 e A3 secondo la classificazione CNR-UNI 10006 in quanto dotati di buone capacità portanti in grado di limitare possibili cedimenti della pavimentazione stradale.

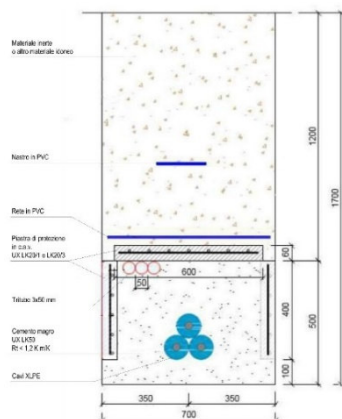
OPERE ELETTRICHE

Le opere elettriche necessarie a convogliare l'energia prodotta alla rete Nazionale sono:

- Posa cavidotto interrato MT di collegamento tra il parco eolico e la sottostazione;
- Realizzazione sottostazione elettrica;
- Posa cavidotto interrato di collegamento tra la sottostazione ed il punto di consegna



Il percorso del cavidotto interno al campo sarà posto in corrispondenza della nuova strada di collegamento tra le turbine eoliche mentre il cavidotto di collegamento tra la sottostazione e la cabina primaria verrà collocato lungo la viabilità esistente avendo cura di posarlo in corrispondenza della banchina, rispettando le disposizioni previste per legge e secondo le autorizzazioni dei proprietari delle strade.



I collegamenti su strada esistente asfaltata avranno una profondità massima di 1,70 m al cui interno verranno posati cavi XLPE e un tritubo da 50 mm, gli stessi verranno prima ricoperti da uno strato di cemento magro e successivamente protetti da specifiche piastre di protezione in cav UX LK20/1 e LK20/3 come da immagine di seguito riportata.

Le tubazioni saranno, inoltre, segnalate nello scavo con un nastro monitor in PVC.

Il collegamento tra le turbine e la sottostazione avviene in un apposito cavidotto di nuova realizzazione ove si prevede di posare un tubo per ogni gruppo di turbine che vengono collegate in serie, così da avere un cavidotto nel tratto terminale che raggiunga la sottostazione di elevazione. Anche in questo caso si prevede la posa nella banchina della strada secondo le profondità dettate dal Gestore della rete per i cavi di alta tensione.

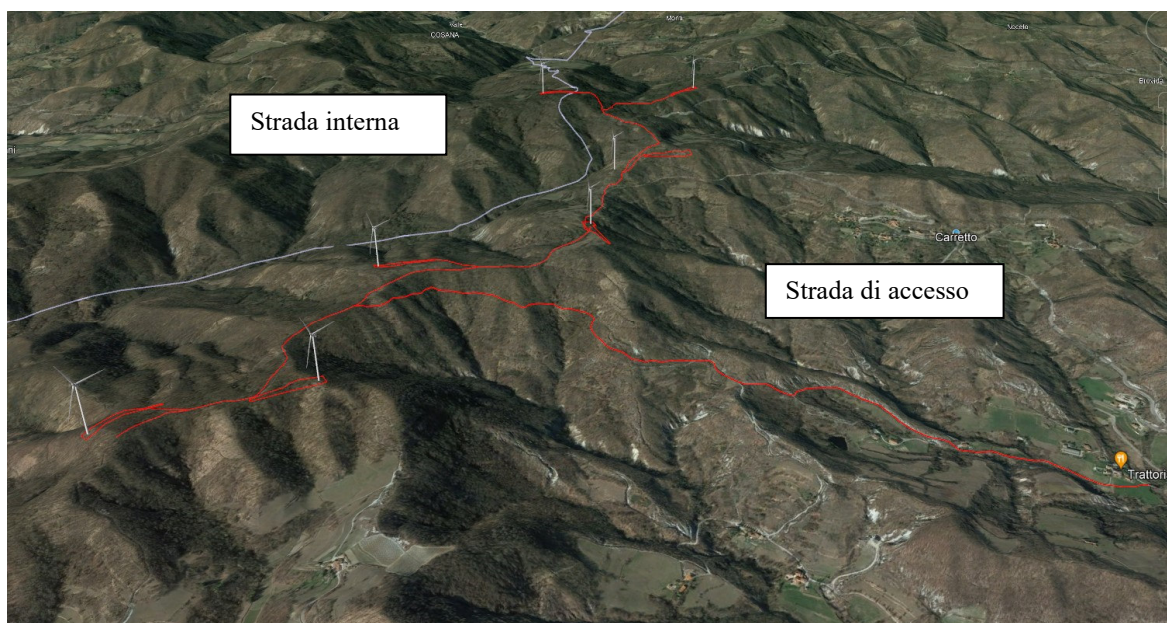
ADEGUAMENTI ALLE STRADE PROVINCIALI E COMUNALI

A seguito di una analisi della rete viaria esistente, effettuata mediante rilievi con scansione lidar e sopralluoghi specifici, si è ritenuto necessario provvedere all'adeguamento di alcuni tratti viari a partire dall'abitato di Ville, fino ad arrivare in prossimità dell'aerogeneratore 05 dove la strada si va ad innestare in quella di collegamento interna.

Tali interventi si rendono necessari in quanto le caratteristiche geometriche dei tratti viari di seguito indicati non rispondono in maniera adeguata al transito dei mezzi previsti.

Tra gli interventi necessari per garantire il passaggio di mezzi da cantiere pesanti troviamo:

- Realizzazione di una variante stradale che bypassa alcuni caseggiati prossimi alla Fraz. Ville;
- Realizzazione di adeguamento viario dalla variante stradale sopracitata per circa 400mt verso fondo valle;
- Realizzazione nuovo asse viario per il raggiungimento degli aerogeneratori previsti in quota.



Gli allargamenti stradali saranno di carattere permanente in modo da migliorare la qualità viaria della zona che ad oggi risulta avere caratteristiche geometriche minime al passaggio di due autoveicoli.

In generale gli adeguamenti stradali prevedono un ampliamento del sedime stradale che può arrivare anche al raddoppio dello stesso; l'entità dell'intervento deriva dal risultato dell'analisi svolta per singoli tratti stradali mediante studio della traiettoria del mezzo impiegato con l'ingombro di un concio tipo. Dove il mezzo semovente richiede delle traiettorie che vanno oltre la geometria stradale esistente sono stati studiati appositi ampliamenti stradali mirati al superamento dell'impedimento.

Per quanto concerne il passaggio dei singoli elementi verranno inoltre previste delle aree di pulizia a ciglio strada per evitare che la vegetazione esistente possa interferire con il loro regolare transito.

La variante stradale a progetto prevede invece la realizzazione di un nuovo tracciato stradale che dalla Strada Provinciale 9 si stacca verso il fondo valle siti ad ovest e si ricongiunge con una strada esistente di servizio ad alcuni caseggiati. Detto intervento risulta essere necessario al superamento di un piccolo agglomerato di case e il conseguente disagio che ne deriverebbe in fase di cantiere.



Nuova variante stradale prevista a progetto

La nuova carreggiata avrà una larghezza di 7 metri e necessita della progettazione di un ponte a singola campata per il superamento di un rio esistente. Nel complesso questo tratto viario ha pendenze minime o nulle non comportando, di conseguenza, la movimentazione di grosse quantità di terreno.

- Realizzazione strada tra turbina 01 turbina 07 con cavidotto elettrico;
- Realizzazione connessione tra cabina elettrica e punto di consegna;
- Realizzazione cabina elettrica;
- Realizzazione strada di accesso, scavo, fondazione indiretta (dove necessaria), plinto, piazzole;
- Realizzazione plinto per traliccio anemometrico;
- Trasporto aerogeneratori fino all'area di cantiere;
- Trasporto e montaggio aerogeneratori;
- Trasporto e montaggio traliccio anemometrico;
- Sistemazione piazzole aerogeneratori;
- Sistemazione strada di accesso agli aerogeneratori e riduzione sezioni dove necessario;
- Eliminazione centrale di betonaggio;
- Completamenti vari.

L'installazione del cantiere include l'uso di due superfici di cui una già adibita a piazzale ad uso di un autotrasportatore, mentre il secondo è un prato a lato del torrente Bormida di Spigno. Il piazzale dell'autotrasportatore risulta essere indispensabile per il trasbordo dei pezzi della turbina dai camion che percorrono l'autostrada fino al piazzale stesso, mentre il secondo piazzale necessita per lo scavalco della ferrovia e del torrente Bormida.

L'area verrà recintata e sarà accessibile solamente da personale qualificato.

Per quanto riguarda invece le aree di cantiere previste nei pressi degli allargamenti stradali queste interesseranno anche i terreni limitrofi al fine di permettere ai mezzi lo stoccaggio del materiale necessario per la fase lavorativa in atto e per permettere lo stazionamento dei mezzi di lavoro.

Per quanto concerne, invece, le fasi lavorative necessarie per la posa degli elettrodotti sono:

- Allestimento cantiere temporaneo;
- Scavo in trincea;
- Posa tubazioni e cavi;
- Esecuzione di opere di protezione e rinterro;
- Giuntatura cavi e terminali;
- Rinterro buche di giunzione

In questo caso l'area di cantiere, se eseguita fuori dall'area già cantierizzata, sarà di tipo mobile e seguirà i metri di scavo giornalieri necessari alla posa totale.

5. CAMPAGNA DI INDAGINI IN SITO

Il sedime dei diversi aerogeneratori nonché delle opere ad esso collegate ed accessorie è stato soggetto a studi geologici e geomorfologici di dettaglio ed a una campagna di indagine geofisica avente lo scopo di individuare le peculiarità dei siti d'indagine.

5.1 RILEVAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO DI DETTAGLIO

Il lavoro è consistito in un accurato rilievo geolitologico, geomorfologico ed idrogeologico dell'area, il supporto cartografico utilizzato è quello del rilievo Lidar sviluppato a mezzo di drone

dedicato da parte del Ing. Bauducco, professionista incaricato dalla Committenza della progettazione globale dell'intervento.

Nella fase preliminare si è proceduto alla ricerca, raccolta ed analisi attenta e critica dei dati bibliografici esistenti che è stato possibile reperire e/o consultare presso i siti istituzionali dei diversi enti territoriali interessati, analizzando, anche con lo studio delle foto aeree, i fenomeni morfologici e l'evoluzione degli stessi sui versanti in studio. Da questa base di partenza si è proceduto, successivamente, ad una verifica diretta dei dati bibliografici esistenti mediante l'esecuzione di un rilevamento di campagna che ha permesso un'ulteriore acquisizione di dati necessari alla loro successiva elaborazione e alla stesura degli elaborati tematici di base (cartografia contenente informazioni relative alla geologia, geomorfologia ed idrogeologia).

Localmente sono stati effettuati puntuali rilievi geomeccanici degli ammassi rocciosi che sono sempre risultati a comportamento estremamente variabile, da buono a debole e complesso, dove per rocce deboli possono essere considerate quelle costituite da materiali a bassa resistenza oppure perché, indipendentemente dalla resistenza del materiale del continuum, si presentano fortemente interessate da piani di discontinuità dovuti a fratturazione, stratificazione, scistosità etc.

Nel primo gruppo ricadono le rocce a comportamento lapideo buono con importanti bancate conglomeratiche mentre nel secondo quelle definite deboli in quanto costituite prevalentemente da materiali deboli (ad es. marne). Le rocce deboli che, indipendentemente dalla resistenza dei minerali costituenti, risultano poco cementate (ad es. arenarie) unitamente ad altri materiali diventati deboli a seguito di processi d'alterazione chimica, degradazione fisica o di metamorfismo retrogrado. In tale categoria ricadono anche le rocce sottilmente stratificate, intensamente scistose e tutte quelle che, indipendentemente dalla genesi, hanno subito intensi processi di fratturazione.

Inoltre, nella classe delle rocce deboli possono essere inoltre inseriti gli ammassi rocciosi costituiti da alternanze di litotipi a differente comportamento meccanico di cui quello debole è nettamente prevalente. Alla classe delle rocce complesse vengono anche riferiti tutti gli ammassi rocciosi costituiti da alternanze di litotipi a differente comportamento meccanico di cui nessuno nettamente prevalente. In ogni caso le rocce deboli presentano un comportamento in qualche modo intermedio tra i terreni e le rocce propriamente dette e questo fa sì che le weak rock (terminologia anglosassone) siano generalmente difficili da descrivere, campionare e sottoporre a test.

La valutazione critica di tutti i dati presenti nella cartografia sopra citata, unitamente all'acquisizione della vincolistica vigente nei diversi territori comunali ha permesso di verificare la fattibilità geologica dell'intervento previsto.

5.2 INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE CON INTERPRETAZIONE TOMOGRAFICA, MASW E HVSR.

Al fine di approfondire le conoscenze sui singoli siti di installazione, ove possibile, sono state condotte delle prospezioni sismiche a rifrazione in grado di indagare i terreni in maniera non distruttiva al fine di caratterizzare il sottosuolo sulla base della velocità di propagazione delle onde sismiche negli orizzonti di terreno attraversati ed utilizzando l'energia sismica che torna in superficie dopo aver percorso il sottosuolo lungo le traiettorie dei raggi rifratti.

Questo metodo è normalmente usato per localizzare superfici che separano strati caratterizzati da una diversa velocità di propagazione delle onde sismiche e si realizza con uno stendimento sismico costituito da 12, 24 o 48 geofoni allineati a distanza nota che registrano le onde sismiche generate in corrispondenza di diversi punti di energizzazione dislocati in posizione nota: generalmente con due o più punti all'esterno dell'allineamento dei geofoni, in offset rispetto al primo e all'ultimo geofono ed intermedi all'interno dello stendimento.

Ogni singolo geofono è collegato mediante un cavo bipolare che trasmette il segnale al sismografo; il segnale sismico viene così registrato, opportunamente amplificato, visualizzato sullo strumento e memorizzato per le successive elaborazioni ed interpretazioni.

- Per le energizzazioni è stata utilizzata la massa battente di 8÷10 Kg.

La profondità massima alla quale è possibile individuare un orizzonte sismico è proporzionale allo sviluppo dello stendimento sismico e corrisponde indicativamente a 1/3, massimo 1/2 in casi molto particolari, della lunghezza dello stendimento (distanza fra il primo e l'ultimo geofono).

Nel caso di uno stendimento di sismica a rifrazione l'obiettivo della registrazione è l'individuazione dei primi arrivi delle onde P (onde longitudinali) oppure SH (onde trasversali) che si registrano in corrispondenza di geofoni via via più distanti dalla sorgente (punto di energizzazione): note la distanza ed il tempo di percorrenza dell'onda si possono individuare le superfici di discontinuità che separano orizzonti caratterizzati da una diversa velocità di propagazione delle onde P e/o SH ottenendo delle sezioni sismiche (distanza/profondità) in cui si individuano gli orizzonti caratterizzati da velocità costanti.

L'indagine sismica è consistita nell'esecuzione di profili sismici a rifrazione, utilizzando un sismografo PASI 16S24U predisposto con 12 geofoni verticali da 4.5 Hz, mentre l'elaborazione dei sismogrammi acquisiti è stata effettuata mediante software regolarmente licenziato Rayfract® 3.35.

I profili MASW, sviluppati mediante software regolarmente licenziato WINMASW® sono stati eseguiti o in sovrapposizione alle stese sismiche a rifrazione con 24 geofoni verticali a 4.5 Hz, con acquisizioni eseguite con un tempo di campionamento di 125 µs e una durata di acquisizione su singola battuta di 2048 ms o con stese MASW sviluppate per mezzo di attrezzatura 3C con geofono da 2 HZ. L'elaborazione delle registrazioni ha portato all'individuazione nei primi 30 metri di profondità di diverse discontinuità sismiche rappresentate graficamente nei report di elaborazione.

Le acquisizioni HVSR sono state eseguite tramite un geofono 3C avente frequenza di 2 Hz .

6. QUADRO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO REGIONALE

GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

L'area oggetto d'intervento è caratterizzata da una configurazione morfologica collinare, dove si riscontrano i rilievi anche mediamente elevati, con vette aventi altitudine comprese tra i 695 e i 680 metri s.l.m. L'aspetto morfologico risulta collegato alle caratteristiche litologiche delle formazioni geologiche affioranti e all'evoluzione strutturale da queste subita durante la storia geologica dell'intera regione, in particolare l'ubiquitaria presenza, anche con presenza di vasti affioramenti, di litotipi calcareo-marnoso-arenacei ben stratificati riconducibili a litologie del Bacino Terziario Piemontese (BTP) con pendenza monoclinale uniforme verso NW, garantisce sui versanti esposti ad E,

SE la presenza di versanti molto acclivi, spesso dirupati coperti da bosco, sui versanti esposti a N, NW la presenza di vaste aree debolmente acclivi fortemente antropizzate e intensamente coltivate, localmente molto incise dai corsi d'acqua e nelle aree sommitali la presenza di nuclei abitativi, aree coltivate, prative e/o a pascolo. Il reticolato idrografico secondario appare localmente embrionale per poi incidersi profondamente nel substrato dando luogo a vallecole caratterizzate da aspri e ripidi versanti fino all'immissione, a valle, nei corpi idrici principali.

Il progetto prevede l'edificazione di sette aerogeneratori, da AG01 a AG07, su una zona collinare/montuosa con un reticolo idrografico ancora in fase di sviluppo.

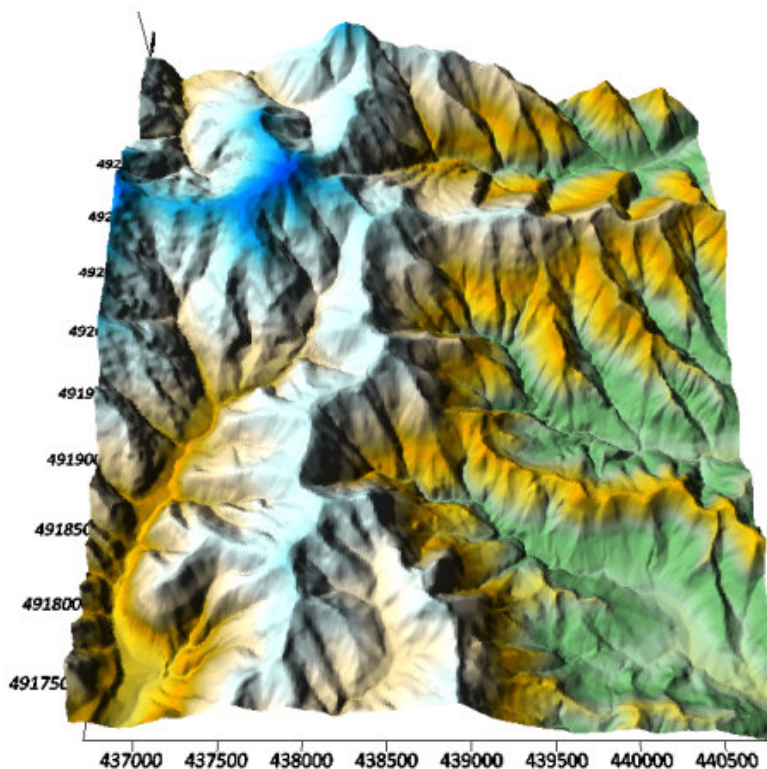


Figura 6.1: Modello 3D da DTM 10 m – presenza di esagerazione verticale.

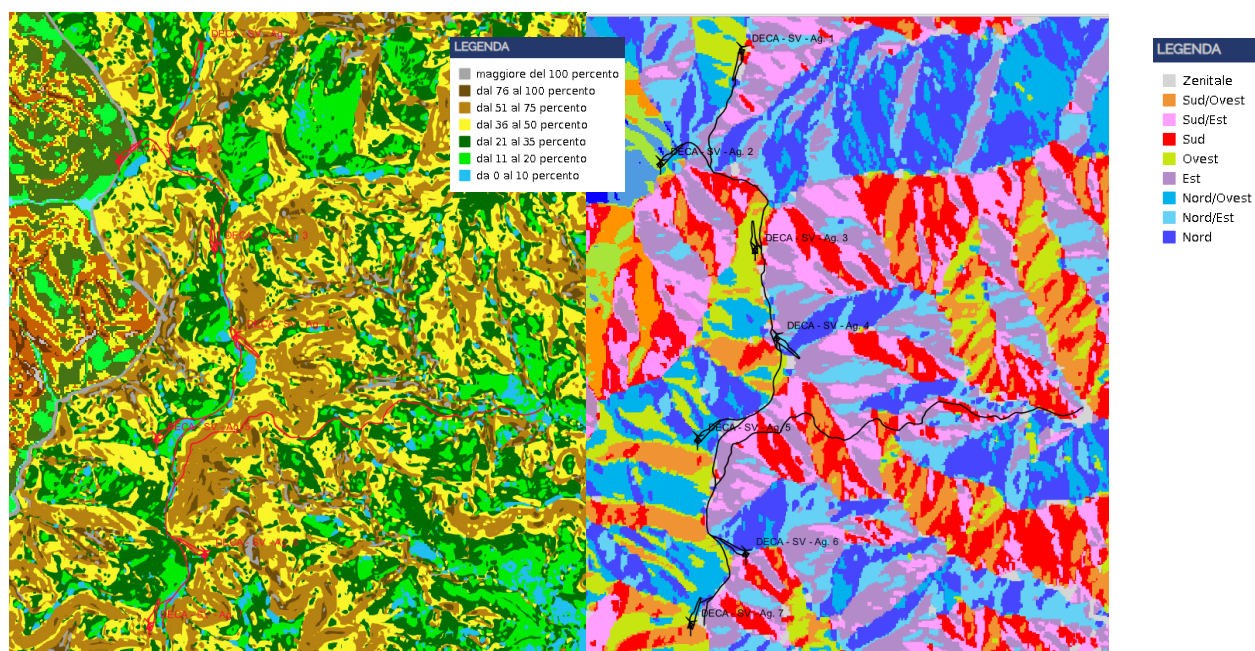


Figura 6.2: Carta dell'acclività 7 classi e Carta dell'esposizione dei versanti 9 classi – Regione Liguria/Elaborazione originale.

Gli studi geologici sono stati redatti mediante controlli diretti sul terreno e usando come base la Carte Geologica F.º CARG 211 DEGO 1:50.000, riportando con sufficiente approssimazione, la distribuzione areale delle successioni litologiche affioranti nell'areale di intervento che sono sempre risultate ascrivibili al complesso sedimentario denominato come "Formazione di Rocchetta - Monesiglio" qui rappresentata da diversi membri che la caratterizzano ed è costituita da una "massa di fondo" prevalentemente pelitica con intercalazioni saltuarie di arenarie fini in strati centimetrici o decimetrici.

La Formazione di Rocchetta-Monesiglio è in quest'area rappresentata da diversi membri quali: RTm6, RTm8a, RTm

- **Formazione di Rocchetta – Monesiglio s.s. (RTM)**, lo spessore complessivo della formazione può raggiungere 1200 m ed è costituita da una "massa di fondo" prevalentemente pelitica con intercalazioni saltuarie di arenarie fini in strati centimetrici o decimetrici (RTM). Tali peliti sono rappresentate da marne argillose grigie, che danno luogo a forme calanchive
- **Membro delle Arenarie di Castelnuovo di Ceva (RTm6)**, rappresentato da arenarie, arenarie conglomeratiche, localmente conglomerati, in banchi spessi fino a qualche metro, con gradazione o con aspetto massivo, frequentemente amalgamati. Si associano arenarie più fini, in strati alternati a letti pelitici, con gradazione poco evidente e laminazioni parallele ben sviluppate. Costituiscono più corpi, separati da peliti, osservabili all'estremità meridionale del foglio tra le Valli Bormida di Millesimo e di Spigno. Il membro presenta il suo maggiore sviluppo nella zona di Castelnuovo di Ceva, ove raggiunge uno spessore massimo di circa 100 m.. L'attribuzione cronologica è riconducibile all'Oligocene superiore.
- **Membro delle Arenarie di Noceto (RTm8a)**, di spessore massimo di 350 metri è costituito da arenarie da medie a grossolane, in strati da medi a molto spessi, frequentemente amalgamati, con gradazione normale o di aspetto massivo, localmente con accenni di laminazioni parallele, talora associate a lenti o banchi arenaceo-conglomeratici. L'attribuzione cronologica è riconducibile all'Oligocene superiore.

Su tali litologie appaiono localmente sovrapposti depositi quaternari che comprendono gran parte dei sedimenti attuali e quelli che li hanno preceduti in tempi relativamente recenti. Essi comprendono: frane; detriti di versante, detriti di versante a grossi blocchi; detriti di falda; coltri eluvio colluviali.

Nel dettaglio:

- **Coltre colluviale e detritico-colluviale (UIDb2)**, costituisce il deposito arealmente più rappresentato, ciò è dovuto soprattutto all'elevata degradabilità che contraddistingue i termini pelitico-arenacei costituenti la successione oligo-miocenica delle Langhe. Sui versanti ad andamento monoclinale lo spessore dei depositi è generalmente di pochi decimetri, eccezionalmente di qualche metro. Alla base dei versanti maggiormente acclivi, sovrastanti le estese superfici terrazzate di modellamento fluviale presenti sul fondovalle, i depositi possono

invece raggiungere spessori di alcuni metri interdigitandosi con i depositi fluviali: in questo caso le coltri sono generate da fenomeni di fluidificazione delle coltri superficiali (soil slip e secondariamente mud flow) che coinvolgono i versanti maggiormente acclivi, ovvero quelli generalmente coincidenti con un assetto della stratificazione a reggipoggio. Localmente le coltri colluviali possono infine costituire il prodotto di colmamento di trincee (con vario grado di apertura) e depressioni di origine gravitativa. Le coltri colluviali sono rappresentate da depositi massivi o eterogenei a supporto di matrice costituiti da silt e silt sabbiosi con subordinate percentuali di clasti di taglia centimetrico-decimetrica; quest'ultimi si presentano di forma da angolosa a subangolosa nel caso di coltri formate a spese del substrato a composizione marnoso-arenacea, mentre hanno una forma arrotondata nel caso di coltri formate a spese di unità a composizione conglomeratica. All'interno delle coltri sono localmente presenti livelli e lenti detritiche di spessore decimetrico con struttura a supporto di clasti. In base al grado di alterazione e ai rapporti con le altre unità, la coltre colluviale e detritico-colluviale può essere riferita ad un intervallo cronologico compreso tra la parte inferiore del Pleistocene superiore e l'Attuale

- **Depositi di frana (UID_{a1})**, l'area è contraddistinta dalla notevole diffusione degli accumuli di frana, parte dei quali cartograficamente rappresentati nell'ambito dei settori di versante. La distribuzione degli accumuli e conseguentemente i loro caratteri sedimentologici rispecchiano fedelmente le caratteristiche litologiche, strutturali e giacaturali del substrato pre-quadernario. La maggior parte degli accumuli sono infatti localizzati sui versanti nord-occidentali dei rilievi delle Langhe ad andamento monoclinale (con pendenze comprese tra 10 e 20°) sui quali si sviluppano diffusi ed estesi scivolamenti di tipo planare: questi generalmente coinvolgono pacchetti di roccia di dimensioni variabili ma talvolta di notevole estensione e di spessore compreso tra pochi metri e le decine di metri (fino ad un massimo di 45 m). Gli accumuli sono costituiti da volumi di roccia sostanzialmente integri oppure caratterizzati da un grado più o meno elevato di scompaginamento e destrutturazione in relazione all'entità del movimento subito lungo il versante, talvolta così elevato da evolvere in fenomeni di colata a. Sui versanti a franapoggio esposti a Sud-Ovest (con pendenze comprese tra 20 e 45°) gli accumuli, meno frequenti e di minori dimensioni, costituiscono il più delle volte il prodotto di fenomeni di crollo o di tipo complesso. Sono costituiti da accumuli detritici con clasti e blocchi eterometrici di forma angolosa e con scarsa matrice sabbioso-siltosa, oppure sono costituiti da grossi volumi di roccia disarticolata. In rari casi gli accumuli sono connessi a fenomeni di colata, costituiti da depositi caotici con clasti e blocchi immersi in una matrice sabbioso-siltosa. Quantitativamente subordinata è invece la frazione grossolana, costituita il più delle volte da frammenti di substrato lapideo a composizione marnosa o arenacea, che conferisce al deposito una spiccata eterometria. In base al grado di rimodellamento e ai rapporti con le altre unità, gli accumuli gravitativi presenti nel Foglio possono essere riferiti ad un intervallo cronologico compreso tra la parte alta del Pleistocene superiore e l'Attuale.

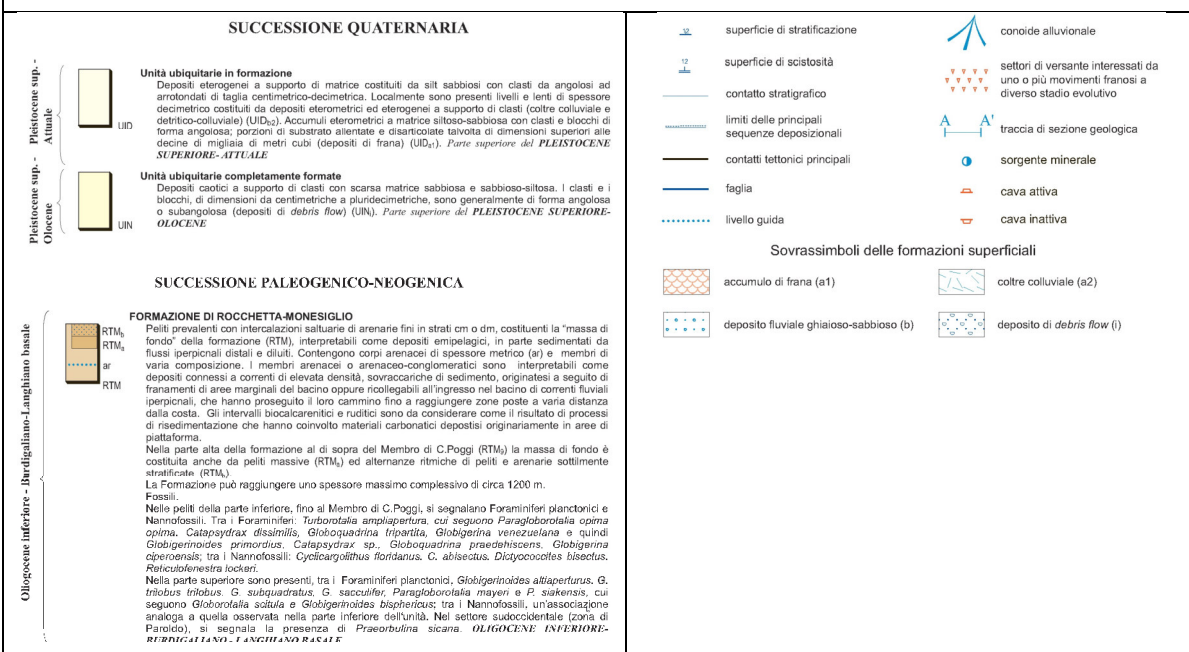


Figura 6.3: Carta geologica estratto CARG 211 Deigo – Ubicazione totalità aereogeneratori

I rilievi hanno uno sviluppo plano-altimetrico complesso, in stretto rapporto con la natura del substrato e il suo assetto strutturale: ciò ha determinato una diversificazione dell'area collinare in due distinti settori, ciascuno dei quali caratterizzato da un ben preciso stile morfologico.

Con la sola esclusione del bacino del F. Bormida di Spigno, il carattere dominante nel paesaggio è dato dalla morfologia a "cuesta, con i versanti immergenti verso i quadranti nord-occidentali debolmente inclinati di 5-15° e controllati dall'assetto monoclinale delle superfici di strato delle unità costituenti la successione del BTP; per contro i versanti esposti a SE mostrano valori di acclività sensibilmente maggiori (25-35°) e un andamento della stratificazione a reggipoggio.

La configurazione marcatamente asimmetrica dei rilievi collinari e dei solchi vallivi è il risultato della diversa evoluzione che ha caratterizzato gli opposti versanti per effetto delle diverse condizioni giaciture del substrato. Contestualmente all'esumazione generalizzata del substrato e all'approfondimento erosivo del reticolato idrografico, i versanti esposti a NW si sono evoluti per effetto del periodico distacco e scivolamento lungo le superfici di strato di cospicui volumi di roccia, soprattutto in occasione di eventi pluviometrici particolarmente intensi. Le dimensioni dei fenomeni sono talvolta ragguardevoli, sia in termini di spessore che di volume della massa traslata: si segnalano in particolare degli scivolamenti planari chilometri a Nord, Nord/Ovest del sito di intervento con spessore massimo dell'accumulo valutabile in 40-45 m e un'estensione di 0,56 km² (Paroldo) e di con uno spessore dell'accumulo stimabile in alcuni punti in almeno 45 m e un'estensione complessiva di 9,01 km² (Feisoglio/Cravanzana)

In tali zone il ripetuto distacco e scivolamento di porzioni di substrato ha dato luogo a versanti con un caratteristico profilo "a gradini": questi sono contraddistinti da altezze comprese tra qualche metro e le decine di metri e da un profilo da mediamente inclinato a subverticale. I gradini rappresentano pertanto la nicchia di distacco di antichi scivolamenti planari, privi tuttavia dei rispettivi accumuli in quanto rapidamente smantellati dall'erosione. L'andamento planimetrico dei gradini, talvolta arcuato ma il più delle volte "segmentato" (talvolta con angoli di 50-90° tra le singole scarpate), è quasi sempre connesso alla presenza nel substrato di faglie o fratture che costituiscono superfici di distacco gravitativo preferenziali: in particolare il sistema di strutture ad andamento NE-SW controlla l'andamento delle superfici di distacco nel settore di coronamento, mentre le strutture ad andamento NW-SE costituiscono le superfici di svincolo laterale degli scivolamenti.

L'evoluzione dei versanti secondo il modello descritto è favorita dal forte approfondimento erosivo che nel tempo ha caratterizzato l'evoluzione dei corsi d'acqua, i quali scalzando la base dei versanti hanno messo a nudo, intersecandole, le potenziali superfici di scivolamento. Inoltre, il distacco di pacchetti di roccia ha coinvolto anche le dorsali spartiacque, generando profonde insenature verticali nel profilo di cresta, che in taluni casi possono simulare la presenza di selle di modellamento fluviale.

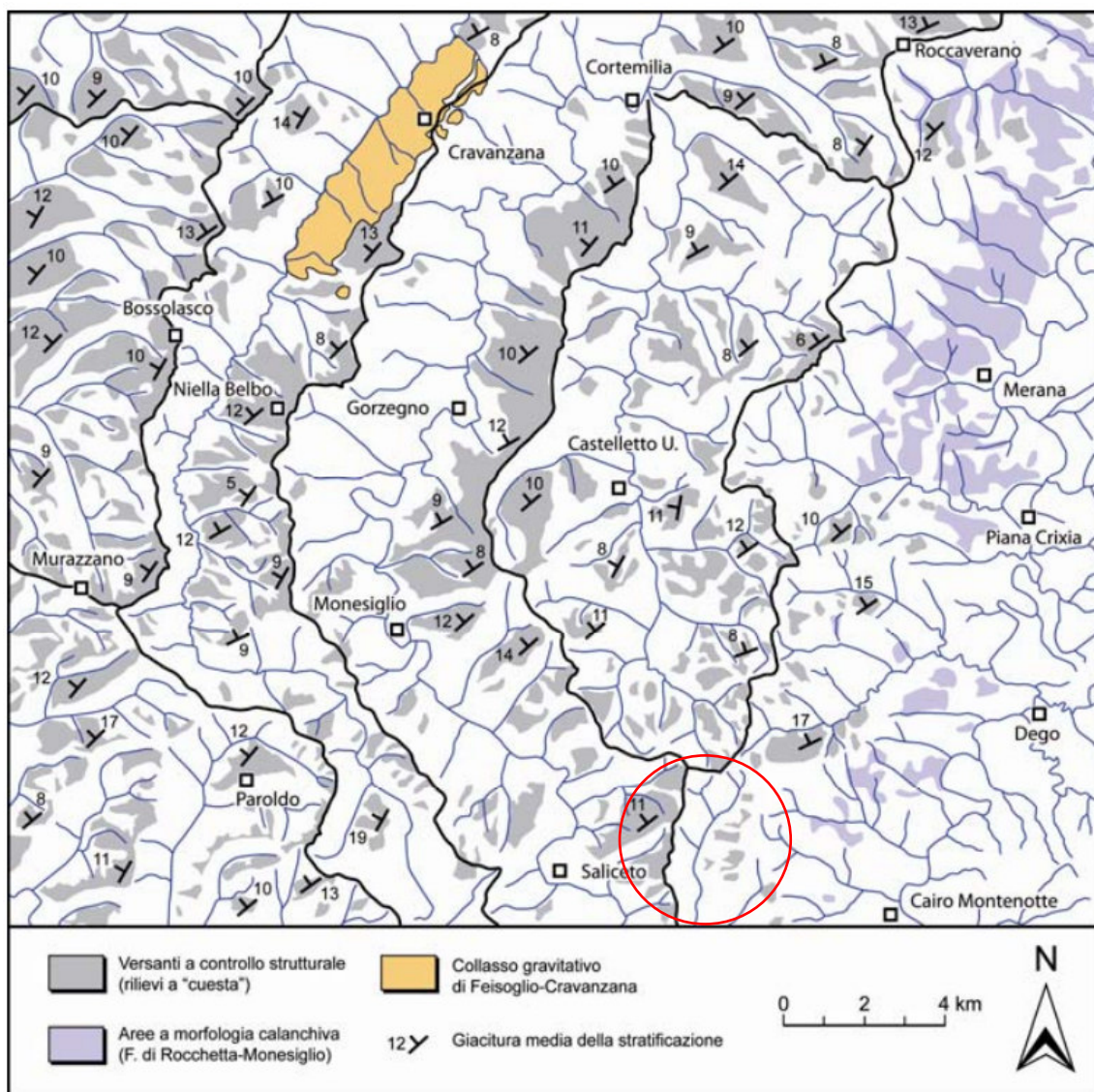


Figura 6.4: Estratto note Carta geologica CARG 211 Dego – Schema geomorfologico del Foglio

L'evoluzione dei versanti a reggipoggio si esplica invece ad opera di fenomeni di crollo indotti dallo scalzamento alla base dei versanti operato dal reticolato idrografico. Più comunemente, tuttavia, questi sono interessati da superficiali quanto diffusi fenomeni di fluidificazione rapida (soil slip) delle coltri colluviali e detritico-colluviali, che dilavano i versanti e mettono in luce il substrato, come osservato in occasione dell'evento alluvionale del 4-5 novembre 1994.

Il versante sinistro del F. Bormida di Spigno è interessato dalla presenza di estese aree a morfologia calanchiva, caratterizzate da profonde incisioni a "V" separate da sottili creste che delimitano microversanti nudi in rapida evoluzione. Si tratta di fenomeni di erosione lineare accelerata che determinano la formazione di incisioni che tendono ad approfondirsi, ramificarsi e ad allungarsi a ritroso, dando luogo nel tempo ad una veloce proliferazione del reticolato idrografico. Lo sviluppo di questo paesaggio è favorito in primo luogo dalla granulometria e dalla mineralogia del substrato: l'area di distribuzione dei calanchi, infatti, ricalca fedelmente l'area di affioramento delle peliti con sottili intercalazioni di areniti fini che costituiscono la "massa di fondo" della Formazione Rocchetta-Monesiglio, litotipo particolarmente predisposto allo sviluppo di fenomeni di erosione accelerata. Altri fattori che favoriscono lo sviluppo di questi fenomeni sono rappresentati dall'omogeneità tessiturale

del sedimento e dalla rapida tendenza all'approfondimento del reticolato idrografico di questo settore del Foglio.

Evoluzione quaternaria

L'assetto geologico e morfologico dell'area è il risultato di una lunga storia evolutiva che dalla fine dell'Oligocene si è protratta fino all'Attuale e che ha guidato la strutturazione del BTP. Quest'ultimo, definibile come un bacino di piggy back, è attualmente caratterizzato da un settore meridionale, a ridosso delle Alpi Liguri, che include l'areale in esame, in esumazione e da un settore settentrionale, lungo la direttrice Savigliano - Asti - Alessandria, in parziale subsidenza. A partire dalle fasi terminali dell'Oligocene il BTP ha variato la propria configurazione per effetto di una graduale migrazione verso Nord delle aree depocentrali attualmente rappresentate dai bacini di Savigliano e di Alessandria; al contempo, le aree più prossime al margine settentrionale delle Alpi Liguri, originariamente caratterizzate da subsidenza, hanno subito un'inversione tettonica che ha determinato a scala regionale un tilting delle successioni sedimentarie e l'estensione dei settori in esumazione sottoposti all'erosione. Quest'ultima ha determinato dapprima l'elisione di buona parte della successione oligo-miocenica e, in una fase più recente, anche l'asportazione dei termini della successione pliocenica lungo la fascia di raccordo con la parte di BTP già emersa. L'elevata erodibilità che caratterizza i vari termini della successione oligo-miocenica ha tuttavia impedito anche la conservazione di buona parte del record sedimentario quaternario che i corsi d'acqua, nelle varie fasi di approfondimento, hanno sicuramente abbandonato lungo i versanti. Nell'ambito del bacino del F. Bormida le superfici di modellamento fluviale risultano infatti conservate entro una fascia altimetrica estesa fino a 120-130 m al di sopra degli alvei attuali, limite rappresentato dal top deposizionale del Subsistema di Spigno Monferrato, i cui depositi sono stati dubitativamente riferiti alla parte terminale del Pleistocene medio. Nell'ambito del Foglio questa unità rappresenta pertanto il limite massimo di conservazione delle forme e dei depositi fluviali: solo a partire da questo momento è pertanto possibile delineare con una certa attendibilità l'evoluzione recente di questo settore del BTP.

L'analisi della distribuzione altimetrica dei lembi di depositi evidenzia chiaramente come le diverse fasce di modellamento fluviale in entrambi i rami del F. Bormida si dispongano secondo un andamento subparallelo; le lacune morfostratigrafiche localmente presenti lungo le fasce sono riconducibili alla presenza di grandi e diffusi collassi gravitativi o causate da fenomeni di scalzamento al piede dei versanti connessi alla dinamica dei corsi d'acqua a meandri.

Questa distribuzione di forme e depositi è compatibile con un sollevamento generalizzato e sostanzialmente uniforme che ha interessato il bacino delle Langhe. La dinamicità dei due tratti del F. Bormida si è quindi manifestata unicamente con una migrazione verso valle dei meandri, chiaramente evidenziata dalla distribuzione dei lembi di depositi alluvionali terrazzati e dall'andamento delle superfici di appoggio basali: queste ultime, infatti, il più delle volte sono caratterizzate da un profilo trasversale asimmetrico dovuto allo spostamento laterale dell'alveo e al contemporaneo forte approfondimento nel substrato del corso d'acqua (ingrown meander). Queste indicazioni sono compatibili con la presenza nell'intervallo Pleistocene medio - Eocene di una fase di accentuata attività tettonica sin-morfogenetica che ha interessato il bacino delle Langhe e che ha imposto, come unica risposta al sistema idrografico, un rapido approfondimento nel substrato.

La distribuzione altimetrica delle diverse unità, separate da fasce di altezza compresa tra i 10 e i 15 m relativamente prive di depositi, è compatibile con una certa uniformità dei tassi di esumazione, e conseguentemente di approfondimento erosivo. Il fatto che i corsi d'acqua incidano tuttora per lunghi tratti il substrato pre-quadernario conferma ulteriormente il modello evolutivo proposto che vede l'area del Foglio interessata da un'attiva fase di esumazione.

Lo spiccato andamento meandriforme che caratterizza gli alvei del Bormida di Spigno e del Bormida di Millesimo e di una parte dei principali affluenti, riflette presumibilmente l'originaria configurazione che gli stessi dovettero avere precedentemente all'esumazione del bacino delle Langhe, in un contesto morfologico simile a quello che caratterizza attualmente il F. Bormida nell'area occupata dal bacino di Alessandria: il reticolato idrografico del Foglio sarebbe quindi caratterizzato da un rapporto di antecedenza nei confronti dei rilievi delle Langhe.

7. MODELLO GEOLOGICO DEL SITO

In base alle indagini svolte nonché ai rilievi esperiti direttamente in sito, per l'area d'intervento è possibile individuare il seguente modello geologico:

***“Il sito è caratterizzato, per la sua quasi totale estensione da coperture da medie a sottili a granulometria medio fine inglobanti frammenti detritici litoidi, il sottostante ammasso roccioso appartenente alle litologie del BTP risulta fortemente erodibile specie in prossimità di sistemi di fratturazione. La roccia esposta si presenta localmente fortemente alterata ed erodibile.*”**

8. MODELLO IDROGEOLOGICO DEL SITO

In base alle ricerche svolte nonché ai rilievi esperiti direttamente in sito, per il sottosuolo dell'area d'intervento è possibile individuare il seguente modello idrogeologico preliminare:

***“Il sito è interessato dalla presenza di coperture sottili, ma localmente plurimetriche a media capacità di drenaggio, l'ammasso roccioso risulta generalmente asciutto e solo in corrispondenza di intensi fenomeni meteorici risulta interessato da permeabilità in grande per fratturazione e subordinatamente per porosità più o meno accentuata in base al tipo litologico presente in sito.*”**

***All'epoca del rilevamento sono risultate evidenti, in diversi settori dell'area di intervento diverse venute idriche tipicamente per contatto.*”**

9. MODELLAZIONE SISMICA ED EFFETTI DI SITO

Nel presente lavoro, per completezza, si individua il modello sismico dell'area di intervento in relazione al progetto, alle tipologie di intervento ed alle peculiarità dello scenario territoriale ed ambientale di riferimento.

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione secondo quanto riportato nelle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018 ed alla Circolare C.S.LL.PP. n° 7/2019.

9.1 Zonazione sismogenetica.

Per determinare il carattere sismogenetico dell'area dei Comuni di Saliceto (CN), Cairo Montenotte e Cengio (SV), si è presa in considerazione la pubblicazione dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia nella quale è stato mappato il territorio nazionale in zone sismogenetiche:

tale zonazione è chiamata ufficialmente ZS9. La zonazione sismogenetica è basata sul precedente background informativo di ZS4 e recepisce le informazioni delle sorgenti sismogenetiche italiane messe a disposizione da DISS 3.2.1 e da studi inerenti le faglie attive regionali. Tale studio considera inoltre le indicazioni che derivano dall'analisi dei dati relativi ai terremoti più importanti verificatesi anche lontani dalla zona in oggetto. Osservando la carta di zonazione ZS9 si osserva che la sismicità può essere distribuita in zone, ciascuna delle quali è associata una magnitudo massima $M_{WMAX 50}$, che si assume come magnitudo attesa M.

La ZS9 può essere utilizzata, insieme al catalogo di CPTI15 per stimare la "profondità efficace", cioè l'intervallo di profondità nel quale è rilasciato il maggior numero di terremoti in una zona sorgente. Osservando la figura seguente, si nota che tutti i comuni ricadono all'esterno delle zone denominate 910 e 911 che indicano zone utilizzate per la valutazione della pericolosità sismica. I limiti tra le zone sono distinti con il colore nero e il blu: quelli neri ridefiniscono i limiti il cui tracciamento dipende esclusivamente da informazioni tettoniche e geologico-strutturali, mentre quelli blu definiscono suddivisioni di zone con uno stesso stile deformativo, ma con differenti caratteristiche di sismicità.

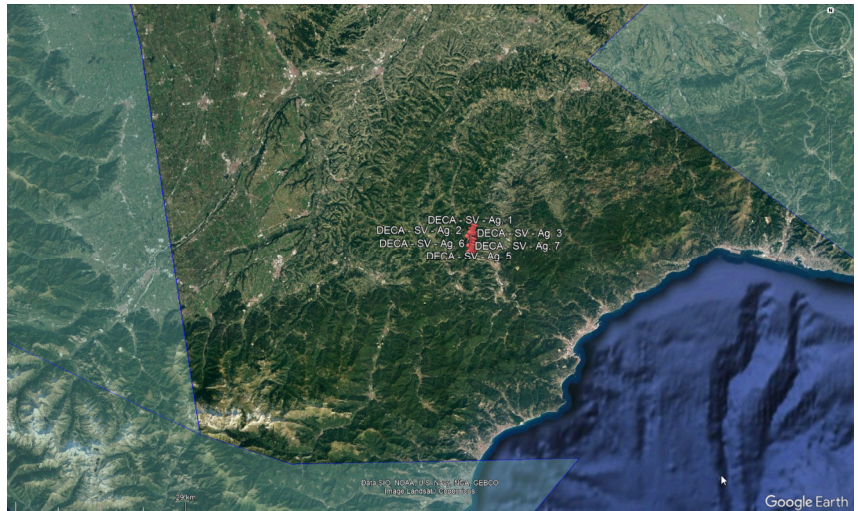
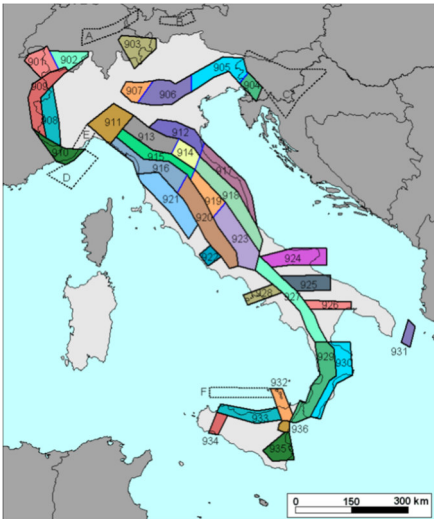


Figura 9.1.1 e 9.1.2: Zonazione sismogenetica ZS9 (Meletti & Valensise, 2004). Le diverse zone sono individuate da un numero; le zone indicate con una lettera non sono state utilizzate per la valutazione della pericolosità sismica. Il significato del colore (blu o nero) dei bordi delle zone è spiegato nel testo. Il colore delle zone non è invece significativo - particolare dell'area in studio – su base Google Earth

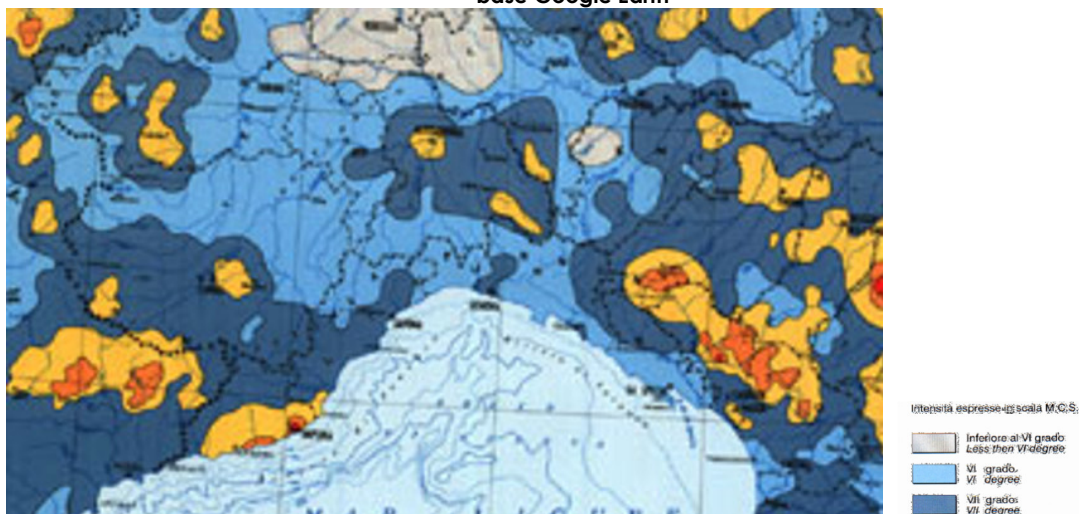


Figura 9.1.3: "MASSIMA INTENSITÀ RISENTITA IN ITALIA" 1995 (Scala 1:1.500.000) a cura di: C.N.R. ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA

Nella sottostante figura ("Massime Intensità macrosismiche osservate nei comuni della Regione Liguria", Molin, Stucchi, Valensise) quest'ultime valutate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti in Italia di ING/SGA.

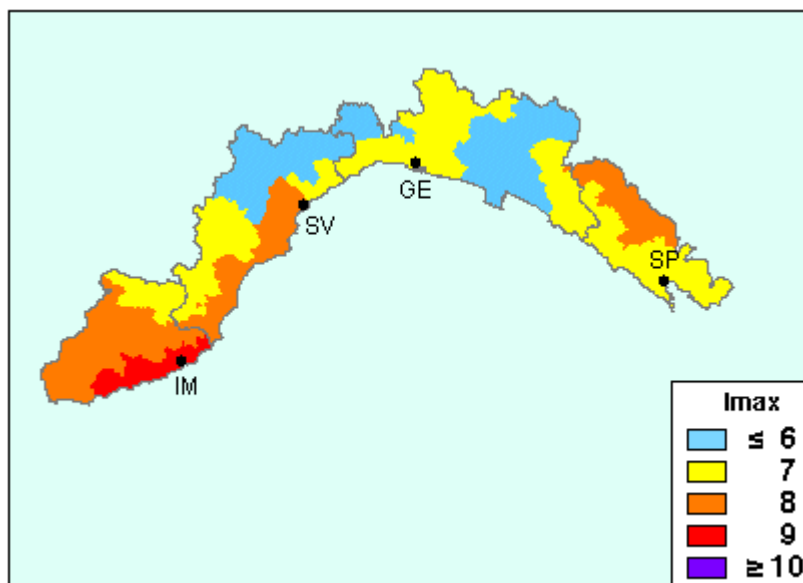


Figura 9.1.4: "Massime Intensità macrosismiche osservate nei comuni della Regione Liguria" (Molin, Stucchi, Valensise)

Nella sottostante figura ("Massime Intensità macrosismiche osservate nei comuni della Regione Piemonte", Molin, Stucchi, Valensise) quest'ultime valutate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti in Italia di ING/SGA.

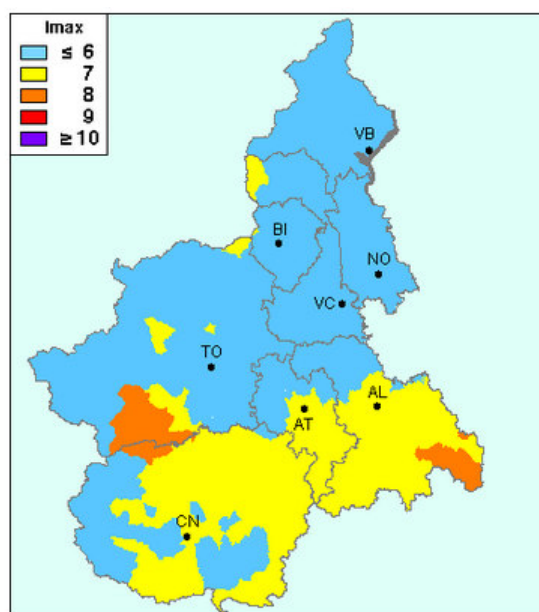


Figura 9.1.5: "Massime Intensità macrosismiche osservate nei comuni della Regione Piemonte" (Molin, Stucchi, Valensise)

L'analisi storica della sismicità locale dei Comuni di Saliceto, Cairo Montenotte e Cengio è riportata entro i database dell'INGV:

Saliceto

PlaceID IT_06739
 Coordinate (lat, lon) 44.414, 8.168
 Comune (ISTAT 2015) Saliceto
 Provincia Cuneo
 Regione Piemonte
 Numero di eventi riportati 4

Effetti		In occasione del terremoto del								
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	🔗	1854	12	29	01	45	Liguria occidentale	86	7-8	5.72
6	🔗	1887	02	23	05	21	5 Liguria occidentale	1511	9	6.27
4	🔗	1989	12	26	19	59	5 Mar Ligure	290		4.46
2-3	🔗	2000	08	21	17	14	Monferrato	595	6	4.94

Cairo Montenotte

PlaceID IT_32517
 Coordinate (lat, lon) 44.399, 8.275
 Comune (ISTAT 2015) Cairo Montenotte
 Provincia Savona
 Regione Liguria
 Numero di eventi riportati 17

Effetti		In occasione del terremoto del								
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
6	🔗	1887	02	23	05	21	5 Liguria occidentale	1511	9	6.27
2	🔗	1898	03	04	21	05	Parmense	313	7-8	5.37
4	🔗	1905	05	30	04	55	Cuneese	121	5-6	4.65
NF	🔗	1909	05	27	06	10	Liguria occidentale	51	5-6	4.34
NF	🔗	1913	03	27	02	25	4 Val Trebbia	58	4-5	4.24
NF	🔗	1913	12	07	01	28	Valle Scrivia	56	5	4.57
5	🔗	1917	01	07	03	39	Savonese	32	5	4.35
3-4	🔗	1919	11	28	21	38	Alpi Marittime	24	5-6	4.92
4-5	🔗	1963	07	19	05	46	0 Mar Ligure	412		5.95
3	🔗	1971	07	15	01	33	2 Parmense	228	8	5.51
F	🔗	1971	09	25	10	34	0 Mar Ligure	31	5-6	4.33
2-3	🔗	1983	11	09	16	29	5 Parmense	850	6-7	5.04
NF	🔗	1984	04	29	05	02	5 Umbria settentrionale	709	7	5.62
3	🔗	1989	12	26	19	59	5 Mar Ligure	290		4.46
4-5	🔗	1993	07	17	05	46	0 Liguria occidentale	4	5	3.88
5	🔗	1993	07	17	10	34	5 Liguria occidentale	336	5	4.34
2	🔗	2000	08	21	17	14	Monferrato	595	6	4.94

Cengio (Bormida)

PlaceID IT_32603
 Coordinate (lat, lon) 44.389, 8.207
 Comune (ISTAT 2015) Cengio
 Provincia Savona
 Regione Liguria
 Numero di eventi riportati 4

Effetti		In occasione del terremoto del								
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
6	🔗	1887	02	23	05	21	5 Liguria occidentale	1511	9	6.27
3	🔗	1896	10	16			Liguria occidentale	55	6	4.91
2-3	🔗	1989	12	26	19	59	5 Mar Ligure	290		4.46
3	🔗	1993	07	17	10	34	5 Liguria occidentale	336	5	4.34

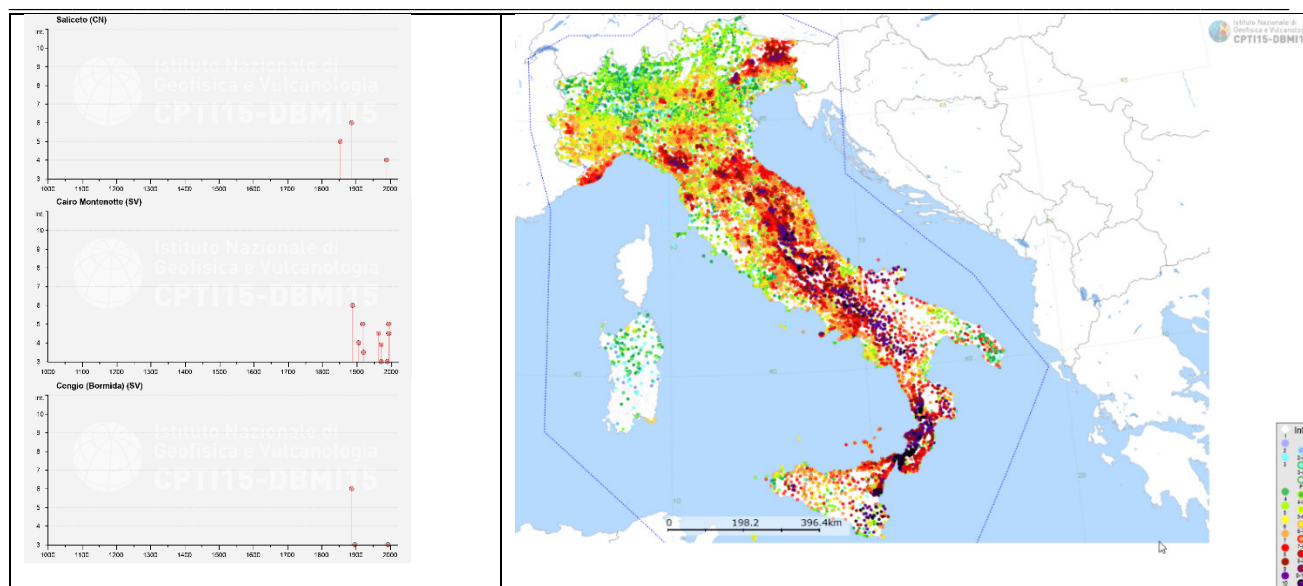
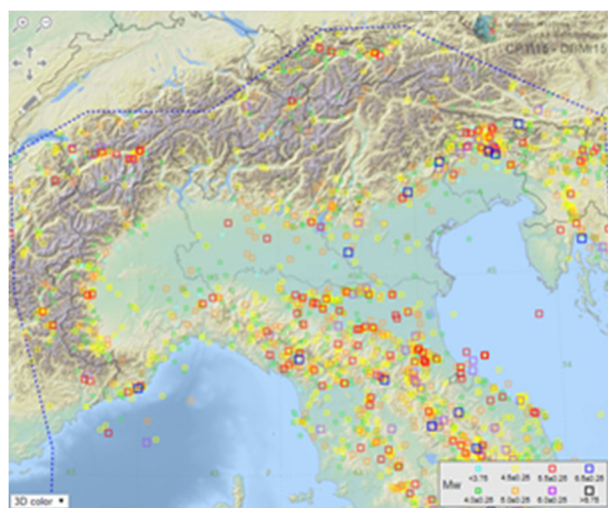
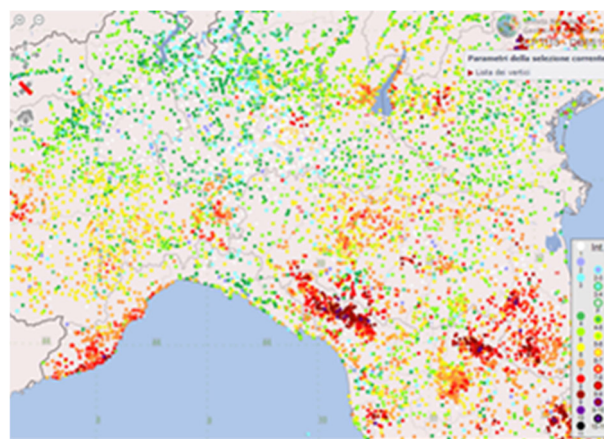


Figura 9.1.6: sismicità storica di Comuni di Saliceto, Cairo Montenotte e Cengio



**Estratto CPT15 (catalogo parametrico dei terremoti italiani)
- dall'anno 1000 al 2014**



Estratto DBMI15 - Database macrosismico dei terremoti italiani.

Il principale terremoto storico verificatosi in quest'area di Liguria è pertanto rappresentato dall'evento del 23 febbraio 1887 ($M_w=6.27$, catalogo parametrico NT4.1) la cui ubicazione epicentrale è ubicata nella Liguria Occidentale. La bassa pericolosità sismica del territorio in esame, nonostante le numerose testimonianze storiche, si evince dall'esame di quella nazionale riportata nella seguente mappa:

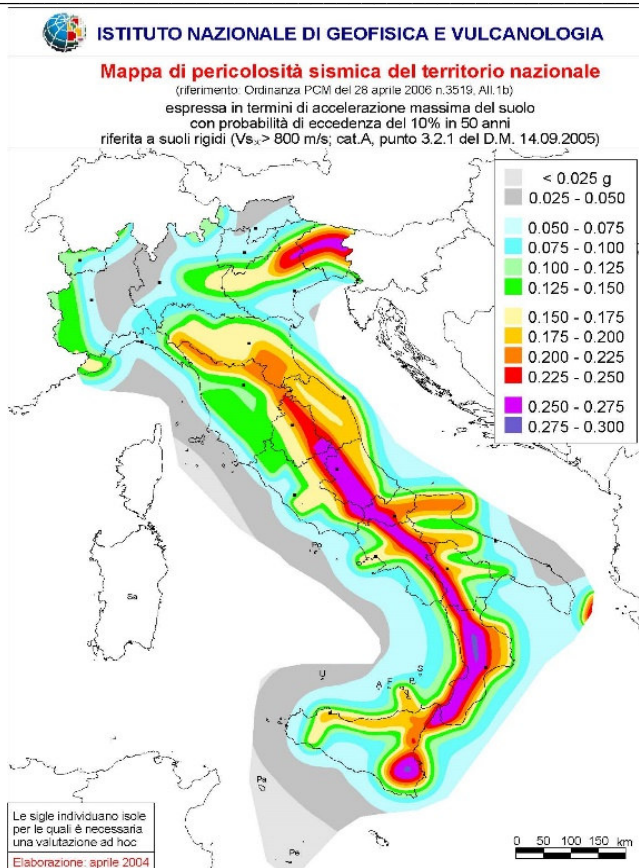


Figura 9.1.7: Mappa di pericolosità sismica MPS04

Il grado di sismicità attesa nella zona di Comuni Saliceto, Cairo Montenotte e Cengio è dato da diverse strutture sismogenetiche, le più vicine delle quali sono la ITCS130 – Imperia Promontory e la ITCS022 – Imperia Promontory com'è visibile nella seguente rappresentazione.

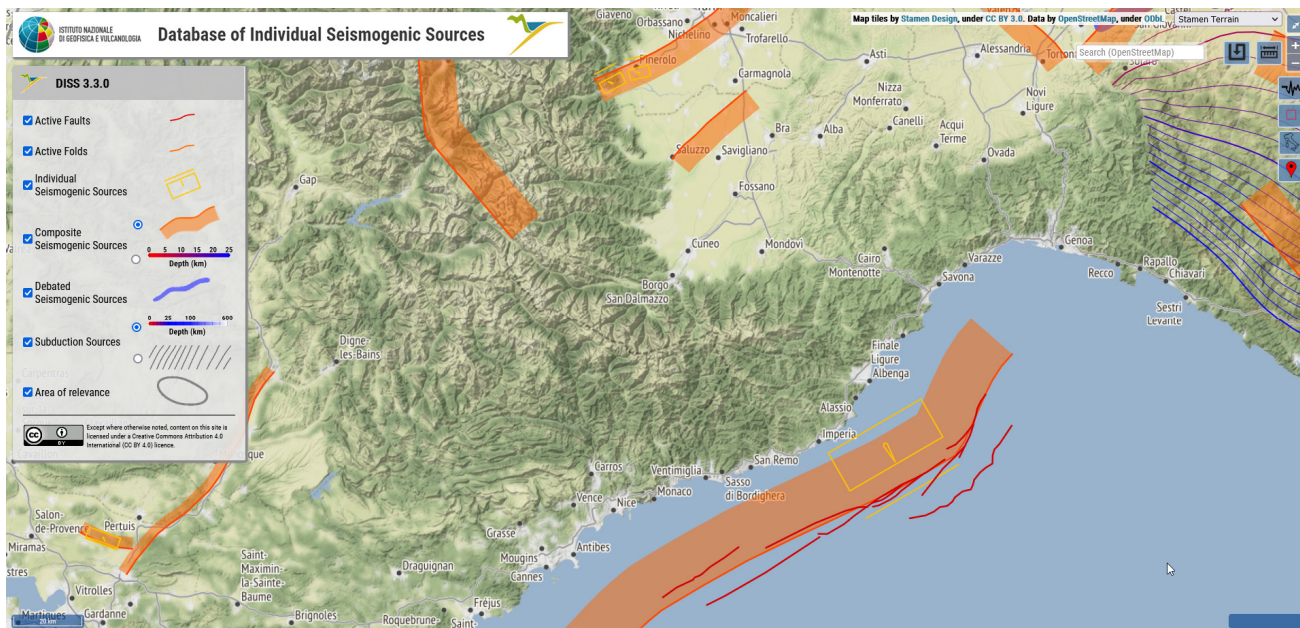


Figura 9.1.8: Schermata del Database DISS dell'INGV.

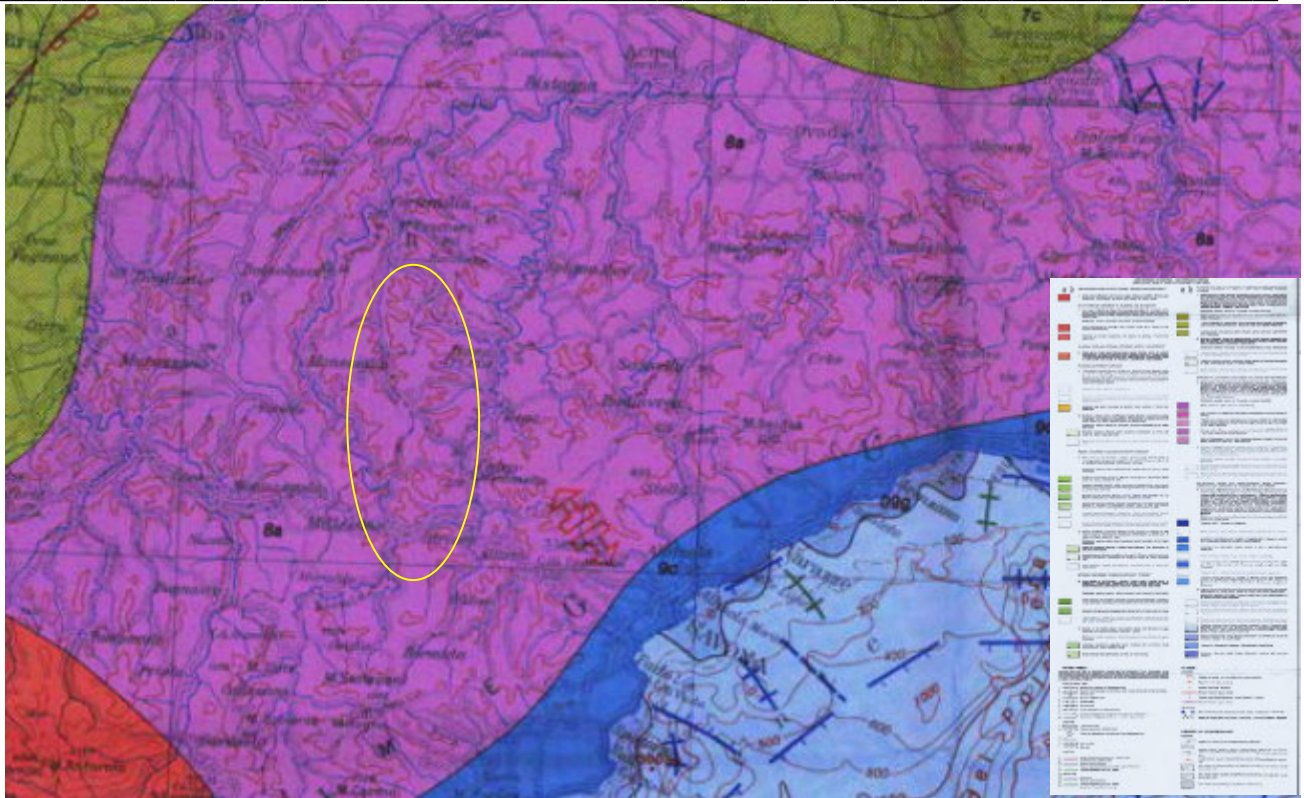


Figura 9.1.9: Particolare della Neotectonic Map of Italy pubblicata dal CNR.

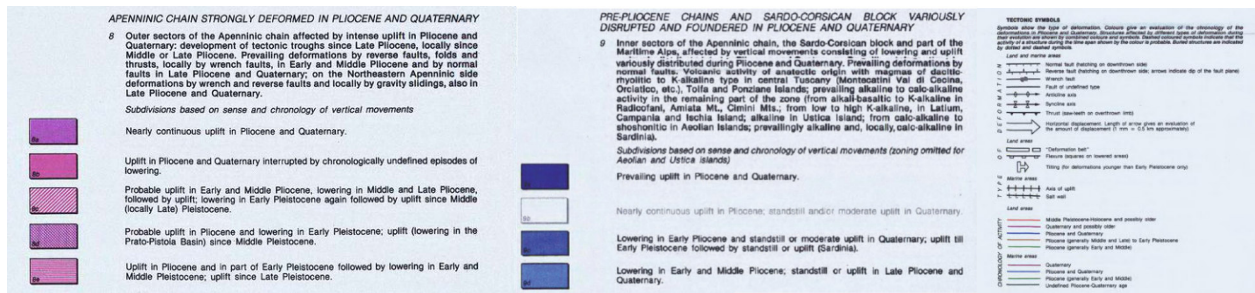


Figura 9.1.10: Legenda

9.2 Classificazione sismica della Regione Liguria e della Regione Piemonte.

L'area ricade nei comuni di Cairo Montenotte e Cengio ed ai sensi delle DGR Liguria 216/2017 e 962/2018 risultano inseriti nelle seguenti Zone sismiche:

Comune	Zona Sismica
Cairo Montenotte	4
Cengio	4

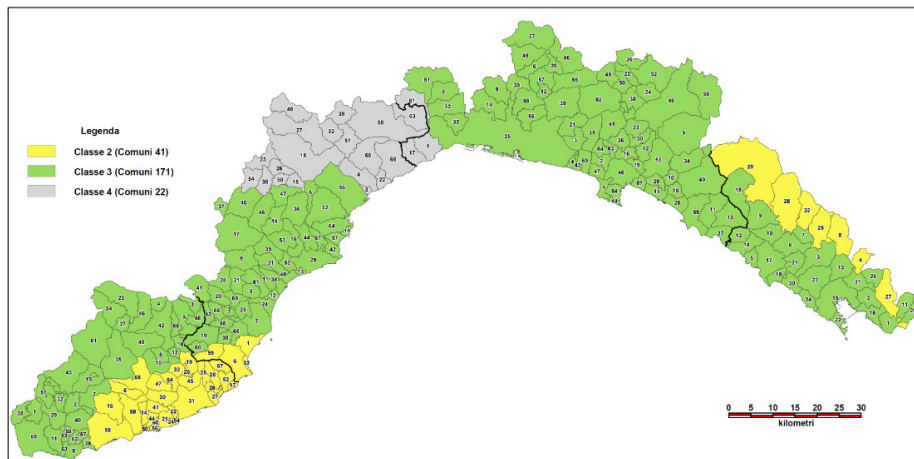
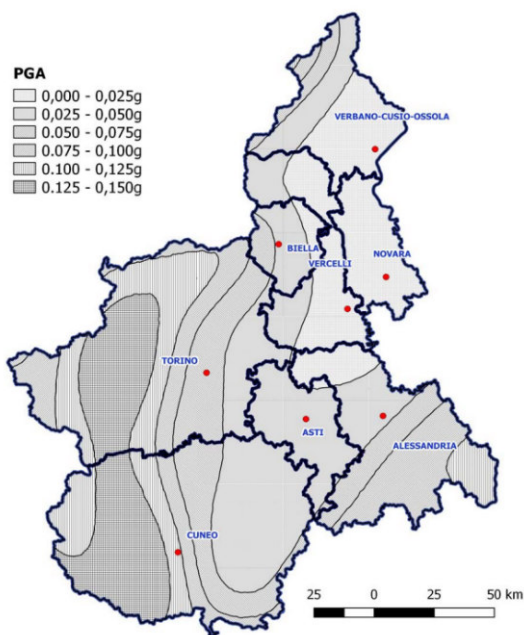


Figura 9.2.1: Cartografia Regionale della Regione Liguria

L'area ricade nel comune di Saliceto che ai sensi della Deliberazione della Giunta Regionale 30 dicembre 2019, n. 6-887 risulta inserita nella Zona Sismica 3.

Comune	Zona Sismica
Saliceto	3

MAPPA DI PERICOLOSITA' SISMICA
DISTAV- Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e della Vita
Università degli Studi di Genova



MAPPA DI ZONAZIONE SISMICA
La mappa è aggiornata alla situazione amministrativa esistente alla data del 6 febbraio 2019

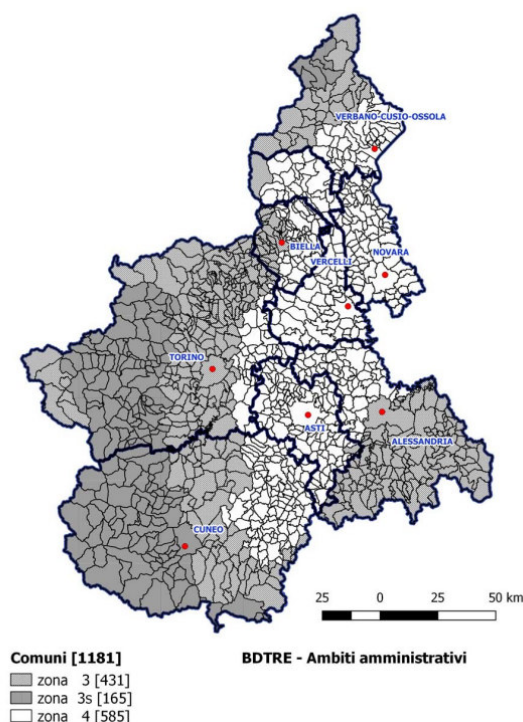


Figura 9.2.2: Cartografia Regionale della Regione Piemonte

INQUADRAMENTO DELL'AREA NELL'AMBITO DEGLI STUDI E DELLA CLASSIFICAZIONE SISMICA DELLA REGIONE LIGURIA.

L'area oggetto di intervento ubicata nel Comune di Cengio risulta essere inserita entro le aree soggette a liquefazione ai sensi della DGR. n. 535 del 18.06.2021, non ricade in ambiti urbanistici riconducibili ad ambienti geomorfologici riconducibili ai tipi A e B della tabella B del §.1 - Condizioni e Contesti territoriali di applicazione dell'Allegato 1 della DGR, pertanto l'intervento è fattibile nel rispetto degli accertamenti ordinari attesi dalle vigenti Norme Tecniche sulle Costruzioni (NTC2018) sulla base di opportuni approfondimenti geologico-geotecnici.

In riferimento alle MS1: Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (M.O.P.S.) della Regione Liguria l'area globale di intervento risulta sempre esterna alle perimetrazioni effettuate oppure interessata da aree stabili o in corso di approfondimento (studi effettuati su altri Comuni).

Infine, relativamente alle Zone Sismogenetiche della Liguria individuate dalla D.G.R. 534 del 18.06.2021 l'area oggetto di intervento non risulta interessata da faglie Attive Capaci (FAC) e neppure da Faglie Attive Potenzialmente Capaci (FPAC),

Azione sismica

Con l'entrata in vigore delle summenzionate NTC la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio legato al sito di costruzione e le azioni sismiche di progetto si

definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito, che è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo, "periodo di riferimento", espresso in anni e denominato V_R , in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato; la probabilità è denominata "probabilità di eccedenza o di superamento del periodo di riferimento" è denominata P_{VR} .

La pericolosità sismica è definita in termini di:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro di accelerazione orizzontale;
- T^*c periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro di accelerazione orizzontale.

Nelle NTC la stima della pericolosità sismica si basa su una griglia di 10.751 punti ove vien fornita la terna di valori a_g , F_0 e T^*c per nove distinti periodi e tale calcolo viene determinato via software conosciute le coordinate geografiche in gradi decimali.

VITA NOMINALE DELL'OPERA STRUTTURALE.

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta a manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è stata destinata e per le diverse opere è riporta nella seguente Tabella 2.4.I tratta dalle NTC.

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

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

Sulla base dei dati di progetto la V_N del nostro caso è definibile come ≥ 100 anni a causa dei livelli di prestazioni elevati della struttura.

CLASSI D'USO.

Alla presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono definite in classi d'uso come di seguito definite.

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

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

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

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

Sulla base dei contenuti sopra richiamati il progetto in parola ricade in una tipologia di Classe d'uso IV.

PERIODO DI RIFERIMENTO.

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di osservazione V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N * C_U$$

Dove il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe, come mostrato nella seguente Tabella 2.4.II delle NTC.

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Nel caso in esame l'interpolazione dei dati consente di definire $V_R = 200$ anni.

CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO.

Al fine di pervenire ad una corretta modellazione sismica è necessario tenere conto sia delle condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera sia delle condizioni topografiche poiché entrambi i fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale: tali modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza sono il risultato della risposta sismica locale.

In particolare si definiscono:

- **effetti stratigrafici** – quelli legati alla successione stratigrafica, alle proprietà meccaniche dei terreni, alla geometria del contatto tra il substrato rigido e i terreni sovrastanti ed alla geometria dei contatti tra gli strati di terreno;
- **effetti topografici** – quelli legati alla configurazione topografica del piano di campagna.

Gli effetti della risposta sismica locale sono valutati con metodi semplificati ed è attribuita al sito la pertinente categoria di sottosuolo come definita nella seguente Tabella 3.2.II e ad una delle categorie topografiche tratte dalla seguente Tabella 3.2.III entrambe riportate nelle NTC. Dove le categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali quali creste e dorsali allungate e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore a 30 metri.

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.

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

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

SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI ORIZZONTALI.

La categoria di sottosuolo e le condizioni topografiche incidono sullo spettro elastico di risposta; specificatamente l'accelerazione spettrale massima dipende dal coefficiente $S = S_s \cdot S_T$ dove:

S_s = coefficiente di amplificazione stratigrafica (vedi Tabella 3.2.V – NTC)

S_T = coefficiente amplificazione topografica (vedi Tabella 3.2.VI NCT)

Per le varie categorie di sottosuolo i coefficienti S_s e C_c possono essere calcolati in funzione dei valori F_0 e T^*c relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella Tabella 3.2.V, nelle quali g è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi. Per tener conto delle condizioni topografiche si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati in tabella 3.2.VI in funzione delle categorie topografiche precedentemente definite in relazione all'ubicazione dell'intervento.

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

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

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza del bordo superiore	1,0±1,2
T3	In prossimità della cresta	1,0±1,2
T4	In prossimità della cresta	1,2±1,4

10. SINTESI DEI DATI PER L'INQUADRAMENTO DEI PROBLEMI GEOTECNICI E PRESCRIZIONI

Si elenca di seguito tutto quanto può essere un utile riferimento decisionale per il progettista:

- **Rischio idrogeologico:**
 - Rischio frana attuale: localizzato
 - Rischio frana potenziale: presente
 - Rischio di esondazione attuale: assente
 - Rischio di esondazione potenziale: assente
 - Rischio di erosione concentrata o accelerata su versante attuale: presente
 - Rischio di erosione concentrata o accelerata su versante potenziale: presente
 - Rischio di crollo massi attuale: localizzato come distacchi
 - Rischio di crollo massi potenziale: localizzato come distacchi.
- **Rischio sismico: medio, con un sisma "storico" con $M_w > 6.7$.**
 - Rischio liquefazione attuale: da valutare a seguito di indagine geognostica
 - Rischio liquefazione potenziale: da valutare a seguito di indagine geognostica
- **Rischio cavità: assente.**

PRESCRIZIONI GENERALI

L'intervento in progetto è un intervento di nuova edificazione degli aerogeneratori afferenti il Parco Eolico Monte Cerchio, per l'esecuzione del quale si forniscono qui le seguenti prescrizioni

operative minime, da considerarsi per tutte le opere previste nel progetto, e che dovranno essere soggette a revisione in fase esecutiva:

- tutte le opere in progetto dovranno rispettare le distanze dai corsi d'acqua come previsto dalla normativa vigente con particolare riferimento al R. D. 523/1904, al vincolo idrogeologico e relativa normativa regionale e di bacino;
- in sito dovrà essere sviluppata una corretta rete di regimazione delle acque meteoriche tale da permettere la laminazione dei deflussi e la parziale infiltrazione nel piazzale. Mentre lungo le superficie di neoformazione l'infiltrazione dovrà essere totalmente impedita al fine di mantenere inalterate le capacità tecnico-meccaniche dell'ammasso roccioso;
- non si potranno effettuare accumuli di materiale senza appositi contenimenti;
- le fondazioni dei nuovi manufatti dovranno essere opportunamente dimensionate, a seguito di indagini dirette da condursi su ogni sito di installazione per mezzo di operazioni a carotaggio con prelievo di campione, prove geotecniche di laboratorio e prove di tipo downhole/crosshole, in modo tale valutarne l'effettiva compatibilità con la situazione geologica rilevata in sito; sarà in ogni caso necessario, in fase prodromica a quella esecutiva, valutare, oltre alla tipologia delle fondazioni profonde, interventi di bonifica dei terreni mediante consolidamento e/o sostituzione;
- plinti di fondazione con fondazioni profonde a palo dovranno essere previsti per ogni condizione di rocce tenere o facilmente erodibili, ogni qualvolta il crinale dovesse risultare "sottile" e ogni qualvolta le operazioni di carotaggio, da eseguirsi in fase propedeutica alla progettazione esecutiva, dovessero indicare la presenza di condizioni giaciture sfavorevoli (tipo franapoggio meno inclinato del pendio, elevata fratturazione, ecc.) non visibili in superficie e dovuti alle condizioni tettonico/deformative alle quali è stato sottoposto l'ammasso roccioso;
- preliminarmente ad ogni operazione prevista si dovranno eseguire attività di ispezione e controllo del sito e delle porzioni limitrofe allo stesso al fine di evidenziare e risolvere qualsiasi criticità non evidente al momento di stesura del presente elaborato;
- le operazioni scavo e sbancamento del versante dovranno essere svolte in modo tale da minimizzare gli eventuali distacchi di elementi lapidei alterati o terreno di ricoprimento, così come le pareti definitive di rimodellamento dovranno avere una conformazione tale da garantirne la stabilità nel tempo;
- le verifiche preliminari dovranno essere condotte sulle scarpate di neoformazione in configurazione di progetto e dovranno essere tali da permettere una scelta di una situazione stabile e conservativa dei fattori di sicurezza cautelativi;
- i distacchi di elementi lapidei e porzioni di coltre dalle superficie definitive di rimodellamento del versante, intrinseci nell'esposizione delle stesse agli atmosferici, potranno essere contenuti tramite opportune opere di contenimento (reti o altro) oppure essere evitati tramite un opportuno programma di manutenzione comprendente consolidamenti locali e disaggi da effettuarsi con cadenza temporale prefissata e ravvicinata. Tale programma di manutenzione, seppur scadenzato diversamente, dovrà essere previsto anche in caso di posa di opere di contenimento;
- le strutture di fondazione dovranno essere dotate di monitoraggio tale da verificare le previsioni progettuali e gli standard di esercizio;
- per tutte quelle opere da eseguirsi in rilevato sarà necessario provvedere ad una bonifica del sottofondo ed a costituire rilevati strutturati atti a sopportare le sollecitazioni indotte dalle strutture;
- per tutte le opere lineari e non lineari che localmente interferiranno con zone di dissesto segnalate in cartografia ed evidenti sul terreno, sarà necessario provvedere con soluzioni progettuali idonee; particolarmente tali soluzioni dovranno ridurre l'azione ipogea di eventuali deflussi di circolazione;

- le opere di rimodellamento necessarie agli adeguamenti delle sezioni stradali dovranno avere scarpate contenute entro i 45 e stabilizzate per mezzo di opere di ingegneria naturalistica (inerbimenti, palizzate, viminate ecc.). Qualora necessario per adeguamento ai carichi stradali previsti potranno essere utilizzate opere decisamente più impattanti ma che permetteranno di assumere angoli di imposta più ripidi quali terre armate e gabbioni che dovranno puntualmente essere calcolate al termine di idonea caratterizzazione geotecnica dei materiali e dei sedimenti di imposta delle strutture. Qualora si rendessero necessarie riprofilature in roccia, la scarpata finale, ove interessata da fenomeni di instabilità dovrà essere opportunamente consolidata per mezzo di reti e/o chiodature/tirantature.
- le terre e rocce da scavo dovranno essere gestite ai sensi del D. Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii..

Si evidenzia, infine, che tutte le verifiche dovranno essere effettuate a seguito di idonea campagna geotecnica considerando un efficace sistema di drenaggio delle acque superficiali su tutto il fronte, condizione necessaria per il mantenimento dei fattori di sicurezza calcolati.

Savona, li Luglio 2023

Dott.ssa Geologo Sabrina Santini (O.R.G.L. n° 338)

(Documento firmato digitalmente da Sabrina Santini)

Dott. Geologo Alessandro Canavero (O.R.G.L. n° 268)

(Documento firmato digitalmente da Alessandro Canavero)