

# 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:

RELAZIONE IDROGEOLOGICA



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	0006	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: emmecsrts@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**

<b>0. SOMMARIO .....</b>	<b>3</b>
<b>1. OGGETTO DELL'INCARICO .....</b>	<b>3</b>
<b>2. PREMESSE E RIFERIMENTI NORMATIVI: .....</b>	<b>4</b>
<b>3. INTERVENTO IN PROGETTO .....</b>	<b>5</b>
<b>4. PROGRAMMA DI REALIZZAZIONE DEI LAVORI .....</b>	<b>11</b>
<b>5. CAMPAGNA DI INDAGINI IN SITO .....</b>	<b>12</b>
<b>5.1 RILEVAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO DI DETTAGLIO</b>	<b>12</b>
<b>5.2 INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE CON INTERPRETAZIONE TOMOGRAFICA, MASW E HVSR.</b>	
.....	13
<b>6. QUADRO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO REGIONALE .....</b>	<b>14</b>
<b>7. MODELLO GEOLOGICO DEL SITO .....</b>	<b>22</b>
<b>8. MODELLO IDROGEOLOGICO DEL SITO .....</b>	<b>22</b>
<b>9. INTERFERENZE CON IL RETICOLO IDROGRAFICO .....</b>	<b>22</b>
<b>10. INTERFERENZA CON OPERE DI DERIVAZIONE IDRICA – POZZI, SORGENTI E OPERE DI PRESA.</b>	<b>25</b>
<b>11. CONSIDERAZIONI FINALE. ....</b>	<b>26</b>

## **0. SOMMARIO**

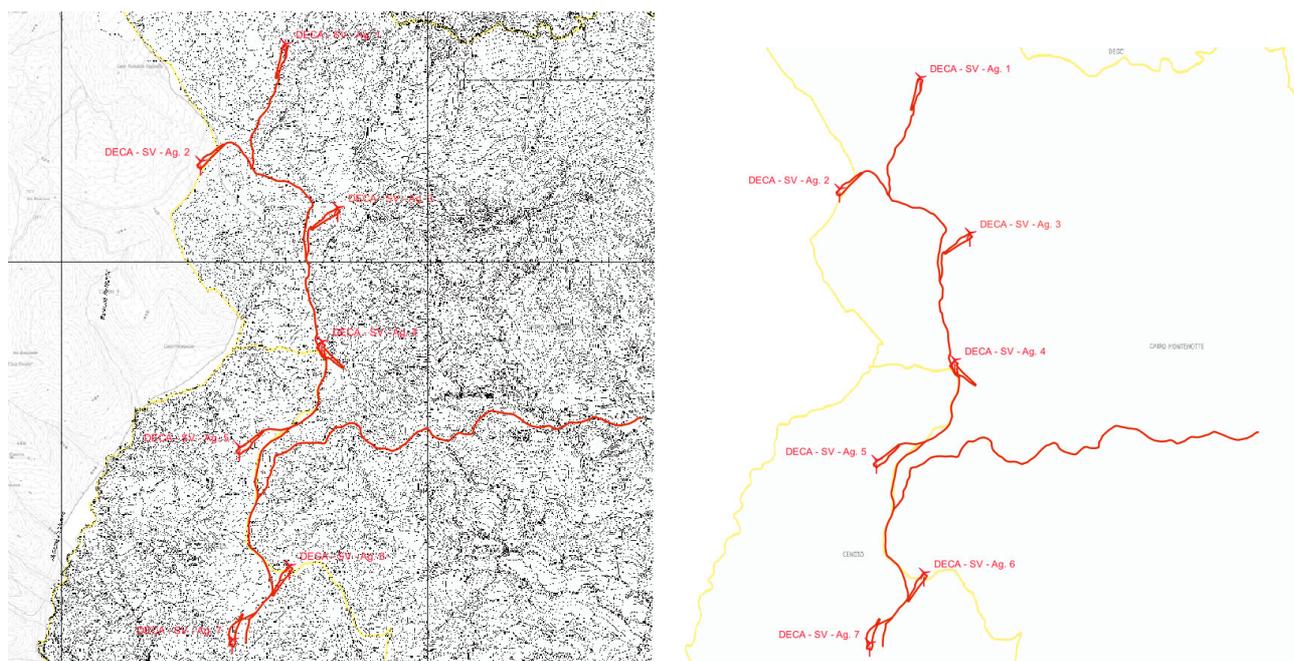
Gli Scriventi, Dott.ssa Geologo Sabrina Santini e Dott. Geologo Alessandro Canavero, domiciliati presso lo Studio Associato di Geologia Tecnica GEO.LAB, con sede a Savona in Piazza Diaz 11/5, ed iscritti all'Ordine Regionale dei Geologi della Liguria rispettivamente con i numeri 338 e 268, hanno realizzato 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 idrogeologica 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.**

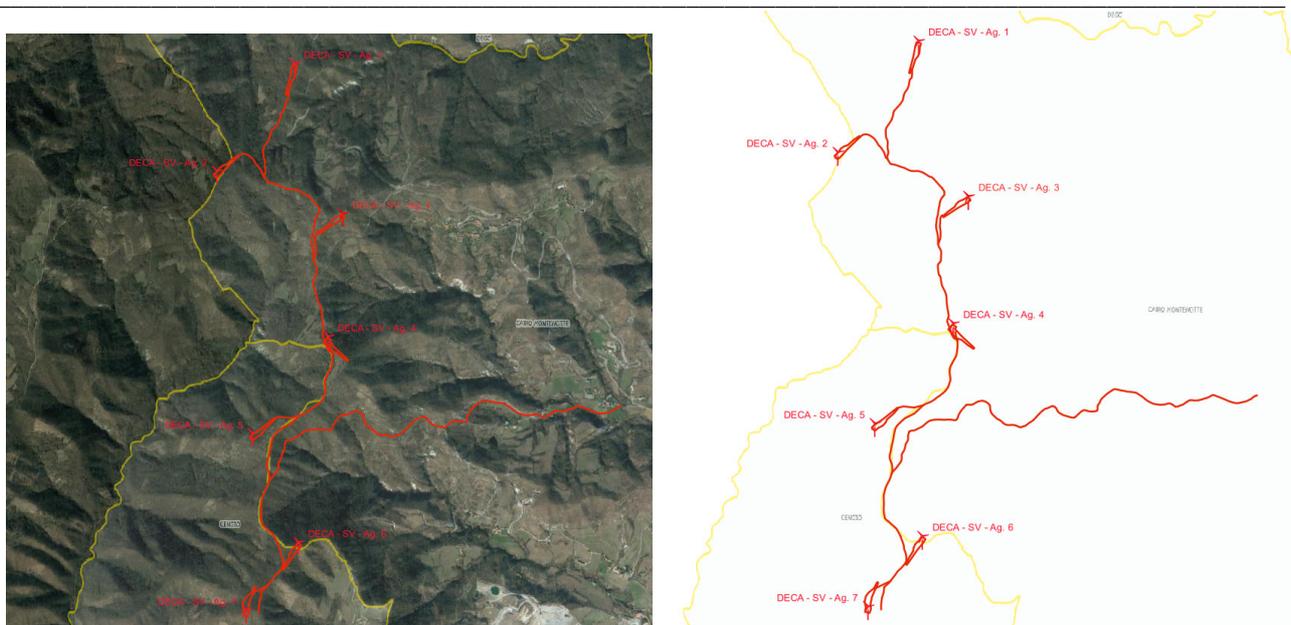


Figura 1.2: Inquadramento dell'area di intervento su base satellite Google Maps (aerogeneratori, strada di collegamento tra aerogeneratori, strada di connessione tra parco eolico, strada di accesso al sito), e successivo inquadramento nell'abito amministrativo/territoriale.

## 2. PREMESSE E RIFERIMENTI NORMATIVI:

Per quanto riguarda l'istanza relativa al presente progetto, si è fatto riferimento alle prescrizioni previste dall'Autorità di Bacino competente, ed in particolare alle seguenti leggi e/o decreti nazionali e/o regionali:

- R.D. n°1285 del 14/08/1920: "Regolamento per le derivazioni e utilizzazioni di acque pubbliche";
- D. M. del 16/12/1923: "Norme per la compilazione dei progetti di derivazione d'acqua";
- R.D. n°1775 del 11/12/1933: "Testo unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici";
- Regio Decreto n°2174 del 18/08/1934: "Disciplina delle acque sotterranee";
- Legge n°464 del 04/08/1984: "Obblighi di informazione al Servizio Geologico";
- Decreto del Presidente della Repubblica n°236 del 24/05/1988: "Norme tecniche per lo scavo, la perforazione, la manutenzione e la chiusura di pozzi d'acqua";
- Decreto Legislativo n°275 del 12/07/1993: "Riordino in materia di concessione di acque pubbliche";
- Legge n°36 del 05/01/1994: "Disposizioni in materia di risorse idriche";
- Decreto del Presidente della Repubblica n°238 del 18/02/1999: "Regolamento recante norme per l'attivazione di talune disposizioni della L.36/94 in materia di risorse idriche";
- Legge n°136 del 30/04/1999: "Norma per il sostegno ed il rilancio dell'edilizia residenziale pubblica e per interventi in materie di opere a carattere ambientale";
- Decreto Legislativo n°152 del 11/05/1999: "Testo unico sulla tutela delle acque dall'inquinamento";
- Decreto Legislativo n°258 del 18/08/2000: "Disposizioni correttive e interpretative del decreto legislativo 11 maggio 1999, n°152, in materia di tutela delle acque dall'inquinamento, a norma dell'articolo 1, comma 4, della legge 24 aprile 1998, n°128";

- Decreto Legislativo n°152 del 03/04/2006: "Norme in materia ambientale";
- Piano di Gestione del distretto idrografico del fiume Po - PdG Po 2021 in attuazione della Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE
- Dgr n.1161/2021 - "Aggiornamento dei Piani di Gestione delle acque dei Distretti del fiume Po e dell'Appennino Settentrionale per il sessennio 2022-2027 – Presa d'atto della classificazione e degli obiettivi dei corpi idrici liguri
- Deliberazione del Consiglio regionale n.11 del 29 marzo 2016 Aggiornamento Piano di Tutela delle acque

I contenuti del presente elaborato sono volti all'approfondimento del modello idrogeologico del sito 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:

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

I principali elementi in progetto sono i seguenti.

#### **PIAZZOLA DI MONTAGGIO**

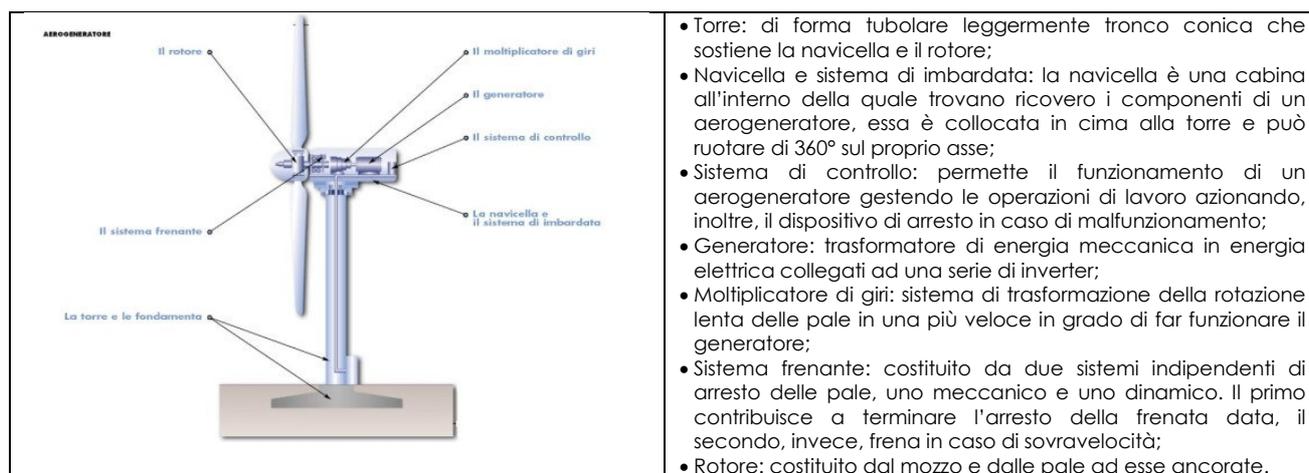
Per ogni aerogeneratore si prevede la realizzazione di una piazzola dalla forma variabile, e avente una superficie totale di circa 3700 - 4000 mq, tuttavia, terminata la fase di cantiere, l'area

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**

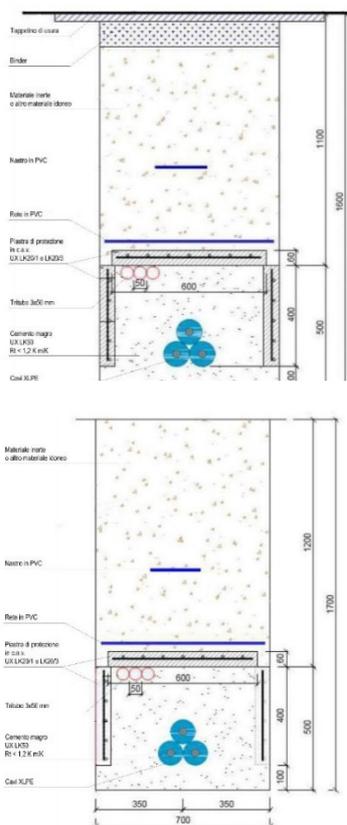
Il corpo stradale, definito come l'insieme delle operazioni necessarie a realizzare la strada in rilevato e quelle complementari necessarie a garantire nel tempo la stabilità e la sicurezza dell'opera costruita, è stato dimensionato sulla base del numero di veicoli in transito e dei carichi agenti sullo 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**

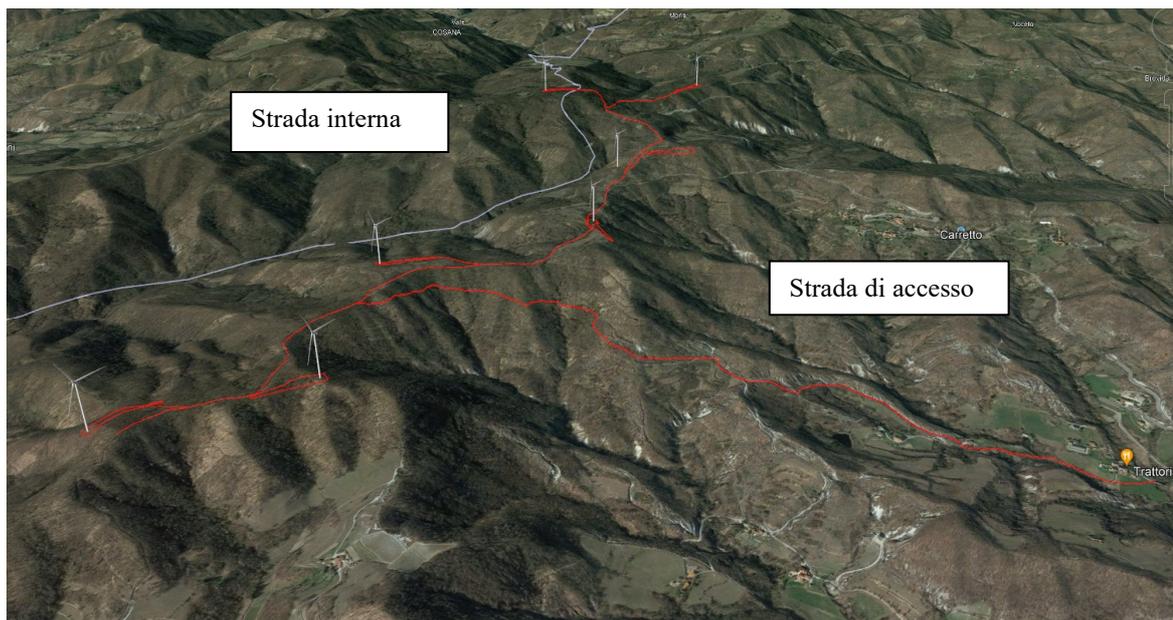
A seguito di una analisi della rete viaria esistente, effettuata mediante rilievi con scansione lidar e sopralluoghi specifici, si è ritenuto necessario provvedere all'adeguamento di alcuni tratti viari a partire dall'abitato di Ville, fino ad arrivare in prossimità dell'aerogeneratore 05 dove la strada 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 400m 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 sifi 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.



### **OPERE DI INGEGNERIA NATURALISTICA**

Scopo del progetto è stato anche quello di limitare quanto più possibile la realizzazione di opere civili che potessero creare forti impatti ambientali sul contesto in cui vengono inserite pertanto, laddove non sia possibile limitare gli scavi e i riporti si provvederà, attraverso opere di ingegneria naturalistica, al ripristino delle scarpate mediante i seguenti accorgimenti:

- Applicazione di idrosemina su tutte le superfici libere e sulle scarpate a monte delle piste di servizio;
- Rivestimenti di terreni acclivi mediante utilizzo di geocomposito al fine di preservare il terreno da agenti atmosferici che potrebbero compromettere la stabilità delle scarpate;
- Rivestimenti di terreni acclivi mediante utilizzo di geocomposito al fine di preservare il terreno da agenti atmosferici che potrebbero compromettere la stabilità delle scarpate.

### **4. PROGRAMMA DI REALIZZAZIONE DEI LAVORI**

Il programma di realizzazione dei lavori sarà articolato in una serie di fasi lavorative che si svilupperanno nella sequenza di seguito descritta:

Le macro attività che si prevedono sono le seguenti:

- Tracciamento nuove opere;
- Allestimento cantiere;
- Sistemazione delle strade Provinciali fino all'inizio del cantiere;
- Realizzazione delle varianti stradali;
- Realizzazione centrale di betonaggio;
- Spostamento dei sovraservizi esistenti interferenti;
- 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 aereogeneratori 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 superficie 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.

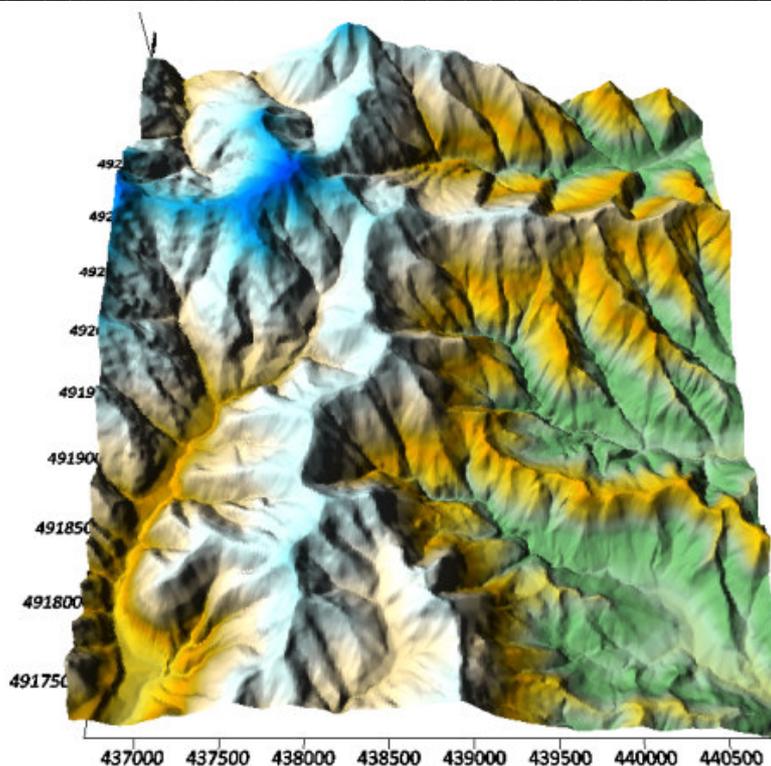


Figura 6.1: Modello 3D da DTM 10 m – presenza di esagerazione verticale.

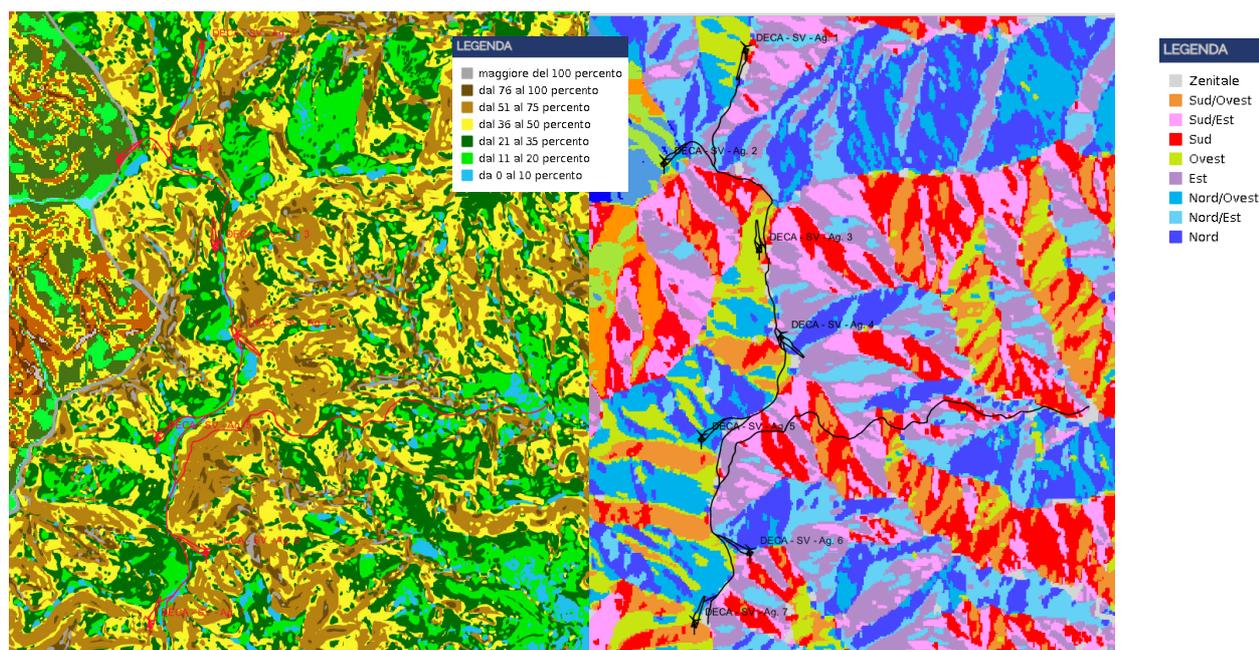


Figura 6.2: Carta dell'acclività 7 classi e Carta dell'esposizione dei versanti 9 classi – Regione Liguria/Elaborazione originale.

Gli studi geologici sono stati redatti mediante controlli diretti sul terreno e usando come base le 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 (RTM<sub>6</sub>)**, 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 (RTM<sub>8a</sub>)**, 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 (UID<sub>b2</sub>)**, 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<sub>a1</sub>)**, 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.



**SUCCESSIONE QUATERNARIA**

Pleistocene sup. - Attuale		<b>Unità ubiquitarie in formazione</b> Depositi eterogenei a supporto di matrice costituiti da silt sabbiosi con clasti da angoli ad arrotondati di taglia centimetrico-decimetrica. Localmente sono presenti livelli e lenti di spessore decimetrico costituiti da depositi eterometrici ed eterogenei a supporto di clasti (coltre colluviale e detritico-colluviale) (UID <sub>2</sub> ). Accumuli eterometrici a matrice siltoso-sabbiosa con clasti e blocchi di forma angolosa porzioni di substrato orientate e disarticolate tavolta di dimensioni superiori alle decine di migliaia di metri cubi (depositi di frana) (UID <sub>1</sub> ). <i>Parte superiore del PLEISTOCENE SUPERIORE-ATTUALE</i>
		<b>Unità ubiquitarie completamente formate</b> Depositi caolici a supporto di clasti con scarsa matrice sabbiosa e sabbioso-siltosa. I clasti e i blocchi, di dimensioni da centimetriche a pluridecimetriche, sono generalmente di forma angolosa o subangolosa (depositi di debris flow) (UIN). <i>Parte superiore del PLEISTOCENE SUPERIORE-OLOCENE</i>
Pleistocene sup. - Olocene		UIN

**SUCCESSIONE PALEOGENICO-NEOGENICA**

Oligocene inferiore - Burdigaliano-Langhiano base		<b>FORMAZIONE DI ROCCHETTA-MONESIGLIO</b> Pelli prevalenti con intercalazioni siltuarie di arenarie fini in strati cm o dm, costituenti la "massa di fondo" della formazione (RTM), interpretabili come depositi emipelagici, in parte sedimentati da flussi iperpicniali distali e diluiti. Contengono corpi arenacei di spessore metrico (ar) e membri di varia composizione. I membri arenacei o arenaceo-conglomeratici sono interpretabili come depositi connessi a correnti di elevata densità, sovraccariche di sedimenti, originatisi a seguito di frammenti di aree marginali del bacino oppure ricollegabili all'ingresso nel bacino di correnti fluviali iperpicniali, che hanno proseguito il loro cammino fino a raggiungere zone poste a varia distanza dalla costa. Gli intervalli biocalcareitici e ruditici sono da considerare come il risultato di processi di risedimentazione che hanno coinvolto materiali carbonatici depositi originariamente in aree di piattaforma. Nella parte alta della formazione al di sopra del Membro di C.Poggi (RTM <sub>4</sub> ) la massa di fondo è costituita anche da peliti massive (RTM <sub>5</sub> ) ed alternanze ritmiche di peliti e arenarie sottilmente stratificate (RTM <sub>6</sub> ). La Formazione può raggiungere uno spessore massimo complessivo di circa 1200 m. Fossili: Nelle peliti della parte inferiore, fino al Membro di C.Poggi, si segnalano Foraminiferi planctonici e Nannofossili. Tra i Foraminiferi: <i>Tarborotalia ampliapertura</i> , cui seguono <i>Paragloborotalia opima opima</i> , <i>Catapsydrax dissimilis</i> , <i>Globobuccella tripertita</i> , <i>Globobuccella venezuelana</i> e quindi <i>Globigerinoides primordius</i> , <i>Catapsydrax</i> sp., <i>Globoquadrina praedeheiscens</i> , <i>Globigerina ciperensis</i> ; tra i Nannofossili: <i>Cyclotrocholithus Rordanus</i> , <i>C. abisectus</i> , <i>Ditryococcolites bisectus</i> , <i>Reticulobuccella lockeri</i> . Nella parte superiore sono presenti, tra i Foraminiferi planctonici, <i>Globigerinoides altiapertura</i> , <i>G. trilobus trilobus</i> , <i>G. subquadratus</i> , <i>G. sacculifer</i> , <i>Paragloborotalia mayeri</i> e <i>P. siakensis</i> , cui seguono <i>Globorotalia scitula</i> e <i>Globigerinoides bisphericus</i> ; tra i Nannofossili, un'associazione analoga a quella osservata nella parte inferiore dell'unità. Nel settore sudoccidentale (zona di Fratino), si segnala la presenza di <i>Prorobolina sicana</i> . <i>OLIGOCENE INFERIORE-BURDIGALIANO-LANGHIANO BASE</i>
		RTM <sub>4</sub> RTM <sub>5</sub> ar RTM

	superficie di stratificazione		conoide alluvionale
	superficie di scistosità		settori di versante interessati da uno o più movimenti franosi a diverso stadio evolutivo
	contatto stratigrafico		traccia di sezione geologica
	limiti delle principali sequenze deposizionali		sorgente minerale
	contatti tettonici principali		cava attiva
	faglia		cava inattiva
	livello guida		

**Sovrassimboli delle formazioni superficiali**

	accumulo di frana (a1)		coltre colluviale (a2)
	deposito fluviale ghiaioso-sabbioso (b)		deposito di debris flow (i)

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 km<sup>2</sup> (Paroldo) e di con uno spessore dell'accumulo stimabile in alcuni punti in almeno 45 m e un'estensione complessiva di 9,01 km<sup>2</sup> ) (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.

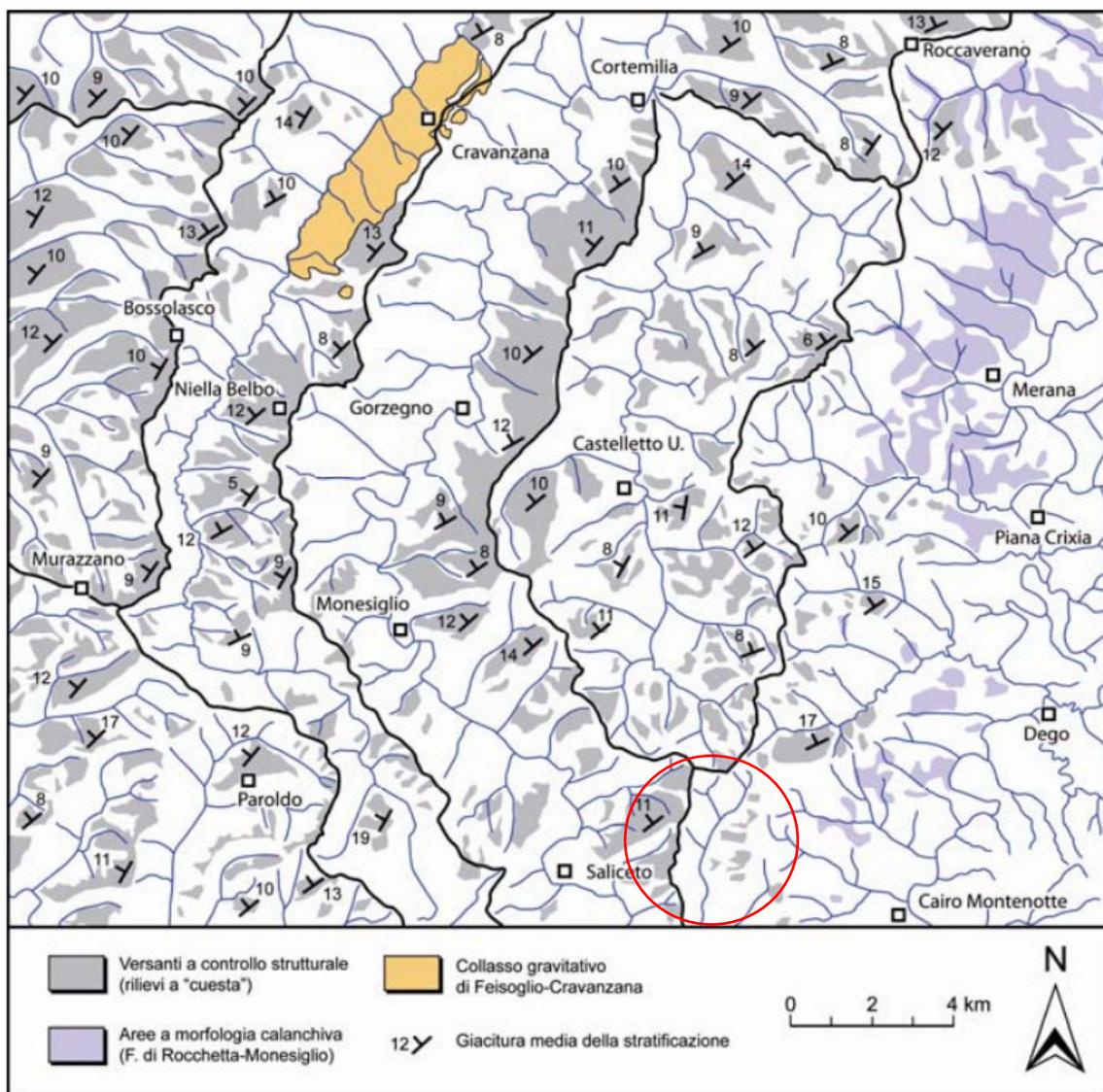


Figura 6.4: Estratto note Carta geologica CARG 211 Dego – Schema geomorfologico del Foglio

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. INTERFERENZE CON IL RETICOLO IDROGRAFICO**

Le opere accessorie al Parco Eolico Monte Cerchio, vista la conformazione del territorio entro il quale si inseriscono, inevitabilmente interseca il reticolo idrografico in prossimità di strade di collegamento e piazzole, come si può evincere dalla seguente figura 9.1

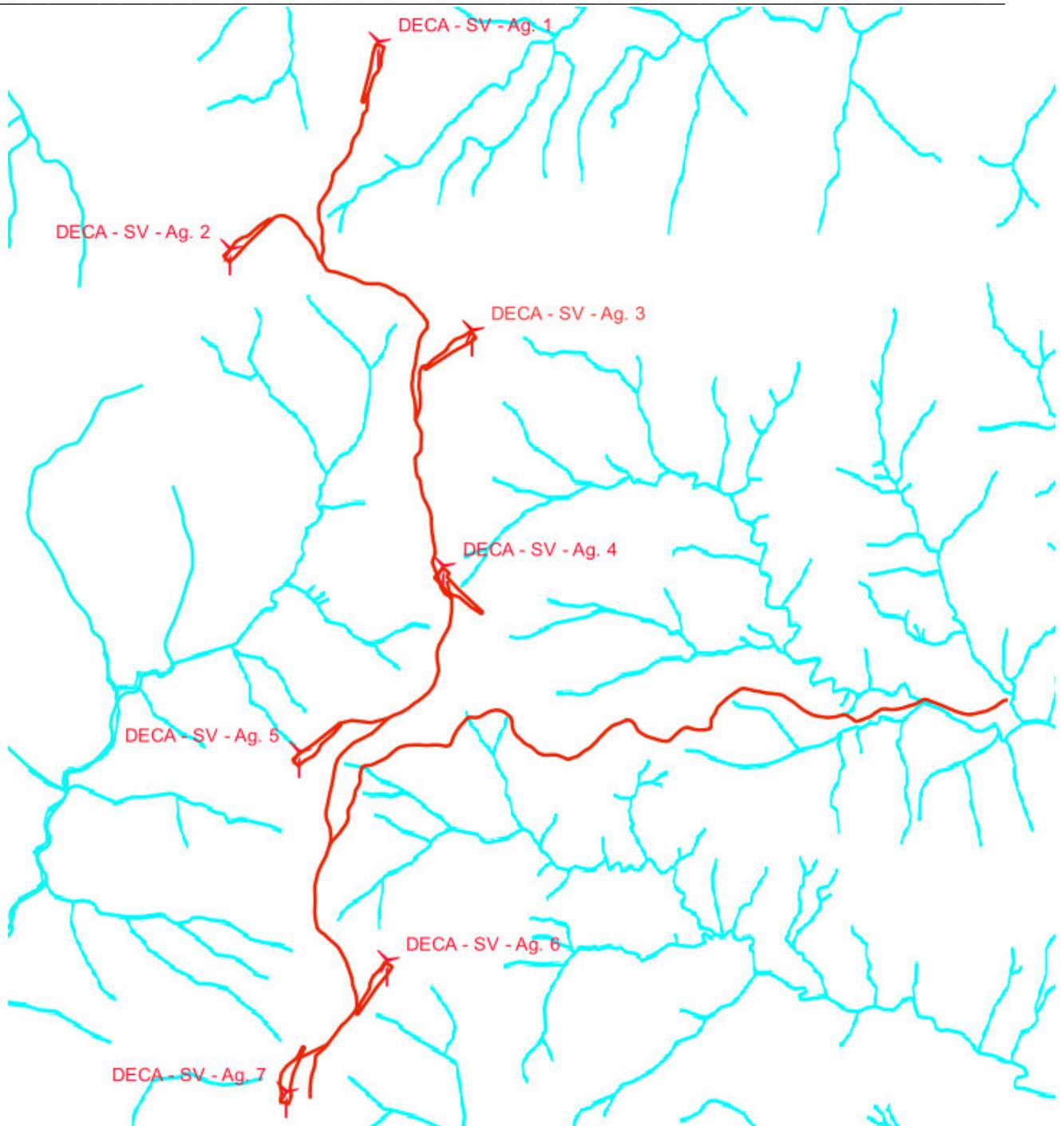


Figura 9.1 : materializzazione intervento in progetto su reticolo idrografico – fonte dato Geoportale Regione Liguria e Piemonte

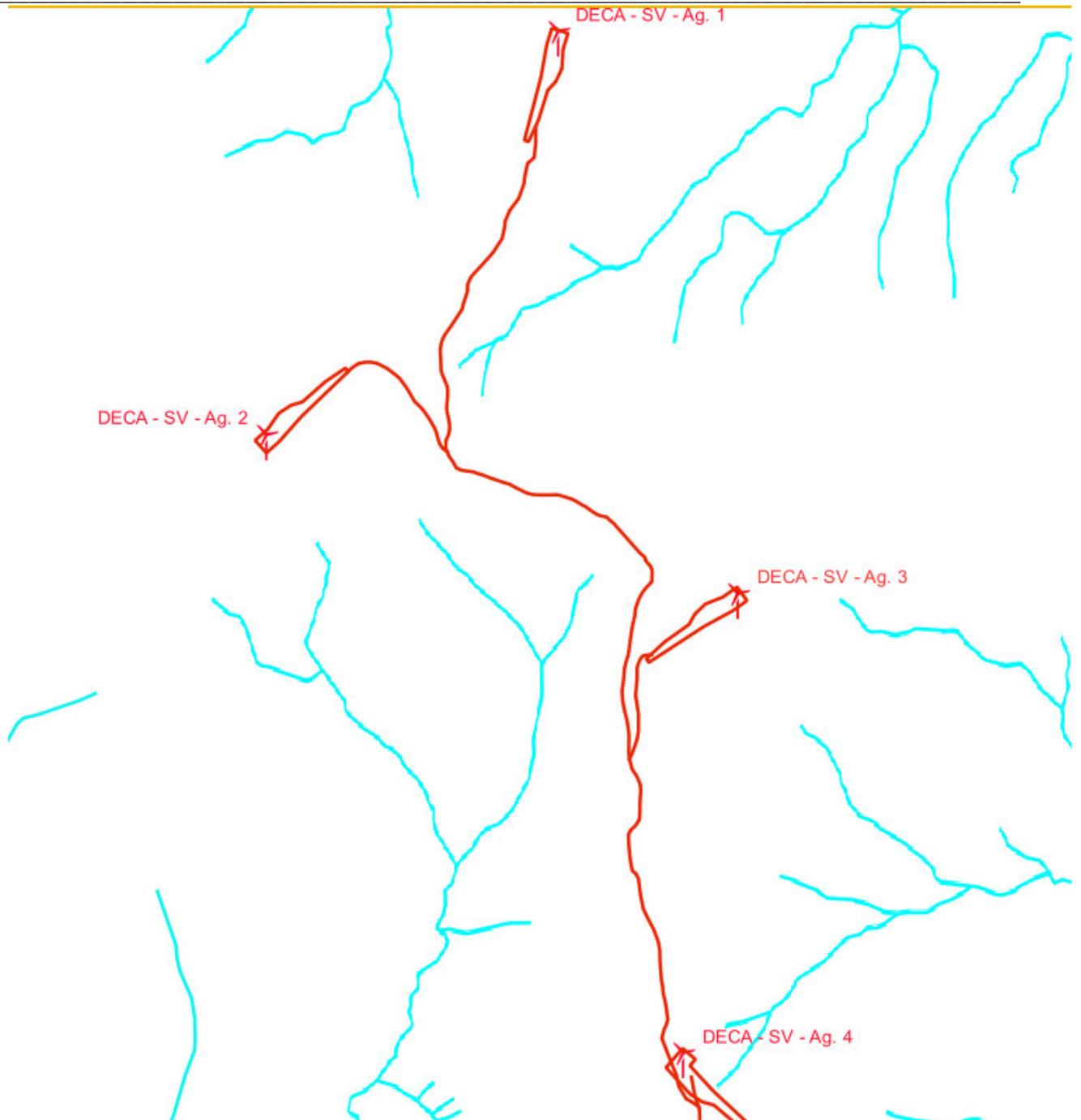


Figura 9.2 : materializzazione zona settentrionale intervento in progetto su reticolo idrografico – fonte dato Geoportale Regione Liguria e Piemonte. Con stella gialla sono evidenziate le interferenze tra reticolo idrografico ed opere viarie e piazzole di montaggio-

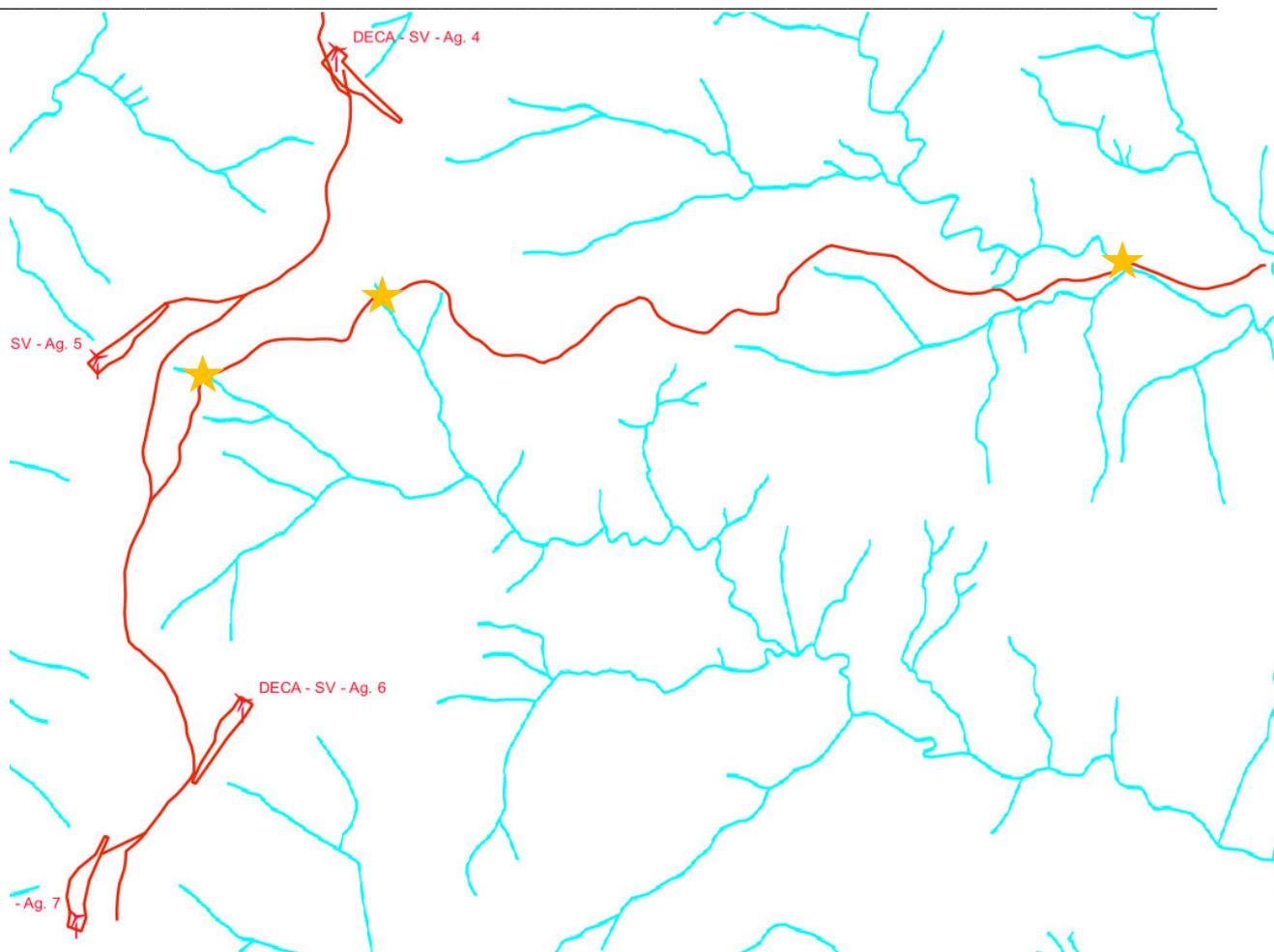


Figura 9.3 : materializzazione zona settentrionale intervento in progetto su reticolo idrografico – fonte dato Geoportale Regione Liguria e Piemonte. Con stella gialla sono evidenziate le interferenze tra reticolo idrografico ed opere viarie e piazzole di montaggio

## **10. INTERFERENZA CON OPERE DI DERIVAZIONE IDRICA – POZZI, SORGENTI E OPERE DI PRESA.**

Unicamente la strada di accesso interferisce con una opera di prelievo della risorsa idrica presenti nell'area, come si può evincere dalla seguente figura 10.1.

Le opere di prelievo sono relative alla derivazione d'acqua da due sorgenti ad uso irriguo in località Incher la cui pratica di concessione risulta in istruttoria (dato ricavato da portale Regione Liguria).

La distanza tra nuova strada e opera di presa, misurata a mezzo gis, risulta essere di circa 5 metri, tale interferenza dovrà essere opportunamente valutata in fase di progettazione esecutiva.

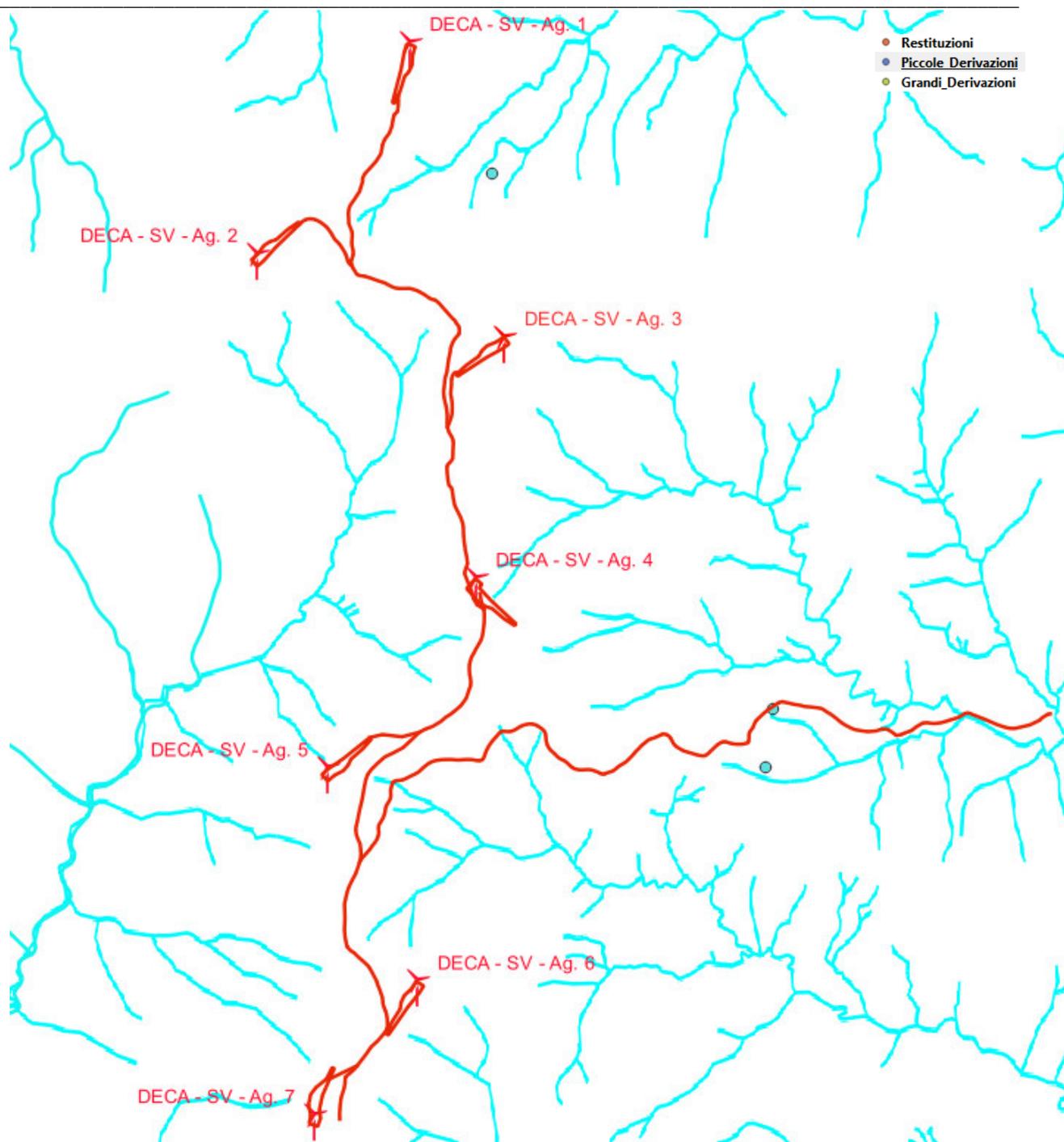


Figura 10.1 : Materializzazione intervento in progetto punti di prelievo risorsa idrica (pozzi, sorgenti, opere di presa, ecc) – fonte dato GeoPortale Regione Liguria e Piemonte

## **11. CONSIDERAZIONI FINALE.**

La presente relazione riferisce sulla situazione idrogeologica riscontrata direttamente in situ e basata sugli elementi osservati durante i sopralluoghi condotti per l'espletamento dell'incarico ricevuto, relativamente al sito sul quale è prevista la costruzione del Parco Eolico Monte Cerchio, da realizzarsi per la produzione di energia elettrica da fonte eolica, delle relative opere di connessione e distribuzione.

**Nessun aerogeneratore ricade direttamente in aree caratterizzate da pericolosità geomorfologica, idraulica e/o rischio.**

Dal punto di vista idrologico, è il caso di raccomandare, in fase di progettazione e realizzazione delle opere di drenaggio delle acque piovane, asservite alle strutture, di rispettare il naturale deflusso del reticolo esistente; tale accorgimento, peraltro giustificato da una preliminare valutazione del rapporto costi-efficacia dei sistemi drenanti da realizzare, risulta a favore del mantenimento della stabilità generale dei processi morfologici in atto.

L'unica valutazione da considerare riguarda l'eventuale determinazione preliminare della portata di deflusso sostenibile dagli attuali impluvi superficiali. Tale valutazione non può prescindere dal progetto esecutivo delle opere drenanti; in fase di progettazione; si rimanda quindi al tecnico incaricato.

Per ciò che concerne l'aspetto idrologico, non si evidenziano problematiche legate a fenomeni di affioramento di falda in quanto le caratteristiche litostratigrafiche delle unità litologiche presenti conferiscono alle stesse alta permeabilità tanto che le acque si infiltrano e permeano sino a collocarsi nella falda freatica per cui non si ravvisano problematiche d'interferenza tra il programma di progetto proposto e le acque di scorrimento sotterranee.

Per quanto attiene agli aspetti idrogeologici, è possibile ipotizzare diverse, ma ridotte, falde idriche superficiali che circolano all'interfaccia coltre/ammasso roccioso e/o nelle fratture dell'ammasso roccioso, tutte di modesta potenzialità e spessore, le cui piezometriche dovranno essere verificate per mezzo di indagini dirette (sondaggi) da eseguirsi in sito.

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)*