



Regione Piemonte  
Provincia di Biella  
Comune di Castelletto Cervo

Progetto

Realizzazione di un impianto  
fotovoltaico a terra su aree agricole  
della potenza di 52,3 MWp "Sette  
Sorelle" ed opere connesse -  
Comune di Castelletto Cervo (BI)

Localizzazione

Comune di Castelletto Cervo (BI)

Iter Autorizzativo

Valutazione di Impatto Ambientale

Titolo elaborato

Relazione geologica

Scala

-

Committenza

Sette Sorelle srl  
Via Leonardo da Vinci 12  
Bolzano (BZ)  
PI: 03186330217

Professionisti



Dott. Geol. F. Duchemino  
N. 734 Ordine Regionale Geologi del Piemonte - Sez. A)

Nome file

A\_SET\_PD\_GEO\_R01\_00\_Relazione\_geologica.pdf

Emissione

| Rev. n° | Data  | Redatto | Verificato | Approvato |
|---------|-------|---------|------------|-----------|
| 00      | 07/23 | FD      | VMC        | AR        |
|         |       |         |            |           |
|         |       |         |            |           |

Elaborato

A\_SET\_PD\_GEO\_R01\_00



# INTRODUZIONE

## Indice

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | INTRODUZIONE .....   | 5  |
| 2     | INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA .....                                     | 6  |
| 2.1   | Ubicazione .....   | 6  |
| 2.2   | Intervento in progetto .....   | 8  |
| 2.2.1 | Pannelli fotovoltaici .....  | 9  |
| 2.2.2 | Strutture di sostegno .....  | 9  |
| 2.2.3 | Inverter e trasformatori .....   | 10 |
| 2.2.4 | Rete elettrica e cavi .....  | 11 |
| 2.2.5 | Cabine di trasformazione e consegna (CPS), cabina di sezionamento .....    | 13 |
| 2.2.6 | Altri elementi dell'impianto elettrico .....                               | 13 |
| 2.2.7 | Progettazione civile .....   | 14 |
| 2.3   | Cantierizzazione .....   | 15 |
| 2.3.1 | Attività di cantiere per la realizzazione dell'impianto fotovoltaico ..... | 15 |
| 2.3.2 | Cronoprogramma opere .....   | 16 |
| 2.3.3 | Attività di modellizzazione del terreno .....                              | 16 |
| 2.3.4 | Attività di scavo per la realizzazione dell'impianto .....                 | 18 |
| 2.3.5 | Attività di cantiere per la realizzazione dell'opera di connessione .....  | 20 |
| 3     | RELAZIONE GEOLOGICA .....  | 23 |
| 3.1   | Inquadramento geologico e geomorfologico .....                             | 23 |
| 3.1.1 | Impianto fotovoltaico .....  | 23 |
| 3.1.2 | Cabina di sezionamento .....   | 25 |
| 3.2   | Indagini geologiche reperite .....   | 26 |
| 3.3   | Prove penetrometriche dinamiche medie .....                                | 30 |
| 3.4   | Caratterizzazione litostratigrafica di dettaglio .....                     | 42 |
| 4     | RELAZIONE IDROLOGICA ED IDROGEOLOGICA .....                                | 45 |
| 4.1   | Idrografia superficiale .....  | 45 |
| 4.2   | Idrogeologia dell'area .....   | 46 |
| 4.3   | Falda freatica .....   | 47 |
| 5     | RELAZIONE SISMICA .....  | 49 |

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 5.1 | Inquadramento normativo e tecnico .....  | 49 |
| 5.2 | Caratterizzazione dell'azione sismica sul terreno in esame secondo le N.T.C. 2018..... | 50 |
| 5.3 | Indagini geofisiche finalizzate alla definizione dei parametri sismici - MASW .....    | 51 |
| 6   | MODELLAZIONE GEOTECNICA .....  | 52 |
| 6.1 | Stratigrafia locale .....  | 52 |
| 6.2 | Interpretazione delle indagini geognostiche .....                                      | 52 |
| 7   | CONCLUSIONI.....   | 54 |
|     | ALLEGATO – INDAGINE MASW .....   | 55 |

## 1 INTRODUZIONE

La presente relazione geologica analizza le condizioni geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, geotecniche e sismiche di un'area su cui è prevista la realizzazione di un nuovo impianto fotovoltaico a terra.

L'area di intervento si trova a Est del centro abitato di Castelletto Cervo, in provincia di Biella, su di una porzione di territorio subpianeggiante storicamente coltivata a riso e inserita nel contesto della Riserva Naturale della Baraggia.

Inoltre, come opere accessorie all'impianto fotovoltaico è prevista la realizzazione del cavidotto di connessione con la stazione elettrica SE 380/36 kV "Carisio", la realizzazione di una cabina di sezionamento sul territorio comunale di Buronzo.

Per una descrizione di maggior dettaglio di tutti gli interventi in progetto si rimanda alle tavole e alle relazioni a firma di A3FV Srl.

Lo studio è basato su dati bibliografici dell'area in esame, su dati presenti nella banca dati dell'ARPA Piemonte, sugli allegati geologici dei P.R.G.C. di Castelletto Cervo, Buronzo e Carisio e su una serie di indagini geognostiche e sismiche preliminari condotte nell'area dell'impianto fotovoltaico.

Le indagini eseguite sono consistite in 9 prove penetrometriche dinamiche medie, condotte a rifiuto, e due indagini geofisiche di tipo MASW. In una successiva fase esecutiva, in seguito all'approvazione del progetto potranno essere implementate le prove sia con altre indagini in sito che eventualmente indagini di laboratorio geotecnica prelevati su campioni di terreno in posto e indisturbato.

Come precisato nel paragrafo 6.2.1. delle NTC-18, la caratterizzazione e la modellazione geologica del sito consiste nella ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio: i risultati di questi studi, in funzione del tipo di opera e della complessità del contesto geologico verranno esposti nella "Relazione geologica" (capitolo 3) e nella "Relazione idrologica ed idrogeologica" (capitolo 4).

La caratterizzazione dei parametri sismici viene riportata ed esposta nella Relazione sismica (capitolo 5).

La modellazione geotecnica preliminare dei terreni di fondazione dell'area dell'impianto necessaria alla progettazione è riportata nel "Modello Geotecnico" (capitolo 6).

## 2 INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA

### 2.1 Ubicazione

#### **Impianto fotovoltaico**

L'area su cui si prevede l'ubicazione dell'impianto fotovoltaico a terra si trova ad Est del centro abitato di Castelletto Cervo, in provincia di Biella, su di una porzione di territorio subpianeggiante e caratterizzato da ampi riquadri terrazzati storicamente coltivati a riso e inserita nel contesto della Riserva Naturale della Baraggia a Ovest della località Sette Sorelle.

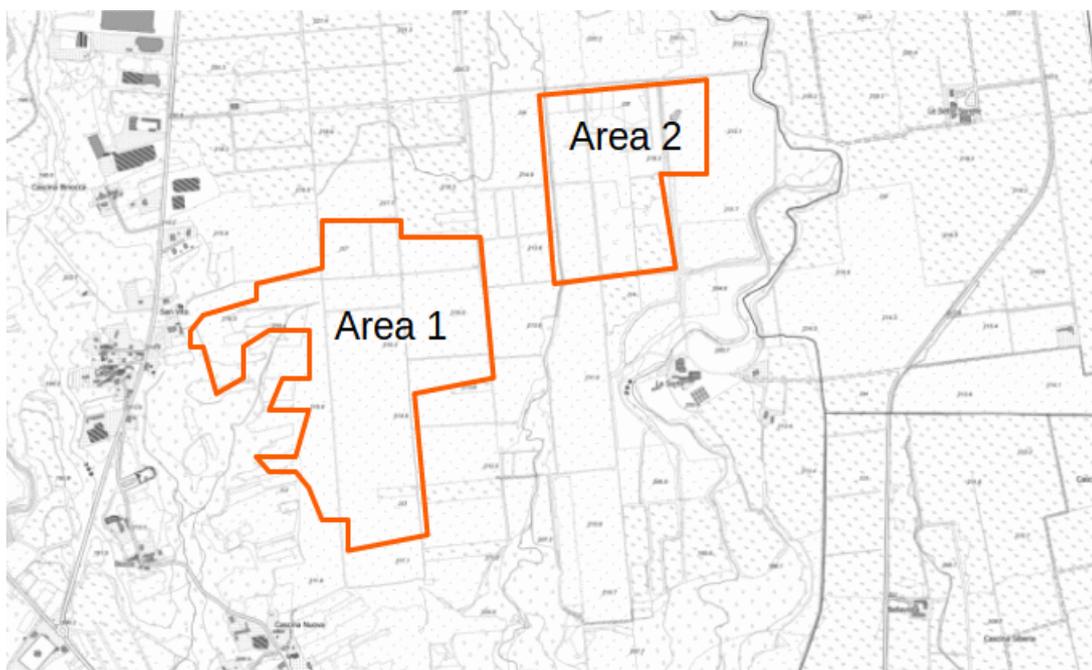
Rispetto al concentrico l'area di interesse si trova in posizione rilevata, mentre il paese a quote inferiori si trova in sponda sinistra orografica del torrente Cervo su una altura che si incunea tra il corso di quest'ultimo e quello di un suo affluente, l'Ostola. Sul confine sud-orientale del comune scorre invece il torrente Guarabione, anch'esso affluente del Cervo.

Il sito di progetto è suddiviso in due macroaree estese circa 50 ettari ciascuna, e le quote su cui si sviluppa l'area di interesse sono comprese tra i 213 m s.l.m. del bordo meridionale a circa 220 m s.l.m. di quello settentrionale.

Nella figura seguente si riporta foto aerea (fonte Google Earth) con delimitazione delle aree suddette, e nella figura successiva su base topografica BDTRE Piemonte.



FIGURA 2-1: Ubicazione delle aree di interesse (evidenziate in rosso).



**FIGURA 2-2: UBICAZIONE DELLE AREE DI INTERESSE. BASE TOPOGRAFICA BDTRE PIEMONTE.**

### **Cabina di sezionamento**

L'area su cui si prevede l'ubicazione la cabina di sezionamento lungo il tracciato che dall'impianto porta il cavidotto alla stazione energetica Terna, si trova invece a più a Sud delle aree dell'impianto, nel comune di Buronzo, sempre in zona subpianeggiante, su di un'area posta nella porzione meridionale del comune di Buronzo, fuori dal centro abitato e in zona a vocazione agricola, nelle cui vicinanze scorre il torrente Cervo. Nella figura seguente si riporta l'ubicazione della cabina di sezionamento.



**FIGURA 2-3: UBICAZIONE CABINA DI SEZIONAMENTO. BASE BDTRE PIEMONTE**

## 2.2 Intervento in progetto

Il progetto oggetto di studio è costituito da un impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica da fonte solare di potenza di picco pari a 52.353 MWp previsto su aree agricole, ad est del cantone Cagna, nel Comune di Castelletto Cervo, in provincia di Biella e della relativa opera di connessione alla rete elettrica nazionale.

All'interno del campo, l'energia elettrica prodotta dai pannelli in corrente continua e bassa tensione verrà prima convertita in corrente alternata per mezzo di inverter e poi elevata a media e alta tensione dai trasformatori di campo. Dall'impianto fotovoltaico tale energia verrà trasportata tramite cavidotto interrato alla stazione elettrica "Carisio" SE 380/132 kV, di prevista realizzazione, presso la quale sarà necessario realizzare un ampliamento 380/36 kV, parte integrante del presente progetto.

I pannelli fotovoltaici saranno fissati su sistemi ad inseguimento solare monoassiale, fissati a loro volta su pali di acciaio infissi al suolo senza uso di calcestruzzo.

L'impianto risulta costituito da:

- moduli fotovoltaici;
- strutture di sostegno dei moduli (tracker monoassiali);
- inverter;
- trasformatori;
- quadri elettrici;
- cavi elettrici, canalizzazioni e cavidotti interrati;
- sistema di controllo e monitoraggio;
- sistema di antintrusione e videosorveglianza;
- impianto di messa a terra;
- cabina di parallelo e smistamento;
- cabine e servizi ancillari;
- recinzione, cancelli e viabilità interna di servizio.

### 2.2.1 Pannelli fotovoltaici



Un modulo fotovoltaico è un dispositivo in grado di convertire l'energia solare direttamente in energia elettrica mediante effetto fotovoltaico ed è impiegato come generatore di corrente quasi puro in un impianto fotovoltaico.

Nel presente progetto saranno adottati moduli al silicio mono cristallino con potenza di picco di 610Wp, aventi dimensioni 2465x1134mm, con spessore compresa la scatola di giunzione IP68 di 35mm e peso 28,3kg.

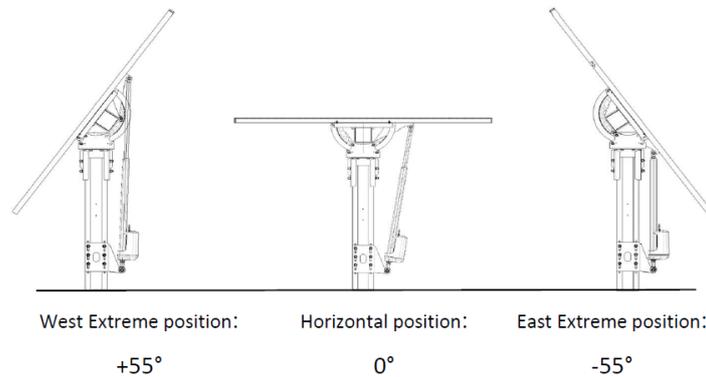
La superficie totale di captazione della radiazione solare dei numero 85.824 pannelli fotovoltaici sarà di 239.905 m<sup>2</sup> circa.

### 2.2.2 Strutture di sostegno

Per struttura di sostegno di un generatore fotovoltaico si intende un sistema costituito dall'assemblaggio di profili metallici, in grado di sostenere e ancorare al suolo una struttura raggruppante un insieme di moduli fotovoltaici, nonché di ottimizzare l'esposizione di quest'ultimi nei confronti della radiazione solare.

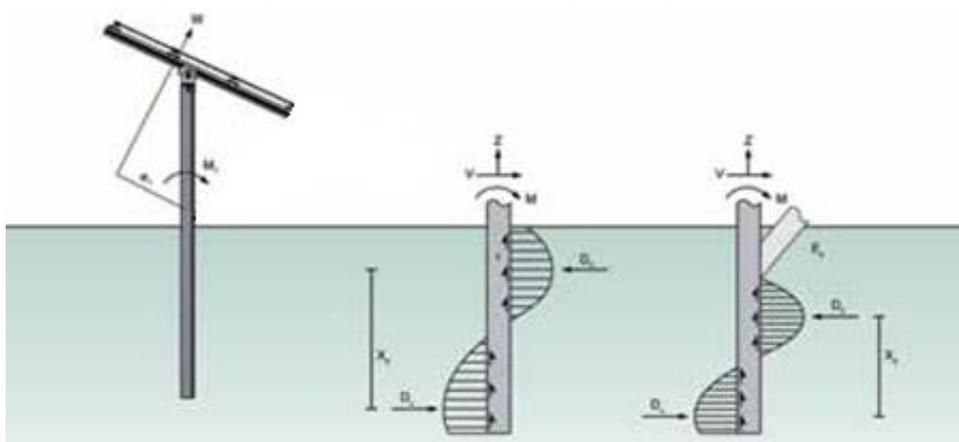
Nel progetto in esame è stata selezionata la tecnologia di strutture di sostegno ad inseguimento monoassiale. Gli inseguitori di rotazione si prefiggono di seguire il sole lungo la volta celeste nel suo percorso quotidiano, a prescindere dalla stagione di utilizzo. In questo caso l'asse di rotazione è nord-sud, mentre l'altezza del sole rispetto all'orizzonte viene ignorata. Questi inseguitori sono particolarmente indicati per i paesi a bassa latitudine (Italia compresa), in cui il percorso del sole è mediamente più ampio durante l'anno. La rotazione richiesta a queste strutture è più ampia del tilt, spingendosi a volte fino a  $\pm 55^\circ$ . Di seguito alcuni esempi di tracker monoassiali:





I tracker monoassiali a loro volta saranno sorretti dai pali in acciaio fissi su terreno: si utilizzano profili di infissione zincati a caldo in diverse classi dimensionali. L'infissione dei profili di palificazione nel terreno viene eseguita con battipali idraulici con riguardo al terreno agricolo.

**SEZIONE TIPOLOGICA DEI PALI SI SOSTEGNO DEI MODULI FOTOVOLTAICI**



**2.2.3 Inverter e trasformatori**



Per il presente progetto saranno utilizzati n.149 inverter di stringa. La tipologia di inverter scelta ha un grado di protezione IP66 è dotata di scaricatori di sovratensione lato CC e lato CA. L'ubicazione di tali apparecchiature avverrà in campo, su apposite strutture di sostegno con tettoietta di protezione dagli agenti atmosferici.

All'interno di apposito box di contenimento, all'interno di ogni cabina di trasformazione e della cabina di consegna, troverà posto il trasformatore bt/AT in resina.

## 2.2.4 Rete elettrica e cavi

Dai moduli fotovoltaici si ottiene energia elettrica in corrente continua, successivamente trasformata in corrente alternata in bassa tensione, poi trasformata in media tensione e consegnata all'ente distributore presso la cabina di consegna.

Nell'impianto in progetto sono previste le seguenti reti:

- Bassa Tensione Corrente Continua

Per il cablaggio dei moduli, per il collegamento tra le stringhe ed i quadri di parallelo in campo e per il collegamento di questi ultimi con gli inverter, sono previsti conduttori di tipo H1Z2Z2-K 1,5/1,5kVcc unipolare flessibile stagnato in doppio isolamento o equivalenti appositamente progettati per l'impiego in campi FV per la produzione di energia.

- Bassa Tensione Corrente Alternata

Per il collegamento tra inverter e Qbt, per il collegamento tra quest'ultimo ed il trasformatore, nonché per l'alimentazione di tutti i circuiti di servizio (luce, prese, quadri di servizio, alimentazione attuatori tracker), sono previsti conduttori di tipo FG16(O)R16 0,6/1kVca.

- Media / Alta Tensione Corrente Alternata

Per il collegamento tra cabine di trasformazione e tra trasformatore lato MT e QGMT-n e per il collegamento tra quest'ultimo ed il punto di consegna, sono previsti conduttori posati in scavo apposito come da sezione successiva

- Segnali e trasmissione dati

A seconda del sistema da interfacciare saranno utilizzati principalmente cavi di rame multicoppia tipo FTP schermati cat. 6, per la connessione veloce tra unità centrali ed unità periferiche, mentre saranno utilizzati cavi in fibra ottica multimodali per la connessione tra le diverse unità centrali.

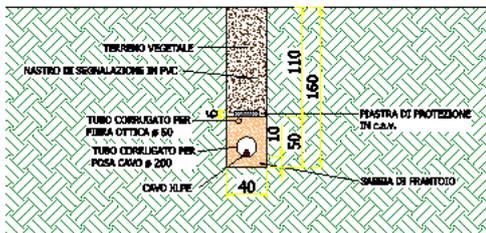
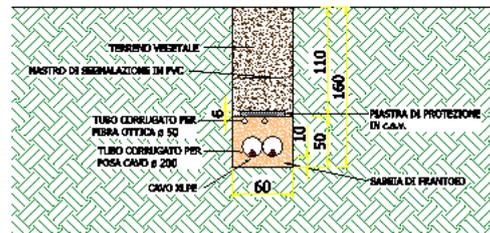
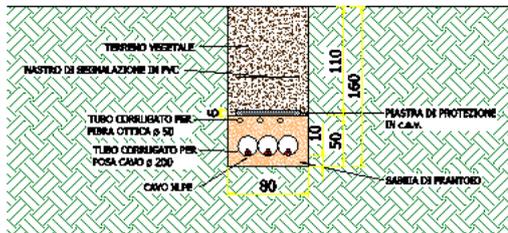
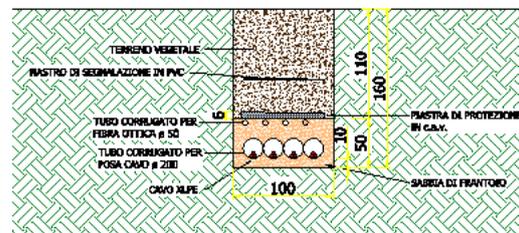
I conduttori saranno sempre protetti meccanicamente. Le protezioni possono essere costituite da tubi o da canaline portacavi. I tubi impiegati per la distribuzione delle linee dovranno essere in materiale plastico rigido di tipo pesante UNEL 37118, provvisto di marchio italiano di qualità per la posa a vista, o corrugato in materiale plastico a doppia parete per la posa interrata.

Il diametro interno dei tubi sarà pari ad almeno 1.3 volte il diametro del cerchio circoscritto al fascio dei cavi in esso contenuti. Inoltre, il diametro del tubo sarà sufficientemente grande da permettere di sfilare e rinfilare i cavi in esso contenuti con facilità e senza che ne risultino danneggiati i cavi stessi od i tubi. Comunque, il diametro esterno non sarà minore di 16 mm.

I tubi protettivi dei conduttori elettrici collocati in cunicoli, che ospitano altre canalizzazioni saranno disposti in modo da non essere soggetti ad influenze dannose in relazione a sovrariscaldamenti, gocciolamenti, formazione di condensa, ecc. Il tubo sarà posto in opera con i relativi accessori, curve, giunzioni. Tutte le linee elettriche ed in fibra ottica di progetto saranno posate in cavidotti direttamente interrati.

I cavi elettrici di media / alta tensione, rispetto al piano finito di progetto sia di strade che di eventuali piazzali o rispetto alla quota del piano di campagna, saranno posati negli scavi alla profondità di circa 1,6 m (1.2 m media tensione; 0,5m bassa tensione). I cavi saranno posati direttamente all'interno di uno strato di materiale sabbioso di circa 30 cm, su cui saranno posati i tegoli o le lastre copricavo. Un nastro segnalatore sarà immerso nel rimanente volume dello scavo riempito con materiale arido.

La protezione meccanica supplementare non è richiesta per i cavi con armatura metallica costituita da fili di spessore di almeno 0,8mm, che devono comunque essere posati ad una profondità minima di 0,5m. È buona regola predisporre un "letto" di posa in sabbia, o terra vagliata, per evitare che i ciottoli o le asperità sul fondo dello scavo possano danneggiare il cavo durante la movimentazione e a seguito della compattazione del terreno di riporto sovrastante. Di seguito le sezioni relative alla tipologia di scavo per l'interramento dei cavidotti.

**TIPICO 1: POSA n. 1 TERNA**

**POSA CAVI SU TERRENO AGRICOLO**
**TIPICO 2: POSA n. 2 TERNE**

**POSA CAVI SU TERRENO AGRICOLO**
**TIPICO 3: POSA n. 3 TERNE**

**POSA CAVI SU TERRENO AGRICOLO**
**TIPICO 4: POSA n. 4 TERNE**

**POSA CAVI SU TERRENO AGRICOLO**

## 2.2.5 Cabine di trasformazione e consegna (CPS), cabina di sezionamento

Le cabine di trasformazione sono localizzate all'interno dell'impianto e permettono l'innalzamento della corrente da BT ad AT 36 kV per la consegna alla cabina di partenza.

L'ubicazione delle cabine è scelta in modo da permettere, al personale autorizzato, l'accesso alle stesse in qualsiasi momento per seguire le manovre di servizio e la manutenzione dei componenti della cabina, particolarmente di quelli di maggior ingombro e peso, come i trasformatori.

Stante la configurazione del campo, con consegna in AT presso stazione Terna, le cabine poste in campo sono tutte cabine produttore. In particolare, la cabina generale AT di partenza (SSE 36 kV di impianto) sarà localizzata, lungo la viabilità esistente nella porzione a Sud del sito, in continuità con la recinzione dell'impianto.

Da qui si diparte il cavidotto sotterraneo, sempre opera produttore, per la consegna dell'energia alla rete nazionale.

Il cavidotto di consegna è sezionato, nei pressi del ponte esistente sul T. Cervo, da stazione sezionamento intermedia 36 kV, atta a garantire interventi di manutenzione e gestione della linea. La stessa sarà dotata di trasformatore per i servizi di centrale e di celle AT per il sezionamento e la parzializzazione del circuito.

Tutte le cabine saranno realizzate in locali chiusi a chiave onde evitare l'accesso alle persone non autorizzate.

La cabina di consegna (CPS) e la cabina di sezionamento si presentano con configurazione simile. La cabina sarà prefabbricata in c.a.v. monoblocco costituita da pannelli di spessore 80 mm e solaio di copertura di 100 mm realizzati con armatura in acciaio FeB44K e calcestruzzo classe Rck 400 kg/cmq. La fondazione sarà costituita da una vasca prefabbricata in c.a.v. di altezza 50 cm predisposta con forature a frattura prestabilita per passaggio cavi AT/BT.

Le pareti esterne del prefabbricato verranno colorate in tinta adeguata, per un miglior inserimento ambientale, salvo diversa prescrizione degli Enti preposti, mentre le porte d'accesso e le finestre di aerazione saranno in lamiera zincata verniciata. La cabina avrà finiture in continuità con i caratteri architettonici tipici della zona, al fine di meglio inserirsi nell'ambiente circostante.

La cabina sarà dotata di un adeguato sistema di ventilazione per prevenire fenomeni di condensa interna e condizionamento per garantire il corretto raffreddamento delle macchine elettriche presenti.

## 2.2.6 Altri elementi dell'impianto elettrico

Completano l'impianto fotovoltaico i seguenti elementi, il cui dettaglio progettuale è descritto nei documenti dedicati, ai quali si rimanda:

- Cabine per servizi ancillari;
- Cassette di derivazione;
- Pozzetti d'Ispezione e Muffole per Derivazione;
- Quadri elettrici Media Tensione;
- Quadri elettrici Bassa Tensione;
- Gruppo di Continuità (UPS).

## 2.2.7 Progettazione civile

A servizio dell'impianto fotovoltaico è prevista la realizzazione delle seguenti opere di tipo civile:

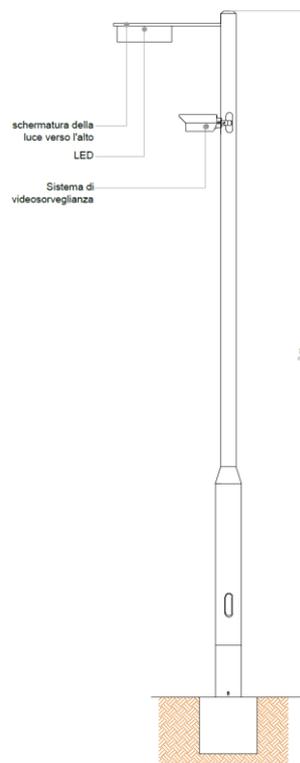
➤ Illuminazione Esterna

L'impianto di illuminazione esterno sarà costituito da proiettori con lampade a LED per l'illuminazione del perimetro contenente il generatore fotovoltaico. I corpi illuminanti saranno posati su paline di altezza fuori terra pari a 3 m con asola porta morsettiera, che ospiteranno anche le telecamere del sistema TVCC.

L'impianto sarà collegato direttamente al sistema di antifurto e si azionerà solo in occasione di avvenuto allarme. In condizioni di normale funzionamento dell'impianto non si prevede l'accensione del sistema di illuminazione.

➤ Impianto antifurto e di sicurezza generale

Il sito sarà dotato di impianto di videosorveglianza TVCC, lungo il perimetro. Il sistema antintrusione sarà composto da telecamere TVCC tipo fisso Day-Night complete di illuminatorie per visione notturna, posizionate lungo la recinzione ogni 40 metri circa. Il palo sul quale sarà installata la telecamera avrà altezza dal suolo pari a 3 m.



**PALI DELL'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE E SORVEGLIANZA**

➤ Recinzioni e cancelli

L'area sarà completamente recintata al fine di impedire l'ingresso al personale non autorizzato, a fini di sicurezza.

La recinzione in progetto sarà del tipo elettrosaldata, rialzata dal suolo per consentire il passaggio della piccola fauna.

## 2.3 Cantierizzazione

### 2.3.1 Attività di cantiere per la realizzazione dell'impianto fotovoltaico

La realizzazione dell'impianto fotovoltaico comprenderà le seguenti attività di cantiere:

1. Preparazione del sito: delimitazione dell'area e predisposizione del cantiere (aree di servizio temporanee, box di cantiere, zone di stoccaggio e viabilità di cantiere), pulizia dell'area, approvvigionamento dei materiali;
2. Posa in opera dei sostegni dei pannelli (pali infissi);
3. Posa in opera dei tracker monoassiali e dei Moduli Fotovoltaici;
4. Posa in opera di Cabine di trasformazione poste su fondazione superficiale;
5. Realizzazione di tutte le condutture principali di distribuzione elettrica per l'alimentazione dei sistemi ausiliari in bassa tensione;
6. Scavi, rinterri e ripristini per la posa della condotta di alimentazione principale BT ed MT interne al campo fotovoltaico, dei cavidotti energia, segnali e per il dispersore di terra, comprensivi della fornitura e posa in opera di pozzetti in c.a. con chiusino carrabile (ove previsto);
7. Realizzazione dell'impianto di terra ed equipotenziale costituito da una corda di rame interrata ed integrata con picchetti, dai collettori di terra, dai conduttori di terra, di protezione ed equipotenziali e da tutti i collegamenti PE ed equipotenziali;
8. Realizzazione del sistema antintrusione comprensivo della centrale allarmi, delle barriere e delle condutture ad essi relativi;
9. Realizzazione dell'impianto di videosorveglianza comprensivo della centrale, delle videocamere, dei pali di sostegno e delle condutture ad essi relativi;
10. Realizzazione delle opere di inserimento paesaggistico (preparazione del terreno, semina e piantumazione delle specie selezionate);
11. Smantellamento del cantiere.

### 2.3.2 Cronoprogramma opere

#### CRONOPROGRAMMA INDICATIVO DELLE OPERE PER LA REALIZZAZIONE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

| MESSA IN OPERA DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO                        | TEMPO DI REALIZZAZIONE |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |  |
|--|------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|--|
|  | 1m                     | 2m | 3m | 4m | 5m | 6m | 7m | 8m | 9m | 10m | 11m |  |
| <b>DIREZIONE LAVORI E SICUREZZA</b>                              |                        |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |  |
| Direzione lavori   |                        |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |  |
| Coordinamento per la sicurezza                                   |                        |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |  |
| <b>ATTIVITA' PRELIMINARI</b>                                     |                        |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |  |
| Rilievi e tracciamenti   |                        |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |  |
| Delimitazione dell'area  |                        |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |  |
| Preparazione viabilità ed accessi                                |                        |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |  |
| Pulizia del sito e livellamenti                                  |                        |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |  |
| Approvvigionamento materiali                                     |                        |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |  |
| <b>OPERE MECCANICHE</b>  |                        |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |  |
| Assemblaggio strutture di sostegno                               |                        |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |  |
| Infissione pali  |                        |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |  |
| Installazione trackers e pannelli FV                             |                        |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |  |
| <b>OPERE ELETTRICHE E CABINE</b>                                 |                        |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |  |
| Scavi, posa e rientri elettrodotti                               |                        |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |  |
| Posa cavi e cablaggi   |                        |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |  |
| Posa cavi  |                        |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |  |
| Posa e cablaggio cabine di campo                                 |                        |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |  |
| Posa e cablaggio cabina di consegna                              |                        |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |  |
| <b>OPERE CIVILI ED ACCESSORIE</b>                                |                        |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |  |
| Scavi e realizzazione delle fondazioni superficiali delle cabine |                        |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |  |
| Montaggio sistema di monitoraggio, TVCC, illuminazione           |                        |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |  |
| <b>MESSA IN ESERCIZIO DELL'IMPIANTO E CHIUSURA DEL CANTIERE</b>  |                        |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |  |
| Collaudo   |                        |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |  |
| Allaccio alla rete   |                        |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |  |
| Smantellamento del cantiere                                      |                        |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |  |
| Ripristino delle aree di cantiere                                |                        |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |  |

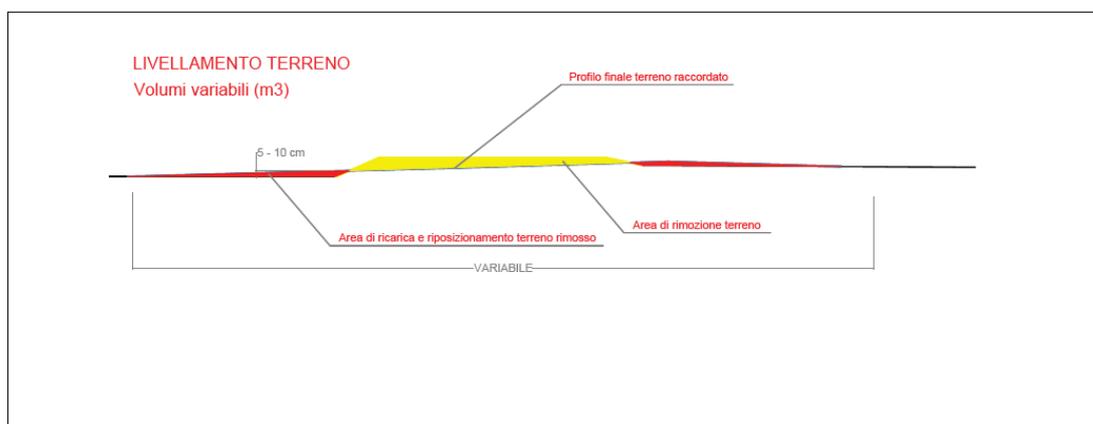
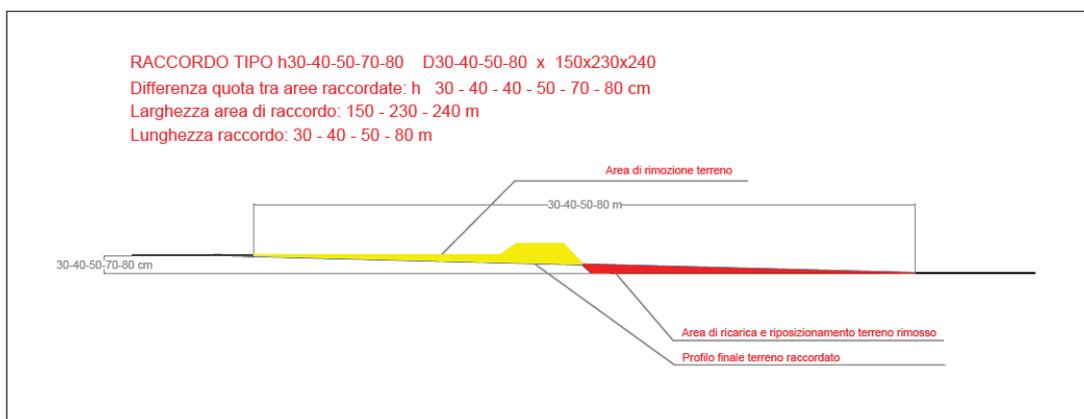
### 2.3.3 Attività di modellizzazione del terreno

Il sito è caratterizzato dalla presenza di ampie vasche di risaia, pressoché pianeggianti, separate tra loro da cunette atte a mantenere l'acqua all'interno della camera. Tra le camere sono presenti dislivelli tipicamente compresi tra 30 e 80 cm.

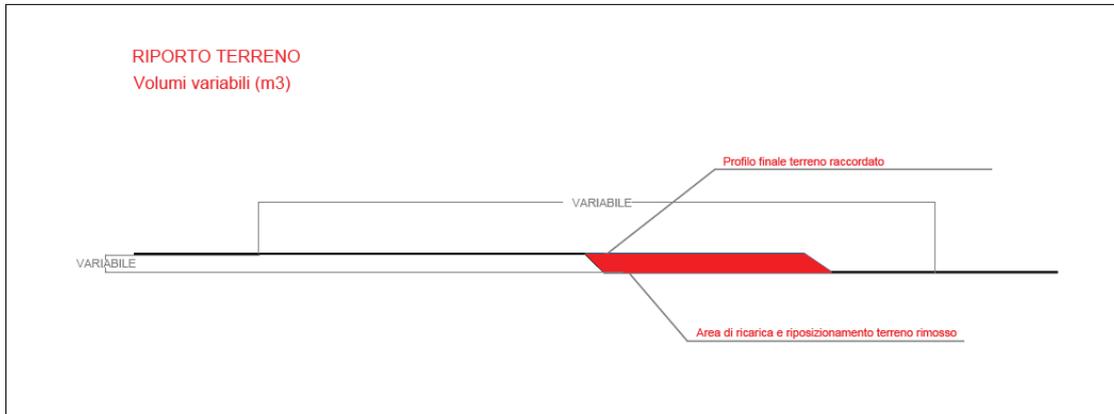
Il progetto prevede per lo più il mantenimento dello stato di fatto del terreno in sito, ed in particolare NON interviene minimamente sui canali esistenti, sia demaniali esterni al sito che interni al sito, preservando quindi completamente l'assetto irriguo dell'area.

Stante la geometria dei tracker monoassiali impiegati, che in alcuni casi superano la dimensione tipica delle vasche di risaia, è necessario intervenire all'interfaccia tra le camere, proponendo degli interventi di movimentazione terra atti al raccordo tra le camere poste a diversa altezza. Tali tipi di interventi possono essere riassunti nelle seguenti tipologie principali:

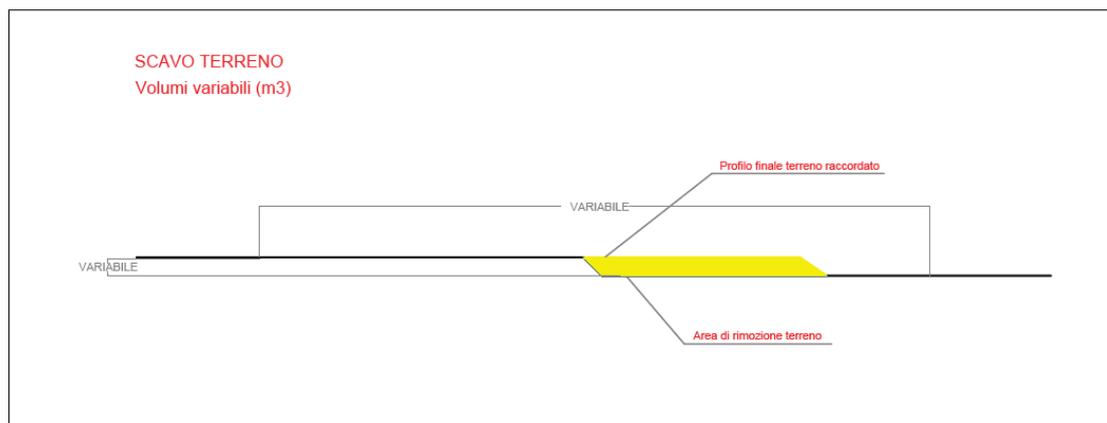
- raccordo tra camere limitrofe: una porzione di camera superiore, per una estensione di circa 30-40 m, viene scavata per una profondità massima pari a metà del dislivello tra le camere, fino a raccordarsi con il terreno in sito; il terreno risultante viene riportato nella prima porzione della camera inferiore, onde garantire un raccordo in ridotta pendenza tra le camere. Gli scavi, pertanto, non superano i 30-80 cm massimo di profondità, peraltro in aree di terreno già profondamente rimaneggiate in precedenza per lo spianamento dello stato primevo, onde realizzare le camere di risaia. Tale movimento terra si configura pertanto per lo più come un ripristino della condizione originaria dei terreni, prima dello scavo delle camere di risaia. Tale intervento è, inoltre, rapidamente reversibile al termine della vita utile dell'impianto per ripristinare lo stato delle camere risicole;



- riporto di terreno: qualora l'estensione di una camera sia troppo ridotta, e le condizioni siano ottimali ai fini di minimizzare il movimento terra, gli eccessi di terreno provenienti dagli scavi vengono riportati al termine di una vasca di scarica per innalzare la quota di quella sottostante e garantire un ampliamento della vasca stessa;



- scavo e ripristino spondale: nell'area di ex cava posta a Est, una delle sponde non appare correttamente profilata. Il profilo verrà pertanto ripristinato alla condizione prevista in origine e la terra in eccesso verrà utilizzata per i riporti. Si noti che la zona in questione risulta completamente rimaneggiata dalle operazioni di scavo per estrazione argilla storiche.



Il bilancio di scavi e riporti è stato valutato nel documento dedicato.

I movimenti terra previsti, tra le attività di rimodellamento del terreno e i riporti a compensazione, saranno tali da compensare in loco gli scavi e i riporti, come illustrato nella tabella riportata al prossimo capitolo.

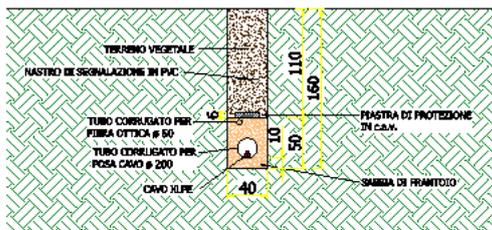
### 2.3.4 Attività di scavo per la realizzazione dell'impianto

Come visto, per la realizzazione dell'agri-voltaico saranno necessari gli scavi per la messa in opera dei seguenti elementi progettuali:

- Cavidotti interrati in bassa e media tensione interni all'impianto che collegano gli elementi dell'impianto saranno posati all'interno di cavidotti interrati posti ad una profondità compresa tra 0,5 m e 1,6 m. Il materiale sarà ricollocato per coprire i cavidotti. Si prevedono, tuttavia, degli esuberanti da questa attività di scavo in quanto i primi 50 cm di scavo verranno ricoperti da sabbia

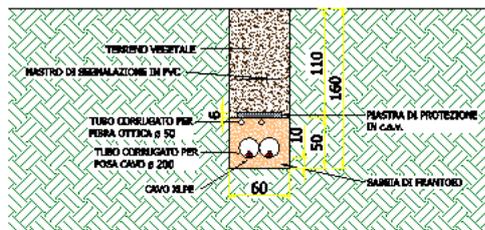
da frantoio, come si può evincere dalle sezioni tipo di seguito riportate. In ogni caso, il terreno in esubero verrà riposizionato nelle aree di riporto terreno individuate.

**TIPICO 1: POSA n. 1 TERNA**



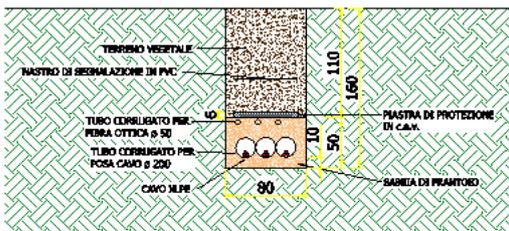
**POSA CAVI SU TERRENO AGRICOLO**

**TIPICO 2: POSA n. 2 TERNE**



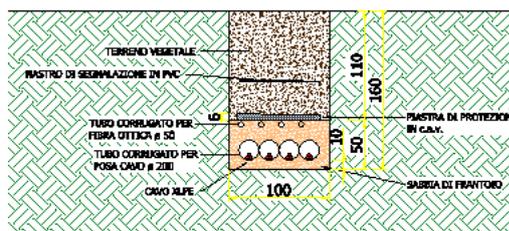
**POSA CAVI SU TERRENO AGRICOLO**

**TIPICO 3: POSA n. 3 TERNE**



**POSA CAVI SU TERRENO AGRICOLO**

**TIPICO 4: POSA n. 4 TERNE**



**POSA CAVI SU TERRENO AGRICOLO**

**SEZIONI TIPO POSA ELETTRODOTTI**

- Pali del sistema di illuminazione perimetrale e di sorveglianza i quali necessitano dello scavo per l'alloggiamento dei pozzetti e delle fondazioni. Si prevede uno scavo di larghezza pari a 40 cm e di profondità 1 m, e l'approvvigionamento esterno di sabbia da frantoio, come nel caso precedente, nei primi 50 cm di scavo. Il materiale in eccedenza sarà ricollocato, previ accertamenti previsti dalla norma, nell'ambito della regolarizzazione del fondo, sopra descritta
- Le cabine di trasformazione e consegna avranno una fondazione superficiale per la quale si prevede uno scavo di profondità pari a circa 1,3 m in corrispondenza delle cabine (viene considerato un offset di scavo di 1 m intorno alla cabina per ciascun lato). Il materiale in eccedenza sarà ricollocato, previ accertamenti previsti dalla norma, nell'ambito della regolarizzazione del fondo, sopra descritta;
- Recinzione, per la posa della quale sono previsti scavi in corrispondenza dei pali di sostegno. Anche in questo caso il materiale in eccedenza sarà ricollocato, previ accertamenti previsti dalla norma, nell'ambito della regolarizzazione del fondo, sopra descritta.

### 2.3.5 Attività di cantiere per la realizzazione dell'opera di connessione

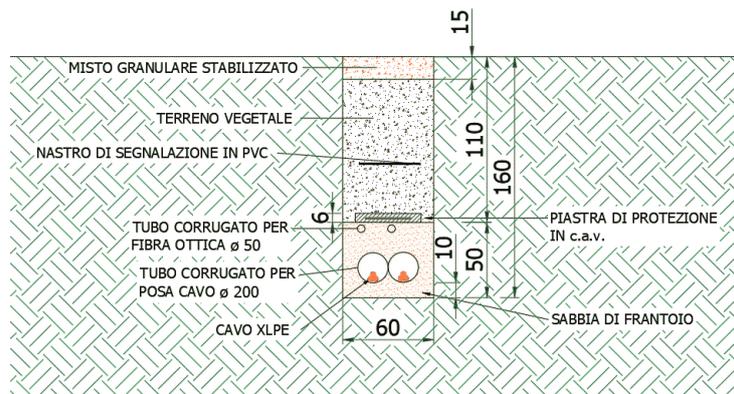
L'area di cantiere per un cavidotto interrato di questo tipo è costituita essenzialmente dalla trincea di posa del cavo che si estende progressivamente sull'intera lunghezza del percorso.

Durante la realizzazione delle opere, il criterio di gestione del materiale scavato prevede il suo deposito temporaneo presso l'area di cantiere e successivamente il suo utilizzo per il rinterro degli scavi, previo accertamento, durante la fase esecutiva, dell'idoneità di detto materiale per il riutilizzo in sito.

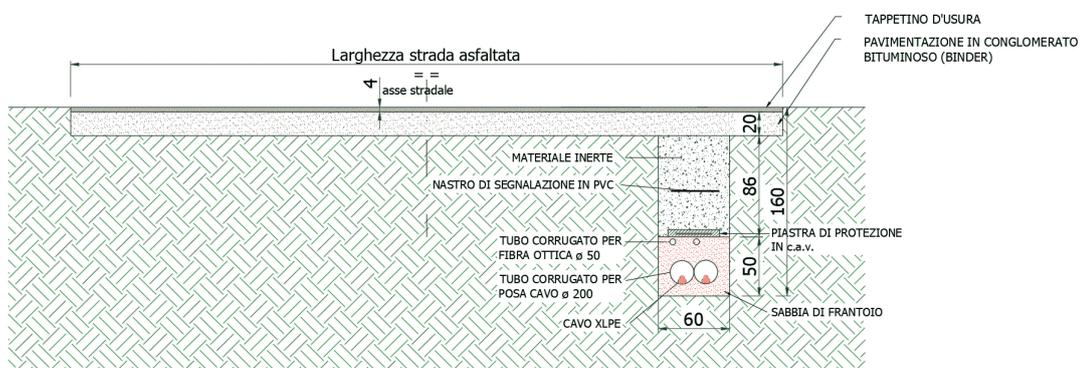
In caso i campionamenti eseguiti forniscano un esito negativo, il materiale scavato sarà destinato a idonea discarica, con le modalità previste dalla normativa vigente e il riempimento verrà effettuato con materiale inerte di idonee caratteristiche.

In corrispondenza dei tratti asfaltati interferiti, è previsto il taglio del manto bituminoso, propedeutico allo scavo tradizionale degli strati sottostanti. Il materiale di risulta di tale operazione sarà gestito separatamente rispetto allo scotico derivante dallo scavo tradizionale, come rifiuto. Il manto bituminoso rimosso sarà quindi conferito in discarica, mentre il terreno naturale sottostante sarà ricollocato nello scavo una volta posizionato il cavo, come da progetto. La copertura stradale sarà infine ripristinata.

Si riportano di seguito le sezioni tipiche di posa cavidotto.



SEZIONE DI POSA TIPICA CAVIDOTTI ALTA TENSIONE SU STRADA IN BRECCIA



SEZIONE DI POSA TIPICA CAVIDOTTI ALTA TENSIONE SU STRADA IN CONGLOMERATO BITUMINOSO

Dalle tecniche di scavo sopra descritte derivano tipologie di materiale diverse:

- Materiali terrigeni derivanti da scavo tradizionale:

si tratta del materiale di risulta (scotico) derivante dagli scavi in porzioni di tracciato su terreno nudo e al di sotto dello strato di materiale bituminoso (binder) nei tratti pavimentati. Lo scavo sarà eseguito mediante il ricorso a mezzi tradizionali (escavatori). Non si prevede l'uso di additivi o sostanze chimiche.

Il materiale di risulta non sarà alterato dal punto di vista chimico.

Nel presente progetto la volontà è quella di reimpiegare lo scotico per il ricolmamento dello scavo e gestire eventuali modesti esuberanti come rifiuti. Il volume scavato sarà parzialmente occupato dal cavidotto installato e dal letto di sabbia previsto nella posa. Si ipotizza, in via preliminare, che il quantitativo di scavo ripristinato sia pari al 90% di quanto scavato.

A tal fine, prima dell'esecuzione dei lavori, in conformità con quanto previsto dalla norma di settore, si procederà alla:

- verifica del rispetto delle CSC per la destinazione d'uso "commerciale, industriale ed artigianale" (colonna B, tab. 1, all. 5, p.te 4<sup>a</sup>, tit. 5° del DLgs n. 152/2006 e smi);
- eventuale classificazione come rifiuto in termini di pericolosità, ai sensi della Dec. CEE/CEA/CECA n. 532/2000
- valutazione del recupero dell'eventuale rifiuto in impianto di recupero autorizzato in procedura semplificata (art. 216 del DLgs n. 152/2006 e smi) effettuando un test di cessione in acqua deionizzata, da effettuarsi secondo le specifiche dettate dalla norma di settore.

Durante la realizzazione delle opere, il criterio di gestione del materiale scavato prevede il suo deposito temporaneo presso l'area di cantiere e successivamente il suo utilizzo per il rinterro degli scavi, previo accertamento, durante la fase esecutiva, dell'idoneità di detto materiale per il riutilizzo in sito.

La quota parte dello scotico che non potrà essere riutilizzata in opera in quanto in esubero sarà gestito come rifiuto (codice CER 17.05.04: *terre e rocce, diverse da quelle di cui al codice 17.05.03*).

Il materiale potrà essere sottoposto alla caratterizzazione al fine di accertare la non pericolosità del rifiuto ai sensi della Dec. 2000/532/CE e le sue caratteristiche generiche anche tramite test di cessione (DM 5 febbraio 1998 e smi).

Nel caso di esiti positivi il materiale potrà essere inviato ad impianti autorizzati, ai sensi dell'art. 216 del DLgs n. 152/2006 e smi, all'esecuzione delle operazioni di recupero (R5 - *recupero/riciclo di altre sostanze inorganiche*).

In caso i campionamenti eseguiti forniscano un esito negativo, il materiale scavato sarà destinato ad idonea discarica, con le modalità previste dalla normativa vigente e il riempimento verrà effettuato con materiale inerte di idonee caratteristiche.

- Materiali bituminosi derivanti dal taglio dell'asfalto:

in relazione all'opera di connessione, in corrispondenza dei tratti asfaltati interferiti, è previsto il taglio del manto bituminoso, propedeutico allo scavo tradizionale degli strati sottostanti.

I materiali di risulta di tale operazione saranno gestiti separatamente rispetto allo scotico derivante dallo scavo tradizionale, come rifiuto.

Il materiale sarà analizzato al fine di escludere l'eventuale pericolosità del rifiuto, tramite determinazioni analitiche prevista dal Dec. 532/2000/CE). Nel caso gli esiti siano positivi, il materiale sarà classificato con il codice CER 17.03.02 (*miscele bituminose diverse da quelle di cui alla voce 17.03.01*) e potrà essere conferito ad impianti autorizzati, ai sensi dell'art. 216 del DLgs n. 152/2006 e smi, all'esecuzione delle operazioni di recupero (R5 - *recupero/riciclo di altre sostanze inorganiche*).

- Fanghi da scavo teleguidato (trivellazione orizzontale controllata):

alcuni tratti della connessione alla rete elettrica nazionale dovranno essere realizzati con la tecnica della trivellazione orizzontale controllata TOC, al fine di minimizzare l'interferenza con sottoservizi o infrastrutture esistenti.

La tecnica, come visto, comporta la produzione di fanghi di perforazione, che saranno gestiti nel rispetto della normativa in materia di rifiuti. La tecnica non prevede l'apporto di materiale, in quanto la sezione scavata è riempita dalle tubazioni necessarie al passaggio dei cavi.

Il materiale di risulta sarà classificato con il codice CER 01.05.07 (*Fanghi e rifiuti di perforazione contenenti barite, diversi da quelli delle voci 01 05 05 e 01 05 06*) e sarà conferito ad idoneo impianto autorizzato alla gestione di tali rifiuti ai sensi dell'art. 208 del DLgs n. 152/2006 e smi. In fase esecutiva verrà individuato l'impianto idoneo allo scopo e, nel caso esso preveda specifiche indagini da svolgere sul rifiuto preliminarmente al suo conferimento, questi verranno svolti come da accordi con il gestore finale individuato. Nel caso, il fango sarà stoccato in regime di deposito temporaneo in appositi contenitori ed inviato all'impianto solo in seguito alla verifica della conformità del materiale.

## 3 RELAZIONE GEOLOGICA

### 3.1 Inquadramento geologico e geomorfologico

#### 3.1.1 Impianto fotovoltaico

L'area su cui verrà realizzato l'impianto fotovoltaico a terra si colloca all'interno di una delle vaste superfici terrazzate che costituiscono l'alta pianura biellese. A scala regionale tali terrazzi di origine alluvionale e di età pleistocenica posseggono geometria a conoidi interdigitati e costituiscono l'originaria superficie di antiche piane alluvionali sospese a quote di alcune decine di metri rispetto alla pianura attuale. I cambiamenti climatici ed in particolare le alternanze fra periodi glaciali e caldi hanno determinato importanti variazioni della dinamica fluviale dando vita a queste forme e al loro successivo rimodellamento.

L'origine dei depositi costituenti tali terrazzi è riferibile all'apporto detritico fluviale verificatosi prevalentemente durante le fasi anaglaciali pleistoceniche, ad opera degli scaricatori glaciali dell'anfiteatro morenico di Ivrea nonché degli altri corsi d'acqua che scendevano da valli non interessate da ghiacciai vallivi ed imputabile all'aumento delle precipitazioni meteoriche che caratterizzò tali fasi. Durante le successive fasi cataglaciali si ebbe invece un'azione erosiva dei corsi d'acqua, caratterizzati da minori apporti detritici, nei confronti dei terreni depositati nella fase precedente con la formazione di terrazzi fluviali.

In sintesi, la struttura della pianura Biellese è il risultato di un alternanza ciclica dei fenomeni che hanno portato alla formazione di una vasta pianura terrazzata; si osservano, dopo il più alto terrazzo villafranchiano (plio-pleistocene), i lembi di un secondo terrazzo "mindeliano" (Pleistocene inf.) che costituisce le varie "baragge" del biellese, cui segue il sistema di terrazzi "rissiani" (Pleistocene medio), a grado decrescente di alterazione, il più basso dei quali costituisce il livello fondamentale della pianura piemontese.

Il substrato delle unità pleistoceniche continentali sopraccitate è costituito da una serie marina pliocenica e dalla sovrastante serie marino – transizionale di età villafranchiana. I depositi appartenenti a tale substrato affiorano unicamente lungo le scarpate delle incisioni dei corsi d'acqua maggiori quali il Torrente Cervo e l'Ostola, mentre, più a nord costituiscono interamente i primi blandi rilievi del margine pedecollinare da Valdengo fino a Lozzolo.

Dal punto di vista litostratigrafico vengono distinte le seguenti formazioni che affiorano nell'area e nel suo intorno significativo per la comprensione della geologia locale:

#### *Alluvioni medio-recenti, recenti ed attuali (a')*

I depositi alluvionali olocenici si riscontrano lungo i principali corsi d'acqua della regione, Elvo, Cervo, Sesia, Ostola, Triogna e costituiscono l'alveo morfologico di "massima piena" dei rii. Il limite con il fluvioglaciale Wurm è quasi sempre evidenziato da terrazzo morfologico. La composizione litologica è generalmente mista, in prevalenza ghiaiosa o ghiaioso-sabbiosa, ma con consistente presenza di livelli di limi e argille. La stratificazione è nettamente incrociata e l'andamento delle discordanze molto disordinato e discontinuo.

### *Alluvioni fluvioglaciali ghiaiose (Fg<sup>r</sup>)*

Tali alluvioni sono alterate in terreno argilloso giallo-ocraceo per uno spessore massimo di 3 m; sono, inoltre, presenti coperture loessiche delle stesse (RISS).

Queste alluvioni di origine fluvioglaciale e più antiche di quelle degli strati alluvionali fluviali recenti, si trovano a letto di questi ma a quote topografiche maggiori, e sono stati incisi dai corsi d'acqua attuali durante i periodi di piena.

Come si evince dalla della Carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000 Foglio 43 Biella (figura seguente), l'area di studio è ubicata sulle alluvioni fluvioglaciali ghiaiose, mentre nella parte ad E sono presenti depositi fluviali recenti.

La morfologia dell'area in oggetto è stata inoltre profondamente rimodellata dalle attività antropiche legate alla coltura del riso. Per questa ragione l'area è suddivisa in campi di forma rettangolare disposti a quote topografiche decrescenti nel verso del generale deflusso dell'idrografia generale. Pertanto, non è possibile trovare uno spessore di coltre loessica superficiale che sia costante per tutta l'area poiché in taluni casi è stato scavato e riportato. Così allo stesso modo la superficie topografica primaria è obliterata dai terrazzamenti che comunque degradano verso sud e verso il torrente Triogna che scorre lungo il confine est dell'area.

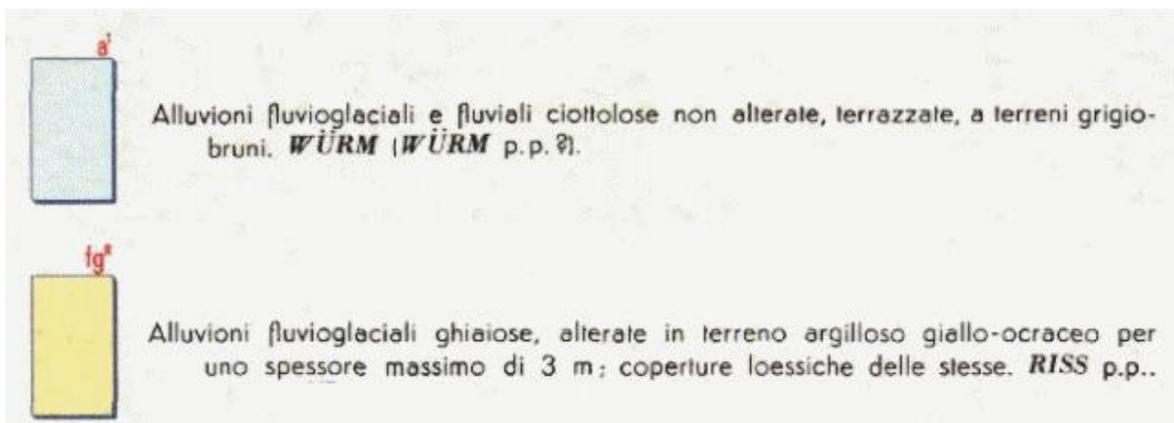
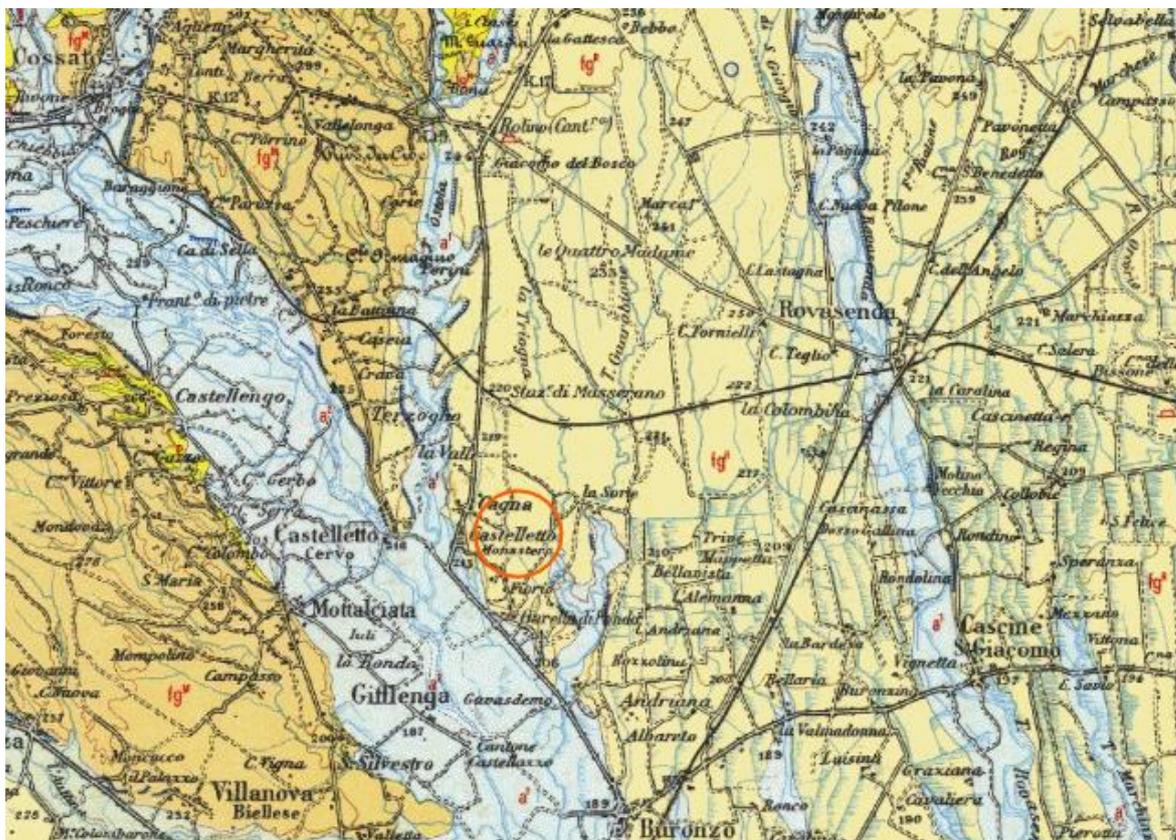


FIGURA 3-1: UBICAZIONE AREA DI PROGETTO SU ESTRATTO DI CARTA GEOLOGICA D'ITALIA, FOGLIO 43. SCALA LIBERA.

### 3.1.2 Cabina di sezionamento

L'area su cui verrà realizzata la cabina di sezionamento si trova invece più a Sud nel territorio comunale di Buronzo.

In particolare, essa, a differenza del campo fotovoltaico che sorgerà sui depositi fluvioglaciali, si troverà ubicata su terreni alluvionali più recenti legati all'attività deposizionale dell'attuale Torrente Cervo. Pertanto, si suppone che i depositi saranno di tipo principalmente ghiaioso con ciottoli. Infatti, come si nella figura seguente, estratto della Carta Geologica d'Italia foglio Biella (43), i depositi contrassegnati dal colore azzurro e la sigla "a2" sono di tipo alluvionale recente. Essi vanno ad occupare le superfici erosionali del Torrente

Cervo, che durante la sua attività più recente ha scavato i depositi terrazzati fluvio-glaciali antichi, ridepositando materiale principalmente ghiaioso e ciottoloso caratterizzato da scarsa o assente alterazione.



FIGURA 3-2: UBICAZIONE AREA DI PROGETTO SU ESTRATTO DI CARTA GEOLOGICA D'ITALIA, FOGLIO 43. SCALA LIBERA.

### 3.2 Indagini geologiche reperite

Sul sito web dell'ARPA Piemonte, alla pagina "Banca dati geotecnica" sono raccolte un gran numero di indagini geognostiche e geotecniche eseguite negli anni in Piemonte.

In particolare, a Sud di Buronzo, in prossimità del ponte ferroviario sono stati eseguiti in passaggio 5 sondaggi, uno in sponda sinistra e 4 in alveo, in corrispondenza delle pile del ponte: questi sondaggi si

trovano nelle vicinanze dell'area su cui si intende edificare la nuova cabina di sezionamento, e si trovano sugli stessi depositi recenti alluvionali depositati dal torrente Cervo.

Confrontando le stratigrafie, al netto di uno spessore variabile di terreno di riporto prevalentemente ghiaioso e grossolano, o con elementi di artificiali, quali calcestruzzo, la stratigrafia dei terreni sulle 5 verticali risulta quasi esclusivamente caratterizzata da orizzonti sabbiosi, o sabbioso limosi, con diverso grado di compattezza.

Nella figura seguente si riportano a titolo esemplificativo tre delle cinque stratigrafie semplificate e la loro ubicazione. Per quanto riguarda invece la zona di Carisio sono state reperite delle stratigrafie eseguite per lo stabilimento SACAL

Nella figura seguente ne vengono riportate solo tre a titolo esemplificativo, ma in tutte quante la stratigrafia che si evince è costituita essenzialmente da terreni sabbiosi e limosi.



| Nome perforazione        | Comune                 | Provincia      | Località   |
|--------------------------|------------------------|----------------|--|
| S1                       | Burano                 | VC             | Porte sul torrente Cervia sponda sinistra                                      |
| Data inizio perforazione | Data fine perforazione | Profondità (m) | Cantiere   |
| 0/0/1975                 | 0/0/1975               | 10.60          | Viabilità: FFSS. Porte sul torrente Cervia della linea Chiasso-Arona km 12+607 |

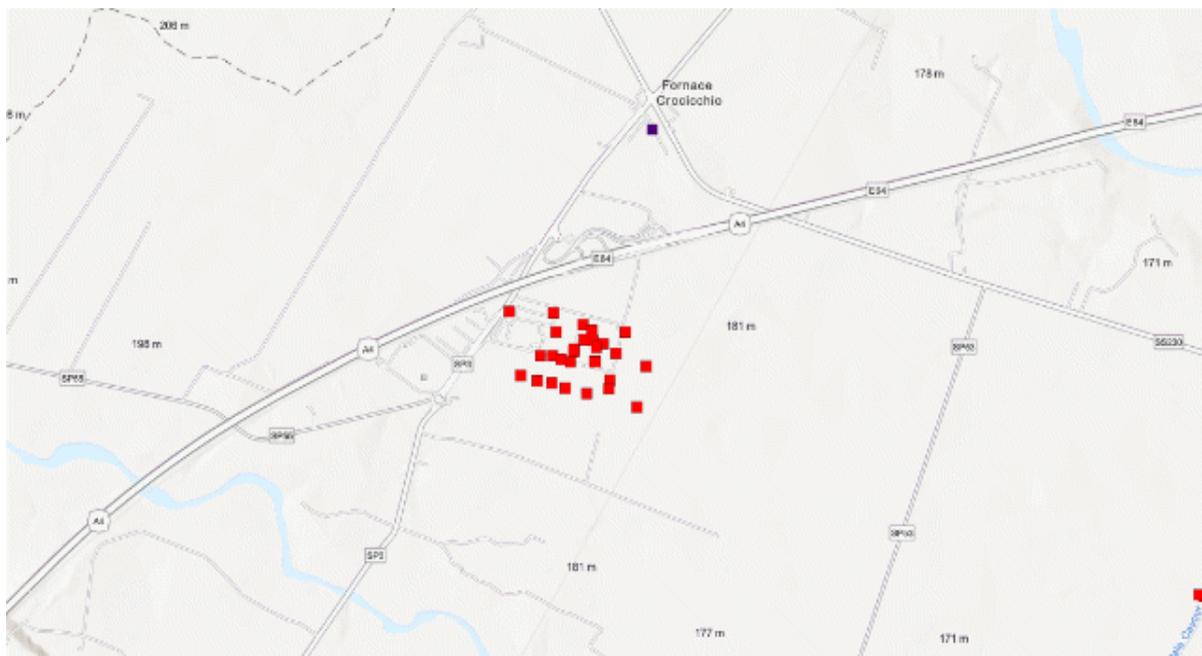
| Codice perforazione | Profondità (m) | Descrizione                 |
|---------------------|----------------|-----------------------------|
| 102077              | 3.40           | terreno di riporto          |
| 102077              | 4.75           | calcestruzzo                |
| 102077              | 7.00           | sabbia fine limosa plastica |

| Nome perforazione        | Comune                 | Provincia      | Località   |
|--------------------------|------------------------|----------------|--|
| S2                       | Burano                 | VC             | Porte sul torrente Cervia Rio n. 4   |
| Data inizio perforazione | Data fine perforazione | Profondità (m) | Cantiere   |
| 0/0/1975                 | 0/0/1975               | 20.70          | Viabilità: FFSS. Porte sul torrente Cervia della linea Chiasso-Arona km 12+607 |

| Codice perforazione | Profondità (m) | Descrizione   |
|---------------------|----------------|---|
| 102074              | 1.00           | mattoni e calcestruzzo  |
| 102074              | 2.20           | ghiaia con limo   |
| 102074              | 4.00           | sabbia fine debolmente limosa siltata   |
| 102074              | 6.50           | sabbia limosa fine debolmente siltata   |
| 102074              | 8.50           | sabbia fine argillosa addensata   |
| 102074              | 12.00          | sabbia medio fine addensata   |
| 102074              | 13.30          | limo argilloso  |
| 102074              | 13.30          | sabbia medio grossa sciolta con presenza di limo                                      |
| 102074              | 18.00          | argilla limosa mediamente compatta sabbia plastica debolmente limosa e tratti torbosi |
| 102074              | 20.70          | limo molto sabbioso con frazione argillosa pesante e sabbia molto compatta            |

| Nome perforazione        | Comune                 | Provincia      | Località   |
|--------------------------|------------------------|----------------|--|
| S3                       | Burano                 | VC             | Porte sul torrente Cervia Rio n. 3   |
| Data inizio perforazione | Data fine perforazione | Profondità (m) | Cantiere   |
| 0/0/1975                 | 0/0/1975               | 8.20           | Viabilità: FFSS. Porte sul torrente Cervia della linea Chiasso-Arona km 12+607 |

| Codice perforazione | Profondità (m) | Descrizione  |
|---------------------|----------------|--|
| 102076              | 3.85           | mattoni e calcestruzzo                               |
| 102076              | 4.10           | livello ghiaioso con limo                            |
| 102076              | 5.00           | sabbia limosa plastica con sabbia argillosa compatta |
| 102076              | 6.10           | sabbia molto compatta                                |
| 102076              | 7.10           | sabbia molto fine con tracce limosa plastica         |
| 102076              | 8.20           | sabbia molto fine addensata mediamente compatta      |



| Nome perforazione        | Comune                 | Provincia      | Località  |
|--------------------------|------------------------|----------------|---|
| S19                      | Carsio                 | VC             | Stabilimento SACAL - Cascina La Beraglia                            |
| Data inizio perforazione | Data fine perforazione | Profondità (m) | Cantiere  |
| 6/10/1987                | 7/10/1987              | 12,70          | Idrogeologia: Indagine geologica nell'area dello stabilimento SACAL |

| Codice perforazione | Profondità (m) | Descrizione   |
|---------------------|----------------|---|
| 103466              | 0,35           | terreno vegetale limo sabbioso  |
| 103466              | 0,70           | limo sabbioso   |
| 103466              | 2,50           | limo debolmente argilloso   |
| 103466              | 3,50           | limo debolmente sabbioso inglobante ghiaia e ghiaietto                |
| 103466              | 5,20           | sabbia medio fine debolmente limosa con ghiaia e ghiaietto poligenici |
| 103466              | 8,10           | sabbia limosa con ghiaia ghiaietto e sferzoidali ciottoli poligenici  |
| 103466              | 8,90           | sabbia medio fine debolmente limosa micacea con ghiaia e ghiaietto    |
| 103466              | 11,00          | sabbia medio fine limosa  |
| 103466              | 11,50          | sabbia medio fine limosa micacea                                      |
| 103466              | 12,70          | limo debolmente argilloso   |

| Nome perforazione        | Comune                 | Provincia      | Località  |
|--------------------------|------------------------|----------------|---|
| S18                      | Carsio                 | VC             | Stabilimento SACAL - Cascina La Beraglia                            |
| Data inizio perforazione | Data fine perforazione | Profondità (m) | Cantiere  |
| 2/10/1987                | 6/10/1987              | 12,30          | Idrogeologia: Indagine geologica nell'area dello stabilimento SACAL |

| Codice perforazione | Profondità (m) | Descrizione   |
|---------------------|----------------|---|
| 103465              | 0,30           | terreno vegetale limo sabbioso                                      |
| 103465              | 1,20           | limo localmente debolmente sabbioso                                 |
| 103465              | 8,40           | sabbia medio fine limosa con ghiaia ghiaietto e ciottoli poligenici |
| 103465              | 10,40          | limo sabbioso con ghiaia e ghiaietto poligenici ossidati            |
| 103465              | 11,50          | sabbia media debolmente limosa                                      |
| 103465              | 11,80          | limo  |
| 103465              | 12,30          | sabbia fine limosa  |

| Nome perforazione        | Comune                 | Provincia      | Località  |
|--------------------------|------------------------|----------------|---|
| S21                      | Carsio                 | VC             | Stabilimento SACAL - Cascina La Beraglia                            |
| Data inizio perforazione | Data fine perforazione | Profondità (m) | Cantiere  |
| 12/10/1987               | 13/10/1987             | 12,00          | Idrogeologia: Indagine geologica nell'area dello stabilimento SACAL |

| Codice perforazione | Profondità (m) | Descrizione   |
|---------------------|----------------|---|
| 103468              | 0,90           | terreno vegetale limo debolmente sabbioso inglobante resti vegetali |
| 103468              | 3,40           | argilla debolmente limosa   |
| 103468              | 5,75           | sabbia medio fine limosa con ghiaia e ghiaietto poligenici          |
| 103468              | 6,70           | sabbia fine micacea   |
| 103468              | 8,65           | sabbia fine limosa con ghiaia ghiaietto e rari ciottoli poligenici  |
| 103468              | 11,20          | sabbia media debolmente limosa                                      |
| 103468              | 11,80          | limo con presenza di livelli ossidati                               |
| 103468              | 12,00          | sabbia media limosa e debolmente argillosa                          |

### 3.3 Prove penetrometriche dinamiche medie

Nell'area oggetto di intervento sono state eseguite 9 prove penetrometriche dinamiche medie con lo scopo di caratterizzare geotecnicamente i terreni in esame e contemporaneamente verificare l'omogeneità e la continuità laterale delle caratteristiche geomeccaniche dei terreni stessi.

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi) misurando il numero di colpi N necessari al suo avanzamento. Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione e interpretazione consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato, permettendo di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si riporta la suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente):

| Tipo          | Sigla di riferimento | Peso della massa M (kg) | Prof.max indagine battente (m) |
|---------------|----------------------|-------------------------|--------------------------------|
| Leggero       | DPL (Light)          | $M < 10$                | 8                              |
| Medio         | DPM (Medium)         | $10 < M < 40$           | 20-25                          |
| Pesante       | DPH (Heavy)          | $40 < M < 60$           | 25                             |
| Super pesante | DPSH (Super Heavy)   | $M > 60$                | 25                             |

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Penetrometro: DEEP DRILL DM30

|                                 |    |                    |
|---------------------------------|----|--------------------|
| Peso Massa battente             | M  | 30 kg              |
| Altezza di caduta libera        | H  | 0,20 m             |
| Peso sistema di battuta         | Pp | 12 kg              |
| Diametro punta conica           |    | 3,56 cm            |
| Area di base punta              | A  | 10 cm <sup>2</sup> |
| Lunghezza delle aste            |    | 1 m                |
| Peso aste a metro               | P  | 2,9 kg             |
| Diametro aste                   |    | 2,2 cm             |
| Profondità giunzione prima asta |    | 0,90 m             |
| Avanzamento punta               |    | 0,10 m             |
| Rivestimento/fanghi             |    | No                 |
| Angolo di apertura punta        |    | 60°                |

### Correlazione con N<sub>spt</sub>

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N<sub>SPT</sub> ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N<sub>SPT</sub>.

Il passaggio viene dato da:

$$N_{SPT} = N_{20}/\alpha$$

Dove:

$$\alpha = \frac{m_1 \cdot h_1 \cdot e_2 \cdot A_2}{m_2 \cdot h_2 \cdot e_1 \cdot A_1} \text{ formula da E. Pasqualini (1983), in cui:}$$

il pedice 1 si riferisce alla prova eseguita con un penetrometro SPT

il pedice 2 si riferisce alla prova eseguita con il penetrometro Penny30 della Compac

m = peso massa battente;

h = altezza di caduta;

A = area base punta conica;

e = passo di avanzamento.

Il coefficiente teorico di energia tra le prove SPT e le prove realizzate con il penetrometro Compac Penny 30 (DPM) è pertanto:

$$\alpha = 1,32$$

ovvero:

$$N_{SPT} = N_{10}/1,32$$

Valutazione resistenza dinamica alla punta R<sub>pd</sub>

Formula Olandesi:

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

R<sub>pd</sub> = resistenza dinamica punta (area A);

e = infissione media per colpo ( $\delta/N$ );

M = peso massa battente (altezza caduta H);

P = peso totale aste e sistema battuta.

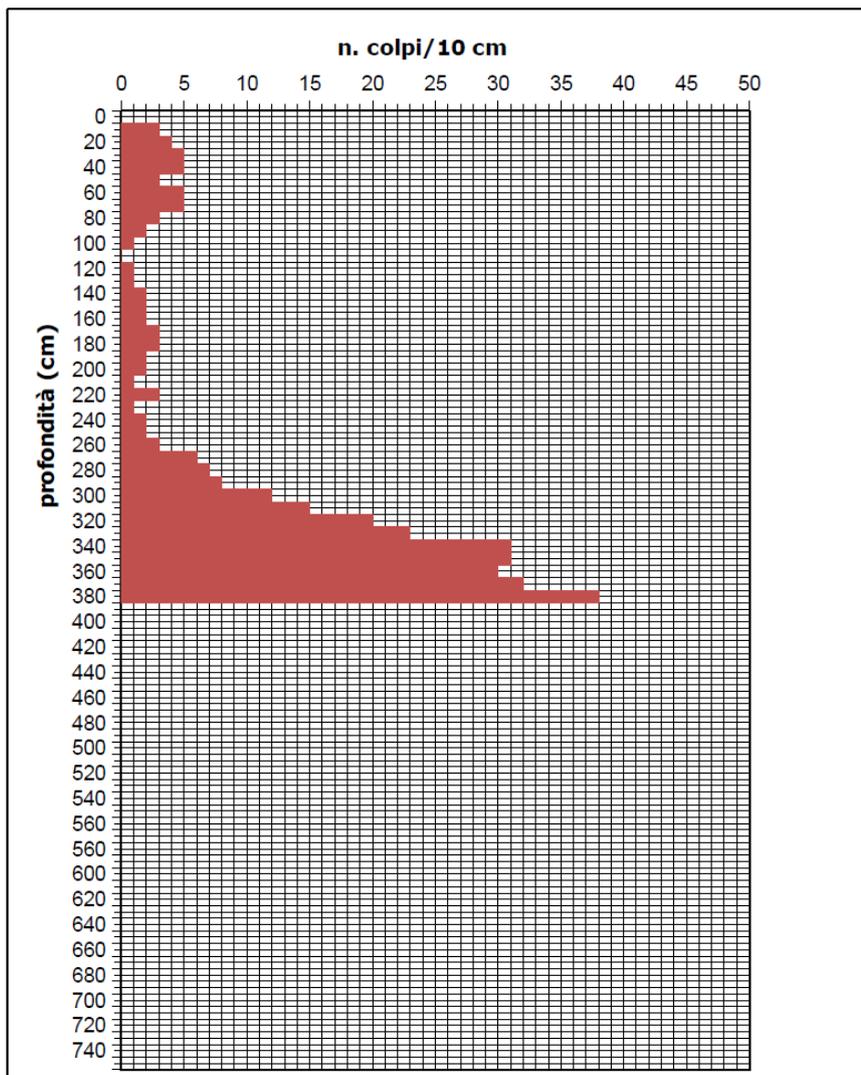
In seguito, si riportano una planimetria con l'ubicazione e i diagrammi penetrometrici delle prove eseguite.



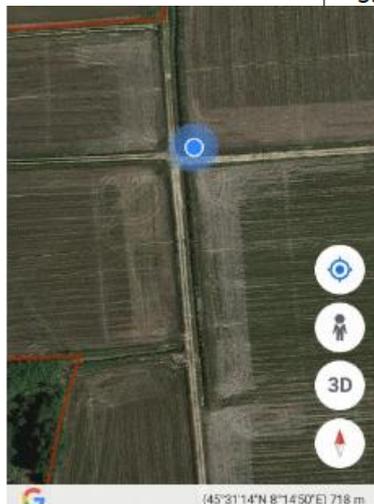
FIGURA 3-3: UBICAZIONE INDAGINI PENETROMETRICHE

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA**  
con penetrometro dinamico leggero italiano tipo DL 30 IT

|              |                           |          |                   |                              |       |                     |       |
|--------------|---------------------------|----------|-------------------|------------------------------|-------|---------------------|-------|
| Committente: | <b>Progetto 7 Sorelle</b> | data:    | <b>09/02/2023</b> | Caratteristiche penetrometro |       |                     |       |
| Località:    | <b>Castelletto Cervo</b>  | n°prova: | <b>P1</b>         | peso maglio:                 | 30 kg | intervallo lettura: | 10 cm |
| Progetto:    | <b>Fotovoltaico</b>       | falda:   | <b>assente</b>    | altezza caduta:              | 20 cm | lunghezza aste:     | 1 m   |

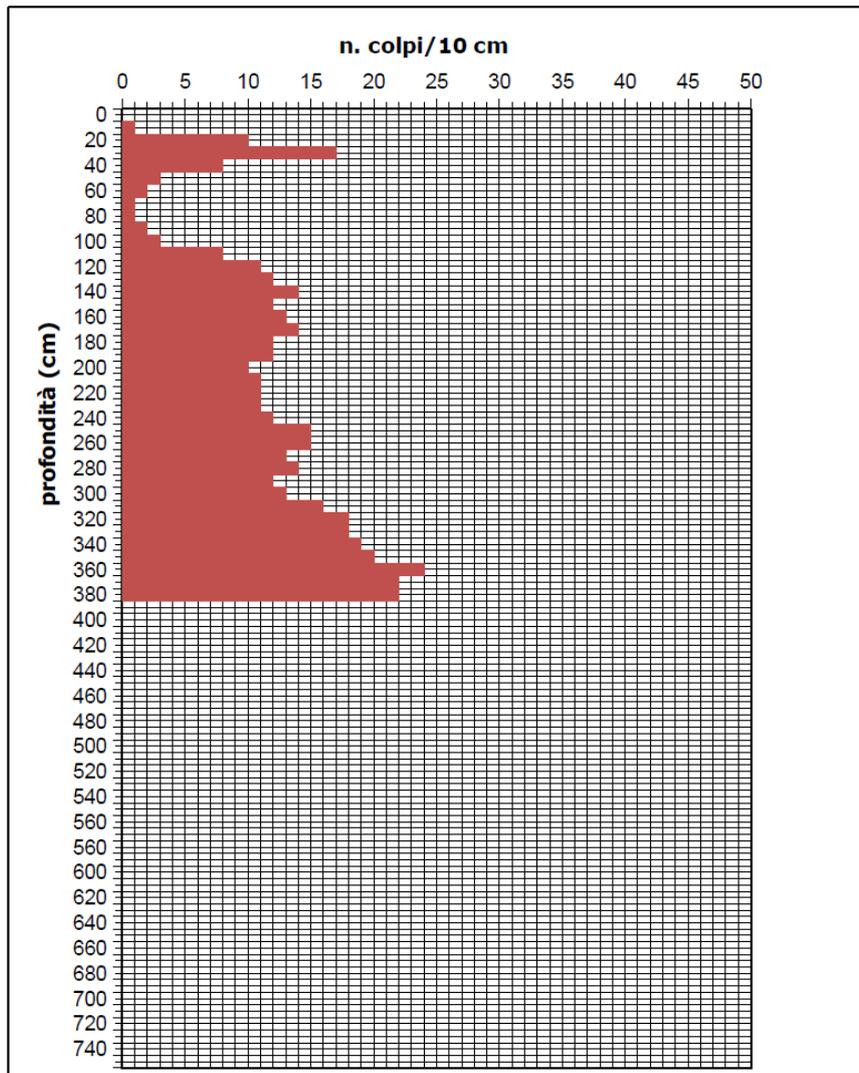


| profond. | n. colpi | profond. | n. colpi |
|----------|----------|----------|----------|
| 0        | 0        | 380      | 38       |
| 10       | 3        | 390      | 0        |
| 20       | 4        | 400      | 0        |
| 30       | 5        | 410      | 0        |
| 40       | 5        | 420      | 0        |
| 50       | 3        | 430      | 0        |
| 60       | 5        | 440      | 0        |
| 70       | 5        | 450      | 0        |
| 80       | 3        | 460      | 0        |
| 90       | 2        | 470      | 0        |
| 100      | 1        | 480      | 0        |
| 110      | 0        | 490      |          |
| 120      | 1        | 500      |          |
| 130      | 1        | 510      |          |
| 140      | 2        | 520      |          |
| 150      | 2        | 530      |          |
| 160      | 2        | 540      |          |
| 170      | 3        | 550      |          |
| 180      | 3        | 560      |          |
| 190      | 2        | 570      |          |
| 200      | 2        | 560      |          |
| 210      | 1        | 590      |          |
| 220      | 3        | 600      |          |
| 230      | 1        | 610      |          |
| 240      | 2        | 620      |          |
| 250      | 2        | 630      |          |
| 260      | 3        | 640      |          |
| 270      | 6        | 650      |          |
| 280      | 7        | 660      |          |
| 290      | 8        | 670      |          |
| 300      | 12       | 680      |          |
| 310      | 15       | 690      |          |
| 320      | 20       | 700      |          |
| 330      | 23       | 710      |          |
| 340      | 31       | 720      |          |
| 350      | 31       | 730      |          |
| 360      | 30       | 740      |          |
| 370      | 32       | 750      |          |

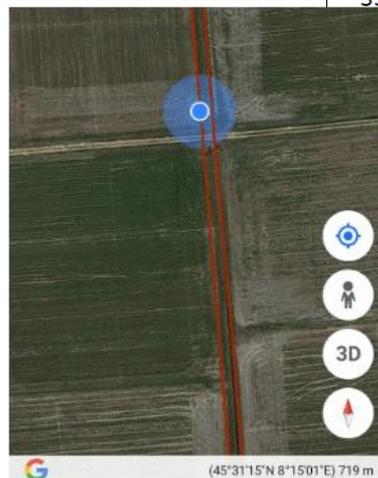


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA**  
 con penetrometro dinamico leggero italiano tipo DL 30 IT

|              |                           |          |                   |                              |       |                     |       |
|--------------|---------------------------|----------|-------------------|------------------------------|-------|---------------------|-------|
| Committente: | <b>Progetto 7 Sorelle</b> | data:    | <b>09/02/2023</b> | Caratteristiche penetrometro |       |                     |       |
| Località:    | <b>Castelletto Cervo</b>  | n°prova: | <b>P2</b>         | peso maglio:                 | 30 kg | intervallo lettura: | 10 cm |
| Progetto:    | <b>Fotovoltaico</b>       | falda:   | <b>assente</b>    | altezza caduta:              | 20 cm | lunghezza aste:     | 1 m   |

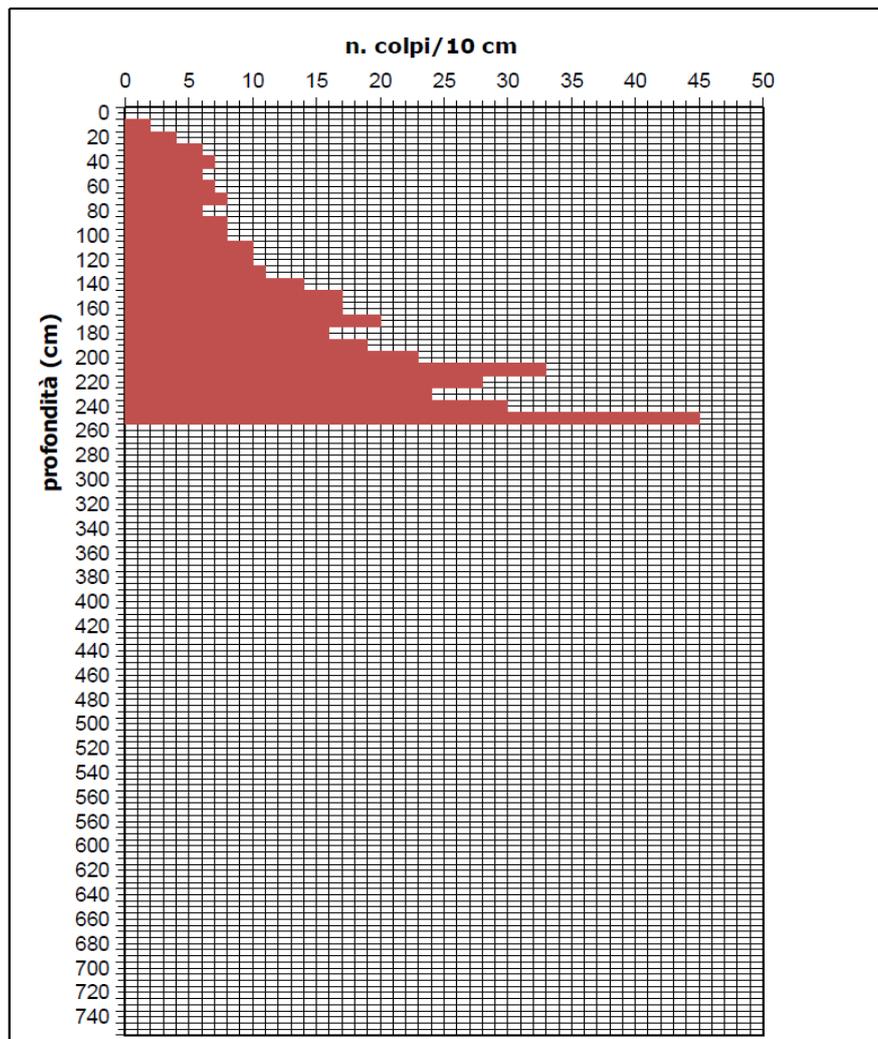


| profond. | n. colpi | profond. | n. colpi |
|----------|----------|----------|----------|
| 0        | 0        | 380      | 22       |
| 10       | 1        | 390      | 0        |
| 20       | 10       | 400      | 0        |
| 30       | 17       | 410      | 0        |
| 40       | 8        | 420      | 0        |
| 50       | 3        | 430      | 0        |
| 60       | 2        | 440      | 0        |
| 70       | 1        | 450      | 0        |
| 80       | 1        | 460      | 0        |
| 90       | 2        | 470      | 0        |
| 100      | 3        | 480      | 0        |
| 110      | 8        | 490      |          |
| 120      | 11       | 500      |          |
| 130      | 12       | 510      |          |
| 140      | 14       | 520      |          |
| 150      | 12       | 530      |          |
| 160      | 13       | 540      |          |
| 170      | 14       | 550      |          |
| 180      | 12       | 560      |          |
| 190      | 12       | 570      |          |
| 200      | 10       | 560      |          |
| 210      | 11       | 590      |          |
| 220      | 11       | 600      |          |
| 230      | 11       | 610      |          |
| 240      | 12       | 620      |          |
| 250      | 15       | 630      |          |
| 260      | 15       | 640      |          |
| 270      | 13       | 650      |          |
| 280      | 14       | 660      |          |
| 290      | 12       | 670      |          |
| 300      | 13       | 680      |          |
| 310      | 16       | 690      |          |
| 320      | 18       | 700      |          |
| 330      | 18       | 710      |          |
| 340      | 19       | 720      |          |
| 350      | 20       | 730      |          |
| 360      | 24       | 740      |          |
| 370      | 22       | 750      |          |

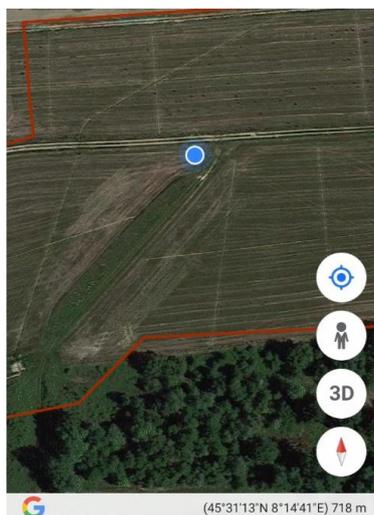


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA**  
con penetrometro dinamico leggero italiano tipo DL 30 IT

|              |                           |          |                   |                              |       |                     |       |
|--------------|---------------------------|----------|-------------------|------------------------------|-------|---------------------|-------|
| Committente: | <b>Progetto 7 Sorelle</b> | data:    | <b>09/02/2023</b> | Caratteristiche penetrometro |       |                     |       |
| Località:    | <b>Castelletto Cervo</b>  | n°prova: | <b>P3</b>         | peso maglio:                 | 30 kg | intervallo lettura: | 10 cm |
| Progetto:    | <b>Fotovoltaico</b>       | falda:   | <b>assente</b>    | altezza caduta:              | 20 cm | lunghezza aste:     | 1 m   |

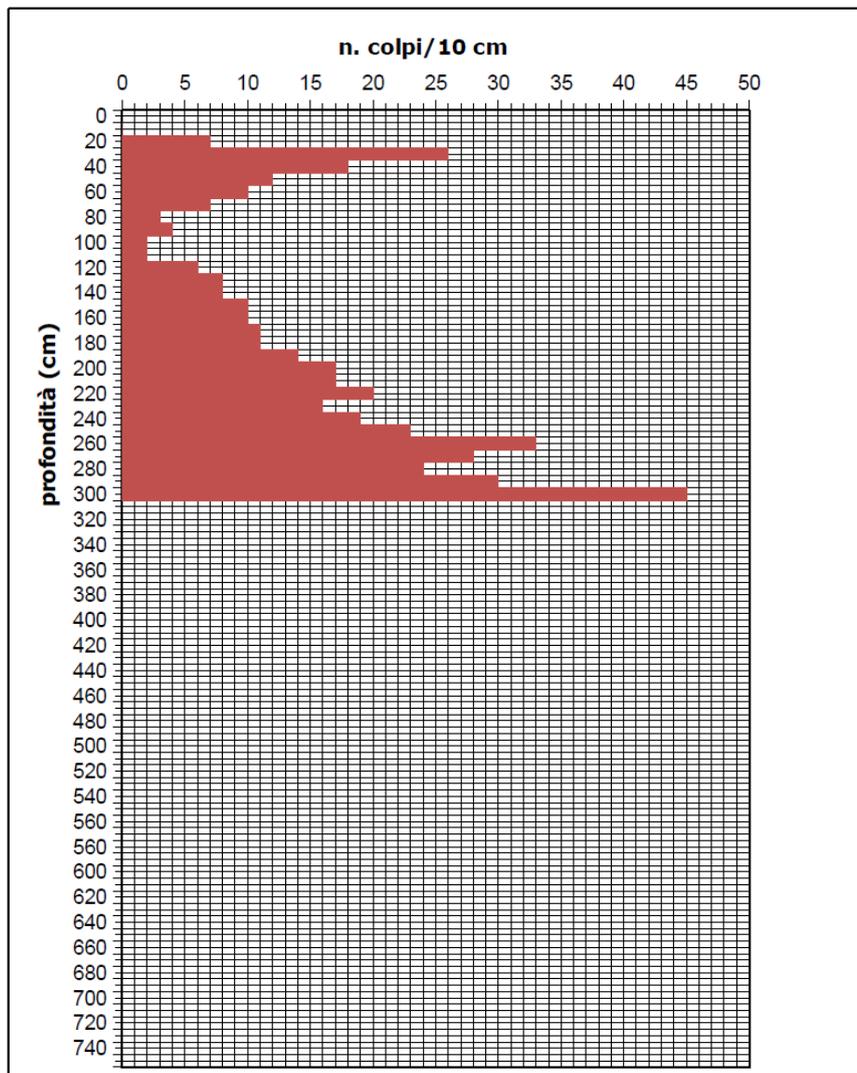


| profond. | n. colpi | profond. | n. colpi |
|----------|----------|----------|----------|
| 0        | 0        | 380      | 0        |
| 10       | 2        | 390      | 0        |
| 20       | 4        | 400      | 0        |
| 30       | 6        | 410      | 0        |
| 40       | 7        | 420      | 0        |
| 50       | 6        | 430      | 0        |
| 60       | 7        | 440      | 0        |
| 70       | 8        | 450      | 0        |
| 80       | 6        | 460      | 0        |
| 90       | 8        | 470      | 0        |
| 100      | 8        | 480      | 0        |
| 110      | 10       | 490      |          |
| 120      | 10       | 500      |          |
| 130      | 11       | 510      |          |
| 140      | 14       | 520      |          |
| 150      | 17       | 530      |          |
| 160      | 17       | 540      |          |
| 170      | 20       | 550      |          |
| 180      | 16       | 560      |          |
| 190      | 19       | 570      |          |
| 200      | 23       | 560      |          |
| 210      | 33       | 590      |          |
| 220      | 28       | 600      |          |
| 230      | 24       | 610      |          |
| 240      | 30       | 620      |          |
| 250      | 45       | 630      |          |
| 260      | 0        | 640      |          |
| 270      | 0        | 650      |          |
| 280      | 0        | 660      |          |
| 290      | 0        | 670      |          |
| 300      | 0        | 680      |          |
| 310      | 0        | 690      |          |
| 320      | 0        | 700      |          |
| 330      | 0        | 710      |          |
| 340      | 0        | 720      |          |
| 350      | 0        | 730      |          |
| 360      | 0        | 740      |          |
| 370      | 0        | 750      |          |

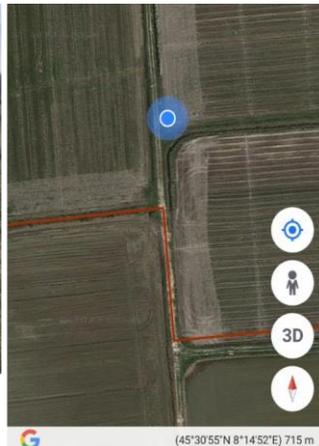


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA**  
 con penetrometro dinamico leggero italiano tipo DL 30 IT

|              |                           |          |                   |                              |       |                     |       |
|--------------|---------------------------|----------|-------------------|------------------------------|-------|---------------------|-------|
| Committente: | <b>Progetto 7 Sorelle</b> | data:    | <b>11/02/2023</b> | Caratteristiche penetrometro |       |                     |       |
| Località:    | <b>Castelletto Cervo</b>  | n°prova: | <b>P4</b>         | peso maglio:                 | 30 kg | intervallo lettura: | 10 cm |
| Progetto:    | <b>Fotovoltaico</b>       | falda:   | <b>assente</b>    | altezza caduta:              | 20 cm | lunghezza aste:     | 1 m   |

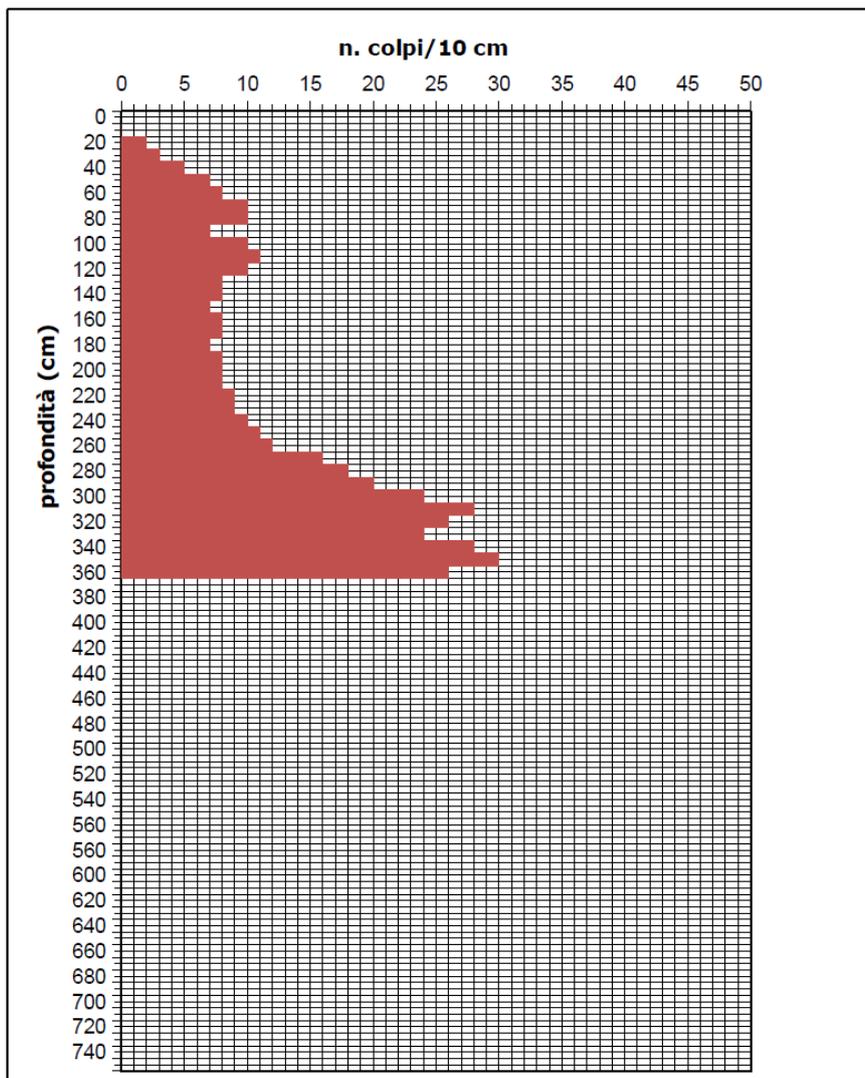


| profond. | n. colpi | profond. | n. colpi |
|----------|----------|----------|----------|
| 0        | 0        | 380      | 0        |
| 10       | 0        | 390      | 0        |
| 20       | 7        | 400      | 0        |
| 30       | 26       | 410      | 0        |
| 40       | 18       | 420      | 0        |
| 50       | 12       | 430      | 0        |
| 60       | 10       | 440      | 0        |
| 70       | 7        | 450      | 0        |
| 80       | 3        | 460      | 0        |
| 90       | 4        | 470      | 0        |
| 100      | 2        | 480      | 0        |
| 110      | 2        | 490      |          |
| 120      | 6        | 500      |          |
| 130      | 8        | 510      |          |
| 140      | 8        | 520      |          |
| 150      | 10       | 530      |          |
| 160      | 10       | 540      |          |
| 170      | 11       | 550      |          |
| 180      | 11       | 560      |          |
| 190      | 14       | 570      |          |
| 200      | 17       | 560      |          |
| 210      | 17       | 590      |          |
| 220      | 20       | 600      |          |
| 230      | 16       | 610      |          |
| 240      | 19       | 620      |          |
| 250      | 23       | 630      |          |
| 260      | 33       | 640      |          |
| 270      | 28       | 650      |          |
| 280      | 24       | 660      |          |
| 290      | 30       | 670      |          |
| 300      | 45       | 680      |          |
| 310      | 0        | 690      |          |
| 320      | 0        | 700      |          |
| 330      | 0        | 710      |          |
| 340      | 0        | 720      |          |
| 350      | 0        | 730      |          |
| 360      | 0        | 740      |          |
| 370      | 0        | 750      |          |

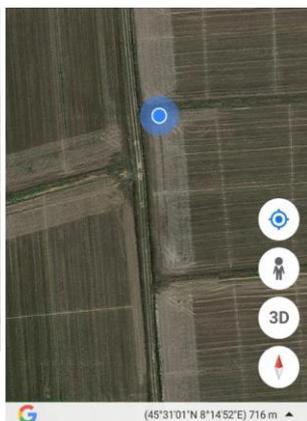


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA**  
con penetrometro dinamico leggero italiano tipo DL 30 IT

|              |                           |          |                   |                              |       |                     |       |
|--------------|---------------------------|----------|-------------------|------------------------------|-------|---------------------|-------|
| Committente: | <b>Progetto 7 Sorelle</b> | data:    | <b>11/02/2023</b> | Caratteristiche penetrometro |       |                     |       |
| Località:    | <b>Castelletto Cervo</b>  | n°prova: | <b>P5</b>         | peso maglio:                 | 30 kg | intervallo lettura: | 10 cm |
| Progetto:    | <b>Fotovoltaico</b>       | falda:   | <b>assente</b>    | altezza caduta:              | 20 cm | lunghezza aste:     | 1 m   |

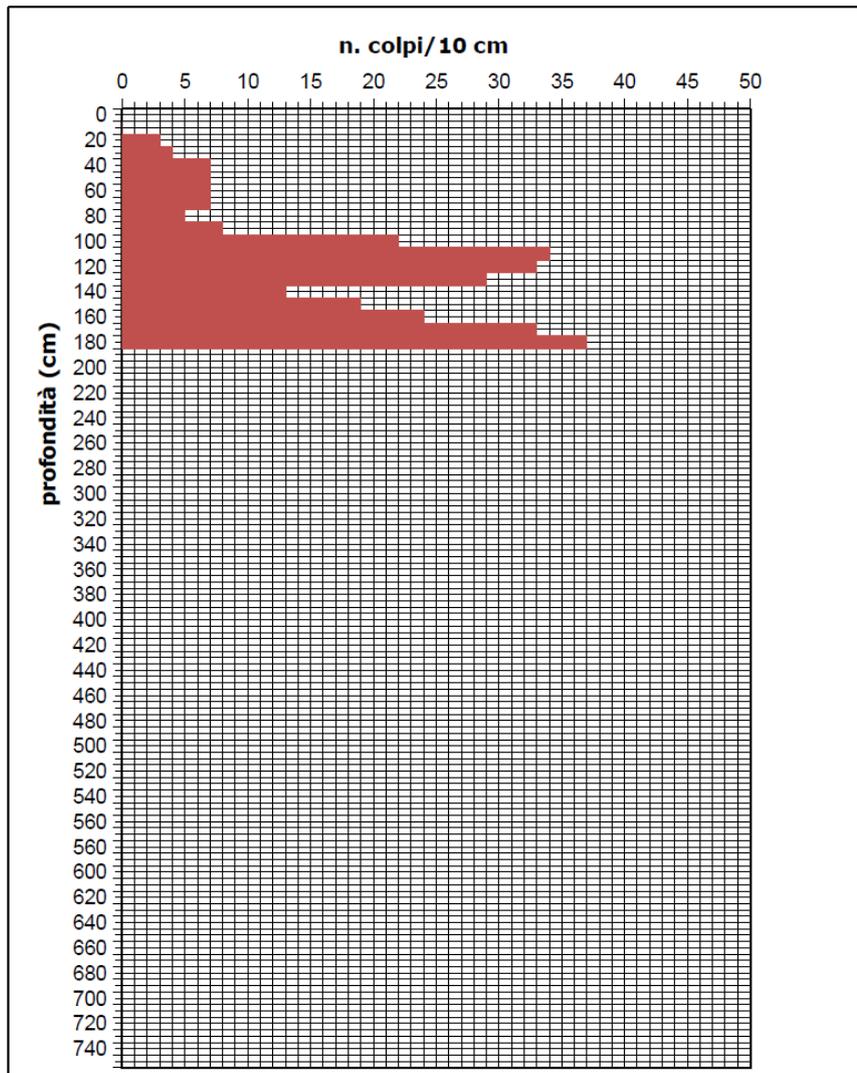


| profond. | n. colpi | profond. | n. colpi |
|----------|----------|----------|----------|
| 0        | 0        | 380      | 0        |
| 10       | 0        | 390      | 0        |
| 20       | 2        | 400      | 0        |
| 30       | 3        | 410      | 0        |
| 40       | 5        | 420      | 0        |
| 50       | 7        | 430      | 0        |
| 60       | 8        | 440      | 0        |
| 70       | 10       | 450      | 0        |
| 80       | 10       | 460      | 0        |
| 90       | 7        | 470      | 0        |
| 100      | 10       | 480      | 0        |
| 110      | 11       | 490      |          |
| 120      | 10       | 500      |          |
| 130      | 8        | 510      |          |
| 140      | 8        | 520      |          |
| 150      | 7        | 530      |          |
| 160      | 8        | 540      |          |
| 170      | 8        | 550      |          |
| 180      | 7        | 560      |          |
| 190      | 8        | 570      |          |
| 200      | 8        | 560      |          |
| 210      | 8        | 590      |          |
| 220      | 9        | 600      |          |
| 230      | 9        | 610      |          |
| 240      | 10       | 620      |          |
| 250      | 11       | 630      |          |
| 260      | 12       | 640      |          |
| 270      | 16       | 650      |          |
| 280      | 18       | 660      |          |
| 290      | 20       | 670      |          |
| 300      | 24       | 680      |          |
| 310      | 28       | 690      |          |
| 320      | 26       | 700      |          |
| 330      | 24       | 710      |          |
| 340      | 28       | 720      |          |
| 350      | 30       | 730      |          |
| 360      | 26       | 740      |          |
| 370      | 0        | 750      |          |

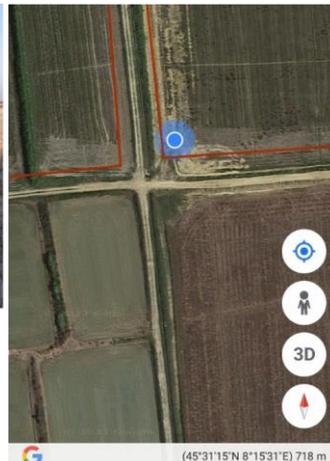


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA**  
 con penetrometro dinamico leggero italiano tipo DL 30 IT

|              |                           |          |                   |                              |       |                     |       |
|--------------|---------------------------|----------|-------------------|------------------------------|-------|---------------------|-------|
| Committente: | <b>Progetto 7 Sorelle</b> | data:    | <b>09/02/2023</b> | Caratteristiche penetrometro |       |                     |       |
| Località:    | <b>Castelletto Cervo</b>  | n°prova: | <b>P6</b>         | peso maglio:                 | 30 kg | intervallo lettura: | 10 cm |
| Progetto:    | <b>Fotovoltaico</b>       | falda:   | <b>assente</b>    | altezza caduta:              | 20 cm | lunghezza aste:     | 1 m   |

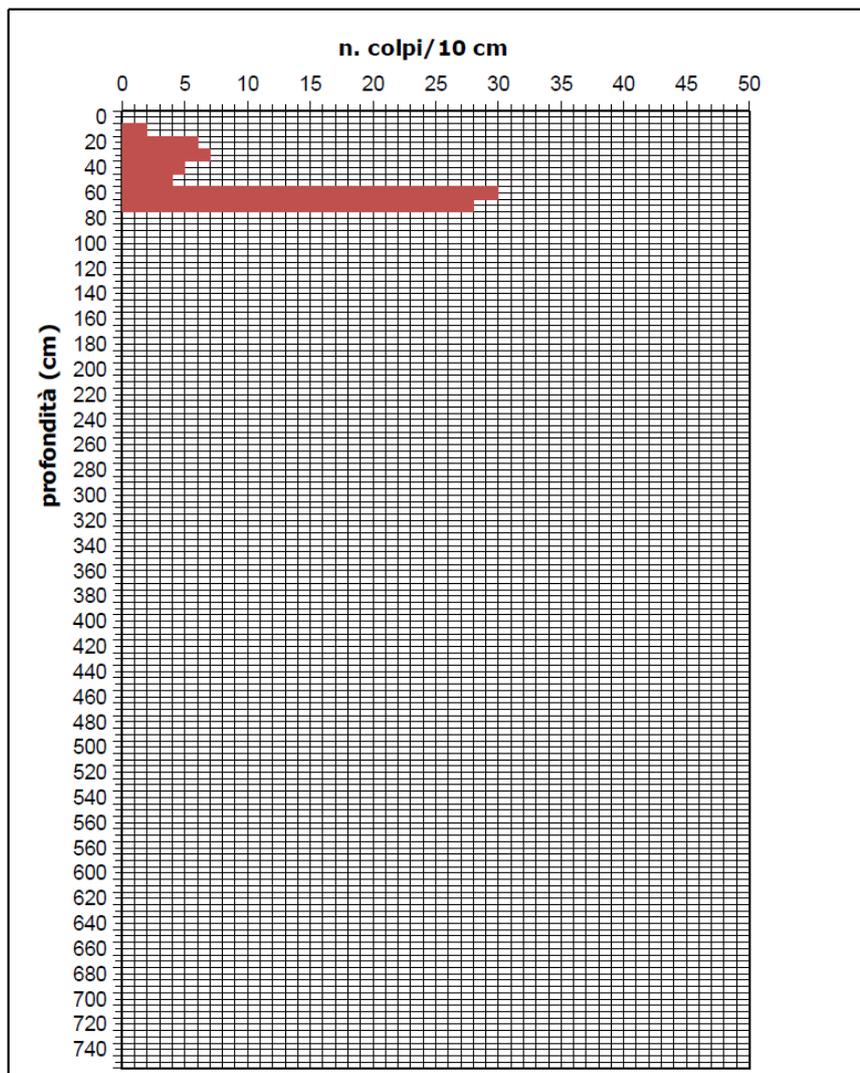


| profond. | n. colpi | profond. | n. colpi |
|----------|----------|----------|----------|
| 0        | 0        | 380      | 0        |
| 10       | 0        | 390      | 0        |
| 20       | 3        | 400      | 0        |
| 30       | 4        | 410      | 0        |
| 40       | 7        | 420      | 0        |
| 50       | 7        | 430      | 0        |
| 60       | 7        | 440      | 0        |
| 70       | 7        | 450      | 0        |
| 80       | 5        | 460      | 0        |
| 90       | 8        | 470      | 0        |
| 100      | 22       | 480      | 0        |
| 110      | 34       | 490      |          |
| 120      | 33       | 500      |          |
| 130      | 29       | 510      |          |
| 140      | 13       | 520      |          |
| 150      | 19       | 530      |          |
| 160      | 24       | 540      |          |
| 170      | 33       | 550      |          |
| 180      | 37       | 560      |          |
| 190      | 0        | 570      |          |
| 200      | 0        | 560      |          |
| 210      | 0        | 590      |          |
| 220      | 0        | 600      |          |
| 230      | 0        | 610      |          |
| 240      | 0        | 620      |          |
| 250      | 0        | 630      |          |
| 260      | 0        | 640      |          |
| 270      | 0        | 650      |          |
| 280      | 0        | 660      |          |
| 290      | 0        | 670      |          |
| 300      | 0        | 680      |          |
| 310      | 0        | 690      |          |
| 320      | 0        | 700      |          |
| 330      | 0        | 710      |          |
| 340      | 0        | 720      |          |
| 350      | 0        | 730      |          |
| 360      | 0        | 740      |          |
| 370      | 0        | 750      |          |

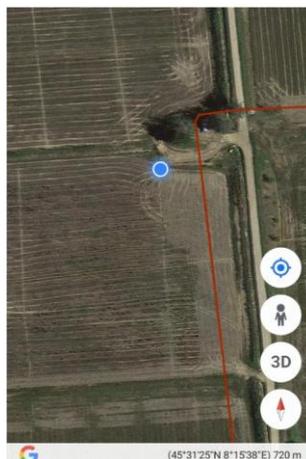


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA**  
con penetrometro dinamico leggero italiano tipo DL 30 IT

|              |                           |          |                   |                              |       |                     |       |
|--------------|---------------------------|----------|-------------------|------------------------------|-------|---------------------|-------|
| Committente: | <b>Progetto 7 Sorelle</b> | data:    | <b>11/02/2023</b> | Caratteristiche penetrometro |       |                     |       |
| Località:    | <b>Castelletto Cervo</b>  | n°prova: | <b>P7</b>         | peso maglio:                 | 30 kg | intervallo lettura: | 10 cm |
| Progetto:    | <b>Fotovoltaico</b>       | falda:   | <b>assente</b>    | altezza caduta:              | 20 cm | lunghezza aste:     | 1 m   |

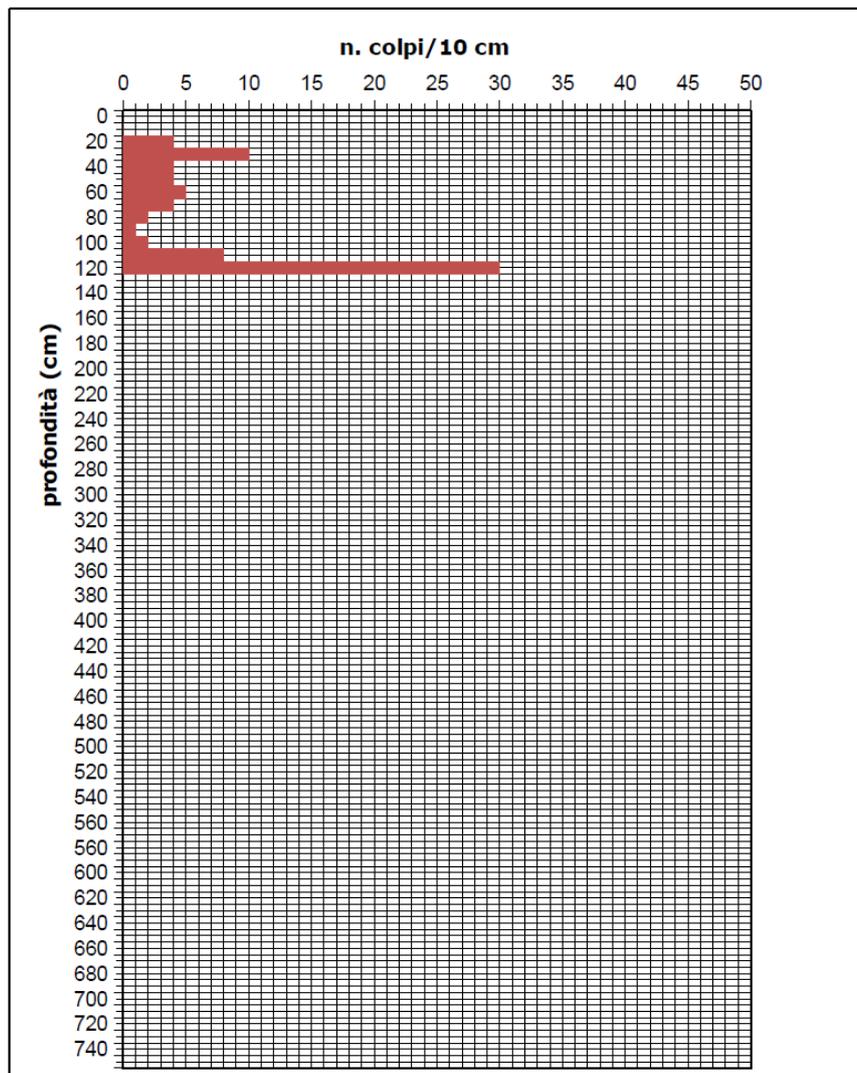


| profond. | n. colpi | profond. | n. colpi |
|----------|----------|----------|----------|
| 0        | 0        | 380      | 0        |
| 10       | 2        | 390      | 0        |
| 20       | 6        | 400      | 0        |
| 30       | 7        | 410      | 0        |
| 40       | 5        | 420      | 0        |
| 50       | 4        | 430      | 0        |
| 60       | 30       | 440      | 0        |
| 70       | 28       | 450      | 0        |
| 80       | 0        | 460      | 0        |
| 90       | 0        | 470      | 0        |
| 100      | 0        | 480      | 0        |
| 110      | 0        | 490      |          |
| 120      | 0        | 500      |          |
| 130      | 0        | 510      |          |
| 140      | 0        | 520      |          |
| 150      | 0        | 530      |          |
| 160      | 0        | 540      |          |
| 170      | 0        | 550      |          |
| 180      | 0        | 560      |          |
| 190      | 0        | 570      |          |
| 200      | 0        | 560      |          |
| 210      | 0        | 590      |          |
| 220      | 0        | 600      |          |
| 230      | 0        | 610      |          |
| 240      | 0        | 620      |          |
| 250      | 0        | 630      |          |
| 260      | 0        | 640      |          |
| 270      | 0        | 650      |          |
| 280      | 0        | 660      |          |
| 290      | 0        | 670      |          |
| 300      | 0        | 680      |          |
| 310      | 0        | 690      |          |
| 320      | 0        | 700      |          |
| 330      | 0        | 710      |          |
| 340      | 0        | 720      |          |
| 350      | 0        | 730      |          |
| 360      | 0        | 740      |          |
| 370      | 0        | 750      |          |



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA**  
 con penetrometro dinamico leggero italiano tipo DL 30 IT

|              |                           |          |                   |                              |       |                     |       |
|--------------|---------------------------|----------|-------------------|------------------------------|-------|---------------------|-------|
| Committente: | <b>Progetto 7 Sorelle</b> | data:    | <b>11/02/2023</b> | Caratteristiche penetrometro |       |                     |       |
| Località:    | <b>Castelletto Cervo</b>  | n°prova: | <b>P8</b>         | peso maglio:                 | 30 kg | intervallo lettura: | 10 cm |
| Progetto:    | <b>Fotovoltaico</b>       | falda:   | <b>assente</b>    | altezza caduta:              | 20 cm | lunghezza aste:     | 1 m   |

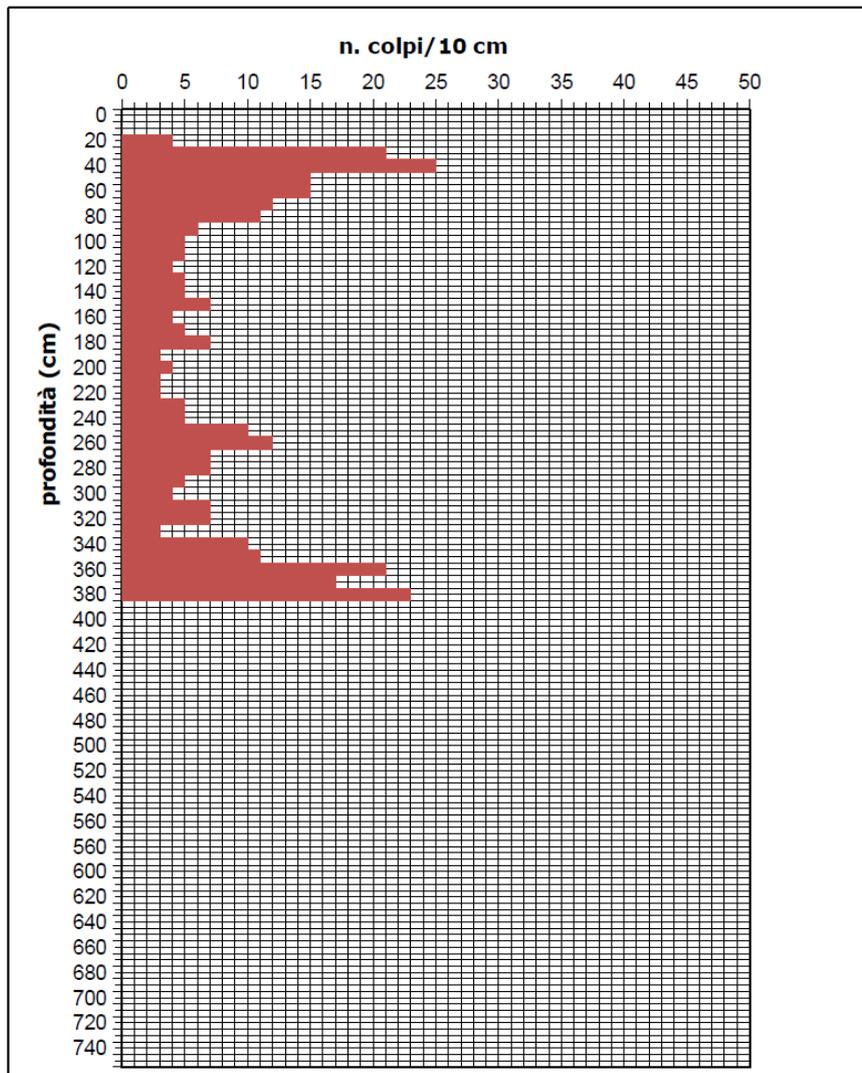


| profond. | n. colpi | profond. | n. colpi |
|----------|----------|----------|----------|
| 0        | 0        | 380      | 0        |
| 10       | 0        | 390      | 0        |
| 20       | 4        | 400      | 0        |
| 30       | 10       | 410      | 0        |
| 40       | 4        | 420      | 0        |
| 50       | 4        | 430      | 0        |
| 60       | 5        | 440      | 0        |
| 70       | 4        | 450      | 0        |
| 80       | 2        | 460      | 0        |
| 90       | 1        | 470      | 0        |
| 100      | 2        | 480      | 0        |
| 110      | 8        | 490      |          |
| 120      | 30       | 500      |          |
| 130      | 0        | 510      |          |
| 140      | 0        | 520      |          |
| 150      | 0        | 530      |          |
| 160      | 0        | 540      |          |
| 170      | 0        | 550      |          |
| 180      | 0        | 560      |          |
| 190      | 0        | 570      |          |
| 200      | 0        | 560      |          |
| 210      | 0        | 590      |          |
| 220      | 0        | 600      |          |
| 230      | 0        | 610      |          |
| 240      | 0        | 620      |          |
| 250      | 0        | 630      |          |
| 260      | 0        | 640      |          |
| 270      | 0        | 650      |          |
| 280      | 0        | 660      |          |
| 290      | 0        | 670      |          |
| 300      | 0        | 680      |          |
| 310      | 0        | 690      |          |
| 320      | 0        | 700      |          |
| 330      | 0        | 710      |          |
| 340      | 0        | 720      |          |
| 350      | 0        | 730      |          |
| 360      | 0        | 740      |          |
| 370      | 0        | 750      |          |

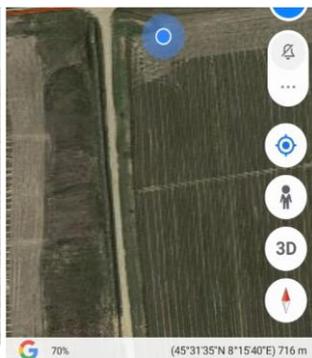


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA**  
con penetrometro dinamico leggero italiano tipo DL 30 IT

|              |                           |          |                   |                              |       |                     |       |
|--------------|---------------------------|----------|-------------------|------------------------------|-------|---------------------|-------|
| Committente: | <b>Progetto 7 Sorelle</b> | data:    | <b>11/02/2023</b> | Caratteristiche penetrometro |       |                     |       |
| Località:    | <b>Castelletto Cervo</b>  | n°prova: | <b>P9</b>         | peso maglio:                 | 30 kg | intervallo lettura: | 10 cm |
| Progetto:    | <b>Fotovoltaico</b>       | falda:   | <b>assente</b>    | altezza caduta:              | 20 cm | lunghezza aste:     | 1 m   |



| profond. | n. colpi | profond. | n. colpi |
|----------|----------|----------|----------|
| 0        | 0        | 380      | 23       |
| 10       | 0        | 390      | 0        |
| 20       | 4        | 400      | 0        |
| 30       | 21       | 410      | 0        |
| 40       | 25       | 420      | 0        |
| 50       | 15       | 430      | 0        |
| 60       | 15       | 440      | 0        |
| 70       | 12       | 450      | 0        |
| 80       | 11       | 460      | 0        |
| 90       | 6        | 470      | 0        |
| 100      | 5        | 480      | 0        |
| 110      | 5        | 490      |          |
| 120      | 4        | 500      |          |
| 130      | 5        | 510      |          |
| 140      | 5        | 520      |          |
| 150      | 7        | 530      |          |
| 160      | 4        | 540      |          |
| 170      | 5        | 550      |          |
| 180      | 7        | 560      |          |
| 190      | 3        | 570      |          |
| 200      | 4        | 580      |          |
| 210      | 3        | 590      |          |
| 220      | 3        | 600      |          |
| 230      | 5        | 610      |          |
| 240      | 5        | 620      |          |
| 250      | 10       | 630      |          |
| 260      | 12       | 640      |          |
| 270      | 7        | 650      |          |
| 280      | 7        | 660      |          |
| 290      | 5        | 670      |          |
| 300      | 4        | 680      |          |
| 310      | 7        | 690      |          |
| 320      | 7        | 700      |          |
| 330      | 3        | 710      |          |
| 340      | 10       | 720      |          |
| 350      | 11       | 730      |          |
| 360      | 21       | 740      |          |
| 370      | 17       | 750      |          |



### 3.4 Caratterizzazione litostratigrafica di dettaglio

#### **Impianto Fotovoltaico**

Trattandosi di due aree particolarmente estese non può essere definita una stratigrafia univoca e di dettaglio.

Tuttavia, conoscendo la geologia regionale in cui è inserito il sito in oggetto, e avendo eseguito 9 prove penetrometriche distribuite sulle 2 aree si può delineare una stratigrafia di massima generica, basata sulle analogie dei risultati delle diverse prove realizzate, al netto delle differenze topografica dovute alla morfologia antropica a terrazzamenti.

#### Area 1 (a Ovest)

- “strato 1”: tra il piano campagna e circa 2,3 m:  
suolo agrario, limi sabbiosi a bassa consistenza;
- “strato 2”: oltre 2,3 m da p.c.:  
substrato ghiaioso sabbioso con ciottoli (bedrock fluvioglaciale);

#### Area 2 (a Est)

- “strato 1”: tra il piano campagna e circa 0,9 m:  
suolo agrario, limi sabbiosi a bassa consistenza;
- “strato 2”: oltre 0,9 m da p.c.;  
substrato ghiaioso sabbioso con ciottoli (bedrock fluvioglaciale);

Per meglio comprendere i rapporti fra il substrato ghiaioso (bedrock fluvioglaciale) e la superficie topografica caratterizzata da dislivelli artificiali legati alla morfologia antropica a terrazzamenti, vengono riportate due immagini: nella prima si affianca all'ubicazione della prova penetrometrica la quota topografica corrispondente e la quota in metri da p.c. di intercettazione del substrato; nella seconda si affianca all'ubicazione della prova la quota assoluta del bedrock ricavata dalla differenza fra quella topografica e quella relativa di intercettazione della prova.

Da questa elaborazione si può notare come il bedrock conosca una generale pendenza verso Sud, con una maggiore componente ad Ovest per l'area a Ovest.

Questo schema a “ventaglio” riporta alla morfologia tipica dei conoidi alluvionali: nella fattispecie l'asse centrale del conoide su cui sono poste le due aree si troverebbe in corrispondenza dell'allineamento delle prove P8 e P6.



FIGURA 3-4: UBICAZIONE INDAGINI PENETROMETRICHE, QUOTA TOPOGRAFICA (M S.L.M.) IN GIALLO, E QUOTA DI INTERCETTAZIONE DEL BEDROCK A PARTIRE DAL PIANO CAMPAGNA IN VIOLA.



FIGURA 3-5: UBICAZIONE INDAGINI PENETROMETRICHE E QUOTE ASSOLUTE (M S.L.M.) DEL BEDROCK IN ARANCIONE

### Cabina di sezionamento

Per quanto concerne la stratigrafia dei terreni in corrispondenza della futura cabina di sezionamento prevista nel territorio di Buronzo, non avendo dati puntuali che potranno essere implementati in una fase successiva all'approvazione dell'intero progetto, e una volta a conoscenza delle caratteristiche architettoniche e strutturali della stessa, ci si può solo basare sulle conoscenze generali dell'area.

L'area in oggetto è limitrofa all'asse del Torrente Cervo, ed è caratterizzata da terreni di tipo alluvionale ghiaioso- sabbioso.

Secondo i dati disponibili, ovvero 5 stratigrafie realizzate per il ponte ferroviario sul Torrente Cervo, si può presupporre che la stratigrafia dei terreni sia prevalentemente sabbiosa- sabbioso limosa.

## 4 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDROGEOLOGICA

### 4.1 Idrografia superficiale

L'idrografia superficiale dell'area dell'impianto fotovoltaico è rappresentata dal torrente Triogna, che solca Nord-Sud la Riserva delle Baragge, arrivando a scorrere nel mezzo delle due aree destinate all'impianto. Questo torrente alimenta corsi minori utilizzati per l'irrigazione dei campi.

Al confine Est dell'area scorre invece a quote ribassate e con andamento meandriforme, direzione Nord-Sud, il Torrente Guarabione.

Il campo fotovoltaico rimane al di sopra della scarpata fluviale, a quote decisamente maggiori (circa 5 metri) dall'attuale corso, e pertanto non ne è influenzato negativamente.

I due corsi d'acqua più a Sud confluiscono e vanno ad alimentare la roggia di Buronzo.

Per quanto riguarda invece la cabina di sezionamento, essa verrà realizzata in un tratto di pianura delimitato a Nord dalla Roggia di Balocco e a Sud dal torrente Cervo. Dalla cartografia di Prgc di Buronzo il sito risulta comunque esterno alla fascia C Pai.

Per quanto riguarda invece la stazione elettrica e il suo ampliamento, la zona relativa è solcata da canali irrigui il cui principale è il torrente Odda. A Nord e a Sud dell'area scorrono rispettivamente il Torrente Cervo e il Torrente Elvo. Tuttavia, il sito rimane al di fuori del limite della fascia C PAI.

Si riporta di seguito tavola riassuntiva per le tre aree con indicazione dei percorsi dei corsi d'acqua citati.

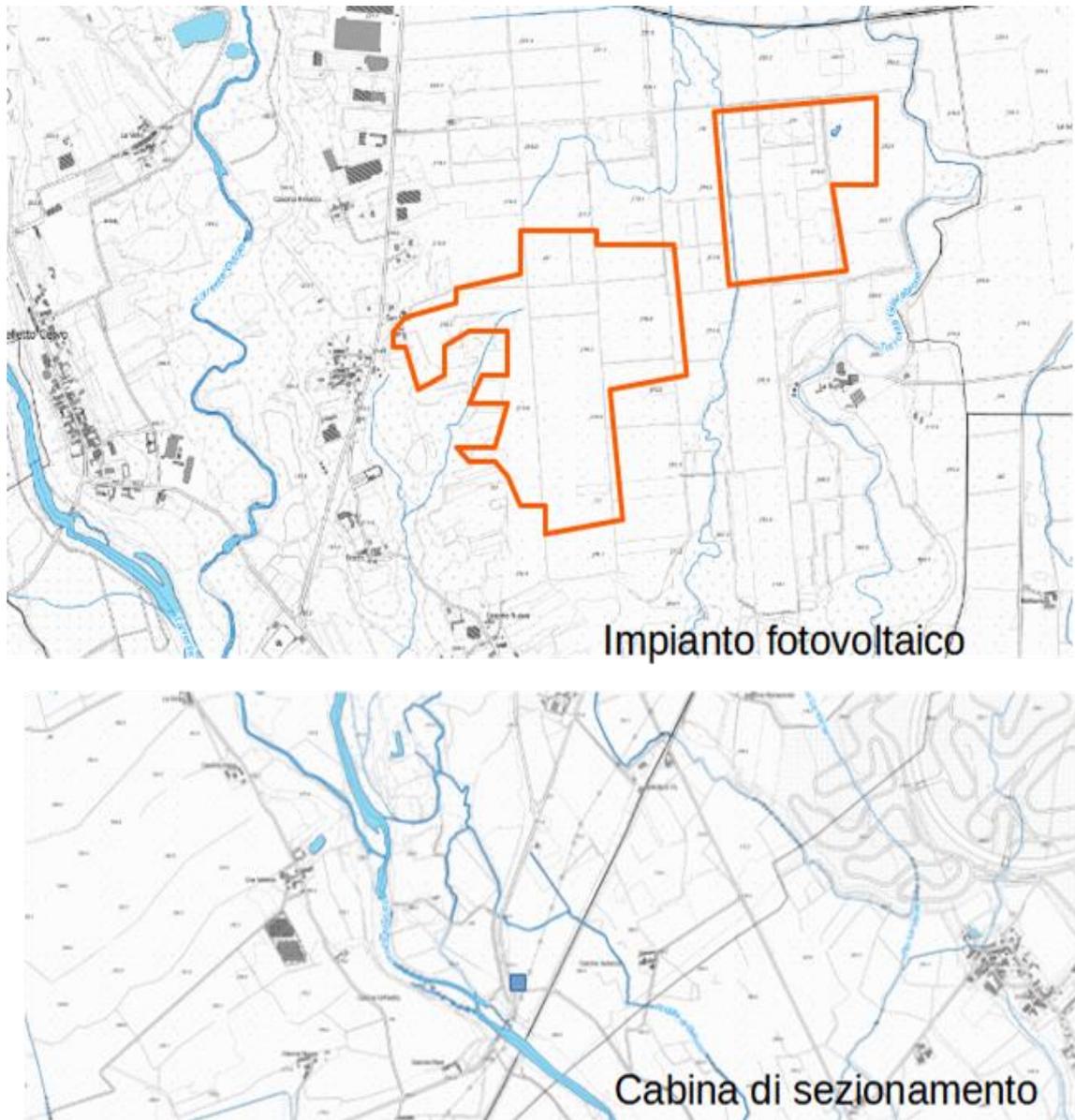


FIGURA 4-1: UBICAZIONE DEI TRE SITI SUGLI ESTRATTI DELLA CARTOGRAFIA DEI CORSI D'ACQUA REGIONALE.

## 4.2 Idrogeologia dell'area

### Idrogeologia

Dal punto di vista idrogeologico, l'assetto dell'area ricalca quello tipico della pianura Vercellese, a sua volta non dissimile dal resto dell'intero settore Piemontese del Bacino Padano.

La circolazione idrica sotterranea a grande scala avviene per permeabilità delle alluvioni fluviali e fluvioglaciali, le cui potenze raggiungono le centinaia di metri e aumentano avanzando verso SE e la pianura vercellese.

Quindi, la circolazione idrica sotterranea può essere schematizzata come un sistema multifalda in alluvioni grossolane e assai permeabili, separato localmente da livelli impermeabili, costituiti da paleosuoli

sepolti, livelli loessici, alluvioni limoso-argillose, anche estesi arealmente, ma non privi di discontinuità, tali da connettere i livelli permeabili.

In gran parte del territorio provinciale la falda superficiale ha generalmente una direzione nord ovest - sud est ed è fortemente condizionata dall'azione drenante del Torrente Cervo nel settore centro settentrionale e del Torrente Elvo nel settore sud-occidentale. Anche gli affluenti dei corsi d'acqua principali svolgono una modesta azione drenante.

La topografia condiziona l'andamento delle linee isopiezometriche, in particolare nelle aree di terrazzo. I gradienti maggiori si riscontrano a ridosso dei rilievi alpini in corrispondenza dei terrazzi e quelli minori nelle zone meridionali.

Le falde freatiche, principali e sospese, come del resto anche quelle ad esse sottostanti, sono alimentate dalle acque meteoriche e dai subalvei dei corsi d'acqua che solcano la pianura vercellese e che scorrono a volte su materiali ad elevata permeabilità; queste falde sono condizionate dalla diversa permeabilità dei materiali con conseguente modificazione della velocità e direzione del flusso idrico sotterraneo.

La velocità di flusso, la composizione chimica, l'orientazione delle isofreatiche indicano che la provenienza è da NW e l'infiltrazione maggiore si realizza attraverso la percolazione delle acque meteoriche e dalla perdita dei numerosi canali e rogge che solcano il territorio.

Di seguito viene sintetizzata la situazione locale del terreno:

#### *Complesso ghiaioso (Livello acquifero libero e Semiconfinato)*

I depositi alluvionali che costituiscono questo complesso affiorano in pianura in modo continuo. Le ghiaie sabbiose del complesso quaternario costituiscono un acquifero libero localizzato, la falda ivi ospitata, pur avendo in quasi tutta l'area connotazioni freatiche, risulta localmente confinata a causa di livelli costituiti da materiale fine a conducibilità idraulica relativa inferiore.

#### *Complesso delle alternanze*

È costituito da alternanze di livelli ghiaioso-sabbiosi con livelli più fini che vanno dal tipo argilloso-limoso a quello sabbioso-argilloso. Esso mostra una geometria lenticolare. La base di questo complesso è molto profonda ed è stata raggiunta solo in alcuni sondaggi ai bordi della pianura e nelle stratigrafie di alcune perforazioni profonde. Costituisce il substrato profondo nell'area in esame, a partire da svariate decine di metri dal p.c.

### 4.3 Falda freatica

Sulla base delle informazioni bibliografiche, si ottiene il valore medio della quota della falda freatica relativa al primo complesso superficiale sopra descritto.

Per quanto riguarda l'area dell'impianto fotovoltaico, come si può notare in fig. 14, nell'area di interesse è compresa fra l'isopiezia 200 e la 195, a fronte di una topografia compresa fra 220 e 213 m sl.m. Pertanto, la falda freatica ha una **soggiacenza media compresa nel range di 18 e 20 m dal p.c.**

Per quanto riguarda la falda in corrispondenza della cabina di sezionamento invece, si nota come il Torrente Cervo abbia azione drenante sulla falda.

Si consideri un valore medio di 5 metri di soggiacenza, legato per lo più al pelo libero del torrente Cervo, variabile con le piene.

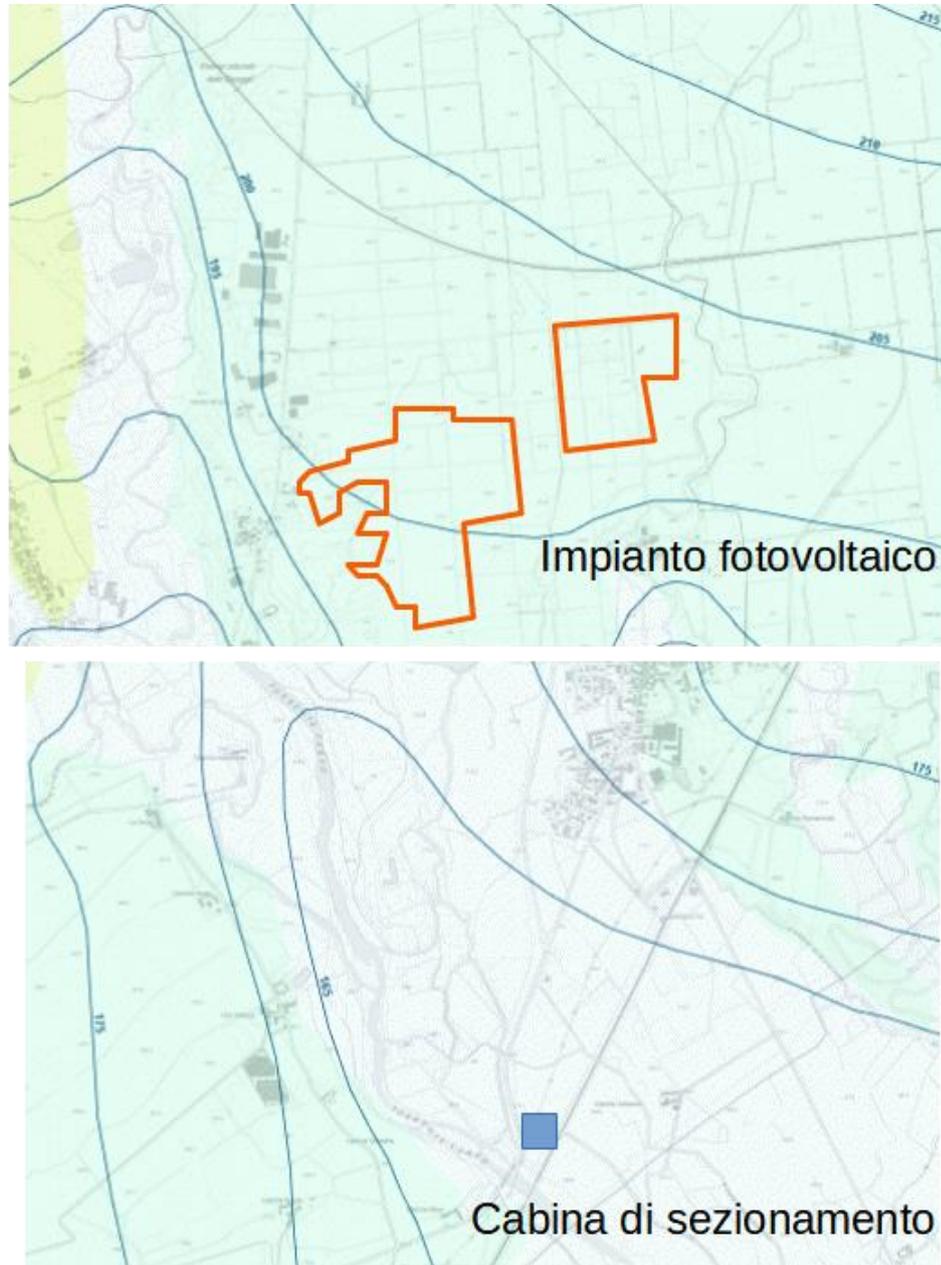


FIGURA 4-2: CARTA DELLE ISOPIEZE DELL'ACQUIFERO SUPERFICIALE. ARPA PIEMONTE.

## 5 RELAZIONE SISMICA

### 5.1 Inquadramento normativo e tecnico

La classificazione sismica attribuisce all'intero territorio nazionale valori differenti del grado di sismicità da considerare nella progettazione delle opere. A livello nazionale la zonizzazione sismica è regolata dall'Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri (OPCM) n. 3274 del 2003 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica*" e dalla successiva OPCM 3519 del 2006 "*Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*".

Le suddette ordinanze sono state recepite a livello regionale con Delibera Giunta Regionale (DGR) n. 11-13058 del 19 gennaio 2010 e dalla successiva DGR n. 4-3084 del 12 dicembre 2011 (in vigore dal 1 gennaio 2012), integrate e modificate con DGR 7-3340 del 03/02/2012; infine è subentrata l'ultima modifica con la D.G.R. n. 6 - 887 del 30/12/2019.

Secondo quanto riportato nelle DGR di cui sopra, il comune di Castelletto Cervo risulta classificato in **Zona sismica 4.**

La normativa sismica a cui si deve fare riferimento, per l'intervento in progetto, è costituita dal D.M. 17.01.2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni" (NTC) (G.U. n. 42 del 20.02.2018).

Tali norme disciplinano, tra le altre cose, la progettazione delle opere di fondazione e di sostegno dei terreni soggette ad azioni sismiche, nonché i requisiti che devono soddisfare i siti di costruzione ed i terreni di fondazione in presenza di tali azioni.

Tramite queste norme si cerca di salvaguardare la vita umana e di limitare i danni alle costruzioni ed in particolar modo a far sì che i centri essenziali di primo soccorso alla popolazione rimangano in funzione anche dopo un terremoto.

Con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche 2008, l'azione sismica di riferimento viene valutata in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido a superficie orizzontale.

L'analisi è così condotta sito per sito e non più riferendosi ad una zona sismica territorialmente coincidente con singole entità amministrative, ad un'unica forma spettrale e ad un periodo di ritorno prefissato ed uguale, come avveniva con la normativa precedente.

La pericolosità sismica di un sito è definita come la probabilità che un sisma avente un'entità pari ad un valore prefissato abbia luogo in un determinato lasso di tempo, questo lasso di tempo viene definito nelle NTC-08 come "*periodo di riferimento*" ( $V_R$ ) e viene espresso in anni, mentre la probabilità è denominata "*probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento*" ( $P_{V_R}$ ).

Ai fini della determinazione delle azioni sismiche secondo le NTC-08, sul territorio nazionale è stata determinata la pericolosità sismica definita convenzionalmente su un sito caratterizzato da sottosuolo rigido (categoria A), da una superficie topografica orizzontale (categoria T1) e da assenza di manufatti (ovvero in campo libero).

Il moto sismico viene definito da tre parametri:

$a_g$  = accelerazione massima al sito;

$F_o$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$T_c^*$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Questi valori sono distribuiti sul territorio nazionale su una maglia regolare di punti e permettono di definire le forme spettrali per la generica  $P_{VR}$ , i valori di questi parametri sono riportati anche nell'allegato B delle NTC-08.

## 5.2 Caratterizzazione dell'azione sismica sul terreno in esame secondo le N.T.C. 2018

Per il calcolo del periodo di riferimento dell'azione sismica ci si basa su quanto affermato nel par. 2.4.3. delle NTC-18, ovvero il periodo di riferimento ( $V_R$ ) si ricava dalla moltiplicazione della vita nominale ( $V_N$ ) per il coefficiente d'uso ( $C_U$ ).

Il range di scelta di questi due parametri viene definito dalle NTC-18 mediante due tabelle: la tabella 2.4.I per la vita nominale e la tabella 2.4.II per il coefficiente d'uso, entrambe riportate in seguito.

La vita nominale di un'opera è il periodo durante il quale l'opera deve assolvere al compito per la quale è stata progettata, durante tale periodo l'opera stessa deve essere sottoposta a soli interventi di manutenzione ordinaria.

La classe d'uso è funzione dell'affollamento presente in una costruzione durante un eventuale azione sismica, le NTC-18 forniscono quattro classi di riferimento a ciascuna classe corrisponde un coefficiente:

- *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.

**TABELLA 5-1: VITA NOMINALE ( $V_N$ ), IN FUNZIONE DEI TIPI DI COSTRUZIONE COSÌ COME DEFINITA NELLE NTC-18**

| 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                           |

**TABELLA 5-2: COEFFICIENTE D'USO ( $C_U$ ) IN BASE ALLA CLASSE D'USO, SECONDO LE NTC-18**

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

### 5.3 Indagini geofisiche finalizzate alla definizione dei parametri sismici - MASW

In data 09 febbraio 2023 sono stati effettuati due stendimenti sismici di tipo M.A.S.W. costituiti, ciascuno, da 24 geofoni aventi distanza intergeofonica pari a 2,0 m, i cui esiti vengono riportati nelle tabelle e nei grafici seguenti.

L'interpretazione dei dati è stata eseguita mediante il software *EasyMASW della GEOSTRU*, lo strumento utilizzato è un Sysmatrack della MAE srl.

Gli stendimenti sono stati eseguiti uno per ogni macroarea (2 stendimenti).



**FIGURA 5-1: POSIZIONE SPECIFICA DEGLI STENDIMENTI MASW SU IMMAGINE FOTOGRAFICA AEREA TRATTA DAL SOFTWARE © GOOGLE EARTH.**

Per i risultati e le interpretazioni delle due prove MASW si rimanda alla relazione sismica allegata. La categoria di suolo risulta per entrambi gli stendimenti la B.

## 6 MODELLAZIONE GEOTECNICA

### 6.1 Stratigrafia locale

Sulla base dei dati raccolti in sito ed in aree limitrofe a quella in esame e in base a quanto ricavato dalle indagini geologiche eseguite in sito, si può preliminarmente indicare la seguente successione litostratigrafica locale.

In generale la stratigrafia è costituita da un primo strato superficiale argilloso- limoso /debolmente sabbioso, di spessore variabile da 1 a 3 metri. Al di sotto di questo strato superficiale a consistenza medio-bassa si incontra il substrato ghiaioso (bedrock) costituito da ghiaie con ciottoli e matrice sabbioso limosa. La prima porzione di substrato è alterata, ma le sue caratteristiche geotecniche migliorano con la profondità; infatti, spesso nelle prove si giunge a rifiuto.

Scendendo nel dettaglio, data la vastità dell'area, e la configurazione a terrazzamenti si è scelto di descrivere la stratigrafia locale tenendo conto dei dislivelli all'azione antropica e suddividendo in 3 parti l'intera area. Per ognuna delle tre aree si riporta uno schema della stratigrafia con assegnati i valori dei parametri geotecnici ricavati dalle correlazioni bibliografiche.

### 6.2 Interpretazione delle indagini geognostiche

Il sito di progetto è suddiviso in 2 macroaree estese circa 50 ettari l'una.

Come già scritto in precedenza la morfologia dell'area è stata modificata dall'azione antropica inerente alla storica coltivazione del riso; pertanto, la superficie topografica attuale non è più regolare ma modificata secondo un sistema di terrazzamento di molte campate di forma rettangolare disposte a quote degradanti verso Sud, Est e Ovest.

Per indagare la natura dei terreni di fondazione e valutare la variabilità laterale della profondità del bedrock fluvioglaciale ghiaioso sono state eseguite 9 prove penetrometriche distribuite in modo da coprire le due aree, tenendo conto delle diverse quote topografiche delle varie campate.

Pertanto, non è possibile ottenere una stratigrafia litotecnica univoca precisa, tuttavia è possibile, definendo per ogni prova la profondità del bedrock ghiaioso fluvioglaciale sintetizzare una stratigrafia litotecnica media per ognuna delle due aree. Ovviamente a seconda del livello di approfondimento richiesto per la fase esecutiva delle opere, le prove penetrometriche potranno essere implementate secondo le esigenze progettuali e affiancate ad altre prove di laboratorio per la determinazione della deformabilità dei terreni che costituiscono la porzione superficiale meno consistente, qualora servisse per determinare gli effetti della sollecitazione dei pannelli in caso flessione per resistenza al vento.

Di seguito si riportano le due stratigrafie litotecniche di sintesi per le due aree e quella specifica per il settore nord-orientale dell'area 2 che presenta caratteristiche proprie che si discostano dalla media delle altre prove eseguite nella stessa macroarea.

#### AREA 1

| UNITA' LITOTECNICA (m da p.c.)  | $\gamma_n$ | Nspt | $\phi'$ |
|---|------------|------|---------|
| 0 – 2 m, limi sabbiosi a bassa consistenza (suolo agrario e coltre loessica alterata) | 1,6        | 2-6  | 21-25   |

|  |      |       |         |
|--|------|-------|---------|
| Oltre 2 m ghiaie con ciottoli (bedrock fluvioglaciale) | 18,5 | 17-19 | 28 - 32 |
|--|------|-------|---------|

## AREA 2

| UNITA' LITOTECNICA (m da p.c.)   | $\gamma_n$ | Nspt  | $\phi'$ |
|--|------------|-------|---------|
| 0 – 1 m, limi sabbiosi a bassa consistenza (suolo agrario e coltre loessica alterata)                  | 1,6        | 3-4   | 21-22   |
| Substrato consistente, ghiaie eterometriche con ciottoli in matrice sabbioso-limosa: oltre 1 m da p.c. | 18,5       | 21-23 | 32 - 33 |

## AREA 2 – settore Nord-Ovest

| UNITA' LITOTECNICA (m da p.c.)   | $\gamma_n$ | Nspt | $\phi'$ |
|--|------------|------|---------|
| 0 – 0,8, ghiaie e sabbie, piccoli ciottoli   | 17,5       | 10   | 26      |
| 0,8 – 3,5 m, limi sabbiosi a bassa consistenza (suolo agrario e coltre loessica alterata)                          | 16         | 4    | 23      |
| Oltre 3,5 Substrato consistente, ghiaie eterometriche con ciottoli in matrice sabbioso-limosa: oltre 3,4 m da p.c. | 18,5       | 12   | 28      |

in cui:

$\gamma_n$  (kN/m<sup>3</sup>) = peso di volume naturale del terreno;

$\phi'$  (°) = angolo di attrito interno (da Nspt);

Nspt = Standard Penetration test

## 7 CONCLUSIONI

Durante i sopralluoghi, i rilievi in sito e dall'analisi della documentazione esistente, non sono emerse condizioni generali o particolari di dissesto geomorfologico e idrogeologico che possano interferire con le opere in progetto. Parimenti le stesse opere non compromettono gli equilibri geologici attuali.

Pertanto, si esprime, per quanto di competenza, parere favorevole all'esecuzione delle opere.

Dott. Geol. F. Duchemino  
(n. 734 Ordine Regionale Geologi del Piemonte – Sez. A)



## ALLEGATO – INDAGINE MASW