



# COMUNE DI PORTOSCUSO

## Provincia del Sud Sardegna



allegato

# I.1

**PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA**  
**Potenza Nominale 111,2 MWp - Potenza in immissione 110 MW**

**-progetto definitivo-**

**RELAZIONE GEOTECNICA**

**scala**

\*\*\*\*\*

**data:** *Giugno 2023*

rev00

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*

**collaboratori:**

*ing. Carmine Falconi*  
*ing. Cristian Cannaos*  
*ing. Giuseppe Onni*  
*ing. Valerio Parducci*  
*ing. Enzo Battaglia*  
*dr geolog. Marcello Miscali*  
*dr agr. Francesco Casu*  
*dr archeol. Pietro Francesco Serreli*

**committente**



**MYT SARDINIA 2 S.r.l.**  
**Piazza Fontana, 6**  
**20122 Milano (MI)**

**progettisti**

*ing. Giovanni A. Saraceno*

*dr agr. Francesco Saverio Mameli*

*arch. Giovanni Soru*

**consulenze:**

*geom. Paolo Nieddu*

ATP: studio LAAB srl - arch. G.Soru - c.so V. Veneto, 61 - Bitti (NU) tel: 0784414406 3288287712- e-mail: drfran13@gmail.com archsoru@gmail.com

3E INGEGNERIA srl - via Gioacchino Volpe, 92 - 56121 Ospedaletto (PI) tel: 050 44428 - e-mail: info@3eingegneria.it

***PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA E  
RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN  
NEL COMUNE DI PORTOSCUSO (SUD SARDEGNA)***

***RELAZIONE GEOTECNICA DI MASSIMA***

## INDICE GENERALE

INDICE GENERALE .....	3
PREMESSA .....	4
DESCRIZIONE SINTETICA DELL'INTERVENTO.....	4
ARTICOLAZIONE DEL LAVORO DI STUDIO E DI INDAGINE.....	6
INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....	7
STATO ATTUALE DEI LUOGHI .....	9
INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....	14
SEZIONE GEOLOGICA TIPO .....	17
INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....	18
INQUADRAMENTO GEOLOGICO TECNICO DI MASSIMA .....	20
PRECAUZIONI ED ACCORGIMENTI TECNICI.....	25
CONCLUSIONI.....	26
TAVOLE .....	29

## PREMESSA

Su incarico della società MYT SARDINIA 2 S.R.L. è stato portato avanti uno studio geologico, geomorfologico, idrogeologico di dettaglio e geotecnico di massima al fine di verificare lo stato dei luoghi e le caratteristiche generali di assetto geologico e geomorfologico della porzione di territorio interessata dall'intervento, e raccogliere i primi dati sulle caratteristiche geologico tecniche dei sedimenti e delle rocce di imposta delle strutture in progetto.

## DESCRIZIONE SINTETICA DELL'INTERVENTO

Il progetto oggetto del presente studio prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra della potenza di circa 109,83 MWp e relative opere di connessione alla RTN. L'impianto fotovoltaico è suddiviso in tre macro aree (area A, B e C). Nello specifico è prevista la messa in opera di 163.920 moduli in silicio monocristallino, ad alta efficienza, ciascuno con una potenza complessiva di 670 Wp, montati su strutture di supporto di tipo fisso per un'altezza max da terra di 2,50 m. Le strutture di sostegno dei moduli saranno costituite da un profilato in acciaio zincato a caldo infisso nel terreno disponibile in 6 lunghezze standard e del diametro di circa 17cm, collegate al suolo tramite pali infissi direttamente nel terreno tramite la realizzazione di fori trivellati (in corrispondenza delle litologie ignimbriche) o tramite macchina battipalo quando gli spessori delle litologie sciolte lo permetteranno, per una profondità variabile tra 1,3 e 1,5 m, (in funzione della consistenza delle litologie di fondazione da valutare a seguito di adeguata campagna di indagini geognostiche).

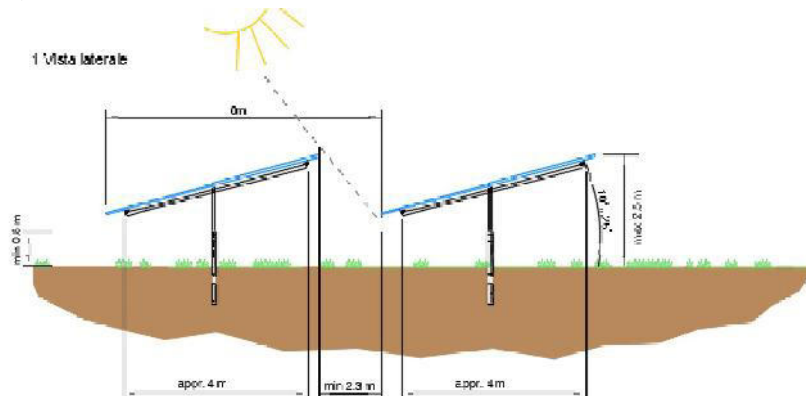


Figura 1 - Rappresentazione della struttura di supporto - tipo Fisso.

Il progetto dell'impianto nel suo complesso prevede:

- la messa in opera nei tre diversi settori di 20 cabine di campo (n°3 nell'Area A, n°5 nell'Area B e 12 nell'Area C), all'interno delle quali sono posizionati i quadri del trasformatore e delle apparecchiature di telecontrollo, di consegna e misura. Si tratta di cabine prefabbricate in c.a.v. (cemento armato vibrato) monoblocco con dimensioni pari a 13 x 3,40 (lung. x larg.) e altezza inferiore a 3 m. Le fondazioni saranno costituite da una vasca prefabbricata in c.a.v. di altezza 50 cm per la raccolta di eventuali perdite di olio dai trasformatori, predisposte di forature a frattura prestabilita per passaggio cavi MT/BT. Sul fondo dello scavo verrà realizzato uno strato di "magrone" per garantire la stabilità della cabina stessa. In alternativa potranno essere realizzate in materiale metallico, tipo container; le pareti esterne del prefabbricato verranno colorate in tinta adeguata, per un miglior inserimento ambientale, mentre le porte d'accesso e le finestre di aerazione saranno in lamiera zincata verniciata;



- la messa in opera di cabine di impianto con funzione di raccogliere tutti i cavi provenienti dalle cabine di campo della relativa area e da qui parte il collegamento verso la stazione elettrica di utenza 33/220 kV. Si tratta di cabine prefabbricate in c.a.v. (cemento armato vibrato) monoblocco con dimensioni pari a 5 x 2,50 (lung. x larg.) e altezza inferiore a 3 m. Le fondazioni saranno costituite anche in questo caso da una vasca prefabbricata in c.a.v. di altezza 57 cm per la raccolta di eventuali perdite di olio dai trasformatori, predisposte di forature a frattura prestabilita per passaggio cavi MT/BT; sul fondo dello scavo verrà realizzato uno strato di "magrone" per garantire la stabilità della cabina stessa;

- la messa in opera di un impianto antintrusione e videosorveglianza comprendente telecamere TVCC, cavo alfa (in grado di rilevare le vibrazioni trasmesse alla recinzione esterna) e barriere a microonde;

- la messa in opera di un impianto d'illuminazione esterno;

- la messa in opera di una recinzione costituita da elementi modulari rigidi in tondini di acciaio elettrosaldati di diverso diametro per un'altezza complessiva di circa 200 cm con pali di sezione 60x60 mm disposti ad interassi regolari di circa 1 m, la recinzione sarà mitigata con delle siepi di idonea altezza costituite da essenze arboree-arbustive autoctone; mentre l'accesso alle aree sarà garantito da cancello metallico per gli automezzi della larghezza di cinque metri e dell'altezza di due e uno pedonale della stessa altezza e della larghezza di un metro e mezzo;

- la realizzazione di apposita viabilità interna per una larghezza intorno ai 4 metri con degli slarghi in corrispondenza delle cabine per permettere le manovre dei mezzi utilizzati per la posa delle cabine stesse, sarà realizzata in materiale drenante in modo da consentire il facile ripristino geomorfologico a fine vita dell'impianto semplicemente mediante la rimozione del pacchetto stradale e il successivo riempimento con terreno vegetale; inoltre lungo tutto il perimetro interno della recinzione è prevista la realizzazione di uno scavo di 30 cm con successivo riempimento con stabilizzato e breccia per permettere il passaggio di piccoli mezzi (furgoncini) per gli interventi di manutenzione ordinaria;

- non si prevede la realizzazione di nuova viabilità esterna essendo l'area già servita da infrastrutture viarie, si prevede l'adeguamento di alcune delle strade adiacenti all'impianto al fine di consentire il transito di mezzi idonei ad effettuare sia il montaggio che la manutenzione dell'impianto.

L'energia prodotta dall'impianto verrà trasferita alla stazione elettrica di utenza, ubicata in adiacenza alla futura Stazione di Rete (di proprietà di TERNA) in territorio di Gonnese indicata per il collegamento alla RTN. Da ciascuna delle cabine di impianto delle tre aree partirà un cavo interrato a 33 kV che collegherà queste ultime alla stazione di utenza. Da qui avrà origine l'elettrodotto in cavo interrato a 220kV per il collegamento in antenna dell'intero impianto alla sezione a 220 kV della futura stazione elettrica Terna, da inserire in entra – esce alla linea 220 kV "Sulcis - Oristano".

L'elettrodotto di collegamento tra il campo fotovoltaico con la stazione di utenza avrà una lunghezza complessiva di circa 8,6 km, si svilupperà in parte sul territorio del comune di Portoscuso e in parte in quello di Gonnese. Sarà realizzato in cavo interrato con tensione nominale di 33 kV. In particolare, partendo dalla cabina d'impianto del sottocampo più a Ovest dell'impianto, denominato Area A, il tracciato corre in direzione Sud verso la parte d'impianto denominata Area B, proseguendo in direzione Sud verso l'area denominata Area C e poi verso Nord alla stazione di Utenza. La linea sarà realizzata interamente in cavo interrato posata all'interno di una trincea della profondità massima di 1,6 m, e con una profondità minima di posa dei tubi tale da garantire almeno 1 m, misurato dall'estradosso superiore del tubo, in modo da ridurre al minimo l'impatto ambientale. Tutti i cavi saranno alloggiati in terreno di riporto, la cui resistività termica, se necessario, verrà corretta con una miscela di sabbia vagliata. La restante parte della trincea sarà ulteriormente riempita con materiale di risulta e di riporto. In alcuni casi particolari e comunque dove si renderà necessario, in particolare in corrispondenza di attraversamenti di corsi d'acqua, si dovrà procedere

in subalveo ad un profondità tale da garantire un franco di almeno un metro tra i cavidotti e la base dell'alveo. **Per le modalità di messa in opera in corrispondenza degli attraversamenti dei corsi d'acqua si rimanda alla relazione tecnica di progetto.**

Il progetto prevede inoltre la realizzazione di una stazione MT/AT di Utenza (in comune di Gonnese) avrà dimensioni di 150,80m per 64,60m e una superficie di circa 9.800 m<sup>2</sup>. All'interno della stazione di utenza è prevista la realizzazione di tre fabbricati costituiti ciascuno da un edificio quadri comando e controllo, un locale uso ufficio, una sala server, un locale per i quadri BT, un locale quadri MT, un locale gruppo elettrogeno, un locale Trasformatore TSA ed un locale misure. Oltre a ciò sono presenti i servizi igienici ed un locale a disposizione. Essi saranno realizzati in muratura e saranno a pianta rettangolare di dimensioni esterne 29,5 x 6,7 m circa, con altezza fuori terra di circa 3,6 m.

Le strade interne all'area della stazione saranno asfaltate e con una larghezza non inferiore a 4 m, le piazzole per l'installazione delle apparecchiature saranno ricoperte con adeguato strato di ghiaione stabilizzato; tali finiture superficiali contribuiranno a ridurre i valori di tensione di contatto e di passo effettive in caso di guasto a terra sul sistema AT. Il collegamento dell'impianto alla viabilità ordinaria sarà garantito a partire dalla strada comunale Sandro Pertini, da adeguare, e da un tratto di nuova realizzazione.

Sono inoltre previsti:

- cunicoli per cavetteria;
- una recinzione perimetrale;
- cancelli carrabili e pedonali;
- un sistema di illuminazione.

**Per maggiori dettagli si rimanda alla relazione di progetto e ai relativi elaborati grafici.**

#### **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Si elencano di seguito i principali riferimenti normativi adottati per lo svolgimento dell'incarico e, in particolare, per la redazione del presente documento.

- D.M. 11.03.1988 - Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione e successive istruzioni; (per Zona sismica 4, Classi I e II);

- Decreto 17 gennaio 2018 - Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»;

- Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento e aspetti geotecnici, D.P.R. 06.06.2001 n.380.

I riferimenti di cui sopra possono non essere esaustivi. Ulteriori disposizioni di legge, norme e deliberazioni in materia, anche se non espressamente richiamati, si considerano applicabili.

#### **ARTICOLAZIONE DEL LAVORO DI STUDIO E DI INDAGINE**

Per acquisire gli elementi d'interesse conoscitivo ai fini della presente relazione sono state eseguite una serie di attività che hanno visto in primo luogo una ricognizione bibliografica comprendente l'acquisizione di materiale sia descrittivo sia cartografico, inerente le caratteristiche geologiche e geomorfologiche sia dell'area in esame sia del suo intorno, seguita dall'acquisizione dei dati di terreno di carattere geologico e geomorfologico con conseguente individuazione di zone omogenee per caratteri litologici e morfoevolutivi. Le indagini geologiche si sono estese fino a comprendere:

- un ambito regionale per quanto riguarda gli aspetti geologici e tettonici di area vasta;

- un intorno chilometrico per quanto riguarda l'inquadramento territoriale, geologico, geomorfologico ed idrogeologico di dettaglio;
- un intorno ettometrico per quel che riguarda gli aspetti litologici di dettaglio;
- un volume significativo per la stratigrafia e la classificazione dei terreni.

Durante l'intera attività di rilevamento si è anche provveduto alla raccolta di un'ampia e completa documentazione fotografica. ***I dati così ottenuti sono stati utilizzati per la caratterizzazione geomorfologica, litostratigrafica, geologica ed idrogeologica di dettaglio dell'area di indagine e del suo intorno, allo stesso tempo sulla base della tipologia delle opere da realizzare è stato possibile raccogliere informazioni utili per la programmazione delle future campagne geognostiche, necessarie ed indispensabili per la caratterizzazione geotecnica di dettaglio delle litologie di imposta delle fondazioni, da effettuarsi durante la fase di stesura del progetto esecutivo e/o nella fase di realizzazione dell'opera.***

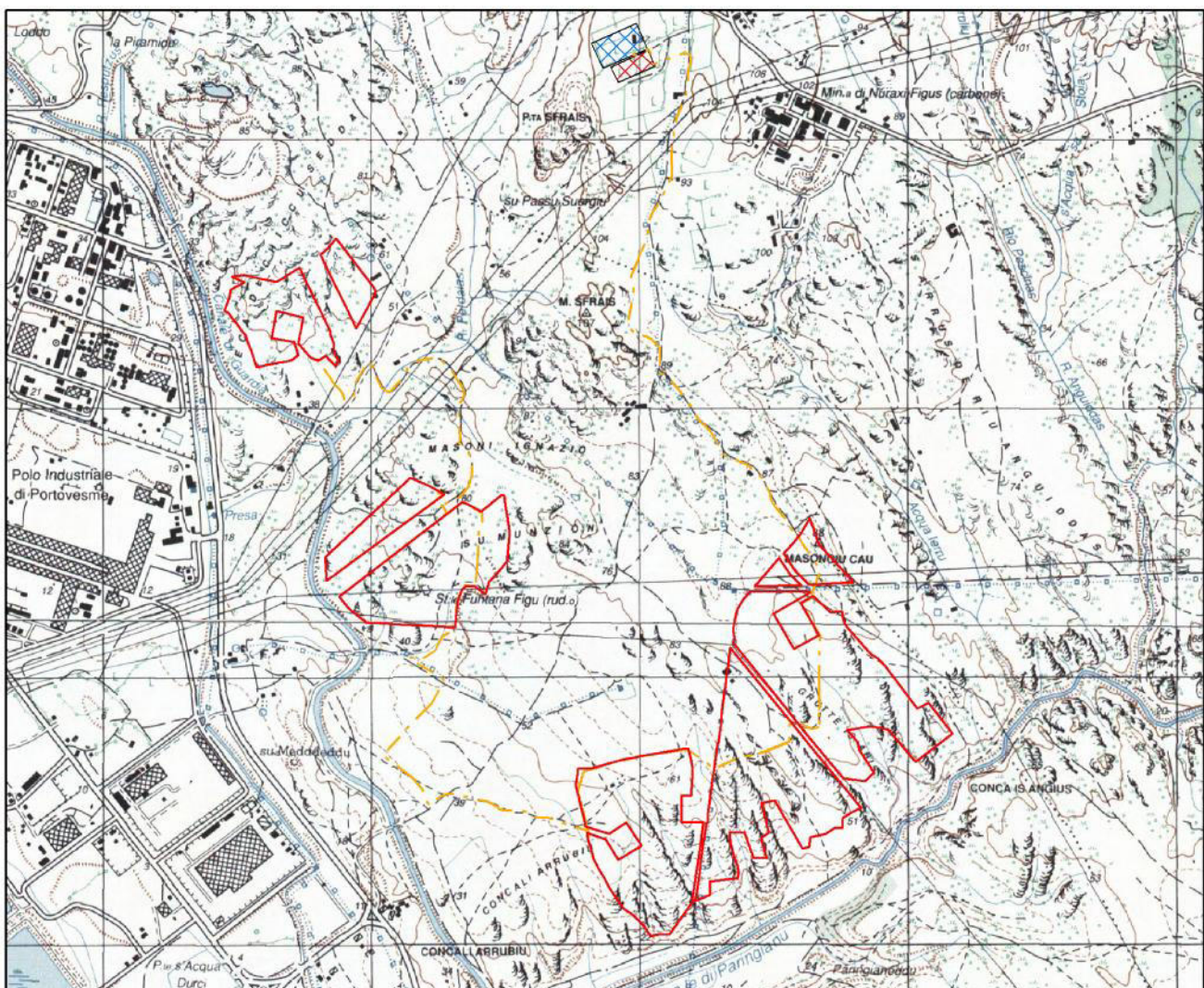


Figura 2 - Inquadramento geografico (IGMI) con localizzazione delle aree d'intervento.

### INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area interessata dall'intervento è localizzata nel settore Sud-Occidentale della Sardegna nella regione del Sulcis, subito ad est e sud-est del centro abitato di Portoscuso (impianto fotovoltaico) ad una distanza di oltre due chilometri e ad ovest del piccolo borgo di Nuraxi Figus (Stazione di Utenza).



Dal punto di vista geografico l'area d'intervento ricade in parte (settore nord) nel Foglio n° 555, sezione III, denominata "PORTOSCUSO" e in parte (settore sud) nel Foglio n° 564, sezione IV denominata "CALASETTA" della Carta d'Italia dell'IGMI in scala 1:25.000, e nel Foglio n° 555 sezione 130 denominata "PORTOSCUSO", nel Foglio n° 555 sezione 140 denominata "CORTOGHIANA" e nel Foglio n° 564 sezione 020 denominata "PARINGIANU" della Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000 redatta dalla Regione Autonoma della Sardegna, Assessorato degli Enti Locali Finanze ed Urbanistica, Territoriale e della Vigilanza Edilizia.

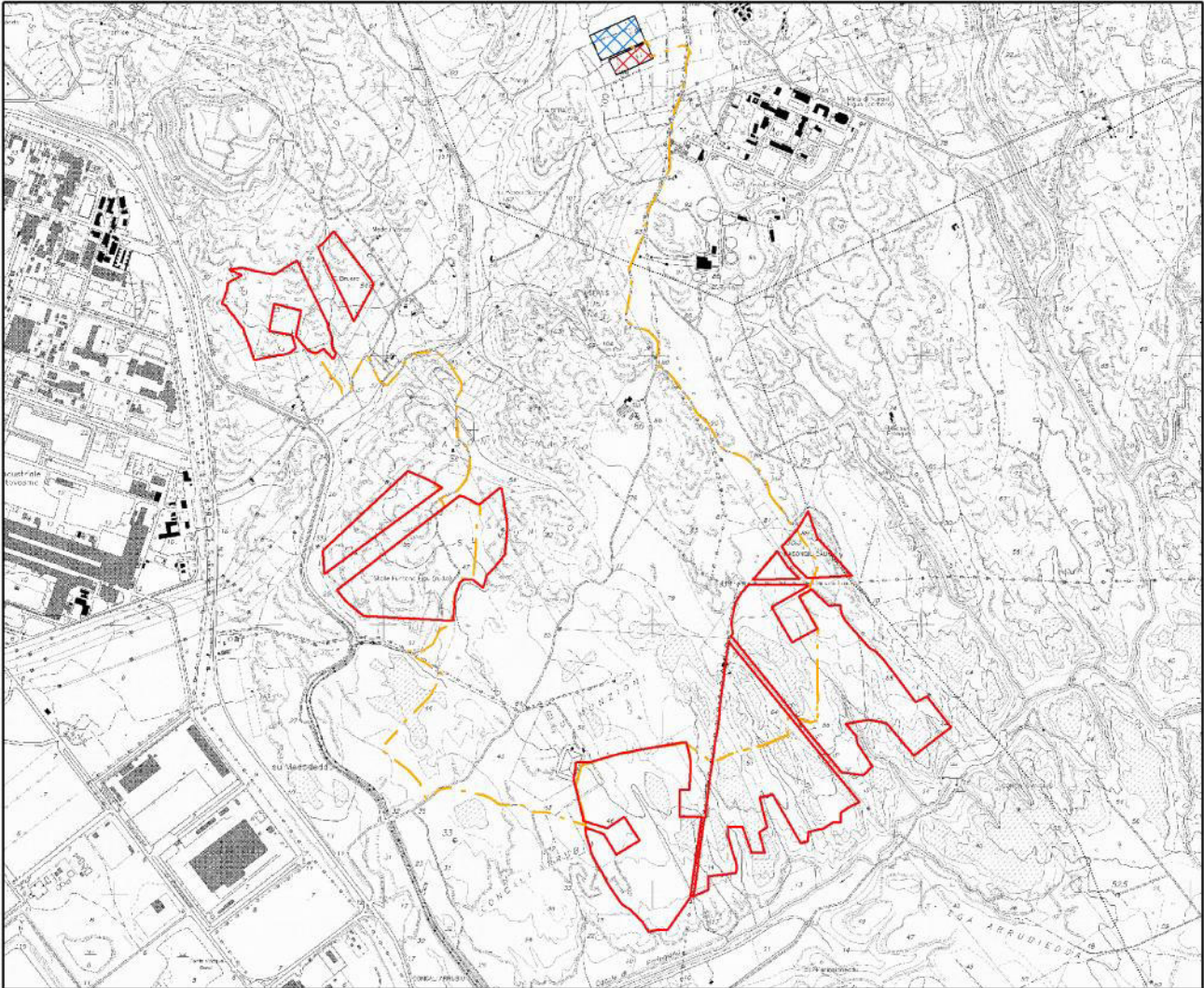


Figura 3 - Inquadramento geografico (CTR) con localizzazione delle aree d'intervento.

Più precisamente l'impianto fotovoltaico si estende sulle seguenti località "Ecca de Chiccu Sedda", "Masoni Ignazio", "Su Munzioni", "Concali Arrubiu" e "Grutte is Abis", censite al catasto del comune di Portoscuso ai Fogli n. 5, 6, 7, 9 e 10 interessando mappali vari, per maggiori dettagli si rimanda alla cartografia e agli elaborati di progetto.

Mente le opere di connessione si svilupperanno su Fogli 5, 6, 7, 9, 10 nel Comune di Portoscuso e nei Fogli 13 e 14 nel Comune di Gonnese interessando mappali vari; per finire la stazione di Utenza è localizzata in territorio di Gonnese subito ad ovest del Borgo di Nuraxi Figus in prossimità di P.ta Sfrais censita al catasto del Comune di Gonnese al Foglio 13, Mappali 965, 966, 1.906, 1.907, 1.908 e 1.909.

L'area in cui è localizzato l'impianto è inquadrata nel P.U.C. vigente del Comune di Portoscuso (deliberazione consiliare n.42 del 19 luglio 1999) come zone E ed H, mentre l'area che sarà adibita alla futura



stazione di Utanza è inquadrata nel P.U.C. vigente del Comune di Gonnese (5 dicembre 2016) come zona E, sottozona E3.

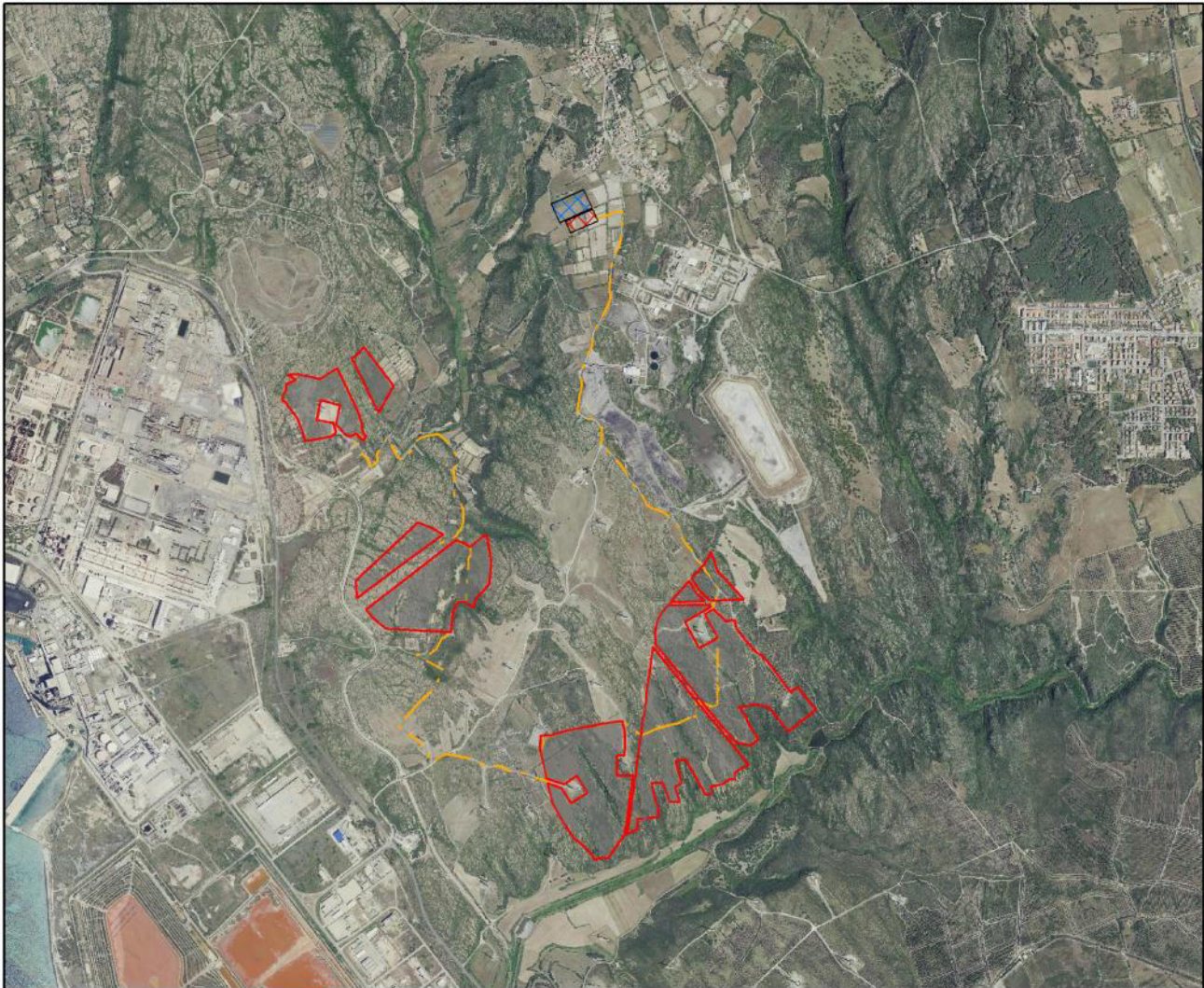


Figura 4 - Inquadramento su base ortofoto, con localizzazione delle aree d'intervento.

### STATO ATTUALE DEI LUOGHI

Il progetto in esame prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra all'interno di un lotto inserito all'interno del SIN dell'Iglesiente, l'area è posta ad una distanza di oltre due chilometri dal centro abitato di Portoscuso e subito a ridosso della Zona industriale di Portovesme. L'area oggetto d'intervento è delimitata ad ovest dalla strada provinciale n.2 che la separa dal polo industriale di Portovesme, ad est dal Rio Acqua Ierru e a sud dal Canale di Paringianu. Nel complesso l'area d'intervento risulta poco urbanizzata, le uniche opere edilizie esistenti sono date alla presenza di una serie di infrastrutture a rete tra cui cinque linee dell'alta tensione, due linee di media tensione, alcune linee elettriche rurali. Sono inoltre presenti tre condotte idriche, un canale di guardia con andamento nord-ovest – sud-est a protezione della zona industriale. L'intera area è inoltre tra quelle individuate come idonee all'installazione di impianti eolici, ne consegue che sia all'interno dell'area di intervento che nelle sue immediate vicinanze sono presenti una serie di campi eolici con una trentina di aerogeneratori già realizzati e altri due da realizzare. Nel settore posto subito ad ovest è presente il polo industriale di Portovesme caratterizzato da industrie di varia natura sia in funzione che in disuso compresa la centrale elettrica. Nel settore nord è presente l'ex-discarica "Sa

Piramide” della Società Portovesme S.r.l e una vecchia cava di pietra in località “Su Pranu de is Piccinus”, mentre una seconda ex-cava denominata “Sa Spinarba” (codice 337\_I) è presente all’interno dell’area di intervento in località “Funtana Figu”, proseguendo verso nord-est è presente la miniera di carbone di Nuraxi Figus. Sono inoltre presenti delle infrastrutture e dei fabbricati riconducibili all’attività agricola, edifici rurali, stalle depositi attrezzi e serre. Il resto dell’area ha caratteristiche da naturali a seminaturali con un utilizzo attuale del suolo da pascolo naturale a pascolo migliorato e foraggiere, rari frutteti e vigneti.



Foto 1 - Panoramica del settore a morfologia pianeggiante nei pressi del polo industriale di Portovesme.



Foto 2 – Particolare del settore a morfologia collinare con sullo sfondo l’ex-discarica “Sa Piramide” della Società Portovesme S.r.l.

Allo stesso tempo l’intera area che sarà interessata dalla messa in opera dell’impianto fotovoltaico in progetto ricade all’interno del Sito d’Interesse Nazionale del Sulcis-Iglesiente-Guspinese. Entrando nel dettaglio, come si evince dal documento pubblicato sul sito ufficiale del Ministero della Transizione Ecologica, Direzione Generale Uso Sostenibile Suolo e Risorse Idriche ([bonifichesiticontaminati.mite.gov.it/sin-34](http://bonifichesiticontaminati.mite.gov.it/sin-34)) “le aree industriali dedicate alla metallurgia del Piombo, dello Zinco e dell’Alluminio, in particolare l’area di Portovesme, sono caratterizzate dalla presenza prevalente di contaminanti metallici sino a concentrazioni dell’ordine delle unità percentuali nei riporti utilizzati per la realizzazione dei piazzali industriali, con la conseguente contaminazione dei suoli e delle acque sotterranee. E’ altresì presente una contaminazione da IPA, fluoruri, idrocarburi e in minor misura, da composti organici clorurati. I top soil esterni a queste aree industriali risultano contaminati quasi esclusivamente da metalli pesanti, secondo un modello concettuale che vede la ricaduta atmosferica e la dispersione eolica a partire da abbancamenti di materie prime e rifiuti industriali che costituiscono la principale fonte di contaminazione. Ne consegue che non solo le aree direttamente interessate dalle attività industriali di Portovesme ma anche quelle ad esso esterne, compresa quella oggetto dell’intervento in progetto, sono interessate dalla presenza di contaminanti di varia natura e tipologia. Il tutto è stato evidenziato nel 2009 dalla campagna portata avanti dall’Agenzia Regionale per la Protezione dell’Ambiente della Sardegna ARPAS per la determinazione del tenore di fondo, e successivamente confermato durante la fase di caratterizzazione delle aree esterne al polo industriale di Portovesme. Queste attività di caratterizzazione hanno evidenziato per l’area esterna al settore Industriale di Portovesme, compreso il settore di intervento, valori anomali nei suoli per metalli pesanti quali Antimonio, Arsenico, Cadmio, Cobalto, Mercurio, Piombo, Rame, Stagno e Zinco, e nelle acque per Manganese e Solfati. Dal punto di vista logistico la zona oggetto d’intervento è raggiungibile sia dal settore sud sia da quello nord attraverso la Strada Provinciale n. 2 che collega Portoscuso con Carbonia dalla quale si dipartono una serie di strade rurali di penetrazione agraria e di piste che permettono l’accesso alle aree di intervento.



## INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'attuale assetto geomorfologico dell'area è il prodotto dell'evoluzione geologica del territorio a partire dal Cenozoico per arrivare al Quaternario antico e in parte alle recenti trasformazioni del territorio effettuate dall'uomo nel secolo scorso comprendenti la sistemazione idraulica dell'area subito a monte dell'area industriale di Portovesme che ha visto la realizzazione del Canale di Guardia a protezione dell'area industriale, la sistemazione idraulica del tratto terminale del Canale di Paringianu, la risistemazione della vasta area industriale, dell'area portuale, delle grandi aree di discarica (ex-discarica "Sa Piramide" della Società Portovesme S.r.l) e dei bacini di sedimentazione dei fanghi industriali, oltre alle trasformazioni del territorio da ricollegare all'intensa attività estrattive di cava e di miniera.



Foto 3 – Particolare del settore lagunare di Boi Cerbus.



Foto 4 – Vista panoramica del settore pianeggiante del Canale di Paringianu.

L'area d'intervento si estende lungo il settore Sud-Occidentale della Sardegna nella regione denominata Sulcis, delimitata nel settore settentrionale ed occidentale dal mare, in quello meridionale dal Canale di Paringianu e in quello orientale dalla presenza di una serie di rilievi collinari impostati su litologie effusive di età terziaria disposti secondo un allineamento nord-ovest – sud-est. Si tratta di un'area a morfologia variabile da sub-pianeggiante nel settore occidentale a collinare in quello orientale, caratterizzata da un assetto geomorfologico con rilievi e valli a basso gradiente topografico, con andamento altimetrico degradante verso il mare con direzione est-ovest.



Foto 5 – Particolare della morfologia pianeggiante impostata all'interno dei depositi continentali pleistocenici in loc. Su Munzoni.



Foto 6 – Particolare della morfologia pianeggiante impostata all'interno dei depositi continentali pleistocenici in coincidenza del sito d'imposta della Stazione di Utenza.



Entrando nel dettaglio del settore d'intervento questo è in parte impostato sul complesso ignimbrítico oligo-miocenico in parte sui depositi continentali del Pleistocene che ricoprono il complesso ignimbrítico, ne consegue che il settore presenta due differenti tipologie morfologiche una più aspra ed accidentata e una molto più morbida e regolare, inoltre il settore è solo marginalmente antropizzato e mantiene ancora i suoi caratteri morfologici originari. L'area d'intervento è delimitata a nord dall'ex discarica "Sa Piramide" della Società Portovesme S.r.l, ad est dall'allineamento dei piccoli rilievi collinari di Monte Sinnì, Punta Frais, Monte Frais, e dal rilievo in località Masongiu Cau, a sud l'area è delimitata dal corso del Canale Paringianu e ad ovest è separata dalla piana costiera attraverso il Canale di Guardia e la strada provinciale n. 2.



Foto 7 – Particolare della morfologia impostata all'interno dei depositi ignimbríticos oligo-miocenici.



Foto 8 – Particolare della morfologia accidentata impostata all'interno dei depositi ignimbríticos oligo-miocenici.

Il settore vulcanico è stato oggetto nel tempo di agenti del modellamento esogeni (acqua, vento, variazioni termiche) ed endogeni legati alla tettonica; a piccola scala il settore è caratterizzato da una morfologia dolce con basse colline arrotondate mentre a grande scala risulta essere alquanto movimentata, accentuata anche dalla presenza di abbondante roccia affiorante.



Foto 9 - Particolare di tafoni all'interno delle rocce ignimbrítiche.



Foto 10 - Particolare di fessurazione e alveolature all'interno delle rocce ignimbrítiche.

La tettonica ha, nell'area, smembrato e dislocato il complesso vulcanico dando luogo a rotture di pendio e orli di scarpata che seguono l'andamento delle diaclasi presenti in queste litologie accentuandone i

processi erosivi e favorendo l'instaurarsi di piccole vallecole di erosione incise nella roccia, con direzioni di messa in posto nord-ovest – sud-est che ne rendono aspra la morfologia a grande scala. Nel complesso l'area risulta leggermente inclinata verso sud-ovest, verso la linea di costa e verso l'alveo del canale di Paringianu. Le quote variano dai 128 metri sul livello del mare di Punta Frais in prossimità della miniera di Nuraxi Figus sino ad arrivare al livello del mare in coincidenza della linea di costa a ovest e sud-ovest. Le pendenze sono comprese tra il 2 e in 5% in corrispondenza dei depositi continentali, e tra il 10 e il 20% sulle litologie ignimbriche con punte che superano facilmente il 40 - 60% in corrispondenza dell'alveo sia dei corsi d'acqua principali come il Canale di Paringianu, sia dei piccoli affluenti che mostrano spesso un alveo incassato. Mentre a grande scala gli affioramenti rocciosi che caratterizzano il settore impostato sulle litologie ignimbriche mostrano superfici più o meno tabulari delimitate da margini verticali che possono superare il metro di altezza. Un ulteriore fattore morfologico è connesso all'azione erosiva del vento che nell'area d'intervento ha dato luogo a tafoni e strutture alveolari con dimensioni variabili da pochi centimetri ad alcuni metri. Nel settore meridionale l'elemento morfologico caratterizzante è dato dalla presenza del Canale di Paringianu che separa l'area d'intervento a morfologia collinare dalla piana costiera posta più a sud, lo stesso corso d'acqua ha subito negli anni la rettifica del proprio corso verso sud e la sua canalizzazione. Nell'area d'intervento il corso d'acqua scorre praticamente all'interno di una valle incassata nelle litologie ignimbriche di età oligo-miocanica, delimitata dal resto dell'area da versanti fortemente acclivi che in alcuni casi danno luogo a vere e proprie scarpate verticali. All'interno della valle si è formata una piccola piana alluvionale con larghezze variabili da un minimo di 90/100 metri ad oltre 300 metri e pendenze quasi sempre al di sotto del 5%.

***Dal rilevamento dello stato dei luoghi non si evincono particolari fenomeni di dissesto ne in atto ne potenziali; le uniche aree morfologicamente attive sono quelle poste a ridosso delle scarpate di alcune delle vallecole dei piccoli corsi d'acqua dove, in coincidenza di incisioni più profonde e ad andamento da verticale a sub verticale e a causa dell'intenso sistema di fessurazione e fratturazione che caratterizza l'ammasso roccioso, si possono verificare fenomeni di crollo per distacco di grossi massi dalla parete rocciosa. Sempre all'interno del settore impostato sulle litologie ignimbriche non è raro incontrare massi in equilibrio precario anche di grosse dimensioni. Il resto dell'area, visto l'assetto litologico e l'andamento morfologico locale, da poco inclinato a sub-pianeggiante, mostra caratteri di relativa stabilità e non esistono, allo stato attuale, i presupposti per l'innescio di spinte gravitative e/o tangenziali, purché vengano mantenute le attuali condizioni geomorfologiche al contorno.***

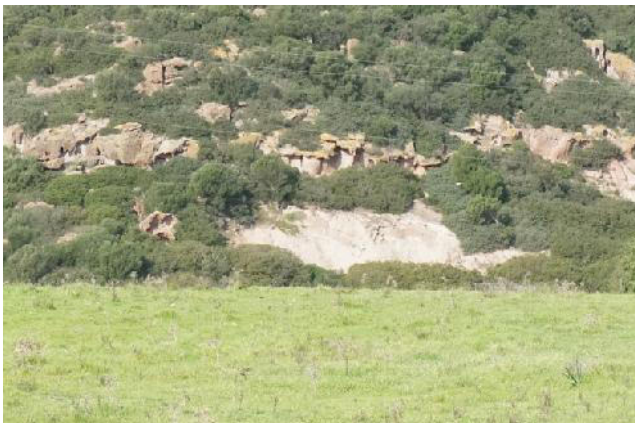


Foto 11 - Affioramento delle ignimbriti dell'Unità di Monte Crobu in loc. Monte Sinni.



Foto 12 – Particolare delle ignimbriti dell'Unità di Monte Crobu in prossimità del centro abitato di Nuraxi Figus.



## INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Nell'ambito del presente lavoro è stata portata avanti un'attività di rilevamento di campagna attraverso la quale è stato possibile ricostruire l'assetto stratigrafico dell'area sulla quale verrà realizzata l'opera in progetto, ne è scaturito che questa (vedi carta geologica allegata) è impostata in parte sulle litologie ignimbriche della successione vulcanica di età oligo-miocenica, e in parte sui depositi continentali del Sintema di Portovesme (**PVM**), sub sistema di Portoscuso (**PVM2**) di età pleistocenica. Durante questa prima fase di rilevamento, conoscitiva, si è provveduto alla sola analisi dei fronti di scavo e degli affioramenti esistenti nell'area. **Al momento attuale non si è provveduto all'esecuzione di indagini geologiche specifiche che dovranno invece essere eseguite in fase di redazione del progetto esecutivo al fine di arrivare ad un quadro conoscitivo di maggior dettaglio.** Lo studio così effettuato, supportato anche da uno studio bibliografico relativo ad aree limitrofe a quella in studio, ha messo in evidenza la seguente sequenza lito-stratigrafica che dal basso verso l'alto comprende:

- a) *la successione vulcanica oligo-miocenica;*
  - b) *il complesso sedimentario continentale del quaternario.*
- a) **Successione vulcanica oligo-miocenica**

Come è stato ampiamente esposto nel paragrafo relativo all'inquadramento geologico di area vasta nell'area in esame si rinviene una potente coltre di prodotti vulcanici con spessori che si aggirano attorno ai 1.000 metri, il tutto è stato documentato dalla campagna di prospezione portata avanti dalla Carbusulcis S.p.A. nel Bacino Sulcitano in generale e nell'area di intervento in particolare (subito ad est è localizzata la miniera di carbone di Nuraxi Figus). All'interno del Bacino Sulcitano si rinvencono la sequenza lavica basica-intermedia superiore costituita da sequenze di basalti andesitici e andesiti, e la sequenza esplosiva acida-intermedia superiore essenzialmente ignimbrica a composizione variabile da dacitica a riolitica sino a comenditica.



Foto 13 - Particolare delle ignimbriti dell'Unità di Nuraxi.



Foto 14 - Particolare delle fiamme all'interno delle Ignimbriti dell'Unità di Nuraxi.

Nel settore d'intervento la successione vulcanica inizia con le "Rioliti dell'Unità di Monte Crobu - **CBU**" depositi di flusso piroclastico in facies ignimbrica a composizione riolitica di età compresa tra il Miocene Inferiore-medio e il Burdigaliano superiore - Langhiano. L'Unità affiora solo sporadicamente nel settore d'intervento, a sud lungo la sponda destra del Canale di Paringianu in Loc. Concali Arrubiu, lungo il Canale di Guardia in Loc. Su Medadeddu, in Loc. Stalle Funtana Figu – Su Munzion, lungo le sponde sinistra e destra del Rio Perdaias in Loc. Su Passu Suergiu e in prossimità del centro abitato di Nuraxi Figus dove è in progetto la nuova Stazione di Utenza. In affioramento si presenta di colore bianco sporco – beige per sfumare verso

l'alto in un colore bruno rossastro (foto n. 15 e 16), sono evidenti le linee di flusso e un'elevata concentrazione di fiamme; lungo la parte basale è possibile intravedere anche livelli vitrofirici da millimetrici a centimetrici di colore scuro in matrice ossidianacea. La roccia ha un aspetto litoide estremamente saldata e compatta ed interessata da un intenso sistema di fratture, nell'area di intervento poggia su un paleosuolo di spessore decimetrico, localmente arrossato e argillificato. In letteratura si riportano per questa unità spessori variabili da pochi metri sino ad oltre cento.

Seguono le "Rioliti dell'Unità di Nuraxi - **NUR**", queste affiorano con maggiore estensione e sono le meglio rappresentate sia nell'area vasta sia nel settore d'intervento, costituiscono le litologie d'imposta delle opere in progetto (parte dell'impianto fotovoltaico e delle opere di connessione). Le "Rioliti dell'Unità di Nuraxi - **NUR**" sono state attribuite, attraverso datazioni radiometriche, al Langhiano (15,8 Ma). Si tratta di depositi di flusso piroclastico in facies ignimbrítica a composizione riolitica, lo studio microscopico evidenzia la presenza di plagioclasio talora quasi completamente sostituito da sanidino mentre l'associazione femica è rappresentata da pirosseni alterati (ASSORGIA et al., 1990). Questo deposito è quasi sempre caratterizzato da un livello vitrofirico basale, con moderata presenza di cristalli, di spessore da decimetrico a metrico.



Foto 15 - Particolare dell'intensa foliazione ed alveolature delle ignimbriti dell'Unità di Nuraxi.



Foto 16 - Particolare dell'intenso sistema di fratture nelle ignimbriti dell'Unità di Nuraxi.

In affioramento queste litologie si presentano massive ed estremamente saldate di colore che va dal grigio azzurro al rosso scuro, si rinviene inoltre un intenso sistema di fratture ad andamento sia verticale, orientate secondo le principali direttrici tettoniche, sia orizzontali. I livelli basali più compatti sono caratterizzati dalla presenza di fiamme molto allungate generalmente di dimensioni decimetriche di colore grigio chiaro. Le parti superficiali risultano leggermente alterate e fratturate, con intensa foliazione e spaziatura da centimetrica a millimetrica, e con evidenti segni di erosione eolica quali le alveolature e le tafonature. Nel complesso il paesaggio che ne deriva è dato da vasti affioramenti rocciosi a morfologia aspra con creste nette e versanti acclivi generalmente privi di suolo e, quando presenti, sono molto erosi e di spessori ridotti.

#### **a) Complesso sedimentario continentale del quaternario.**

Le formazioni più recenti sono rappresentate dai depositi quaternari in prevalenza clastici con differenti facies deposizionali principalmente di ambiente continentale. Questi depositi costituiscono sia i sedimenti attuali sia quelli messi in posto nel Pleistocene e comprendono depositi eolici, depositi alluvionali, depositi di frana e di versante, coltri eluvio-colluviali e per finire suolo vegetale e depositi antropici.



La successione stratigrafica inizia con depositi di ambiente continentale, alluvioni e sabbie eoliche, del Sintema di Portovesme (**PVM**), sub sistema di Portoscuso (**PVM2**) attribuiti al Pleistocene Superiore. Nel settore d'intervento si rinvencono diffusamente le sabbie eoliche del sub sistema di Portoscuso (**PVM2b**), si tratta di sabbie sciolte e arenarie da fini a medie sino a grossolane a composizione quarzoso-calcareo di colore da bianco sporco, beige sino a giallastre disposte talvolta in straterelli isorientati spesso in discordanza angolare. Affiorano in coincidenza delle incisioni e degli avvallamenti all'interno delle vulcaniti con spessori variabili da pochi decimetri a qualche metro. Talvolta, frammisti alle sabbie, si rinvencono depositi granulari alluvio-colluviali provenienti dal dilavamento dei prodotti di alterazione delle vulcaniti.



Foto 17 - Particolare di un affioramento di sabbie eoliche (PVM2b) all'interno della cava di sabbia in Loc. Stalle Funtana Figù.



Foto 18 - Particolare di un affioramento di sabbie eoliche (PVM2b) in coincidenza del sito d'imposta della Stazione di Utenza nei pressi del centro abitato di Nuraxi Figus.

I depositi di tipo alluvionale (Olocene) si rinvencono principalmente in coincidenza della valle incassata del Canale di Paringianu e lungo l'alveo dei corsi d'acqua principali. Questi depositi sono costituiti da depositi alluvionali ciottolosi non cementati, ghiaie e sabbie grossolane con abbondanti sedimenti fini. In corrispondenza del Canale di Paringianu questi depositi sono costituiti da ghiaie e sabbie grossolane di colore bruno che sfumano in coincidenza della piccola pianura di esondazione verso sedimenti fini, costituiti da sabbie con rare ghiaie. La natura dei clasti rispecchia la composizione litologica delle principali formazioni presenti nell'area, nello specifico le vulcaniti oligo-mioceniche. Lo spessore di questi sedimenti è a prima vista di difficile valutazione, ma si può presumere che sia variabile entro una forbice che va da qualche metro sino a raggiungere i 10 metri. Esigui spessori di depositi alluvionali si rinvencono lungo il corso del Rio Perdaias e del Rio Resputus anche in questo caso si tratta di depositi alluvionali ciottolosi non cementati, ghiaie e sabbie grossolane con abbondanti sedimenti fini.

Alla base della valle incassata del Canale di Paringianu si rinvencono depositi detritici di versante, depositi in genere monogenici ed eterometrici, con clasti da poco arrotondati a spigolosi, scarsamente elaborati immersi in una notevole matrice fine, accumulati essenzialmente per gravità alla base dei versanti. Seguono i depositi antropici la cui origine è da ricollegare all'attività umana e che sono costituiti da cumuli di discarica, materiali di riporto ed aree bonificate, tutti ben rappresentati nel settore Industriale di Portovesme. Le litologie sin ora elencate sono sporadicamente ricoperte da suoli. In corrispondenza delle litologie ignimbritiche abbiamo sottili spessori di suoli localizzati all'interno di conche o in coincidenza di fratture con profili di tipo A C raramente A Bw C, poco profondi (meno di 10 - 15 cm). Lo scheletro varia da comune ad abbondante sia all'interno del profilo, sia in funzione delle caratteristiche e del grado di

alterazione del substrato con una struttura poliedrica subangolare. La tessitura varia dalla sabbioso franca a franca, più raramente alla franco argillosa. In coincidenza dei depositi eolici invece sono presenti suoli da profondi a poco profondi in funzione degli spessori delle sabbie eoliche, caratterizzati da profili di tipo A-Bt-C e subordinatamente A-C. Lo scheletro è generalmente assente mentre la tessitura varia da franco-sabbiosa in superficie a franco-sabbioso-argillosa in profondità.



Foto 19 - Particolare del profilo di suolo sviluppato sui depositi ignimbricitici cenozoici.



Foto 20 - Particolare del profilo di suolo sviluppato sui depositi eolici pleistocenici.

### SEZIONE GEOLOGICA TIPO

Il settore interessato dell'impianto fotovoltaico è in parte impostato sui depositi vulcanici in facies ignimbricitica e in parte sui depositi sedimentari pleistocenici, dall'analisi degli affioramenti, delle sezioni affioranti in corrispondenza del Canale di Guardia, del Canale di Paringianu, della Strada Provinciale n. 2 e delle cave di inerti è stato possibile ricostruire diverse tipologie di sezione tipo a partire dai termini più recenti sino a quelli più antichi.

#### Sezione tipo sui depositi vulcanici

- dal piano di campagna i primi 10/15 cm sono costituiti da suolo, **a questo proposito bisogna precisare che su questa tipologia di paesaggio la presenza di suolo risulta essere alquanto rara e relegata alla presenza di conche o a riempimento di fratture;**
- al di sotto dello strato di suolo si ha la sequenza ignimbricitica delle "Rioliti dell'Unità di Nuraxi - **NUR**", con spessori, nell'area di intervento, variabili a seconda dell'area da un minimo di 10 sino ad un max di 30 metri;
- segue la sequenza ignimbricitica delle "Rioliti dell'Unità di Monte Crobu - **CBU**" con spessori, anche in questo caso variabili a seconda dell'area da un minimo di 5-10 metri sino ad oltre cento.

#### Sezione tipo sui depositi sedimentari "sub sistema di Portoscuso (PVM2)":

- dal piano di campagna i primi 20/30 cm sono costituiti da suolo sabbioso;
- seguono i depositi del sub sistema di Portoscuso (**PVM2b**), si tratta di sabbie eoliche sciolte e arenarie da fini con spessori variabili da pochi decimetri a qualche metro;
- al di sotto dei depositi eolici si ha la sequenza ignimbricitica delle "Rioliti dell'Unità di Nuraxi - **NUR**", con spessori, nell'area di intervento, variabili a seconda dell'area da un minimo di 10 sino ad un max di 30 metri;

- segue la sequenza ignimbratica delle "Rioliti dell'Unità di Monte Crobu - **CBU**" con spessori, anche in questo caso variabili a seconda dell'area da un minimo di 5-10 metri sino ad oltre cento.

Entrando invece nel dettaglio delle opere in progetto, il campo fotovoltaico vedrà i suoi pannelli impostati principalmente sulle litologie ignimbratiche e subordinatamente su quelle eoliche del quaternario. Per quanto riguarda invece le cabine di campo e di impianto queste sono impostate secondo il seguente schema:

- 17 cabine sono impostate sulle litologie ignimbratiche (CC1.1, CC2.1, CC2.2, CC3.1, CC4.1, CC4.2, CC6.2, CC6.4, CC7.1, CC7.2, CC7.3, CC8.1, CC4.3, CC4.4, C-SUB2, C-SUB3, C-SUB7);
- 8 cabine sono impostate sulle sabbie eoliche (CC6.1, CC6.3, CC7.4, CC8.2, CC8.3, CC8.4, C-SUB6, C-SUB8).

In coincidenza dell'area della futura Stazione Utenza la sezione tipo è la seguente:

- dal piano di campagna i primi 20/30 cm sono costituiti da suolo sabbioso;
- seguono i depositi del sub sistema di Portoscuso (**PVM2b**), si tratta di sabbie eoliche sciolte e arenarie da fini con spessori variabili da pochi decimetri al metro;
- al di sotto dei depositi eolici si ha la sequenza ignimbratica delle "Rioliti dell'Unità di Monte Crobu - **CBU**" con spessori di parecchie decine di metri.

Il tracciato dell'elettrodotto invece si svilupperà sempre in trincea la quale sarà realizzata in parte all'interno delle litologie ignimbratiche, in parte all'interno dei depositi eolici (in questo caso non si esclude che a causa degli esigui spessori di queste litologie parte della trincea di sviluppi all'interno dei depositi ignimbratici), e in parte all'interno dei depositi antropici che costituiscono i rilevati stradali della viabilità secondaria, anche in questo caso, dove gli spessori del rilevato sono poco sviluppati, si andrà a scavare all'interno delle litologie ignimbratiche. Entrando nel dettaglio il tracciato dell'elettrodotto avrà una lunghezza di circa 8.600 metri e si svilupperà:

- per circa 3.120 metri all'interno delle litologie ignimbratiche;
- per circa 3.180 metri all'interno delle sabbie eoliche;
- per circa 2.300 metri all'interno dei rilevati stradali.
- Mentre il tracciato dei cavidotti di collegamento tra le varie cabine nei tre lotti si svilupperanno:
- per circa 3.827 metri all'interno delle litologie ignimbratiche;
- per circa 1.490 metri all'interno delle sabbie eoliche.

## INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

L'assetto geologico-strutturale del settore in esame, è il principale responsabile dell'idrografia e dell'idrogeologia dell'area e, quindi, dell'attuale circolazione idrica superficiale e sotterranea. Nell'insieme si possono individuare:

- **unità lito-stratigrafiche** con permeabilità di tipo primario per porosità;
- **unità lito-stratigrafiche** con permeabilità di tipo secondario per fratturazione.

Alla prima classe (permeabilità di tipo primario per porosità) appartengono depositi di ambiente continentale, alluvioni e sabbie eoliche, attribuibili al Sintema di Portovesme (**PVM**), sub sistema di Portoscuso (**PVM2**), i depositi alluvionali e le coltri detritiche poste alla base dei rilievi. I depositi del sub sistema di Portoscuso (**PVM2**) sono caratterizzati da una permeabilità primaria per porosità media con valori di permeabilità (K) variabili all'interno di una forbice che va  $10^{-1}$  cm/sec  $< K < 10^{-3}$  cm/sec; si tratta di litologie



che, come è stato esposto nel capitolo relativo alla geologia dell'area, ricoprono l'area a macchia di leopardo e sono caratterizzate da spessori variabili da pochi decimetri ad alcuni metri, ne consegue che queste litologie se pur dotate di una discreta permeabilità risultano, a causa degli esigui spessori, dotate di una scarsa capacità d'immagazzinamento e quindi, quando presente, sede di falde di scarso interesse e legate alle precipitazioni più abbondanti. I depositi alluvionali e le coltri detritiche poste alla base dei rilievi presentano in genere un grado di permeabilità (K) da media a medio-alta (K compreso tra  $10^{-3}$  -  $10^{-5}$  m/s) in funzione della granulometria e del tipo di matrice.

Alla seconda classe (permeabilità di tipo secondario per fratturazione) appartengono litologie del complesso vulcanico oligo-miocenico comprendente le "Rioliti dell'Unità di Monte Crobu - **CBU**" e le "Rioliti dell'Unità di Nuraxi - **NUR**". Queste litologie sono impermeabili ma, a causa dall'inteso sistema di fratture che le caratterizza, presentano una permeabilità di tipo secondario da media a medio-bassa. In bibliografia per le facies più compatte si riportano valori di permeabilità medio-bassi con valori di k compresi tra  $10^{-9}$  e  $10^{-11}$  m/s, che passano a medi, con valori di K compresi tra  $10^{-4}$  e  $10^{-6}$  m/s, in coincidenza di faglie o di roccia affetta da alto grado di fessurazione e fratturazione, qui si possono rilevare aumenti della permeabilità e di conseguenza della capacità d'immagazzinamento. Nel complesso queste litologie ospitano falde superficiali di scarso interesse. Per quel che riguarda le falde nell'area in esame sono presenti una falda superficiale di tipo freatico e delle falde profonde.

La falda freatica si trova localizzata entro i primi metri al di sotto del piano di campagna all'interno dei depositi eolici, sabbiosi e arenacei del sub sistema di Portoscuso (PVM2) e nei depositi alluvionali antichi e recenti. Queste litologie, visti gli esigui spessori, solo localmente quando le condizioni morfologiche risultano favorevoli all'accumulo, sono sede di una modesta falda di tipo freatico con scarse capacità di immagazzinamento e scarsa produttività e l'eventuale circolazione idrica in questi orizzonti superficiali è da considerarsi occasionale e legata alle precipitazioni più abbondanti. Le falde profonde sono localizzate all'interno del complesso sistema di fratture che caratterizza i prodotti vulcanici cenozoici. Nell'area in esame si rinvengono alcune emergenze idriche una in località "Su Munzion" al contatto tra le sabbie eoliche e le vulcaniti, una in località "Funtana Figu" all'interno delle vulcaniti e una terza in località "Su Munzioni" alla quale è collegato un sistema di presa con relativo acquedotto, seguono due piccole sorgenti nel settore sud lungo il corso del Rio Acqua Ierru. In tutti i casi si tratta di sorgenti attive quasi tutto l'anno ma con portata estremamente modesta, dipendente dal volume degli apporti meteorici. Per quanto riguarda l'andamento della falda, uno studio predisposto dall'ISPRA, ha evidenziato come le isofreatiche decrescano a partire da nord-est verso sud-ovest, dal settore collinare vulcanico verso il settore della piana di Portovesme. Per quanto riguarda il livello piezometrico si è provveduto alla misura dei livelli all'interno di alcuni piezometri (messi in opera durante la fase di caratterizzazione delle aree esterne al Polo industriale di Portovesme) localizzati all'interno dell'area d'intervento e nelle sue immediate vicinanze rilevando livelli piezometrici compresi tra i 6 e i 10 metri dal piano di campagna.

**Da quanto sin qui esposto ne consegue che le opere in progetto, compresa la linea dell'elettrodotto e le opere di sostegno dei moduli fotovoltaici non andranno ad interferire con la falda superficiale (comunque di modesta entità e limitata all'interno delle fratture beanti delle litologie ignimbriche e delle sabbie eoliche) ne con l'acquifero profondo; misure effettuate in pozzi e piezometri localizzati nella zona hanno evidenziato come il livello piezometrico sia localizzato tra i 6 e i 10 metri dal piano di campagna quota molto al di sotto di quella prevista per le opere di fondazione delle strutture in progetto.**

## **INQUADRAMENTO GEOLOGICO TECNICO DI MASSIMA**

Per la stesura del presente documento non son state effettuate indagini geotecniche mirate pertanto le caratteristiche geotecniche di massima, gli spessori minimi, le caratteristiche geomeccaniche e la stabilità delle varie litologie (sia di quelle litoidi sia di quelle sciolte) sono state desunte, in parte, attraverso la ricognizione e rielaborazione dei dati bibliografici relativi ad indagini eseguite in aree prossime a quella in esame e su litologie simili e/o assimilabili a quelle dell'area d'intervento, e in parte attraverso il rilevamento di campagna che ha interessato i numerosi fronti di cava (cava in località "Su Pranu de is Piccinus" e cava di sabbia "Sa Spinarba") e delle trincee presenti lungo la Strada Provinciale n. 2, lungo il Canale di Guardia e lungo le sponde sinistra e destra del Canale di Paringianu, oltre all'analisi dei numerosi affioramenti presenti all'interno dell'area di intervento. Durante la fase di rilevamento si è comunque provveduto alla misura del valore di resistenza alla compressione e l'angolo di attrito interno attraverso l'analisi speditiva di campagna secondo lo standard ISRM. Inoltre in corrispondenza dei livelli ritenuti più significativi sono stati prelevati una serie di campioni sui quali si è provveduto alla determinazione del peso di volume naturale. Il rilevamento geologico così effettuato ha evidenziato come le opere in progetto siano impostate in parte sulle litologie compatte e litoidi costituite dalle igimbriti di età oligo-miocenica in parte sui depositi continentali del Pleistocene.

### **LITOLOGIE LITOIDI**

Le litologie litoidi sono costituite dai prodotti piroclastici del complesso Vulcanico Cenozoico rappresentato sia nell'area vasta sia nel settore d'intervento dalle "Rioliti dell'Unità di Nuraxi", queste costituiscono anche parte rilevante delle litologie d'imposta delle opere in progetto. Nel settore di studio l'Unità è rappresentata da depositi decametrici di flusso piroclastico in facies ignimbratica a composizione riolitica. In affioramento si presentano massive ed estremamente saldate di colore che va dal grigio azzurro al rosso scuro, si rinviene inoltre un intenso sistema di fratture ad andamento sia verticale, orientate secondo le principali direttrici tettoniche, sia giunti e fratture orizzontali. I livelli basali più compatti sono caratterizzati dalla presenza di fiamme molto allungate generalmente di dimensioni decimetriche di colore grigio chiaro. Le parti superficiali risultano leggermente alterate e fratturate, con intensa foliazione e spaziatura da centimetrica a decimetrica. Per la successione vulcanica oligo-miocenica si riportano in letteratura spessori di circa 1.000 metri, mentre per le Rioliti dell'Unità di Nuraxi nel settore d'intervento si possono documentare spessori da 3-4 metri sino ad oltre 40 metri.

Su alcuni campioni prelevati in affioramento si è proceduto alla determinazione dei valori di peso di volume compresi tra un minimo di 20,59 kN/mc (2,10 t/mc) per le facies leggermente alterate ad un massimo di 23,54 kN/mc (2,40 t/mc) per quelle più compatte. Il rilievo geomeccanico delle litologie igimbritiche è stato condotto in accordo alle raccomandazioni ISRM "Quantitative description of discontinuities in rock masses", 1978 mentre la classificazione dell'ammasso roccioso è stata portata avanti attraverso l'utilizzo del metodo RMR (Bieniawski 1989). Con questo approccio si perviene alla classificazione dell'ammasso roccioso attraverso un indice RMR (Rock Mass Rating), che prende in considerazione i seguenti cinque parametri più un indice di correzione per la giacitura delle discontinuità:

- la resistenza a compressione della roccia;
- l'indice RQD (Rock Quality Designation);
- la spaziatura delle discontinuità;
- le condizioni delle discontinuità (persistenza, apertura, rugosità, riempimento, degradazioni pareti);
- le condizioni idrauliche delle discontinuità.

Si è inoltre provveduto ad applicare il coefficiente di correzione che prende in considerazione l'orientamento delle discontinuità che consente di calcolare il valore di RMRc (corretto).

Ad ogni parametro, sulla base dei valori misurati è stato assegnato un coefficiente (Bieniawski 1989).

Il rilievo geomeccanico ha evidenziato la presenza nel settore settentrionale di diverse famiglie di discontinuità una prima ad andamento sub verticale con direzione tra 10 e 20°N con spaziatura variabile da 20 cm ad oltre un metro, una seconda famiglia con direzione tra 60 e 70°N anche essa ad andamento sub-verticale e spaziatura variabile dai 50 cm ad oltre 2 - 3 metri, una terza famiglia con direzione 140°N anche essa ad andamento sub-verticale e spaziatura variabile tra i 5 e i 10 metri, mentre nel settore meridionale verso il Canale di Paringianu la famiglia con direzione 140°N si dispone più verso i 160°N mantenendo sempre l'andamento sub-verticale e spaziatura variabile tra i 3 e i 10 metri, sono inoltre presenti una serie di giunti ad andamento orizzontale con spaziatura variabile da 10/20 cm ad oltre il metro. L'analisi delle discontinuità in affioramento ha evidenziato come il parametro relativo alla spaziatura delle discontinuità ad andamento verticale sia sempre superiore ai 25 cm. Si tratta di giunti generalmente continui, aperti, caratterizzati da superfici da inalterate a poco alterate con una rugosità da alta a moderata e da riempimento da moderato ad assente, e quando presente costituito da materiale terroso e/o argilloso – sabbioso. Per quel che riguarda le condizioni idrauliche dei giunti questi sono risultati sempre asciutti.



Foto 21 – Particolare del sistema di fratture che caratterizza le Rioliti dell'Unità di Nuraxi.



Foto 22 – Misure di resistenza a compressione attraverso Sclerometro per Roccia GeoHammer in località Su Medadeddu.

Per quanto riguarda il valore di resistenza a compressione al fine di avere un dato attendibile si è provveduto all'analisi speditiva di campagna secondo lo standard ISRM (portata avanti sia con misure effettuate sia tramite Sclerometro per Roccia GeoHammer, sia attraverso l'osservazione della risposta della roccia alla sua percussione con il martello da Geologo). L'analisi speditiva ha interessato diversi affioramenti dislocati lungo la Strada Provinciale n. 2, lungo il Canale di Guardia, lungo la sponda destra del Canale di Paringianu e in corrispondenza di numerosi affioramenti presenti all'interno dell'area di intervento, ottenendo valori di resistenza a compressione variabili da un minimo di 50 ad un massimo di 210 MPa. Nel presente lavoro è stato adottato un valore cautelativo pari a 120 MPa che fa rientrare la roccia di imposta delle opere in progetto all'interno della Classe B rocce con una resistenza a compressione alta (Deere e Miller 1966).

L'indice RQD (Rock Quality Designation), misurato su affioramenti localizzati in prossimità dell'area d'indagine, è stato valutato sulla base del numero di famiglie caratterizzanti l'ammasso roccioso e della misura della loro spaziatura utilizzando le formule:

1.  $RQD=100(0,1\lambda+1)\exp(-0,1 \lambda)$  (Priest e Hudson, 1981), essendo  $\lambda$  il numero di giunti per metro di stendimento, nel nostro caso pari a 4 e valore di RQD uguale a 87%;
- 2)  $RQD=115-3,3J_v$  (Palmstrom 1982), dove  $J_v$  è il numero di giunti per metro cubo ottenuto dalle spaziature medie  $X_i$  delle famiglie di discontinuità "i" che intercettano lo stendimento nel nostro caso pari a 9 e valore di RQD uguale a 85,3%.

I valori così ottenuti con le due diverse formule risultano essere paragonabili. Per finire si è provveduto ad applicare il coefficiente di correzione che prende in considerazione l'orientamento delle discontinuità; nel caso specifico le discontinuità principali sono disposte principalmente con andamento verticale seguito dall'andamento sub orizzontale. Di seguito si riportano i vari coefficienti utilizzati per la classificazione dell'ammasso roccioso.

PARAMETRO	VALORE	INDICE
<b>Resistenza compressione uniassiale</b>	<b>120 MPa</b>	<b>12</b>
<b>RQD</b>	<b>85,3%</b>	<b>17</b>
<b>Spaziatura</b>	<b>spaziatura delle discontinuità sempre maggiore ai 25 cm</b>	<b>10</b>
<b>Condizioni delle discontinuità</b>	<b>discontinuità generalmente continue, con superfici leggermente scabre e poco alterate, mentre l'apertura varia da chiusa a &gt; di 5mm</b>	<b>13</b>
<b>Condizioni idrauliche</b>	<b>i giunti sono risultati sempre asciutti</b>	<b>15</b>
<b>Coefficiente di correzione</b>	<b>le discontinuità principali andamento verticale e subordinatamente orizzontale</b>	<b>0</b>

*Coefficienti di Bieniawski*

Procedendo alla somma de valori numerici attribuiti ai vari parametri si ha per le rocce in esame un valore RMRc pari a:

- 67 che le pone tra quelle della classe II, ammasso roccioso di qualità buona.

#### **Classificazione di Bieniawski**

In base alla classificazione di Bieniawski si possono stimare la coesione e l'angolo di attrito dell'ammasso roccioso mediante le relazioni:

$$c = 5 \text{ RMRb (kPa)}$$

$$\phi = 5 + \text{RMRb}/2$$

Si possono inoltre valutare le caratteristiche di deformabilità mediante le relazioni:

$$E_d = 2 \text{ RMRb} - 100 \text{ per RMRb} > 50$$

$$E_d = 10(\text{RMRb} - 10)/40 \text{ per RMRb} < 50$$

nelle quali il modulo di elasticità è espresso in GPa.

Di seguito si riportano i valori ottenuti.

Parametro	Valore
<b>Coesione "c"</b>	<b>335 kPa</b>
<b>Angolo di attrito "φ"</b>	<b>38,5°</b>
<b>Modulo di elasticità "Ed"</b>	<b>34 GPa</b>

*Parametri geotecnici caratteristici dell'ammasso roccioso.*

Riepilogando alle litologie del Complesso Vulcanico Cenozoico si possono attribuire i seguenti parametri geotecnici:

PARAMETRI	SIMBOLO	UNITÀ DI MISURA	VALORE
Peso di volume secco	$\gamma$	$kN/m^3$	20,59/23,54
Valore di angolo di attrito	$\phi$	°	38,5°
Coesione	$c$	kPa	335
Resistenza compressione uniaassiale		MPa	120



Foto 23 – Affioramento delle sabbie lungo la sponda sinistra del Canale di Guardia.



Foto 24 – Particolare delle sabbie eoliche del sub sistema di Portoscuso.

#### LITOLOGIE SCIOLTE

Come già esposto nel paragrafo relativo all'assetto geologico nel settore d'intervento si rinvergono diffusamente le sabbie eoliche del sub sistema di Portoscuso (**PVM2b**). Queste sabbie costituiscono il materiale di imposta di parte dell'impianto (pannelli ed alcune cabine oltre che di parte dell'elettrodotto). Si tratta di sabbie sciolte e arenarie da fini a medie sino a grossolane a composizione quarzoso-calcareo di colore da bianco sporco, beige sino a giallastre disposte talvolta in straterelli isorientati spesso in discordanza angolare. Affiorano in coincidenza delle incisioni e degli avvallamenti all'interno delle vulcaniti **con spessori variabili da pochi decimetri a qualche metro**. Talvolta, frammisti alle sabbie, si rinvergono depositi granulari alluvio-colluviali provenienti dal dilavamento dei prodotti di alterazione delle vulcaniti. Per quanto riguarda le caratteristiche geotecniche di queste litologie ci si rifà ai valori bibliografici relativi a litologie simili.

PARAMETRI	SIMBOLO	UNITÀ DI MISURA	VALORE
Peso di volume secco	$\gamma$	$kN/m^3$	tra 16,47 e 18,14
Valore di angolo di attrito	$\phi$	°	tra 17° e 29°
Valore caratteristico coesione non drenata	$C_u$	kPa	0

Trattandosi di terreni prevalentemente granulari risulta essere trascurabile l'apporto della coesione per questo motivo possono essere assimilati a terreni privi di coesione.

Per quanto riguarda invece i rilevati stradali sulla quale si svilupperà gran parte dell'elettrodotto si possono attribuire i seguenti parametri geotecnici che variano in funzione della tipologia di materiale che di volta in volta è stata utilizzata per la realizzazione del rilevato:

Gruppo	Sotto-gruppo	Frazione passante allo staccio UNI 2332			LL (limite liquido)	IP (indice di plasticità)	Indice di gruppo	Materiali caratteristici costituenti il gruppo	Caratteristiche come sottofondo	Azione del gelo	Ritiro o rigonfiamento	Permeabilità	Classificazione generale
		2	0,4	0,075									
A1	A1-a A1-b	<50	<30 <50	<15 <25	-	<6	0	ghiaia o breccia, ghiaia o breccia sabbiosa, sabbia grossa, pomice, scorie vulcaniche, pozzolane	da eccellente a buono	nessuna o lieve	nullo	elevata	Terre ghiaio-sabbiose
A3	-	-	>50	<10	-	-	0	sabbia fine		media	nullo o lieve	media o scarsa	
A2	A2-4 A2-5 A2-6 A2-7	-	-	<35	<40 >40 <40 >40	<10 <10 >10 >10	0  <4	ghiaia o sabbia limosa o argillosa	da mediocre a scadente	molto elevata	lieve o medio	scarsa o nulla	Terre limo-argillose
A4	-	-	-	>35	<40	<10	<8	limi poco compressibili		media	elevato	molto elevato	
A5	-	-	-	>35	>40	<10	<12	limi fortemente compressibili	da mediocre a scadente	elevata	elevato	molto elevato	Torbe
A6	-	-	-	>35	<40	>10	<16	argille poco compress.		media	elevato	molto elevato	
A7	A7-5	-	-	>35	>40 IP < LL - 30	>10 - 30	<20	argille fortemente compressibili mediamente plastiche	da mediocre a scadente	elevata	elevato	molto elevato	Torbe
	A7-6	-	-	>35	>40 IP > LL - 30	>10 - 30		idem fortemente plastiche		media	molto elevato		
A8	-	-	-	-	-	-	-	torbe, detriti organici di origine palustre	inadatte				Torbe

Figura 5 - Classificazione delle terre per uso stradale (UNI 10006-CNR)

Mentre per quel che riguarda i valori di angolo di attrito interno si possono assumere i seguenti:

Materiale	sciolto	compatto
Sabbia a granuli arrotondati, uniforme	27°	34°
Sabbia a spigoli vivi, ben graduata	33°	45°
Ghiaia sabbiosa	35°	50°
Sabbia limosa	27° ÷ 33°	30° ÷ 35°
Limo inorganico	27° ÷ 30°	30° ÷ 35°

**I parametri sopra riportati se pur rappresentativi dovranno essere verificati ed integrati con dati provenienti da adeguata campagna di indagini e prove geotecniche mirate (in situ e di laboratorio) da effettuarsi in fase di redazione del progetto esecutivo al fine sia di verificare quanto sin qui esposto, sia per avere dati certi sulle caratteristiche tecniche delle litologie di imposta delle fondazioni.**

Per questi motivi in osservanza del Decreto 17 gennaio 2018 (NTC2018) si propone, per la fase di progettazione esecutiva, la realizzazione di una campagna geognostica minima comprendente:

- un adeguato numero di perforazioni verticali a carotaggio continuo o in alternativa un adeguato numero di pozzetti geognostici da spingersi sino alla quota d'imposta delle fondazioni delle opere in progetto;
- un adeguato numero di prove penetrometriche S.P.T. nel corso dei sondaggi in corrispondenza degli orizzonti sciolti;
- in alternativa un adeguato numero prove penetrometriche dinamiche continue da eseguirsi in corrispondenza degli orizzonti sciolti.



Il prelievo di un sufficiente numero di campioni di sedimento e rocce da sottoporre a prove di laboratorio comprendenti:

- determinazione del peso di volume naturale (CNR n°40 – 1073);
- determinazione dei limiti ed indici di Atterberg;
- prove di taglio diretto con scatola di casagrande (ASTM D 3080 – 98);
- prove di compressione edometrica (AGI 1994 - ASTM D 2435-80);
- analisi granulometriche e classificazione delle terre secondo le norme CNR UNI 10006;
- prove per la misura della resistenza alla compressione monoassiale (point load test).

Inoltre in fase esecutiva, si dovranno eseguire opportune prove di carico in compressione e trazione (pull-out) e di carico orizzontale e/o inclinato su un numero adeguato di pali pilota in modo da ottimizzare le strutture di fondazione delle strutture di sostegno dei pannelli fotovoltaici.

### **PRECAUZIONI ED ACCORGIMENTI TECNICI**

Sulla base di quanto esposto nei paragrafi precedenti si evidenzia come per la realizzazione delle opere in progetto non si riscontrano particolari problematiche gli unici appunti riguardano:

- durante la messa in opera delle strutture di sostegno dei pannelli si potrà procedere tramite la realizzazione di fori trivellati per le parti di impianto impostate direttamente sulle litologie ignimbriche oppure con la semplice infissione (tramite macchina battipalo) all'interno dei depositi continentali del Pleistocene, qualora in corrispondenza dei depositi continentali sciolti gli spessori siano insufficienti a garantire la stabilità dell'opera si dovrà procedere anche in questo caso alla realizzazione di fori trivellati sulle litologie ignimbriche sottostanti (il tutto da valutare a seguito di adeguata campagna di indagini geognostiche);

- per la **messa in opera delle strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici, in coincidenza delle litologie ignimbriche (a causa della morfologia decisamente aspra ed accidentata), risulta da difficile ad impossibile l'utilizzo di macchinari standard (mezzi cingolati e/o gommati), pertanto si potrà procedere:**

- **o attraverso un rimodellamento del profilo topografico in coincidenza delle aree più accidentate;**

- **o facendo ricorso a tecniche particolari (manuali) sia per la realizzazione dei fori di fondazione sia per il trasporto e montaggio delle componenti dell'impianto;**

- durante la realizzazione sia delle fondazioni delle cabine sia delle trincee dell'elettrodotto (cavidotto) in corrispondenza delle litologie ignimbriche più compatte si dovrà ricorrere all'utilizzo del martellone nelle fasi di sbancamento. Lo stesso discorso vale per i tratti di elettrodotto che si sviluppano lungo i rilevati stradali dove gli spessori del rilevato non sono elevati e pertanto anche in quei casi la trincea si spingerà in parte all'interno dei materiali litoidi con elevate caratteristiche geotecniche;

- durante la fase di realizzazione sia delle fondazioni delle cabine sia delle trincee del cavidotto quando queste saranno impostate interamente all'interno delle litologie sciolte (depositi continentali del Pleistocene) e nei rilevati stradali, trattandosi di litologie poco coerenti, bisognerà porre particolare attenzione alla stabilità dei fronti di scavo;

- gli attraversamenti dei corsi d'acqua da parte dei cavidotti MTB dovranno essere realizzati in subalveo ad una profondità tale da garantire un franco di almeno un metro tra i cavidotti e la base dell'alveo (ai sensi dell'art. 27, comma 3, lettera h, delle N.A. del PAI);



- per quel che riguarda le opere di fondazione delle cabine di utenza e di quelle di campo, quando impostate all'interno dei depositi continentali del Pleistocene, vista la natura sabbiosa degli stessi, si rende necessario prevedere:

- un'adeguata bonifica attraverso l'asportazione e sostituzione del terreno;
- la regolarizzazione e stabilizzazione meccanica mediante compattazione del fondo così realizzato;
- la posa di telo geotessile per l'intera superficie di appoggio;
- la ricarica con terreni granulari aridi a granulometria assortita posti in opera a strati di spessore non superiore a 0,20 m e opportunamente compattati, costituiti da misti granulari frantumati con caratteristiche granulometriche tipiche dei terreni di classe A1-a o A1-b, con Limite liquido non determinabile (LL = N. D.) ed indice plastico pari a zero ( $I_p = 0$ ).

## CONCLUSIONI

Dal rilevamento dello stato dei luoghi non si evincono particolari fenomeni di dissesto né in atto né potenziali; le uniche aree morfologicamente attive sono quelle poste a ridosso delle scarpate di alcune delle vallecole dei piccoli corsi d'acqua dove, in coincidenza di incisioni più profonde e ad andamento da verticale a sub verticale e a causa dell'intenso sistema di fessurazione e fratturazione che caratterizza l'ammasso roccioso, si possono verificare fenomeni di crollo per distacco di grossi massi dalla parete rocciosa. Sempre all'interno del settore impostato sulle litologie ignimbriche non è raro incontrare massi in equilibrio precario anche di grosse dimensioni. Il resto dell'area, visto l'assetto litologico e l'andamento morfologico locale, da poco inclinato a sub-pianeggiante, mostra caratteri di relativa stabilità e non esistono, allo stato attuale, i presupposti per l'insorgere di spinte gravitative e/o tangenziali, purché vengano mantenute le attuali condizioni geomorfologiche al contorno.

***Il rilievo morfologico ha evidenziato come, in coincidenza delle litologie ignimbriche, risulti essere problematica la messa in opera delle strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici a causa della morfologia decisamente aspra e accidentata che rende da difficile ad impossibile l'utilizzo di macchinari standard, pertanto si potrà procedere:***

- ***o attraverso un rimodellamento del profilo topografico in coincidenza delle aree più accidentate;***
- ***o facendo ricorso a tecniche particolari (manuali) sia per la realizzazione dei fori di fondazione sia per il trasporto e montaggio delle componenti dell'impianto.***

Il rilevamento geologico ha evidenziato come questo settore sia in parte impostato su litotipi del complesso vulcanico cenozoico caratterizzato, nell'area d'intervento, dalla presenza di due differenti Unità le "Rioliti dell'Unità di Monte Crobu - **CBU**" e le "Rioliti dell'Unità di Nuraxi - **NUR**", in parte sui depositi di ambiente continentale, alluvioni e sabbie eoliche del Sistema di Portovesme (**PVM**), sub sistema di Portoscuso (**PVM2**) attribuiti al Pleistocene Superiore. Durante questa prima fase di rilevamento, conoscitiva, si è provveduto alla sola analisi dei fronti di scavo e degli affioramenti esistenti nell'area. I campioni prelevati hanno permesso di calcolare un valore di peso di volume compreso tra un minimo di 20,59 kN/mc (2,10 t/mc) per le facies leggermente alterate ad un massimo di 23,54 kN/mc (2,40 t/mc) per quelle più compatte. Per quanto riguarda la resistenza a compressione si è provveduto all'analisi speditiva di campagna secondo lo standard ISRM, in cui il valore della resistenza a compressione è stimato attraverso l'osservazione della risposta della roccia alla sua percussione con il martello da Geologo sia attraverso misure effettuate tramite Sclerometro per Roccia GeoHammer. L'analisi speditiva ha restituito valori di resistenza a compressione variabili da un minimo di 50 ad un massimo di 210 MPa. Il rilievo geomeccanico delle litologie andesitiche è stato condotto in accordo alle raccomandazioni ISRM "Quantitative description of

discontinuities in rock masses", 1978 mentre la classificazione dell'ammasso roccioso è stata portata avanti attraverso l'utilizzo del metodo RMR (Bieniawski 1989) e ha permesso di ottenere i seguenti parametri:

<b>Valore di angolo di attrito</b>	<b>38,5°</b>
<b>Coesione "c"</b>	<b>335 kPa</b>
<b>Modulo di elasticità "Ed"</b>	<b>34 GPa</b>

Per quanto riguarda le caratteristiche geotecniche delle litologie sciolte ci si è rifatti ai valori bibliografici relativi a litologie simili.

<b>PARAMETRI</b>	<b>VALORE</b>
<b>Peso di volume secco</b>	<b>tra 16,47 e 18,14 kN/m<sup>3</sup></b>
<b>Valore di angolo di attrito</b>	<b>tra 17° e 29°</b>
<b>Valore caratteristico coesione non drenata</b>	<b>0</b>

***I dati così acquisiti hanno comunque permesso di definire le caratteristiche tecniche delle rocce d'imposta dell'impianto (ignimbriti) e pertanto di prevedere la trivellazione della roccia per la messa in opera delle strutture di sostegno dei pannelli e l'uso del martellone nelle fasi di sbancamento per la realizzazione delle fondazioni delle cabine nonché per la realizzazione del cavidotto in trincea (per maggiori dettagli si rimanda al paragrafo precedente precauzioni ed accorgimenti tecnici).***

Dal punto di vista idrogeologico l'area in esame è caratterizzata dalla presenza di unità lito-stratigrafiche con permeabilità di tipo primario per porosità e unità lito-stratigrafiche con permeabilità di tipo secondario per fratturazione. Alla prima classe appartengono depositi di ambiente continentale, alluvioni e sabbie eoliche, i depositi alluvionali e le coltri detritiche poste alla base dei rilievi. Alla seconda classe (permeabilità di tipo secondario per fratturazione) appartengono le litologie del complesso vulcanico oligo-miocenico. Nel complesso queste litologie ospitano falde superficiali di scarso interesse. Per quel che riguarda l'acquifero sotterraneo nell'area in esame sono presenti una falda superficiale di tipo freatico di scarsa entità localizzata entro i primi metri al di sotto del piano di campagna all'interno dei depositi eolici, sabbiosi e arenacei e nei depositi alluvionali antichi e recenti con scarse capacità di immagazzinamento; falde profonde sono localizzate all'interno del complesso sistema di fratture che caratterizza i prodotti vulcanici cenozoici. Per quanto riguarda l'andamento della falda questa decresce a partire da nord-est verso sud-ovest, dal settore collinare vulcanico verso il settore della piana di Portovesme.

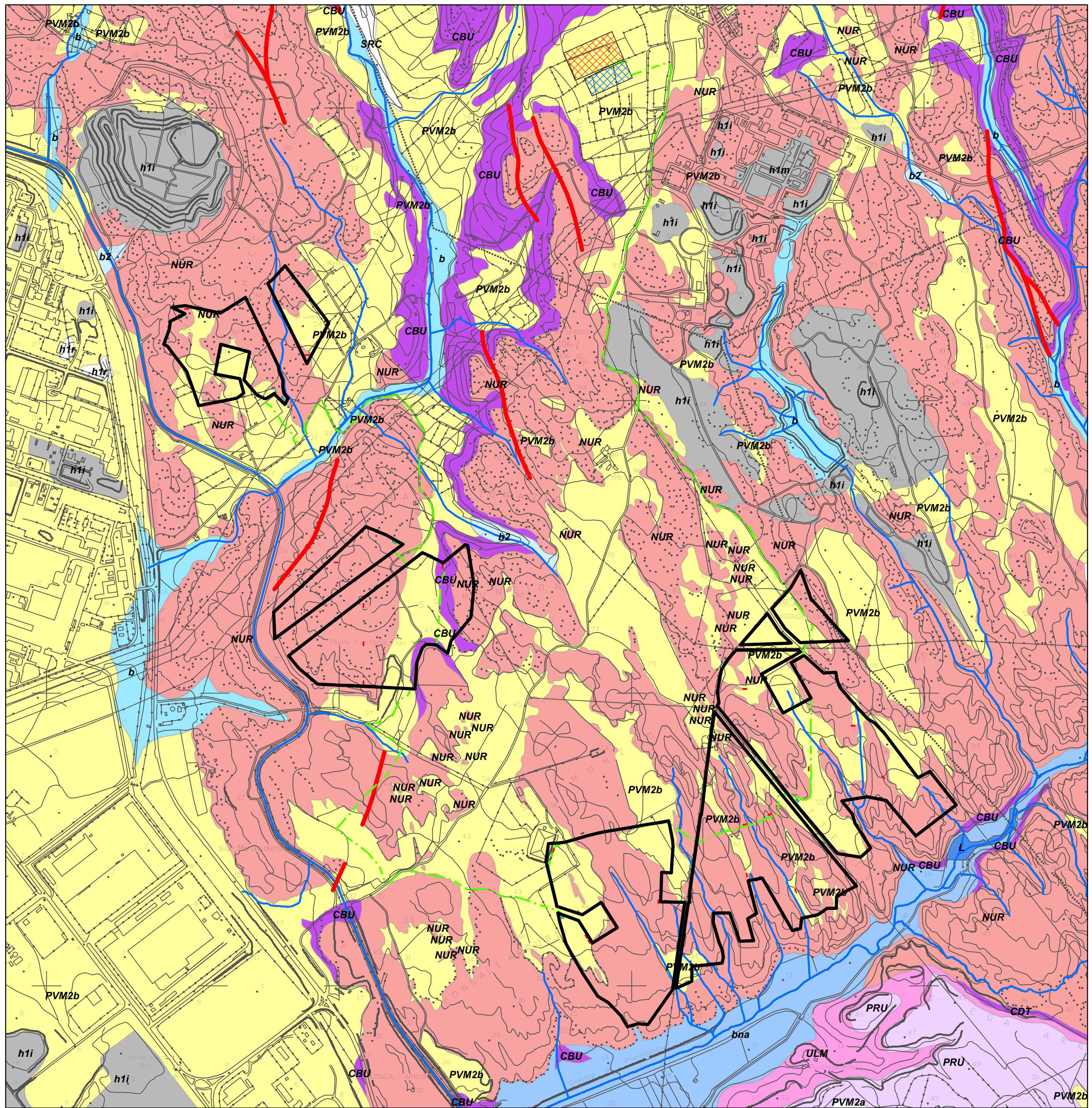
***I rilievi effettuati hanno evidenziato come le opere in progetto, compresa la linea dell'elettrodotto e le opere di sostegno dei moduli fotovoltaici non andranno ad interferire con la falda superficiale (comunque di modesta entità e limitata all'interno delle fratture beanti delle litologie ignimbritiche o all'interno delle sabbie eoliche) né con l'acquifero profondo localizzato tra i 6 e i 10 metri dal piano di campagna quota molto al di sotto di quella prevista per le opere di fondazione delle strutture in progetto.***

Sulla base di quanto esposto, vista la tipologia delle opere da realizzare, viste le caratteristiche morfologiche, geologiche, idrogeologiche e geotecniche dell'area, non sono state riscontrate con questo studio preliminare problematiche particolari quali situazioni di pericolosità, vulnerabilità e di rischio per l'opera e per l'ambiente circostante, tali da sconsigliarne la realizzazione. Pertanto gli studi e le analisi effettuate indicano che il sito è idoneo alla realizzazione dell'intervento previsto a patto che si adottino gli accorgimenti tecnici esposti nelle sezioni precedenti.

***Per quanto riguarda la valutazione dei parametri geotecnici dei terreni d'imposta delle opere si rimanda alla fase di progettazione esecutiva nella quale ogni valutazione in merito dovrà essere supportata da dati che dovranno scaturire da adeguata campagna d'indagini e prove geotecniche (in situ e di laboratorio) in osservanza del D.M. 11.03.1988 Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce e del DECRETO 17 gennaio 2018 (NTC2018).***

















## **TAVOLE**



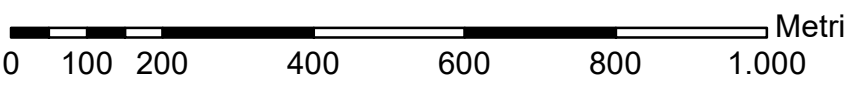


**Carta geologica**

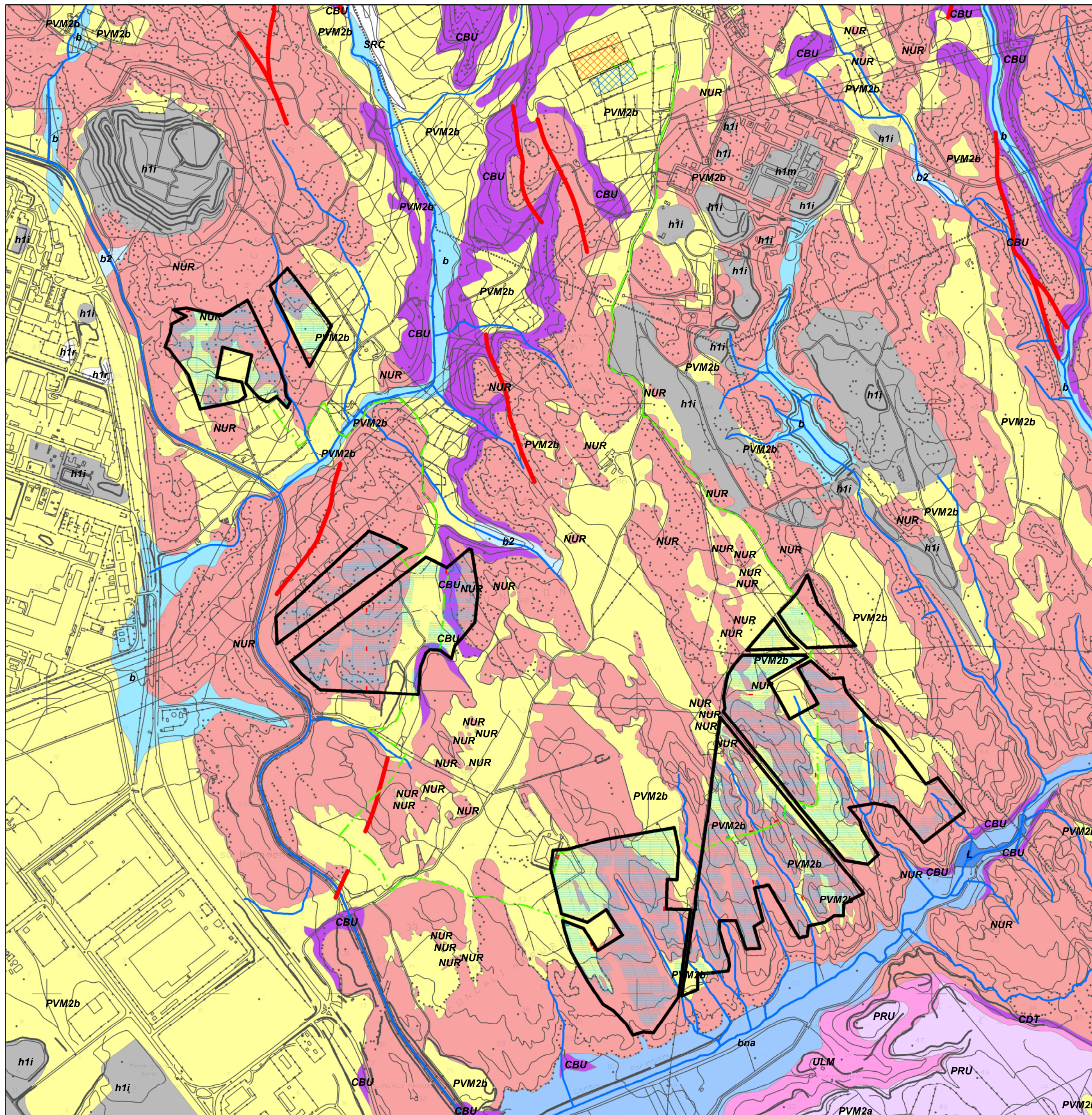
**Legenda**

-  Perimetro area occupata dall'impianto
-  Stazione Elettrica utenza (SU)
-  Nuova stazione TERNA
-  Cavidotti MT cabine di impianto - SU
-  Corso d'acqua
-  Lago artificiale
-  Depositi antropici. Discariche Industriali e Minerarie (h1i). OLOCENE
-  Depositi alluvionali (b). OLOCENE
-  Coltri eluvio-colluviali (b2). OLOCENE
-  Depositi alluvionali terrazzati (bna). OLOCENE
-  Litofacies nel Substema di Portovesme (SINTEMA DI PORTOVESME). Sabbie e arenarie eoliche con subordinati detriti e depositi alluvionali (PVM2). PLEISTOCENE SUP.
-  RIOLITI DI PARINGIANU (PRU). Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbratica.
-  RIOLITI IPERACALINE DI MONTE ULMUS (ULM). Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbratica, a chimismo riolitico.
-  RIOLITI DI NURAXI (NUR). Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbratica a chimismo riolitico.
-  RIOLITI DI MONTE CROBU (CBU). Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbratica a chimismo riolitico.
-  Faglia

Scala 1:10.000





















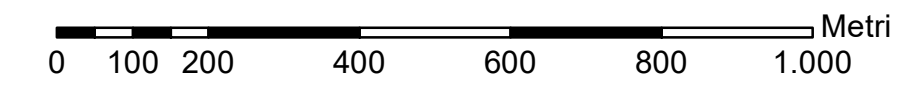


### Carta geologica

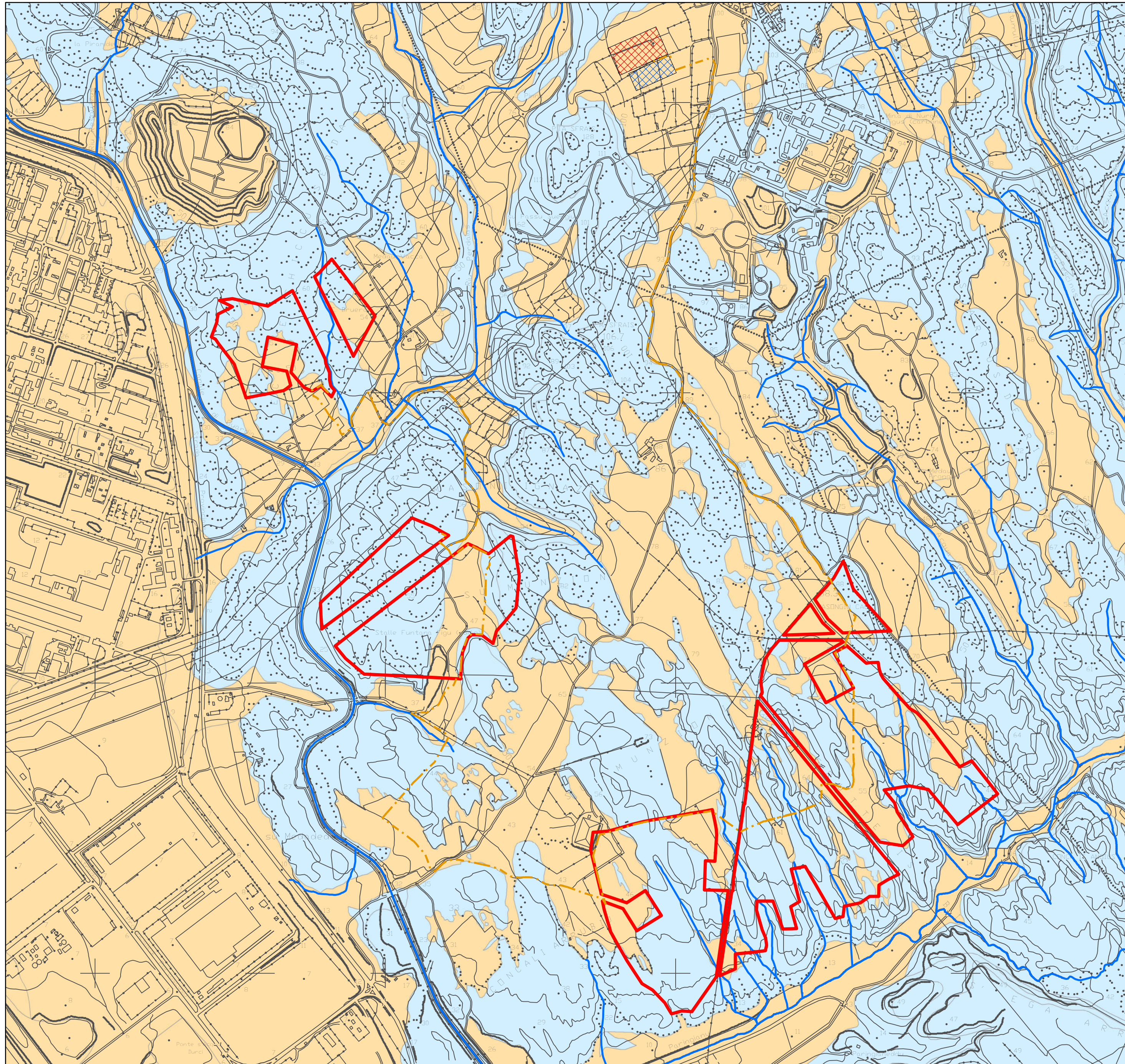
#### Legenda

-  Perimetro area occupata dall'impianto
-  Stazione Elettrica utenza (SU)
-  Nuova stazione TERNIA
-  Cavidotti MT cabine di impianto - SU
-  Corso d'acqua
-  Lago artificiale
-  Depositi antropici. Discariche Industriali e Minerarie (h1i). OLOCENE
-  Depositi alluvionali (b). OLOCENE
-  Coltri eluvio-colluviali (b2). OLOCENE
-  Depositi alluvionali terrazzati (bna). OLOCENE
-  Litofacies nel Subsistema di Portoscuso (SINTEMA DI PORTOVESME). Sabbie e arenarie eoliche con subordinati detriti e depositi alluvionali (PVM2). PLEISTOCENE SUP.
-  RIOLITI DI PARINGIANU (PRU). Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbrica.
-  RIOLITI IPERACALINE DI MONTE ULMUS (ULM). Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbrica, a chimismo riolitico.
-  RIOLITI DI NURAXI (NUR). Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbrica a chimismo riolitico.
-  RIOLITI DI MONTE CROBU (CBU). Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbrica a chimismo riolitico.
-  Faglia

Scala 1:10.000


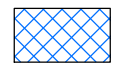











**Carta idrogeologica**

**Legenda**

-  Perimetro area occupata dall'impianto
-  Stazione Elettrica utenza (SU)
-  Nuova stazione TERNA
-  Cavidotti MT cabine di impianto - SU
-  Permeabilità medio - alta per porosità
-  Permeabilità medio - bassa per fessurazione
-  Corso d'acqua

Scala 1:10.000

