



**PROGETTAZIONE DEFINITIVA E STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE  
PER RICHIESTA DI AUTORIZZAZIONE UNICA  
DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO DA 40 MW  
IN ZONA INDUSTRIALE DI PRATO SARDO NEL COMUNE DI NUORO (NU)**

# PROGETTO DEFINITIVO

**NUORO  
SOLAR**

COMMITTENTE:

PROGETTISTA:



TITOLO ELABORATO:

**RELAZIONE GELOGICO GEOTECNICA E DI COMPATIBILITA'  
IDROGEOLOGICA**

ELABORATO n°:  
BI029F-D-NUO-RT-03-r00

NOME FILE:

SCALA: ----

DATA: Giugno 2023

REVISIONE	N.	DATA	DESCRIZIONE	ELABORATO	CONTROLLATO	APPROVATO
	00		Giugno 2023	Prima Emissione	E. Fresia	M. Sandri
01						
02						
03						
04						

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-03-r00	Pag. 1
			RELAZIONE GEOLOGICA	

## SOMMARIO

1. PREMESSA.....	4
1.1. <i> Oggetto e scopo</i> .....	5
1.2. <i> Metodologie utilizzate</i> .....	7
2. RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI .....	8
3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E URBANISTICO .....	10
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....	13
5. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO .....	19
5.1 <i> Vincolo idrogeologico</i> .....	23
5.2 <i> Compatibilità idrogeologica</i> .....	25
6. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....	26
7. SISMICITA' DELL'AREA .....	30
7.1 <i> Sismicità dell'area</i> .....	30
7.2 <i> Norme tecniche per le costruzioni</i> .....	32
7.3 <i> Risposta sismica locale</i> .....	36
7.4 <i> Liquefazione dei terreni</i> .....	38
8. INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	41
9. MODELLO STRATIGRAFICO E GEOTECNICO.....	48
10. INTERAZIONE OPERE TERRENI E CONCLUSIONI .....	50

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-03-r00	Pag. 2
			RELAZIONE GEOLOGICA	

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 1.1 Particolare della strada perimetrale con recinzione e condotte interratoe .....	5
Figura 1.2 - Ubicazione impianto agrivoltaico in Comune di Nuoro con relativo cavidotto di collegamento alla SSEU .....	7
Figura 3.1 Ubicazione del Comune di Nuoro .....	10
Figura 3.2 PUC Comunale. Carta dell'uso del suolo .....	11
Figura 3.3 Dettaglio dell'area di installazione dei pannelli e tracciato del cavidotto. La viabilità principale di accesso è la S.S. 389, da cui si diparte una viabilità secondaria di accesso ai fondi agricoli.....	12
Figura 4.1 Principali complessi geologici della Sardegna. Nel rettangolo l'area d'interesse progettuale .....	14
Figura 4.2 Stralcio carta geologica Foglio 207 Nuoro e 194 Orzieri, con evidenza dell'area in cui ricade l'impianto agrivoltaico .....	15
Figura 4.3 Intervento di progetto sulla carta geologica del PUC. Legenda: GMbc-GMgr-GRmb: Granodioriti monzogranitiche. Dtr: Depositi aluvio colluviali.....	16
Figura 4.4 Carta geologica da geoportale regionale. Legenda: A1.2 Monzograniti. A1.4 tonaliti monzogranitiche. C1.1 depositi antropici, c1.2 depositi terrigeni continentali e di piana alluvionale. C1.3 depositi colluviali .....	17
Figura 5.1 Stralcio catalogo IFFI con evidenziate le aree di installazione dei pannelli e il cavidotto .....	20
Figura 5.2 Pericolosità frana (Pai).....	21
Figura 5.3 PUC Comunale. Rischio frana .....	22
Figura 5.4 Pericolosità idraulica (PAI) .....	23
Figura 5.5 Vincolo idrogeologico (da geoportale regionale) .....	24
Figura 6.1 Carta idrogeologica del PUC con evidenza delle aree di progetto .....	28
Figura 6.2 Affioramento idrico in posizione circa centrale rispetto alle aree pannellabili .....	28
Figura 7.1 Terremoti nella regione centro-mediterranea con intensità epicentrale superiore o uguale all'VIII grado MCS dall'anno 1000 ad oggi (da: Slejko D. et al., 1999. Seismic hazard assessment for Adria. Ann.Geofis., 42(6), 1085-1107). .....	30
Figura 7.2. Posizione del blocco Sardo Corso esterna al margine convergente fra placca Africana ed Eurasiatica (fonte: INGV) .....	31
Figura 7.3 Mappa con gli epicentri dei terremoti storici in Sardegna (fonte catalogo CPT115) .....	32
Figura 7.4 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili da liquefazione $U_c < 3.5$ .....	39
Figura 7.5 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili da liquefazione $U_c > 3.5$ .....	39
Figura 8.1 Planimetria indagini area pannelli .....	42
Figura 8.2 Planimetria indagini lungo il cavidotto .....	43
Figura 8.3 Fotografia delle cassette del sondaggio S3 .....	44
Figura 8.4 Risultati prova Masw .....	47
Figura 10.1 Cabina sottocampo e cabine MT/BT .....	52
Figura 10.2 Attraversamenti corsi d'acqua da parte dei cavidotti (segnaposto giallo) .....	55

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-03-r00	Pag. 3
			RELAZIONE GEOLOGICA	

## INDICE DELLE TABELLE

Tabella 7.1 Tabella con indicazioni sulla vita nominale in funzione del tipo di opera .....	33
Tabella 7.2 Tabella per i parametri di calcolo del coefficiente d'uso NTC 2018 .....	33
Tabella 7.3 Probabilità di superamento PVR al variare dello stato limite considerato.....	34
Tabella 7.4 Parametri spettrali per diversi periodi di ritorno.....	36
Tabella 7.5 Categorie di sottosuolo ai sensi delle NTC 2018 .....	37
Tabella 7.6 Categorie topografiche .....	38
Tabella 7.7 Valori del coefficiente di amplificazione topografica .....	38
Tabella 8.1 – Tabella riepilogativa delle indagini geognostiche .....	42
Tabella 8.2 Risultati prove di permeabilità.....	45
Tabella 8.3 Elenco campioni geotecnici.....	45
Tabella 8.4 Elenco campioni ambientali prelevati nel corso dei sondaggi.....	47
Tabella 9.1 Modello stratigrafico e geotecnico di riferimento per pannelli e cavidotto .....	49

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-03-r00	Pag. 4
			RELAZIONE GEOLOGICA	

## 1. PREMESSA

Nell'ambito del progetto definitivo per la realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte solare da realizzarsi nel territorio comunale di Nuoro, in prossimità della zona industriale di Prato Sardo, il presente documento costituisce la relazione geologico geotecnica e di compatibilità idrogeologica.

Trattasi di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte solare che prevede di installare moduli fotovoltaici bifacciali in silicio monocristallino da 685 Wp montati su strutture ad inseguimento monoassiale in acciaio per una potenza nominale di circa 42 MWp. L'impianto sarà installato in parte in aree di tipo industriale e in parte ad uso agricolo, uniformando la distanza interfilare come se la zona fosse esclusivamente agricola. Tutta l'energia prodotta verrà ceduta alla rete; l'impianto sarà inoltre dotato di un sistema di accumulo energetico a batterie. L'energia sarà convogliata all'interno dell'area d'impianto attraverso una rete di cavi interrati a bassa e media tensione collegati ad una serie di cabine MT/BT di campo, e successivamente alla sottostazione elettrica lato utente (SSEU) posta alla periferia di Nuoro, ad una distanza di circa 4 Km.

L'impianto è stato studiato considerando le esigenze della pubblica utilità delle opere e dei privati potenzialmente interferiti cercando in particolare di:

- minimizzare l'interferenza con zone di pregio ambientale, naturalistico, paesaggistico e archeologico;
- evitare, per quanto possibile, l'interessamento di aree urbanizzate o di sviluppo urbanistico;
- minimizzare l'interessamento di aree soggette a potenziale dissesto geomorfologico;
- assicurare la continuità del servizio, la sicurezza e l'affidabilità della fornitura di energia;
- favorire il regolare esercizio e la manutenzione dell'impianto.

Le aree dedicate ai pannelli saranno recintate e provviste di cancelli carrabili con annesso passaggio pedonale. Le infrastrutture interne prevedono la realizzazione di un asse viario principale dal quale si diramano gli assi secondari in cui sono installate le cabine di sottocampo. Gli assi viari sono anche sede delle condotte interrate (Figura 1.1) che si collegano alle cabine di centrale per poi proseguire, sempre interrate, lungo la viabilità esterna verso la SSEU.

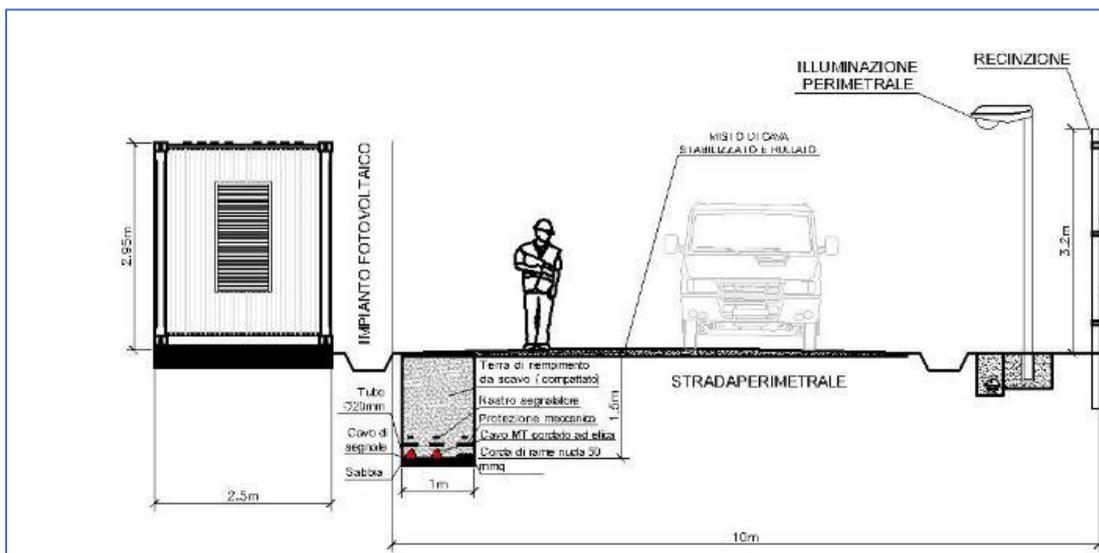


Figura 1.1 Particolare della strada perimetrale con recinzione e condotte interrato

Tutte le componenti di impianto sono progettate per un periodo di vita utile di almeno 30 anni, durante il quale alcune parti o componenti potranno essere sostituite. A fine vita utile si prevede lo smantellamento dell'impianto ed il ripristino delle condizioni preesistenti in tutta l'area.

### 1.1. Oggetto e scopo

Oggetto del presente lavoro è la progettazione di un impianto agrivoltaico da realizzarsi in Zona Industriale Prato Sardo in Comune di Nuoro, in Sardegna, collegato tramite cavidotto ad una nuova Sottostazione Elettrica (SSEU) alla periferia ovest della città.

Morfologicamente è un contesto collinare con quote comprese tra circa 500-600 m slm che rimane circa 5 Km a NW rispetto all'abitato di Nuoro. In Figura 1.2 l'ubicazione dell'area in studio su una corografia a grande scala.

Lo scopo della relazione è fornire le informazioni atte a delineare un quadro completo delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, sismiche e geotecniche delle aree in cui ricadono gli interventi proposti.

Attraverso l'ausilio di studi mirati sul territorio è stato possibile:

- ricostruire gli aspetti naturalistici del territorio ove sono collocate le opere;

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-03-r00	Pag. 6
			RELAZIONE GEOLOGICA	

- descrivere le indagini geognostiche eseguite in sede di progettazione;
- rappresentare analiticamente tutta la gamma di informazioni geologiche, geomorfologiche e stratigrafiche individuando il modello di riferimento progettuale;
- definire la distribuzione delle falde idriche presenti nel sottosuolo;
- individuare le condizioni di pericolosità geologica, geomorfologica e idrogeologica e, più in generale, segnalare la presenza di situazioni tali da determinare vincoli o condizionamenti nell'ambito della progettazione;
- valutare l'interferenza fra le aree in progetto e le perimetrazioni di pericolosità geomorfologica del PAI, nonché le perimetrazioni di frana del catalogo IFFI;
- fornire i parametri geotecnici e sismici necessari per il dimensionamento delle strutture;
- definire l'interazione opere - terreni fornendo gli elementi per una corretta progettazione.

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-03-r00	Pag. 7
			RELAZIONE GEOLOGICA	



**Figura 1.2 - Ubicazione impianto agrivoltaico in Comune di Nuoro con relativo cavidotto di collegamento alla SSEU**

## **1.2. Metodologie utilizzate**

Il documento è stato redatto sulla base di documentazione bibliografica acquisita, rilievi di campagna ed informazioni ottenute a seguito di una specifica campagna di indagini geognostiche ed ambientali condotta in sede di progettazione nella primavera del 2023.

Attraverso l'interpretazione dei dati disponibili si è giunti ad una caratterizzazione stratigrafica e geotecnica dei sedimenti e dei terreni d'interesse progettuale compatibile con il livello progettuale in essere.

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-03-r00	Pag. 8
			RELAZIONE GEOLOGICA	

## 2. RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI

- Legge 5 novembre 1971, n. 1086 (G. U. 21 dicembre 1971 n. 321) "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica";
- Legge 5 novembre 1971 n. 1086 (G.U. 21 dicembre 1971 n. 321) "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica".
- Legge 2 febbraio 1974 n. 64 (G.U. 21 marzo 1974 n. 76) "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche". Indicazioni progettuali per le nuove costruzioni in zone sismiche a cura del Ministero per la Ricerca scientifica - Roma 1981.
- Decreto Ministero dei Lavori Pubblici n. 47 (11 marzo 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 ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- Circolare Ministero Lavori Pubblici 24 settembre 1988 n.30483 "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. Istruzioni per l'applicazione". (Pres. Cons. Superiore — Servizio Tecnico Centrale).
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica (ordinanza n. 3274 – Allegati 1, 2 e 3).
- D.P.R. 13 giugno 2017 n. 120, "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo", ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n.164;
- Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM 17/01/2018, pubblicate sulla G.U. del 20.02.2018. In mancanza di specifiche indicazioni ad integrazione della norma in argomento, e per quanto con essa non in contrasto, sono state utilizzate le indicazioni contenute nei seguenti riferimenti:
- IEC 60400-1 "Wind Turbine safety and design";

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-03-r00	Pag. 9
			RELAZIONE GEOLOGICA	

- Eurocodice 2 “Design of concrete structures”.
- Eurocodice 3 “Design of steel structures” - EN 1993-1-1.
- Eurocodice 4 “Design of composite steel and concrete structures”.
- Eurocodice 7 “Geotechnical design”.
- Eurocodice 8 – Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture. Parte 5: Fondazioni, Strutture di contenimento ed Aspetti geotecnici.
- Circolare 21/01/2019 n 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l’applicazione dell’Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al DM 17/01/2018
- Linee guida edite dall’A.R.T.A. nell’ambito del Piano per l’Assetto Idrogeologico (P.A.I.).
- Comune di Nuoro. PUC 2008;
- Piano stralcio per l’assetto idrogeologico del bacino unico regionale (PAI) della Sardegna, e variante nei sub-bacini Posada-Cedrino e sud orientale.

### 3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E URBANISTICO

La città di Nuoro si estende su un altopiano granitico a circa 532 m s.l.m. al centro della Sardegna, tra l'alto corso dei torrenti Isalle e Rio di Oliena (alto bacino del Cedrino) ai piedi del monte Ortobene (955 m) e tra i colli Ugolio, Biscollai, Cucullio, Sant'Onofrio. Ad ovest la città termina con il pianoro di Corte. Nuoro è il settimo capoluogo di provincia più elevato d'Italia e gode, come quasi tutti i comuni della Sardegna, di un clima mediterraneo temperato dominato da un ricorrente maestrale, con estati moderatamente calde e inverni freschi, solo raramente gelidi. Tuttavia, la quota relativamente elevata e la particolare posizione geografica della città favoriscono repentini cali di temperatura in occasione delle ondate fredde dal nord, soprattutto nord/est. Nuoro subisce periodicamente anche il caldo scirocco, che arriva dalla valle di Dorgali e spesso genera piogge molto intense.

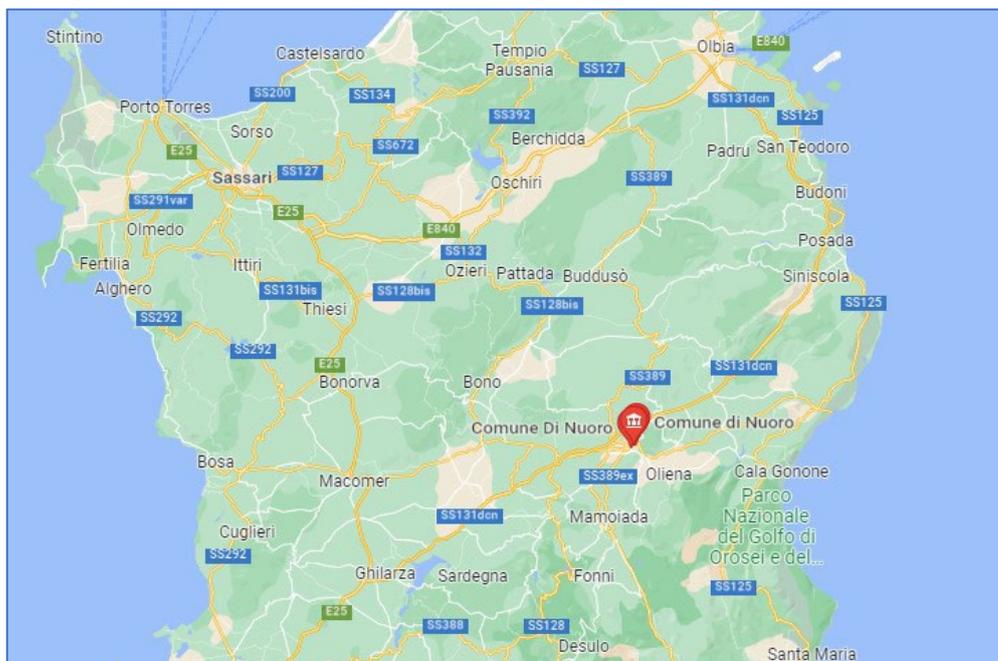
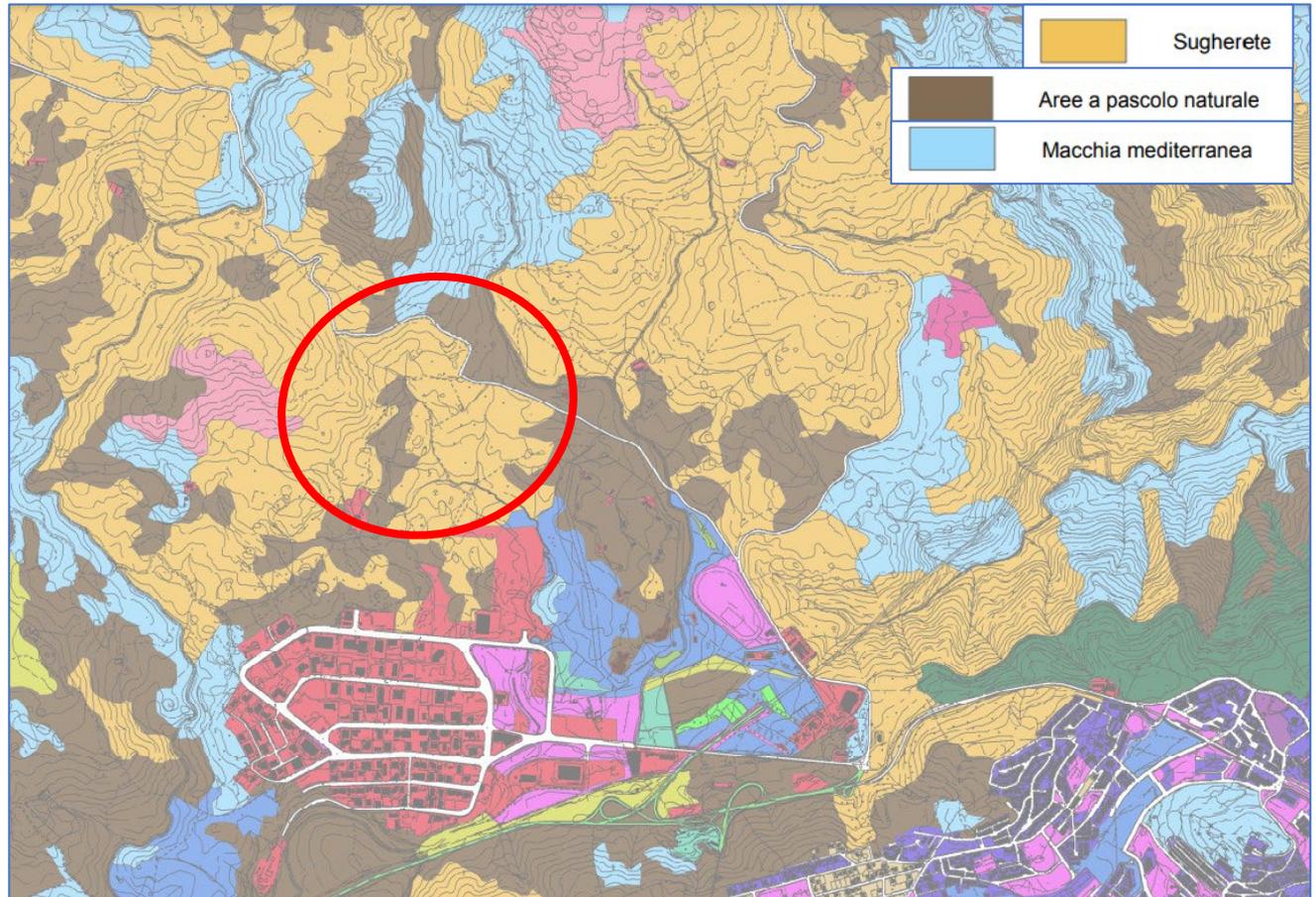


Figura 3.1 Ubicazione del Comune di Nuoro

In quest'ambito l'impianto agrivoltaico proposto in progetto si colloca a NW dell'abitato di Nuoro, da cui dista in linea d'aria circa 5 Km (figura 1.2 e figura 3.3).

Quello interessato dagli impianti fotovoltaici è un paesaggio collinare la cui matrice principale, come risulta dalla *carta dell'uso del suolo* allegata al Piano Urbanistico Comunale (PUC) di cui alla Figura 3.2, è a sugherete o pascolo, più limitatamente a macchia mediterranea. Tolta la zona industriale di Prato Sardo, che rimane poco a sud della prevista

area di installazione dei pannelli, la presenza antropica è frammentaria in forma di rari insediamenti rurali.



**Figura 3.2 PUC Comunale. Carta dell'uso del suolo**

In generale il territorio nuorese risulta nel complesso sottoutilizzato tanto da apparire quasi abbandonato, come purtroppo avviene in gran parte dei comuni sardi (rif: PUC comunale). Le strade di penetrazione agraria sono del tutto insufficienti per la fruizione del territorio e sono considerate fra le meno percorse di tutta la Sardegna, fatto questo probabilmente attribuibile almeno in parte anche allo spopolamento generale delle campagne e al loro progressivo abbandono.

In Figura 3.3 un maggiore dettaglio centrato sull'area di installazione dei pannelli, che è raggiungibile da Nuoro attraverso la S.S 389 in direzione nord fino ad imboccare, dopo la stazione di Prato Sardo, una deviazione sulla sinistra che perimetra e attraversa il sedime in studio.



**Figura 3.3** Dettaglio dell'area di installazione dei pannelli e tracciato del cavidotto. La viabilità principale di accesso è la S.S. 389, da cui si diparte una viabilità secondaria di accesso ai fondi agricoli

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-03-r00	Pag. 13
			RELAZIONE GEOLOGICA	

#### 4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il territorio di Nuoro così come quello di buona parte della Sardegna è geologicamente molto antico.

Come rappresentato schematicamente in Figura 4.1 l'isola è costituita da un'antichissima zolla continentale, vero relitto isolato e parzialmente smembrato dall' orogenesi alpina. Le rocce affioranti hanno origini e tipologie diverse: su 24.046 Km<sup>2</sup> di superficie circa il 55% del territorio è occupato da litologie Paleozoiche ed il restante 45% è costituito da depositi mesozoici, cenozoici e neozoici.

In generale si può considerare la metà orientale dell'Isola (entro la quale ricade il sedime in studio) come pure l'angolo meridionale e di nord-ovest, impostata su un basamento metamorfico antico (Paleozoico) rappresentato da un complesso strutturato in pieghe e falde di ricoprimento con prevalenti rocce granitiche, talvolta coperte da rocce sedimentarie più giovani (Mesozoico) di tipo carbonatico ed occasionali colate laviche (es. area di Orosei) di età molto più recente riferibili al Plio-Quaternario (ultimi 5 milioni di anni). La restante metà occidentale, rappresentata largamente dalla Fossa Sarda, è nettamente separata dalla precedente da un brusco cambio morfologico evidenziato da ben visibili elementi tettonici (scarpate di faglia allungate in senso N-S) e da depositi vulcano sedimentari terziari che nell'insieme determinano anche un netto contrasto morfologico tra i due settori. Un terzo e più limitato elemento è costituito dalla Fossa del Campidano, una struttura orientata NW-SE che comprende una fascia dell'isola ai cui estremi si collocano Oristano e Cagliari, colmata da depositi continentali Plioquaternari.

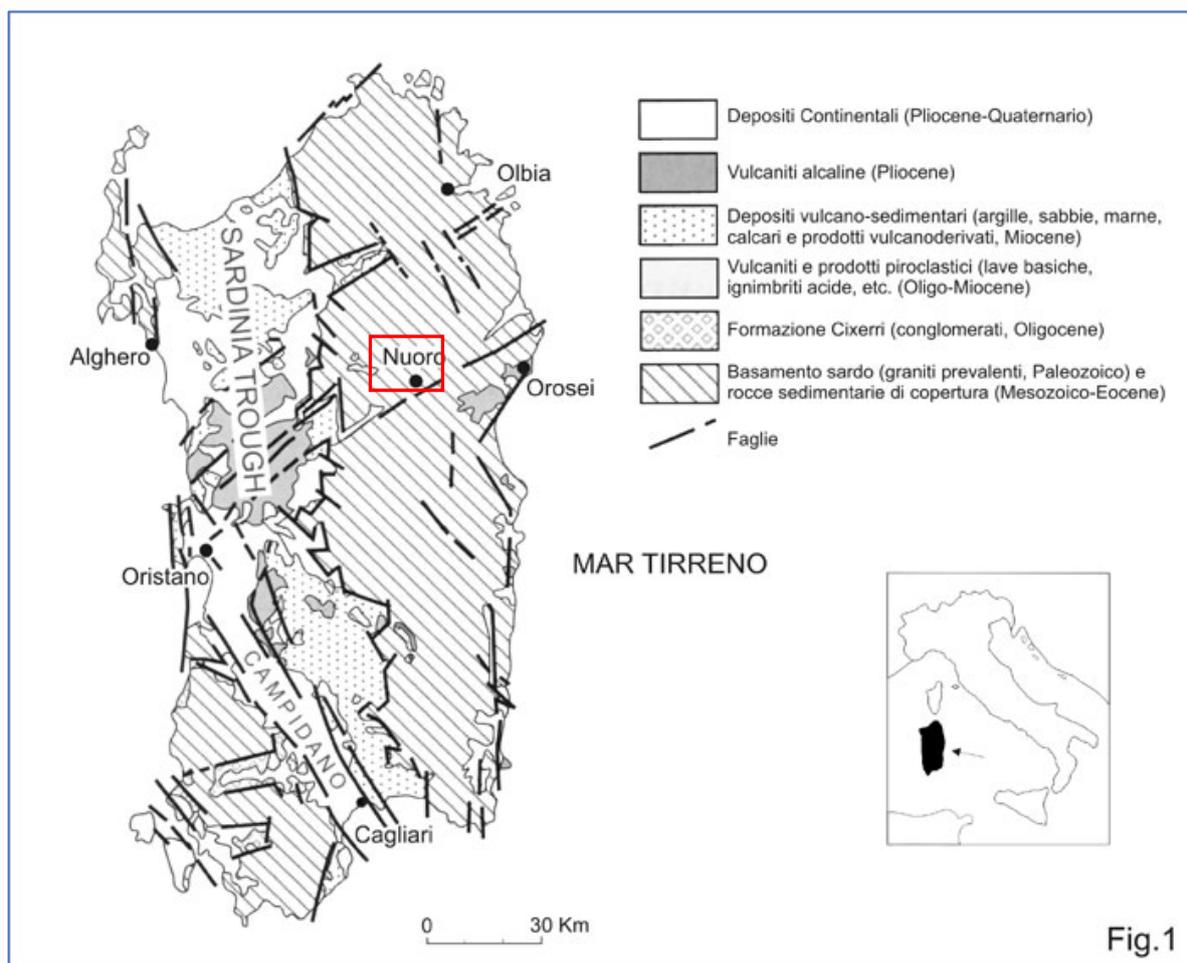


Fig.1

**Figura 4.1** Principali complessi geologici della Sardegna. Nel rettangolo l'area d'interesse progettuale

Geologicamente il sedime in studio ricade a cavallo dei fogli 207 "Nuoro" e 194 "Orzieri" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, di cui uno stralcio è riportato in Figura 4.2, dove interessa depositi granitici a grana grossa (sigla  $\gamma_1$ ) databili al Carbonifero (Paleozoico superiore) con feldspato potassico roseo, scarsa biotite e presenza di cortei filoniani tardo ercinici. Si tratta, quindi, di una roccia magmatica intrusiva dalle ottime caratteristiche di resistenza e deformabilità con scarsa propensione all'erosione ed al dissesto. Il granito è spesso coperto da una coltre di alterazione (granito arenizzato) di spessore localmente variabile, oltre che da depositi eluvio colluviali distribuiti lungo i versanti di modesta entità e non sempre cartografabili, ed alluvioni ghiaioso sabbiose poco elaborate lungo i principali corsi d'acqua. Il granito arenizzato deriva dall'alterazione del granito essenzialmente per effetto di una profonda azione idrolitica che ha determinato un'intensa argillificazione dei feldspati; se si pensa che tale azione ha avuto modo di agire per tempi geologici straordinariamente lunghi, e che i feldspati costituiscono circa il 30-50% del granito, ci si

può rendere conto del profondo grado di degradazione della roccia. All'idrolisi si associano anche altri fenomeni quali termoclastismo, crioclastismo, idratazione, alterazione chimico fisica ad opera della vegetazione. A seguito dell'azione di questi elementi i graniti arenizzati risultano composti da una massa sabbioso arenacea o sabbioso conglomeratica, da molto ben addensata a debolmente cementata, in debole matrice limoso argillosa.



**Figura 4.2** Stralcio carta geologica Foglio 207 Nuoro e 194 Orzieri, con evidenza dell'area in cui ricade l'impianto agrivoltaico

Ad una scala di maggiore dettaglio la carta geologica in scala 1:20.000 allegata al PUC comunale, di cui uno stralcio è riportato in Figura 4.3, conferma la presenza di depositi

granitoidi e più precisamente granodioriti e granodioriti monzogranitiche composte per il 20% da quarzo, 15% di alcali feldspati (ortoclasio peritico) 15% di plagioclasti, 30-45% di pirosseni e/o biotite oltre a minerali accessori. Come in parte anticipato tali litologie soggiacciono una coltre di alterazione superficiale arenizzata, di spessore da pluridecimetrico a metrico, che ad un occhio non addestrato può apparire come un deposito sedimentario.

Sui graniti poggia, oltre alla coltre di alterazione, una coltre eluvio colluviale limoso sabbiosa di spessore pellicolare (decimetrico) e come tale non cartografata; talvolta però alla base dei pendii o in aree depresse e/o paleo valli essa può raggiungere valori di qualche metro (normalmente 1-2 m – unità Dtr). Depositi alluvionali sono confinati lungo il fondovalle del Rio Isalle e Rio Oliena esternamente al sedime in studio.

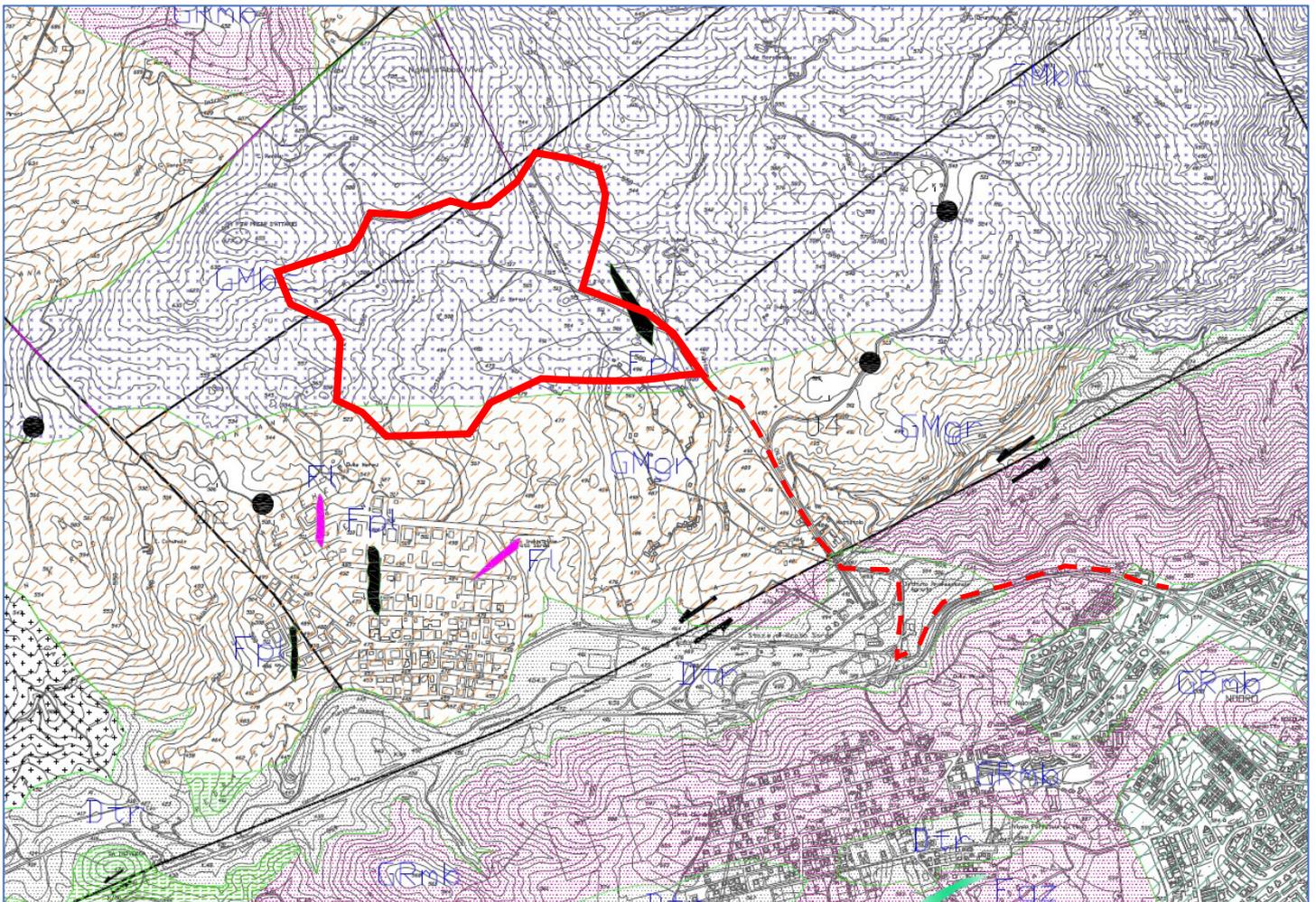
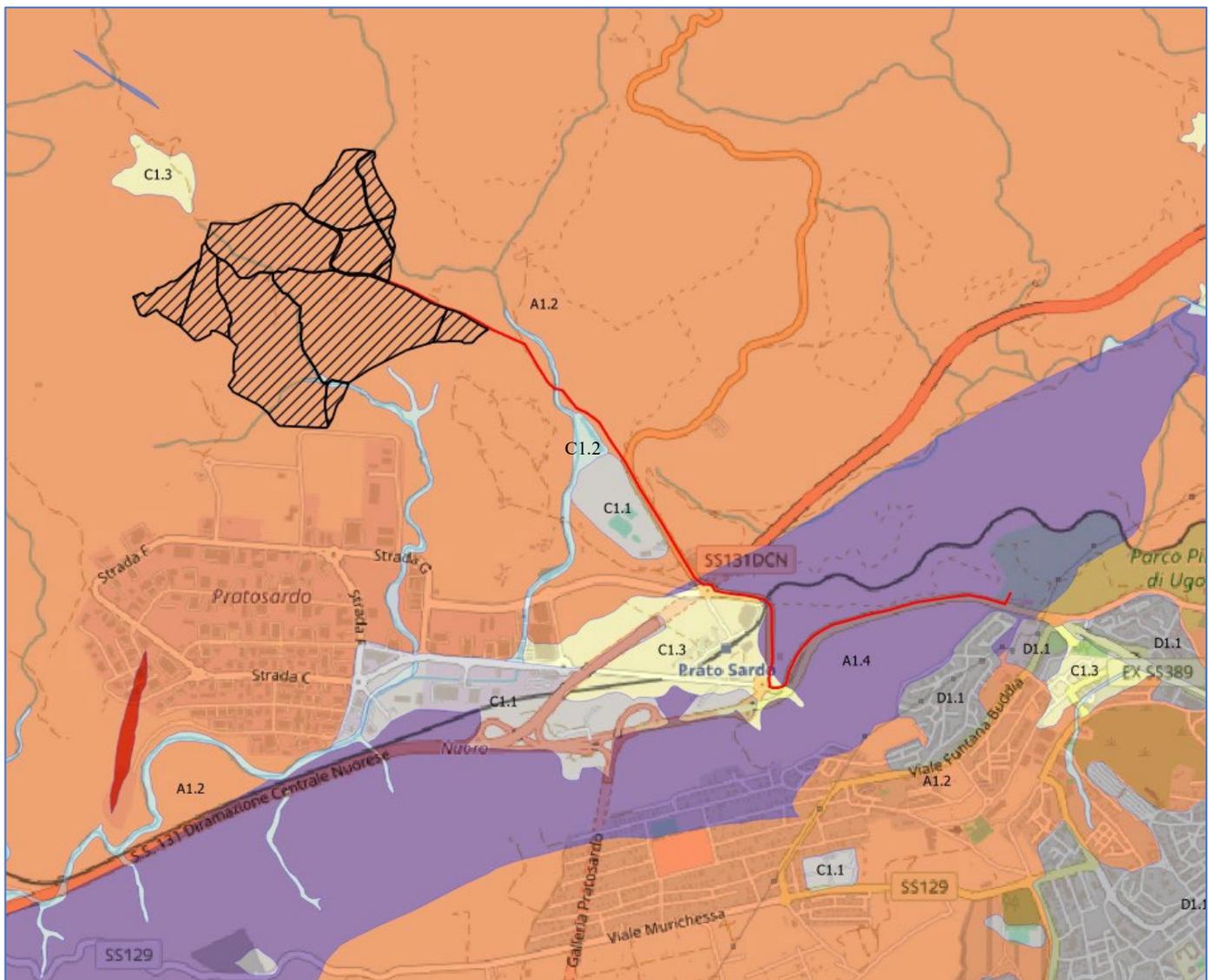


Figura 4.3 Intervento di progetto sulla carta geologica del PUC. Legenda: GMbc-GMgr-GRmb: Granodioriti monzogranitiche. Dtr: Depositi aluvio colluviali

Una faglia con direzione NE-SW è riportata in carta interessando la porzione centrale del cavidotto.

Infine, ed in buona congruenza con quanto sopra, in Figura 4.4 si riporta la carta geologica dell'area in studio dedotta dal geoportale della Regione Sardegna con importazione del layer contenente gli impianti fotovoltaici ed il cavidotto. I pannelli interessano monzograniti del complesso granitico nuorese (sigla A1.2). Il cavidotto interessa gli stessi monzograniti oltre a tonaliti monzogranitiche (sigla A1.4) a margine di depositi colluviali (sigla C1.3) e materiali di riporto antropici (sigla C1.1) in zona stazione Prato Sardo. Trascurabile e pellicolare la presenza di depositi alluvionali (sigla C1.2).



**Figura 4.4** Carta geologica da geoportale regionale. **Legenda:** A1.2 Monzograniti. A1.4 tonaliti monzogranitiche. C1.1 depositi antropici, c1.2 depositi terrigeni continentali e di piana alluvionale. C1.3 depositi colluviali

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-03-r00	Pag. 18
			RELAZIONE GEOLOGICA	

I pannelli interessano quindi depositi granitoidi con relativa coltre di alterazione arenizzata; il cavidotto gli stessi graniti e limitatissimi depositi colluviali di modesto spessore in zona stazione Prato Sardo.

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-03-r00	Pag. 19
			RELAZIONE GEOLOGICA	

## 5. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Come anticipato la città di Nuoro si estende su un altopiano granitico ed in un contesto morfologico collinare avente quote comprese fra circa 500-600 m slm. La presenza di rocce dalle buone/ottime caratteristiche determina una condizione di stabilità generale del territorio; solo in alcuni casi per la ripidità dei versanti e/o di estesi affioramenti di “sabbioni granitici” derivanti da alterazione del sottostante substrato, possono riscontrarsi più o meno locali condizioni di potenziale pericolosità geomorfologica per dissesti o per caduta massi.

L’assetto morfologico attuale è strettamente legato all’assetto geologico strutturale, dove i versanti impostati in rocce granitoidi evidenziano forme residuali risultanti dalla diversa resistenza all’attacco degli agenti esogeni, nonché dalla differente alterazione e fessurazione dell’ammasso roccioso.

Le aree in studio interessano un contesto subpianeggiante e si spingono sino ad interessare il piede di alcuni rilievi collinari a NW della città di Nuoro dalle forme generalmente dolci e gibbose, frutto di un lungo (geologicamente parlando) processo di erosione ed esposizione agli agenti esogeni.

Amministrativamente l’area di progetto ricade nella competenza dell’Autorità di Bacino Distrettuale della Sardegna e nel bacino idrografico del Cedrino.

Il catalogo IFFI, Inventario dei Fenomeni Franosi d’Italia di cui uno stralcio in figura 5.1, non segnala la presenza di perimetrazioni di frana in corrispondenza e nell’intorno delle aree in progetto. Solo in zona Monte Ortobene, e in maniera estremamente puntuale in alcuni siti ad ovest di esso, è indicata un’area con rischio crollo/ribaltamenti diffusi, imputabili alle maggiori pendenze locali ed alla presenza di materiale lapideo alterato e/o fratturato. Trattasi di dissesti che possono instaurarsi specialmente a seguito di precipitazioni eccezionali e che rimangono comunque a significativa distanza dall’intervento in progetto.

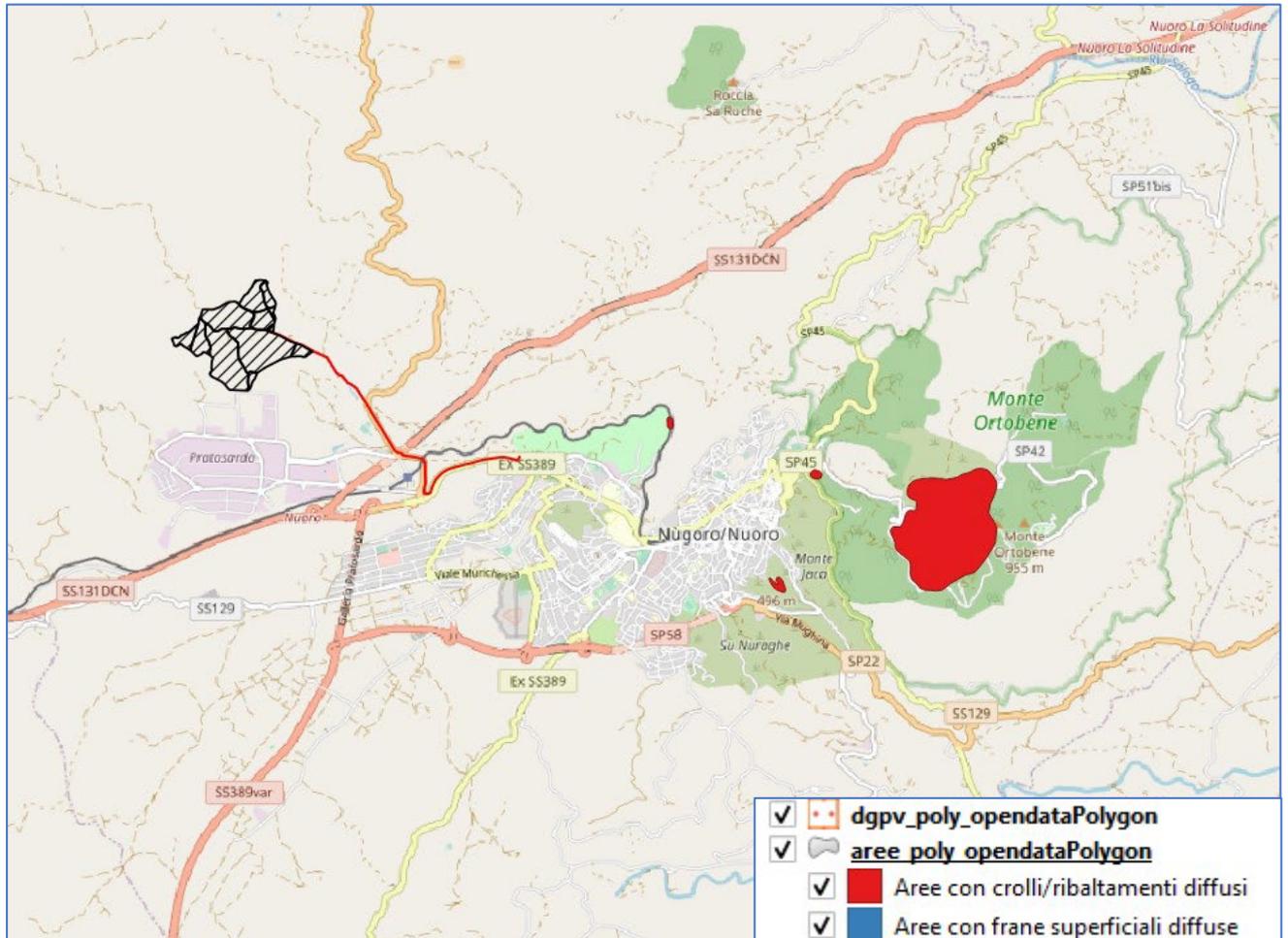
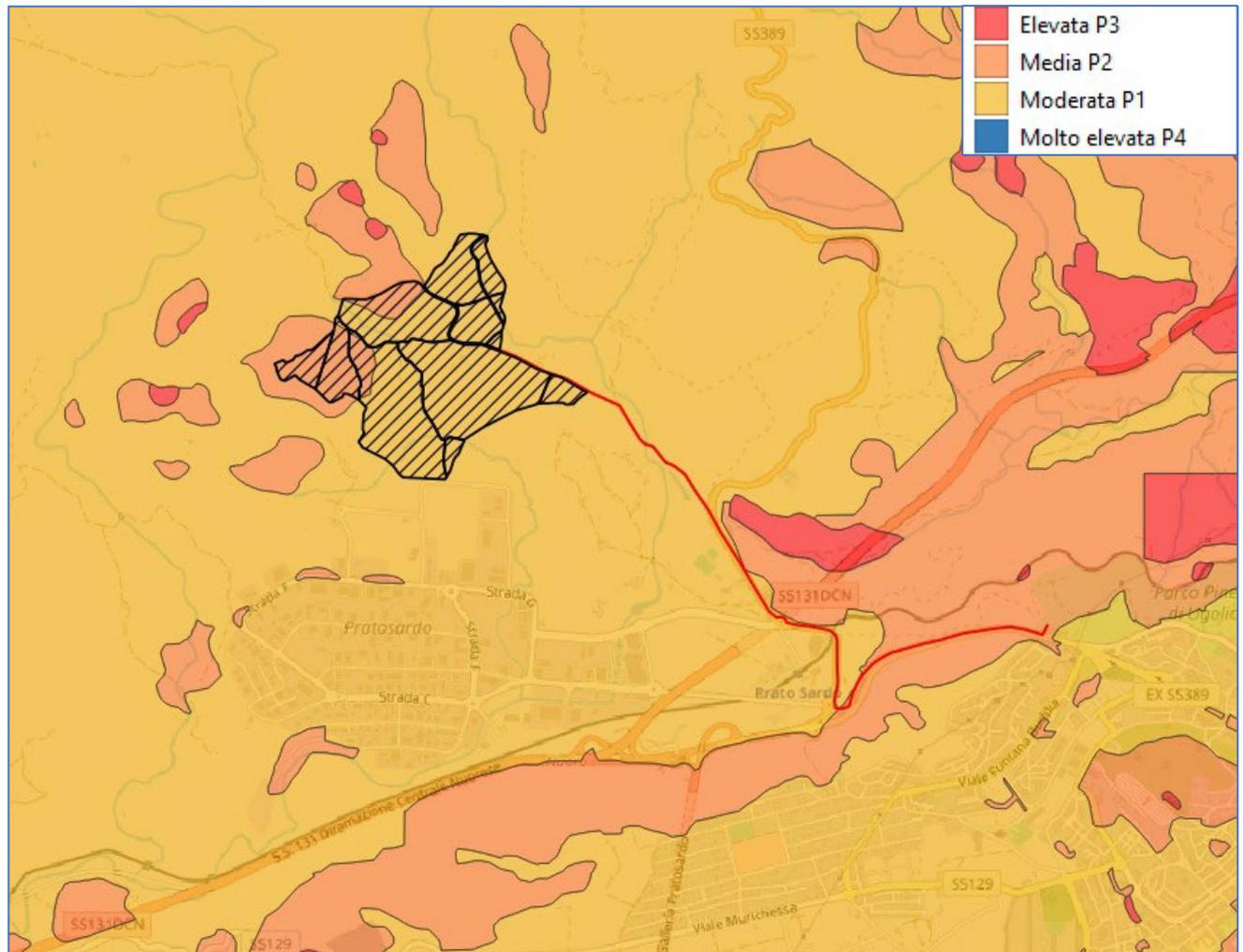


Figura 5.1 Stralcio catalogo IFFI con evidenziate le aree di installazione dei pannelli e il cavidotto

Dall'abbinamento di una serie di tematismi riguardanti l'instabilità potenziale, la pendenza, l'esposizione dei versanti, la litologia locale, l'uso del suolo, la copertura boschiva, l'altimetria ed i fattori climatici, attribuendo a ciascuno di questi elementi un punteggio viene redatta la *carta di pericolosità da frana dei versanti*, la quale rappresenta non solo i fenomeni di dissesto, che nell'area in studio abbiamo visto sono sostanzialmente assenti, quanto i fattori che determinano la suscettività dei versanti al verificarsi di movimenti gravitativi. A seguire in Figura 5.2 si riporta uno stralcio della carta della pericolosità geomorfologica da frana di cui al PAI della Regione Sardegna centrata sull'area in studio. Da essa si evince una generalizzata condizione di pericolosità per frana P1 moderata (Hg1) e localmente, sia nelle aree di installazione dei pannelli che lungo il cavidotto, P2 media (Hg2). Alcune piccole superfici in quota, caratterizzate da pendenze relativamente più elevate e/o pareti esposte, classificate a pericolosità P3 elevata (Hg3), rimangono esterne alle aree d'intervento. Non vi sono perimetrazione a pericolosità molto elevata.



**Figura 5.2 Pericolosità frana (Pai)**

Pur se le Norme di Attuazione (NTA) del PAI permettono nelle aree a pericolosità P3 elevata la realizzazione di “manufatti non qualificabili come volumi edilizi” (art 32) non è stata cautelativamente prevista in questa sede l’installazione di pannelli nelle aree classificate come P3, le quali peraltro corrispondono a zone di versanti ripidi (in progetto sono state considerate non pannellabili le aree con pendenza > 20%). Le stesse NTA nelle aree a pericolosità P2 media ammettono gli interventi concessi nelle aree P3, oltre all’ampliamento e realizzazione di insediamenti produttivi, commerciali e di servizi. Nelle aree a pericolosità P1 moderata compete agli strumenti urbanistici disciplinare l’uso del territorio. L’installazione dei pannelli è quindi compatibile con la pericolosità geomorfologica della porzione di territorio impegnata.

Sulla base della documentazione consultata e dell'esito dei sopralluoghi condotti, che non hanno evidenziato la presenza di dissesti in atto o potenziali, la pericolosità geomorfologica dell'area in studio può ritenersi bassa, ed anch'essa pienamente compatibile con gli interventi in progetto. A conferma di ciò nella carta del rischio frana di cui al PUC, riportata in Figura 5.3, le aree di installazione dei pannelli sono sostanzialmente esenti da rischio.

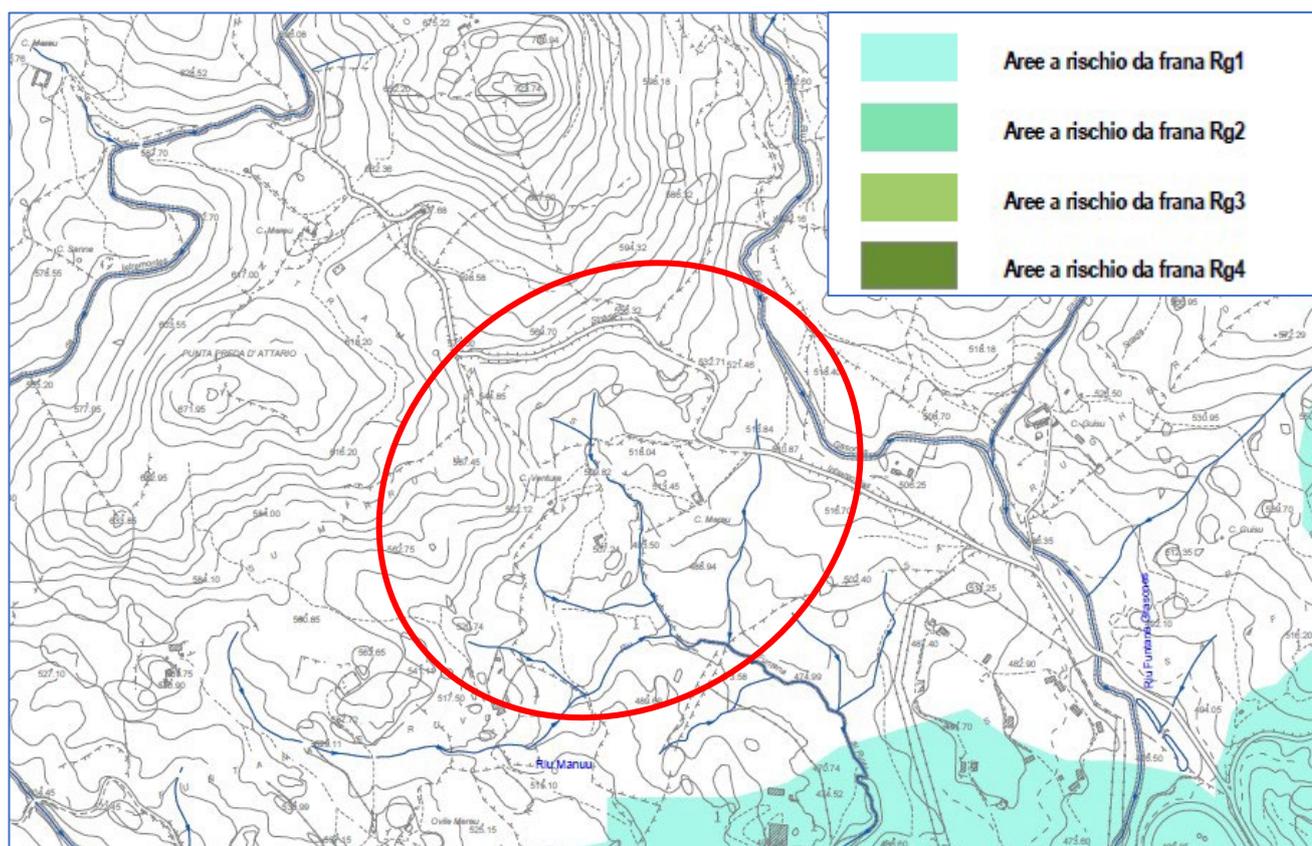


Figura 5.3 PUC Comunale. Rischio frana

Sempre dalla cartografia del PAI la carta del rischio idraulico di Figura 5.4 evidenzia condizioni di pericolosità idraulica media lungo il Riu Funtana Gasones, affluente in destra del Rio Liscul, limitatamente ad un settore che rientra nell'ambito orientale delle aree d'installazione dei pannelli e nel tratto di attraversamento del cavidotto. Si è previsto di non installare pannelli fotovoltaici nell'intorno del corso d'acqua garantendo una fascia di rispetto ed evitando così l'interferenza con la perimetrazione di pericolosità idraulica.

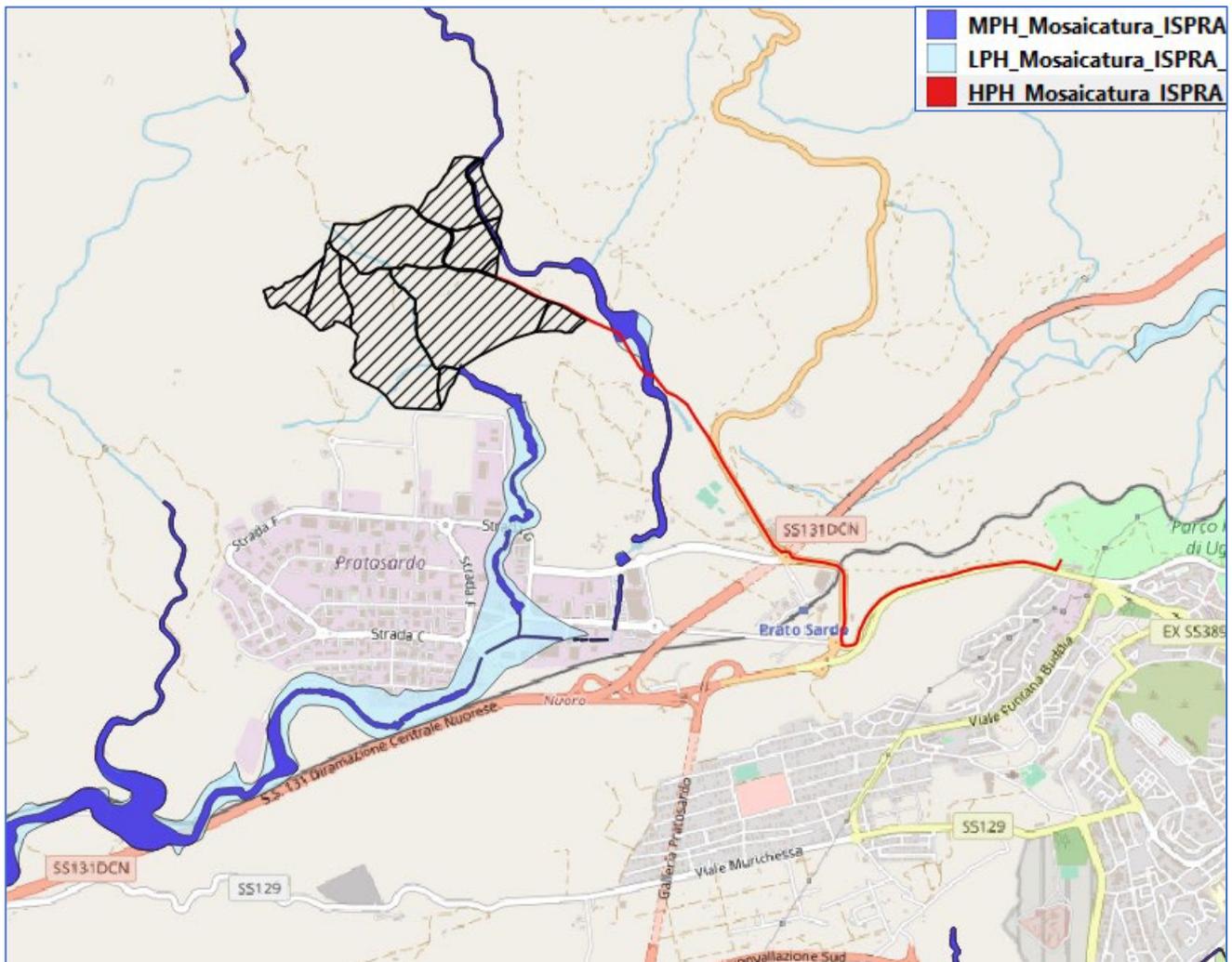


Figura 5.4 Pericolosità idraulica (PAI)

### 5.1 Vincolo idrogeologico

Il R.D. 3267/1923 “Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e terreni montani”, come integrato e modificato dal R.D. 31/01/1926 e n. 23 del 13/02/1933, istituisce il vincolo idrogeologico individuando una serie di misure per definire le modalità di utilizzo del territorio tutelando l’assetto idrogeologico, il paesaggio e l’ambiente. L’articolo 1 del RD 3267 recita testualmente: *“sono sottoposti a vincolo per scopi idrogeologici i terreni di qualsiasi natura e destinazione che, per effetto di forme di utilizzazione contrastanti con le norme di cui agli articoli 7, 8 e 9 possono, con danno pubblico, subire denudazioni, perdere la stabilità o turbare il regime delle acque”*. Con il vincolo idrogeologico lo Stato intende proteggere l’ambiente, le acque ed i terreni dal rischio di danneggiamento che potrebbe derivare da lavori, modifiche nella destinazione

d'uso, opere edilizie, movimenti terra ecc. Il vincolo idrogeologico, quindi, è una forma di tutela che prevede la richiesta di specifica autorizzazione per ogni intervento che interagisca con una porzione di territorio oggetto del vincolo stesso. Le aree sottoposte a vincolo idrogeologico sono state individuate dal Corpo Forestale dello Stato negli anni 60 quando, per ogni comune, è stata redatta una carta su base IGM in scala 1: 25.000 delle zone sottoposte a vincolo.

Nell'area a nord di Nuoro, come rappresentato in Figura 5.5, è presente un ampio perimetro di vincolo idrogeologico che interessa solo gli ambiti più settentrionali di prevista installazione dei pannelli, oltre alla porzione orientale lungo la S.S. 389 del cavidotto. Gli ambiti di installazione dei pannelli ricadenti all'interno del vincolo idrogeologico sono caratterizzati da una pericolosità di frana P1 moderata (la più bassa a scala locale) mentre la posa del cavidotto avviene a margine della viabilità esistente.

Nel complesso i lavori, peraltro molto semplici, provvisori e non invasivi, possono ritenersi compatibili con il vincolo idrogeologico in essere.

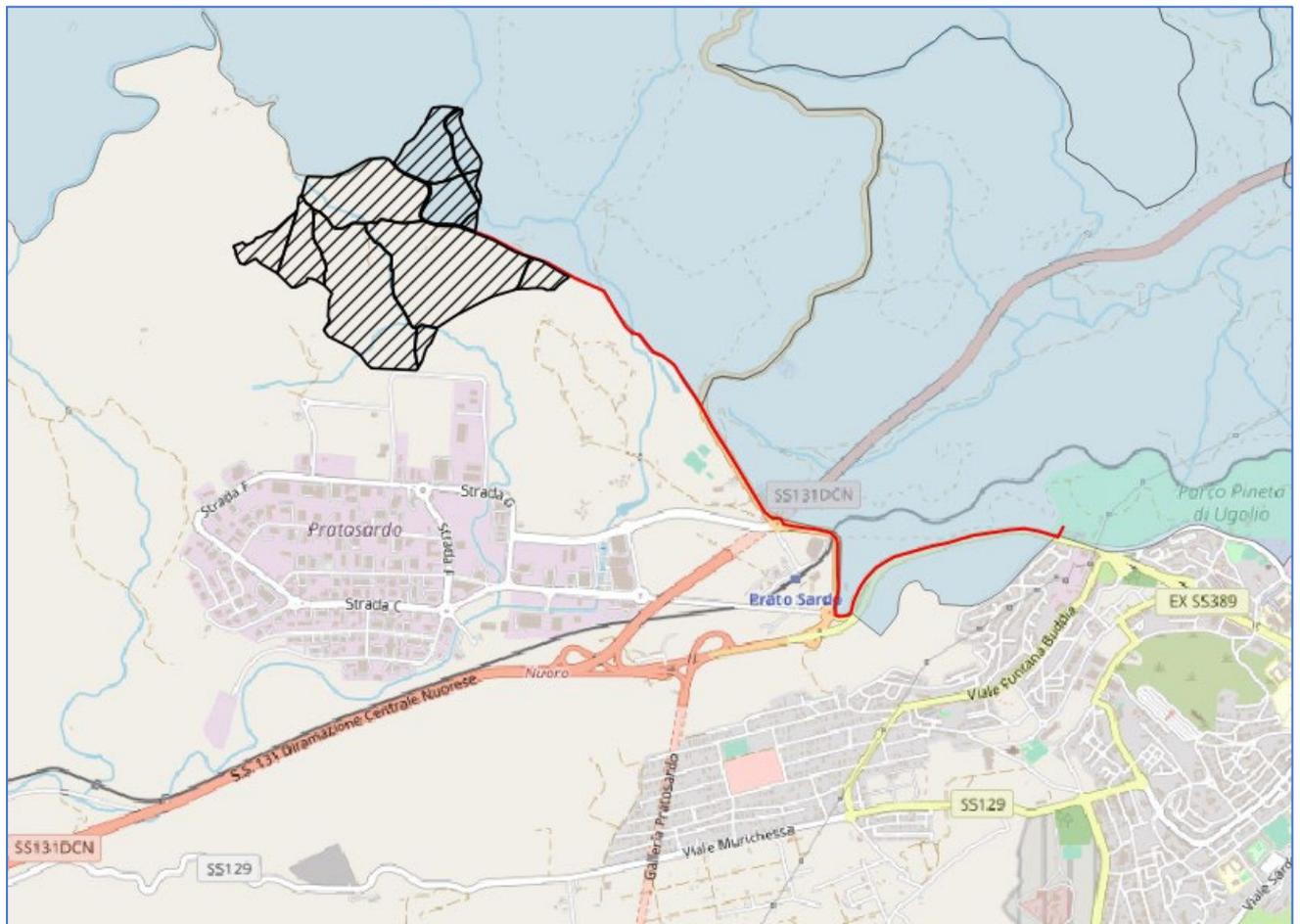


Figura 5.5 Vincolo idrogeologico (da geoportale regionale)

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-03-r00	Pag. 25
			RELAZIONE GEOLOGICA	

## 5.2 Compatibilità idrogeologica

Nelle aree a pericolosità geomorfologica gli interventi e nuove attività devono essere tali da: migliorare o comunque non peggiorare la sicurezza del territorio e difesa del suolo, non aumentare la pericolosità geomorfologica, non compromettere la stabilità, non costituire pregiudizio all'attenuazione o eliminazione della pericolosità geomorfologica esistente, garantire adeguate condizioni di sicurezza durante i cantieri senza creare anche temporaneamente un aumento di pericolosità, limitare l'impermeabilizzazione del suolo, rispondere a criteri di basso impatto ambientale facendo ricorso ove possibile ad interventi di ingegneria naturalistica.

Dal punto di vista geologico e geomorfologico gli interventi in progetto non comportano apprezzabili ripercussioni sulla componente geologica, non richiedono movimenti terra significativi, non alterano la preesistente stabilità dei luoghi e non alterano negativamente la potenziale pericolosità geomorfologica delle aree né in fase di cantiere né a lavori ultimati. Se i lavori saranno correttamente eseguiti e gestiti i terreni interessati non andranno a subire denudazioni, perdita di stabilità o turbamento del regime delle acque. Al contrario la regimazione/gestione delle acque superficiali, opportunamente prevista in progetto, potrà determinare un beneficio rispetto alla situazione in essere. In base a quanto esposto ed in relazione alle tipologie di lavori previsti è possibile esprimere un giudizio di sostanziale compatibilità idrogeologica.

Ciò premesso in fase di progettazione si è comunque avuto cura di escludere dall'installazione dei pannelli tutte le aree a pericolosità geomorfologica elevata (P3), nonché le aree a pericolosità geomorfologica media (P2) ricadenti entro i limiti del vincolo idrogeologico. Viene inoltre garantita una fascia di rispetto attorno ai corsi d'acqua principali, e si evita la disposizione dei tracker all'interno di superfici interessate da pendenze > 20%.

 <b>REGIONE SARDEGNA</b>	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-03-r00	Pag. 26
			RELAZIONE GEOLOGICA	

## 6. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Come illustrato nel capitolo relativo al modello geologico l'area del nuorese si caratterizza per la diffusa presenza di rocce granitoidi di età paleozoica. Tali rocce sono permeabili per fratturazione con una aliquota di infiltrazione che è funzione del grado di fratturazione locale, della pendenza dei versanti e della eventuale presenza di inclusioni filoniane.

Dalla carta idrogeologica consultabile presso il geoportale regionale risulta una permeabilità medio bassa per fratturazione in seno ai graniti (valori di riferimento  $10^{-4}$  –  $10^{-9}$  m/s) ed elevata (valori di riferimento  $10^{-2}$  m/s) in seno alle poco estese coltri detritiche.

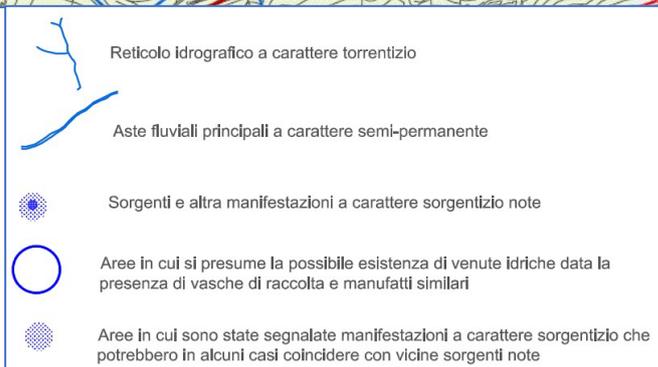
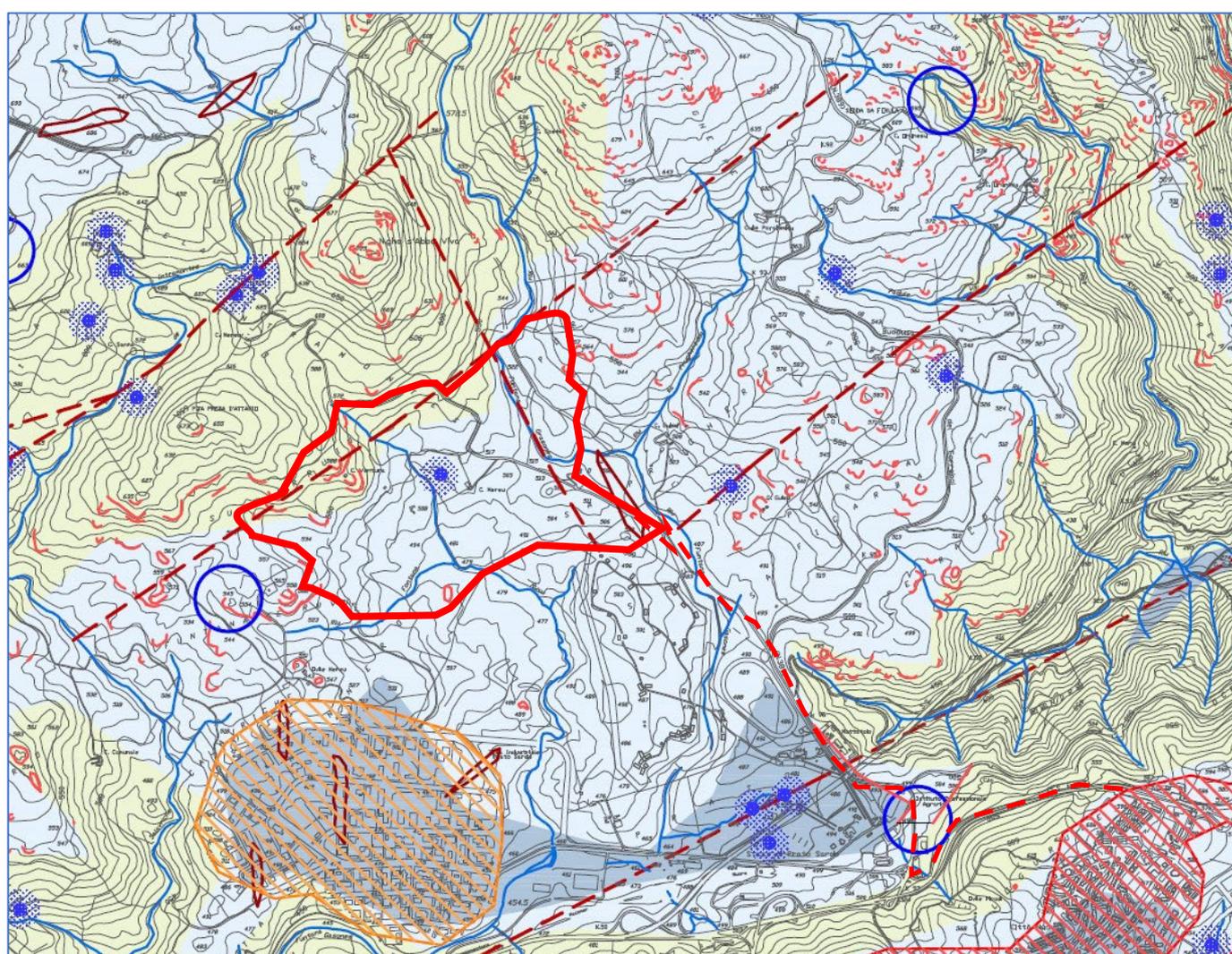
La circolazione idrica sotterranea è quindi tendenzialmente limitata al livello superficiale dei versanti comprendendo la coltre detritico colluviale e la sottostante porzione di roccia maggiormente arenizzata, ovvero alterata e fratturata.

Una caratteristica di questa porzione di territorio connessa da un lato alla permeabilità relativa delle rocce e dei terreni (coltre colluviale e di alterazione a maggiore permeabilità rispetto al granito sottostante) e dall'altra ad una conseguente ed elevata compartimentazione dei circuiti idraulici, è l'elevata presenza di sorgenti, tanto che raggiungono la media di una o due a chilometro quadrato. Questa relativa presenza d'acqua ha favorito sin dai tempi antichi l'insediamento umano, ed infatti il territorio di Nuoro è costellato da numerosi nuclei preistorici che si trovano anche in quelle aree oggi meno popolate.

In Figura 6.2 si riporta uno stralcio della carta idrogeologica allegata al PUC comunale la quale permette di apprezzare il reticolo idrografico superficiale, la posizione delle sorgenti e di quegli elementi che favoriscono la permeabilità dei terreni e la capacità di immagazzinare più o meno consistenti riserve idriche in forma di falde superficiali o profonde. L'analisi di questo documento evidenzia come:

- le incisioni fluviali seguono le principali direttrici tettoniche;
- le maggiori acclività si riscontrano spesso in litologie più compatte e competenti;
- le aree a rischio dissesto si localizzano lungo le zone di faglia;
- mancano o sono rari i depositi alluvionali;
- in carta sono censite 232 sorgenti su 193 Km<sup>2</sup>, e questo senza considerare aree di possibili venute idriche connesse a vasche di raccolta;
- le aree urbanizzate corrispondono a zone con infiltrazione meteorica limitata o impedita;

- il sedime in studio interessa nella porzione meridionale aree a pendenza lieve-media, con possibile infiltrazione parziale delle precipitazioni nel permanere di un certo ruscellamento superficiale. Nella porzione settentrionale si ha una pendenza medio-elevata dov'è privilegiato il ruscellamento superficiale mentre l'infiltrazione è ridotta;
- è segnalata la presenza di una sorgente in posizione centrale rispetto alle aree di installazione dei pannelli. Tale sorgente in carta sembra corrispondere ad un rudere, ma effettivamente poco più a valle vi è un affioramento d'acqua (Figura 6.2).





**Figura 6.1 Carta idrogeologica del PUC con evidenza delle aree di progetto**



**Figura 6.2 Affioramento idrico in posizione circa centrale rispetto alle aree pannellabili**

Il modello stratigrafico generale, che vede la presenza di una coltre arenizzata in appoggio sul substrato roccioso, rende possibile la presenza di una sottile falda idrica ospitata all'interno dello stesso granito arenizzato, sostanzialmente permeabile per porosità, delimitata e confinata inferiormente dal substrato roccioso in facies lapidea a bassa o medio bassa permeabilità per fratturazione. Tale falda per le sue caratteristiche e per la sua modesta entità risente in maniera molto marcata del regime pluviometrico e del

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-03-r00	Pag. 29
			RELAZIONE GEOLOGICA	

periodo stagionale. A tale riguardo nella stratigrafia dei sondaggi con piezometro eseguiti in fase d'indagine si legge testualmente: *“l'acqua rilevata è da attribuire ad acqua di pioggia dovuta alle intense precipitazioni verificatesi nei giorni precedenti all'esecuzione del sondaggio. Pertanto si può asserire che si tratta di un accumulo effimero e temporaneo e non di una vera e propria falda idrica”*.

Le misure sui piezometri installati e i rilievi condotti in fase di sondaggio, riferiti al giugno 2023 ed a valle, come sopra esposto, di un periodo particolarmente piovoso, hanno rilevato livelli idrici a modesta profondità da piano campagna, tendenzialmente fra 1-3 m da p.c. Lo spessore di questa falda è quindi valutabile, all'atto delle misure, fra pochi decimetri e 2-3 m circa. Si ritiene che in base all'andamento del piano campagna, al periodo ed al regime stagionale delle precipitazioni, localmente la soggiacenza possa essere anche minore e persino intercettare la superficie, dando così origine a piccole sorgenti o polle (Figura 6.2), come dimostra la misura sul piezometro del sondaggio S1 e la presenza di diverse piccole sorgenti censite sul territorio (figura 6.1).

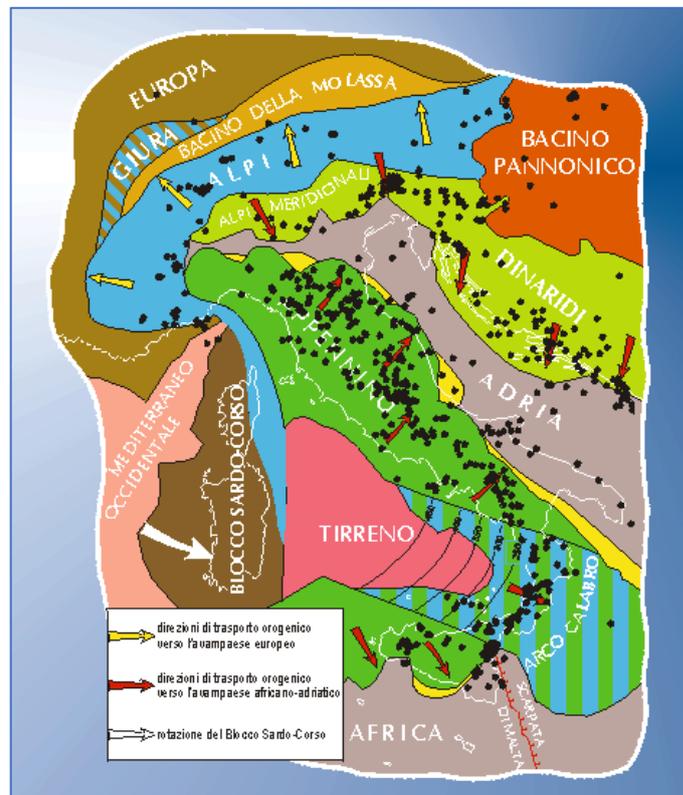
Durante un periodo siccitoso prolungato tale falda può ridursi significativamente sino ad estinguersi, o limitarsi a sacche più o meno ampie ed isolate.

La modesta soggiacenza e la buona permeabilità della coltre arenizzata comportano una condizione di elevata vulnerabilità idrogeologica alla contaminazione della, per quanto effimera, falda, sia per la fase di cantiere che nel corso d'opera, di cui bisognerà tener conto in fase di progettazione.

## 7. SISMICITA' DELL'AREA

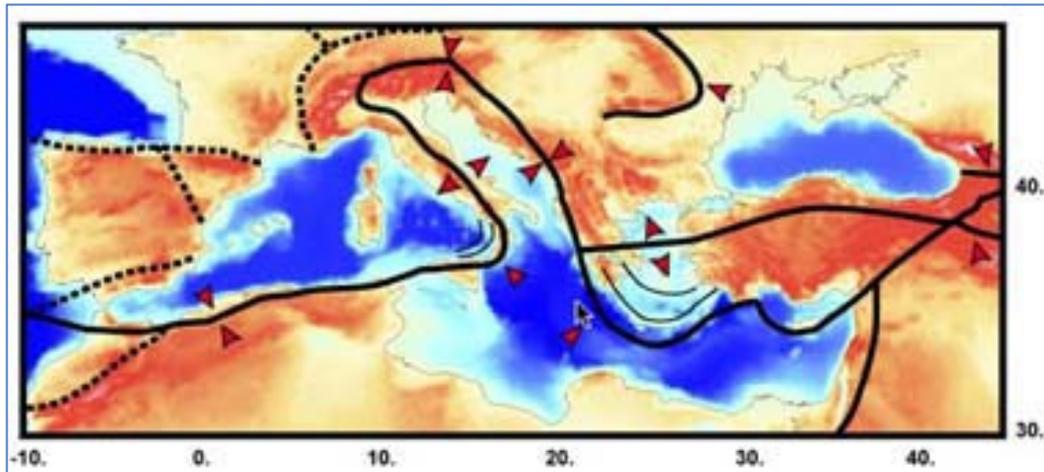
### 7.1 Sismicità dell'area

Dal punto di vista geologico e geodinamico generale la Sardegna, inclusa nel cosiddetto "blocco Sardo-Corso", può essere descritta come un'antichissima zolla continentale, vero relitto Paleozoico isolato e solo parzialmente smembrato a causa della sua rigidità durante la migrazione, e rotazione in senso antiorario, imposta dall'orogenesi alpina. Pertanto, mentre l'Italia situata nella zona di convergenza fra zolla africana ed eurasiatica è uno dei paesi a maggiore rischio sismico del mediterraneo, per la frequenza dei terremoti che hanno storicamente interessato il suo territorio e per l'impatto sociale ed economico di questi eventi, la Sardegna per effetto della sua posizione non registra una attività sismica recente e si dimostra nel complesso un territorio a modesta pericolosità sismica. La seguente Figura 7.1 illustra la posizione della Sardegna con riferimento alla rotazione del blocco Sardo Corso ed all'ubicazione dei principali epicentri sismici, mentre in Figura 7.2 è rappresentata la posizione dell'isola rispetto al margine convergente fra zolla africana ed eurasiatica.



**Figura 7.1** Terremoti nella regione centro-mediterranea con intensità epicentrale superiore o uguale all'VIII grado MCS dall'anno 1000 ad oggi (da: Slejko D. et al., 1999. Seismic hazard assessment for Adria. *Ann.Geofis.*, 42(6), 1085-1107).

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-03-r00	Pag. 31
			RELAZIONE GEOLOGICA	



**Figura 7.2. Posizione del blocco Sardo Corso esterna al margine convergente fra placca Africana ed Eurasiatica (fonte: INGV)**

Anche la Figura 7.3 riportante la mappa degli epicentri dei terremoti storici in Sardegna conferma la bassa sismicità sia dal punto di vista della frequenza degli eventi che dei valori di magnitudo attesi.

La bassa sismicità si riflette nell'evoluzione della normativa nazionale, tanto che la Sardegna nelle classificazioni sismiche sino al 2003 era interamente considerata non sismica. Con l'O.P.C.M. 3274 del marzo 2003 tutto il territorio nazionale è considerato sismico ed i Comuni dell'isola vengono inseriti in classe 4, ovvero la più bassa possibile su scala nazionale.

Per i territori Comunali classificati in zona 4 l'OPCM del 2003 lasciava facoltà alle singole Regioni di introdurre o meno la progettazione antisismica. La Giunta Regionale con Delibera G.R. 30/03/2004 n° 15/31, pubblicata sul B.U. Sardegna del 21 agosto 2004, n° 23, recependo la classificazione sismica di cui all'Ordinanza, disponeva di non introdurre la progettazione antisismica.

Con le Norme Tecniche 2008 (NTC2008) per le zone sismiche ricadenti in classe 4 vigeva la possibilità di applicare nel dimensionamento delle opere il metodo delle tensioni ammissibili. Con l'aggiornamento di cui alle Norme Tecniche 2018 (NTC 2018) tale possibilità decade.

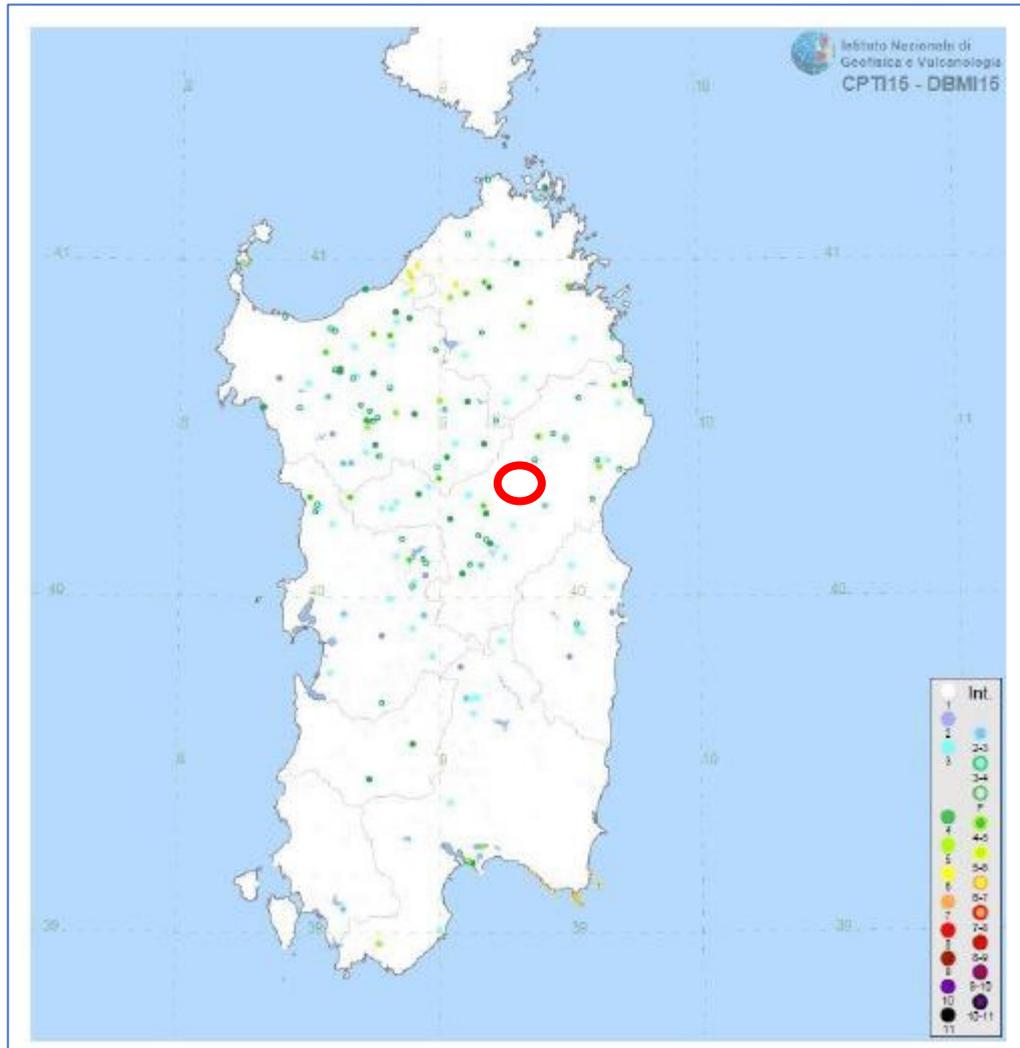


Figura 7.3 Mappa con gli epicentri dei terremoti storici in Sardegna (fonte catalogo CPTI15)

## 7.2 Norme tecniche per le costruzioni

Le presenti valutazioni sono svolte ai sensi dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al Decreto del 17/01/2018 (NTC 2018), pubblicate sulla Gazzetta Ufficiale n° 42 del 20/02/2018. Come già con le precedenti NTC 2008 la progettazione antisismica viene svincolata dall'appartenenza ad un dato comune e le azioni sismiche sono determinate in funzione del periodo di riferimento e delle coordinate geografiche dell'opera.

Il periodo di riferimento VR si ricava moltiplicando la vita nominale VN per il coefficiente d'uso CU.

La vita nominale di una costruzione VN è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo alla quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. 2.4.1 dell'Allegato A delle NTC 2018 (tabella 7.1) e deve essere precisata nei documenti di progetto.

**Tabella 2.4.I – Vita nominale  $V_N$  per diversi tipi di opere**

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale $V_N$ (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva <sup>1</sup>	$\leq 10$
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	$\geq 50$
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	$\geq 100$

**Tabella 7.1 Tabella con indicazioni sulla vita nominale in funzione del tipo di opera**

Il coefficiente d'uso  $C_u$ , riportato in tabella 7.2, esprime la Classe d'uso nella quale sono suddivise le opere con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso. In presenza di Azioni Sismiche le costruzioni sono suddivise in quattro classi d'uso la cui definizione è di seguito sinteticamente riportata:

- Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli;
- Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, industrie con attività non pericolose per l'ambiente, ponti e reti viarie 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, ponti e reti viarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza, dighe il cui collasso provochi conseguenze rilevanti;
- Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente, reti viarie di tipo A o B (come definite nel D.M. 5 novembre 2001 n.6792) importanti per il mantenimento delle vie di comunicazione, dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

**Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso  $C_u$**

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

**Tabella 7.2 Tabella per i parametri di calcolo del coefficiente d'uso NTC 2018**

Nel caso specifico si è presa a riferimento un'opera provvisoria con vita nominale 25 anni in classe d'uso I, per cui:

$$VR = VN * CU = 25 * 0,7 = 17,5 \text{ anni.}$$

Si considera quindi un periodo di riferimento di 35 anni come da minimo di normativa. Per quanto riguarda le probabilità PVR di superamento nel periodo di riferimento VR, esse variano al variare dello stato limite considerato. I valori cui riferirsi per individuare l'azione sismica sono indicati in tabella.

STATO LIMITE		P <sub>VR</sub> - Probabilità di superamento nel periodo di riferimento	
		V <sub>R</sub>	
Stati Limite di Esercizio	SLO	81%	
	SLD	63%	
Stati Limite Ultimi	SLV	10%	
	SLC	5%	

**Tabella 7.3 Probabilità di superamento PVR al variare dello stato limite considerato**

Dove:

SLO = Stato Limite di Operatività: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

SLD = Stato Limite di Danno: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

SLV = Stato Limite di Salvaguardia della Vita: a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte di resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

SLC = Stato Limite di prevenzione del Collasso: a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli nei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-03-r00	Pag. 35
			RELAZIONE GEOLOGICA	

per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Fissato il periodo di riferimento  $V_R$  e la probabilità di superamento  $P_{VR}$  il periodo di ritorno  $T_R$  si ricava mediante l'espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- $a_g$  = accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_0$  = valore massimo di fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_C^*$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per tutte le isole con esclusione della Sicilia, Ischia, Procida e Capri, gli spettri di risposta sono definiti in base a valori uniformi sul territorio di ciascuna isola. Per la Sardegna considerata una vita nominale 25 anni, classe d'uso  $C_u = I$ , attraverso l'applicazione "parametri sismici" di Geostru si ottiene il quadro riepilogato in tabella seguente.

### Stati limite

 Classe Edificio

I. Presenza occasionale di persone, edifici agricoli... ▼

 Vita Nominale 25 ▼

 Interpolazione Media ponderata ▼

**CU = 0.7**

Stato Limite	Tr [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$	$T_c^*$ [s]
Operatività (SLO)	30	0.019	2.610	0.273
Danno (SLD)	35	0.020	2.628	0.280
Salvaguardia vita (SLV)	332	0.045	2.855	0.332
Prevenzione collasso (SLC)	682	0.055	2.930	0.356

Periodo di riferimento per l'azione sismica: 35

**Tabella 7.4 Parametri spettrali per diversi periodi di ritorno**

### 7.3 Risposta sismica locale

L'effetto della risposta sismica locale correlabile con l'effetto stratigrafico viene valutato attraverso specifiche analisi da eseguire con le modalità indicate al capitolo 7.11.3 delle NTC 2018. In alternativa qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite dalla tabella 3.2.III delle NTC 2018, riportata in Tabella 7.5, è possibile fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione della velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_s$ . Nel caso in studio considerato che: il modello stratigrafico risulta semplice e omogeneo, non sono previste eterogeneità significative, le superfici di contatto stratigrafico attese sono suborizzontali o poco inclinate e le velocità sono crescenti verso il basso senza inversioni, si è fatto riferimento all'approccio semplificato.

La classificazione del sottosuolo di cui alla tabella 3.2.II si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori di velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio  $V_s$  eq come definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

(3.2.1 delle NTC 2018)

Con:

$h_i$  = spessore strato  $i$ -esimo;

$V_{S,i}$  = velocità onde di taglio strato  $i$ -esimo;

$N$  = numero strati;

$H$  = profondità bedrock caratterizzato da  $V_S$  non inferiore a 800 m/s

Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  è definita dal parametro  $V_{S30}$  ottenuto ponendo  $H = 30$ .

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

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

**Tabella 7.5 Categorie di sottosuolo ai sensi delle NTC 2018**

Nell'ambito del sedime di progetto è stata specificamente condotta n° 1 Masw da cui risulta una  $V_S > 1.000$  m/s già a partire dalla profondità di 1,8 m da p.c. compatibilmente con una categoria di suolo di fondazione tipo A. Si rimanda ai risultati e commento delle indagini geognostiche per maggiori dettagli sulla prova in argomento.

Per quanto attiene gli effetti topografici è possibile fare riferimento alla tabella 3.2.IV delle NTC 2018 riprodotta in Tabella 7.6.

Categorie topografiche

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

**Tabella 7.6 Categorie topografiche**

Poiché l'intervento in progetto s'inserisce in un contesto francamente pianeggiante si può considerare una categoria topografica tipo T1 cui corrisponde un Coefficiente di amplificazione topografica ( $S_T$ ) pari a  $S_T = 1,00$  come da Tabella 7.7.

Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	—————	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

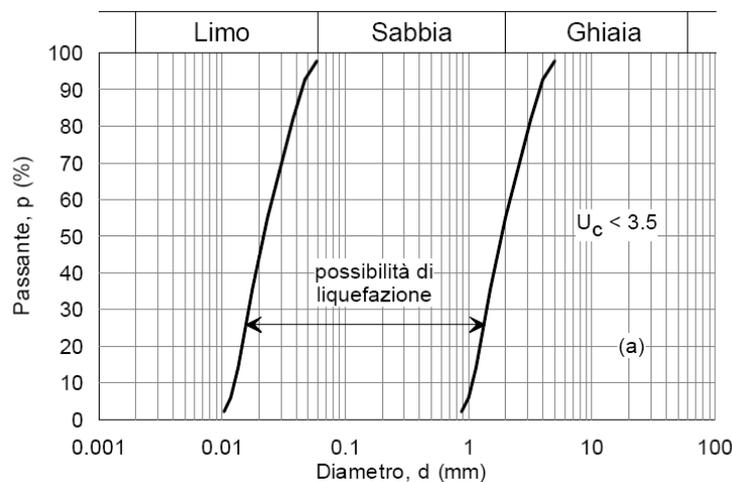
**Tabella 7.7 Valori del coefficiente di amplificazione topografica**

#### 7.4 Liquefazione dei terreni

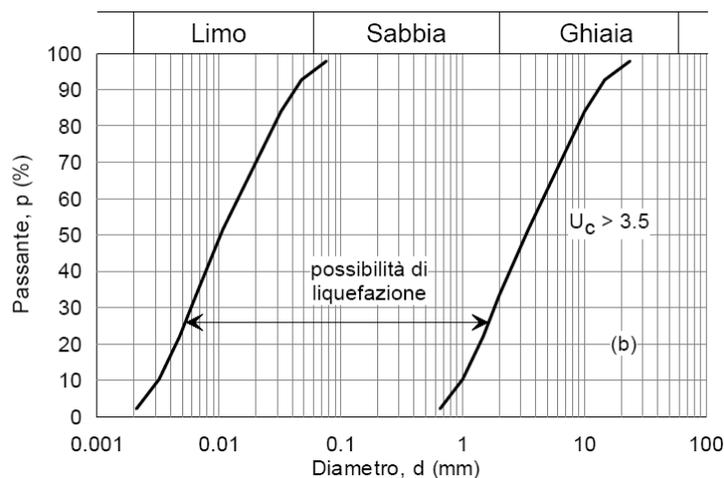
La possibile presenza di terreni granulari sotto falda richiede alcuni commenti circa la possibilità o meno di sviluppo di fenomeni di liquefazione durante eventuali attività sismiche. La liquefazione denota una diminuzione di resistenza a taglio e/o rigidità causata dall'aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo, durante lo scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative o persino l'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno. Vale la pena evidenziare che laddove sono presenti i caratteri predisponenti non è detto che si possano realizzare le condizioni di cause scatenanti; ovvero un terreno sabbioso può avere tutti i requisiti granulometrici e di addensamento per liquefarsi, ma nell'area può non verificarsi mai un sisma con energia sufficiente. Viceversa, possono esserci le energie sufficienti ma le caratteristiche granulometriche dei litotipi possono essere tali da non essere suscettibili di liquefazione. L'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al DM 17/02/2018 indica al punto 7.11.3.4.2 che le verifiche alla liquefazione per le opere possono essere omesse qualora si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni di campo libero inferiori a 0.1g;

- profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna suborizzontale e per strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$ , dove  $(N1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata attraverso le prove SPT, normalizzata ad una tensione efficace di 100 kPa;
- distribuzione granulometrica esterna all'ambito dei fusi forniti nella Figura 7.4 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3.5$  ed in Figura 7.5 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3.5$



**Figura 7.4 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili da liquefazione  $U_c < 3.5$**



**Figura 7.5 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili da liquefazione  $U_c > 3.5$**

Nel caso specifico la sussistenza di una accelerazione attesa a piano campagna inferiore a 0,1 g è elemento sufficiente per escludere il rischio da liquefazione. Va considerato inoltre

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-03-r00	Pag. 40
			RELAZIONE GEOLOGICA	

che, da quanto risulta dalla documentazione agli atti e dalle indagini puntualmente eseguite, i terreni presenti non sono comunque liquefacibili presentando elevate resistenze alla prova penetrometrica.

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-03-r00	Pag. 41
			RELAZIONE GEOLOGICA	

## 8. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Per lo sviluppo della progettazione è stata condotta, sulla base di un piano appositamente redatto dagli scriventi progettisti, una campagna geognostica e geofisica volta a definire compiutamente il modello stratigrafico, idrogeologico e geotecnico di riferimento.

Preliminarmente alle attività di campo è stata acquisita la documentazione bibliografica disponibile e sono stati svolti rilievi geologici e geomorfologici di campo. Essi hanno permesso di prendere contatto con i luoghi ed ottimizzare le ubicazioni delle indagini stesse.

Le indagini sono state suddivise in funzione delle aree d'installazione dei pannelli e del cavidotto.

Le attività sono state affidate alla ditta Sia Ingegneria Ambiente Srl di Marcianise (CE) e condotte nella primavera del 2023.

In dettaglio le attività geognostiche eseguite sono le seguenti:

- n. 4 sondaggi a carotaggio continuo (S1-S2-S3-S4) nelle aree d'installazione dei pannelli fotovoltaici spinti sino a 6-10 m da p.c., e comunque tutti intestati nel substrato granitico in posto. Di questi n 2 (S1 ed S3) sono attrezzati con piezometro a tubo aperto;
- nel corso di ciascun sondaggio sono state condotte prove di permeabilità tipo Lugeon e Lefranc e sono stati prelevati campioni geotecnici e ambientali da sottoporre a prove di laboratorio;
- ai sondaggi si aggiungono n° 7 prove penetrometriche dinamiche pesanti, tipo DPSH, spinte sino a condizioni di rifiuto, di cui n° 3 nelle aree d'installazione dei pannelli e n° 4 lungo il cavidotto;
- n° 1 Masw per la determinazione della categoria di suolo di fondazione;

La tabella seguente riepiloga le verticali indagate con il numero e tipo delle prove in sito e dei campioni prelevati.

Indagine	Area	Profondità (m)	Piezometro (m)	SPT (n)	Lefranc (n)	Lugeon (n)	Campione rimaneggiato (n)	Campione ambientale (n)
Sondaggio S1		10	10		1		3	2
Sondaggio S2		6				1	2	1
Sondaggio S3		10	10			1	3	2
Sondaggio S4		7			1		3	2
DPSH1		2,6						
DPSH2		2						
DPSH3		2,2						
DPSH4	Cavidotto	1,2						
DPSH5	Cavidotto	1,6						
DPSH6	Cavidotto	1,8						
DPSH7	Cavidotto	1,6						
TOTALE SONDAGGI 4		33						
TOTALE DPSH 7		13						

**Tabella 8.1 – Tabella riepilogativa delle indagini geognostiche**

Nelle figure seguenti uno stralcio di foto aerea a grande scala con ubicazione delle indagini eseguite relativamente alle aree di installazione dei pannelli ed al cavidotto.



**Figura 8.1 Planimetria indagini area pannelli**



**Figura 8.2 Planimetria indagini lungo il cavidotto**

Per ogni verticale d'indagine è stata condotta una prospezione georadar preventiva per escludere la presenza di eventuali sottoservizi o masse metalliche interrato.

Tutte le verticali sono georeferenziate planoaltimetricamente.

I certificati delli sondaggi, delle prove penetrometriche e delle prove di laboratorio sono allegati all'elaborato contenente i risultati delle indagini geognostiche, cui si rimanda per maggiori dettagli.

I sondaggi hanno evidenziato la presenza di circa 0,4-0,5 m di terreno vegetale in senso stretto cui fa seguito un deposito costituito da sabbia e ghiaia di natura granitica, interpretabile come granito arenizzato, e/o in minima e corticale parte come materiale colluviale (quest'ultimo spesso accorpato nella stratigrafia al terreno vegetale), che si spinge sino alla profondità di 1 - 6,5 m da p.c., con un valore medio di circa 3,5 m. Al di sotto un granito a biotite e feldspato litoide da fratturato a poco fratturato.

In figura seguente si riporta, a titolo di esempio, la fotografia relativa alle cassette del sondaggio S3, che può essere ritenuto rappresentativo della situazione riscontrata anche nelle altre perforazioni.



**Figura 8.3 Fotografia delle cassette del sondaggio S3**

Nei sondaggi S1 ed S3 sono stati installati piezometri a tubo aperto che hanno confermato, nella lettura acquisita in data 17/06/2023, una presenza idrica a modesta profondità da p.c. (soggiacenza fra 0,25 e 3,1 m da p.c.) contenuta nel granito arenizzato e sostenuta dal sottostante granito litoide.

In roccia le prove di permeabilità, tipo Lugeon, restituiscono valori nell'ordine di  $1 \times 10^{-6}$  m/s in linea con il grado di fratturazione della roccia. Nel granito arenizzato le prove di permeabilità tipo Lefranc forniscono valori nell'ordine di  $1 \times 10^{-7}$  m/s che si ritengono, sulla base delle caratteristiche dei materiali e dell'esperienza negli stessi terreni, eccessivamente basse; valori più consoni a questi materiali si ritiene possano essere compresi fra  $10^{-5}$ - $10^{-4}$  m/s. In tabella i risultati delle prove di permeabilità così come risultano dai certificati forniti.

Indagine	Prova	Profondità (m)	K (m/s)	Litotipo
Sondaggio S1	Lefranc	2,5-2,8	1,00 E-7	Sabbione
Sondaggio S2	Lugeon	2,5-4,5	5,00E-06	Granito
Sondaggio S3	Lugeon	7,5-8,5	1,00E-06	Granito
Sondaggio S4	Lefranc	1,33-1,52	1,00E-07	Sabbione

**Tabella 8.2 Risultati prove di permeabilità**

Nel corso dei sondaggi si sono prelevati complessivamente n° 11 campioni geotecnici, di cui n° 3 rimaneggiati di natura terrosa e n° 8 litoidi, i cui risultati delle prove sono riepilogati in figura seguente. Nel materiale di copertura arenizzato o colluviale le granulometrie restituiscono una composizione sabbioso ghiaiosa debolmente limosa, non plastica. Nei campioni litoidi di granito la resistenza a compressione varia da 17 Mpa a 115 Mpa con un valore medio di 55 Mpa (550 Kg/cmq), in linea con la natura litologica della roccia.

Sondaggio	Campione geotecnico	Da m	a m	Terreno (T) o roccia (R)	Wl (%)	Wp (%)	Ip	Ic	Granulometria				E.L.L. $\sigma_c'$ (kPa)
									Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	
S1	Rim1	1,2	1,6	T	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	43,63	43,69	12,68	0	
	R1	3,8	4,0	R									17,6
	R2	9,4	9,5	R									25,7
S2	R1	3,7	3,8	R									115
	R2	4,5	4,7	R									70,3
S3	Rim1	1,4	1,6	T					13,33	74,55	12,12	0	
	R1	5,5	5,7	R									27,5
	R2	8,1	8,4	R									89,9
S4	Rim1	1,7	2,0	T					9,9	87,97	2,12	0	
	R1	4,5	4,7	R									n.d.
	R2	6,1	6,3	R									40,8

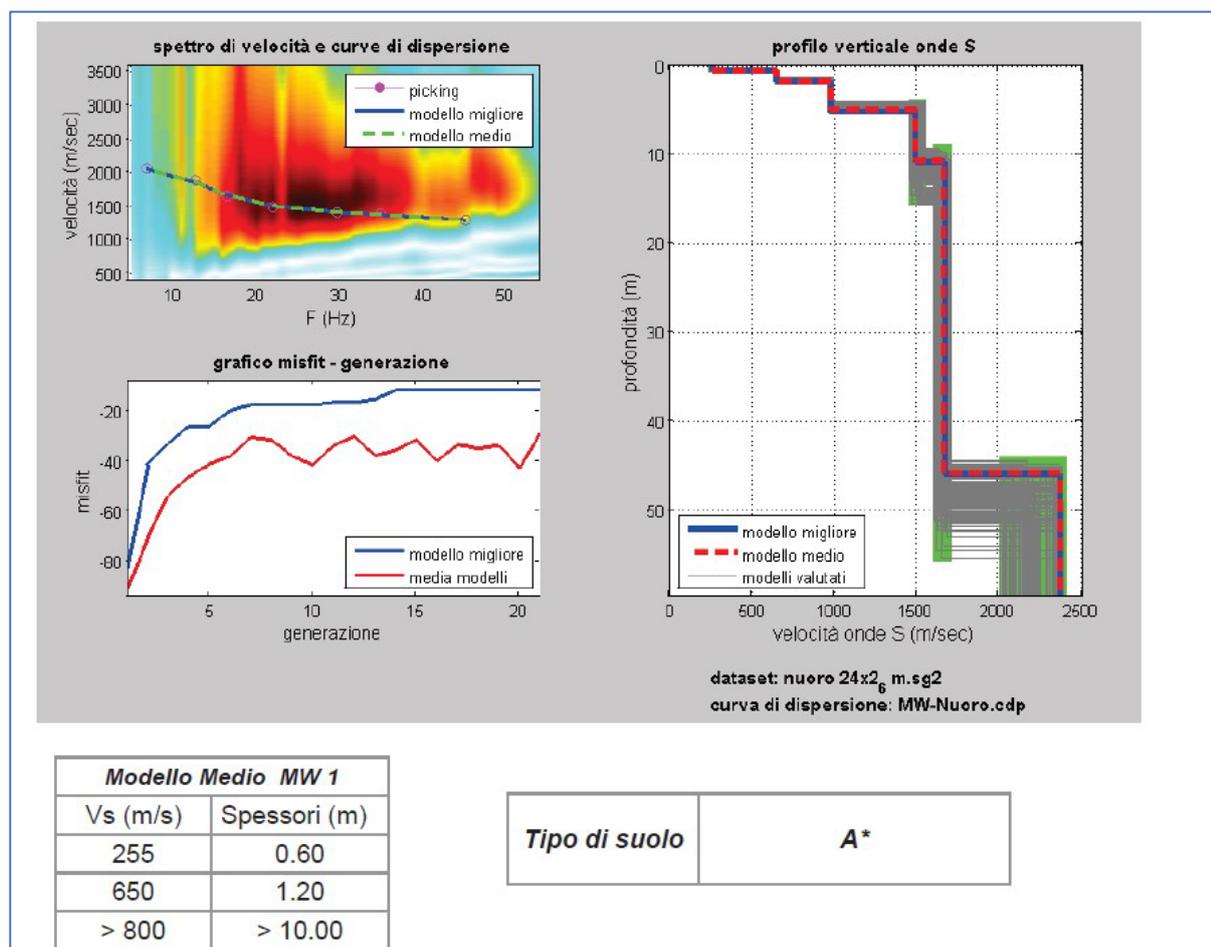
**Tabella 8.3 Elenco campioni geotecnici**

Le prove penetrometriche dinamiche superpesanti sono distribuite sia nelle aree d'installazione dei pannelli che lungo lo sviluppo del cavidotto, dove raggiungono comunque condizioni di rifiuto fra le profondità di 1,2-2,6 m da p.c. (vedi Tabella 8.1) probabilmente ancora all'interno del granito arenizzato, evidenziando le ottime caratteristiche di resistenza e deformabilità di questo materiale. Dopo il primo metro il numero di colpi sale rapidamente e regolarmente con la profondità al progressivo diminuire del grado di alterazione della roccia.

L'interpretazione delle prove DPSH, riportata in allegato al testo, restituisce una densità relativa del 50-80%, un angolo d'attrito di 35-45°, un modulo elastico di 5-50 Mpa; tutti i valori aumentano progressivamente dalla superficie verso il basso.

I risultati della prova Masw, posizionata circa centralmente rispetto all'area dedicata ai pannelli, sono ben in linea con il modello stratigrafico atteso. Viene infatti restituita quella che può interpretarsi come una coltre superficiale dello spessore di 0,6 m di terreno vegetale e/o colluviale con  $V_s = 255$  m/s, seguita da 1,2 m di granito arenizzato con  $V_s = 650$  m/s (spessore totale materiale di copertura 1,8 m) il tutto in appoggio su granito lapideo avente  $V_s$  crescente verso il basso da 1.000 m/s a 2.400 m/s circa.

Essendo che lo spessore della coltre colluviale è inferiore a 3 m la prova fornisce una categoria di suolo di fondazione tipo A. Avendo però appurato dai sondaggi che lo spessore della stessa coltre può, localmente, superare i 3 m, in un approccio cautelativo ed al fine di fornire una classificazione univoca per l'intero intervento, si è ritenuto in questa fase di considerare una categoria di suolo di fondazione tipo B.



#### Figura 8.4 Risultati prova Masw

Per quanto attiene i risultati delle indagini ambientali nel corso di ciascun sondaggio si sono prelevati n° 1 o n° 2 campioni come da tabella seguente. I risultati non hanno evidenziato alcun superamento.

Sondaggio	Campione ambientale	Da m a m	
		Da m	a m
S1	c1	0,5	1,0
	c2	2,0	3,0
S2	c1	0,5	1,0
S3	c1	0,5	1,0
	c2	2,0	3,0
S4	c1	0,5	1,0
	c2	2,0	3,0

**Tabella 8.4 Elenco campioni ambientali prelevati nel corso dei sondaggi**

Infine in corrispondenza di ciascuno dei 4 sondaggi si è proceduto al prelievo di campion nell'ambito del primo metro per un'indagine pedologica. Le analisi hanno evidenziato la presenza di un orizzonte pedologico con sostanza organica dello spessore di 0,3-0,5 m (nelle stratigrafie è erroneamente indicato un valore anche nell'ordine del metro che è da ritenersi fuorviante e sovrastimato) in appoggio su di un orizzonte composto da sabbia e ghiaia di natura granitica poco interessato da processi pedogenetici. La classificazione ISSS è relativa a terreni sabbiosi.

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-03-r00	Pag. 48
			RELAZIONE GEOLOGICA	

## 9. MODELLO STRATIGRAFICO E GEOTECNICO

Le indagini eseguite in buona coerenza con la documentazione bibliografica hanno evidenziato la presenza delle seguenti unità stratigrafico geotecniche:

- AR: granito arenizzato composto da sabbia e ghiaia da molto addensata a debolmente cementata. Può comprendere una sottile ed irregolare coltre superficiale di modestissimo spessore di natura colluviale. Spessore variabile fra 1 e 6,5 m, con valore medio che prudentemente può assumersi pari a 3,5 m circa;
- MZG. Monzograniti francamente lapidee da fratturate a poco fratturate.

Le tabelle seguenti riepilogano, al di sotto di una coltre di terreno vegetale a matrice sabbiosa potente circa 0,4-0,5 m, la caratterizzazione dei terreni attesi in corrispondenza delle aree d'installazione dei pannelli e del cavidotto come risulta dall'insieme delle informazioni disponibili.

La cartografia geologica, gli esiti delle indagini e dei rilievi in sito hanno restituito, nell'ambito dell'intervento, una situazione di sostanziale omogeneità per effetto della quale è stato possibile proporre una caratterizzazione unica.

La simbologia cui si è fatto riferimento è la seguente:

$\gamma$ = peso di volume naturale del terreno	[kN/m <sup>3</sup> ]
$I_p$ = Indice di plasticità	[%]
OCR = Over Consolidation Ratio	[-]
$D_r$ = densità relativa	[%]
$\varphi'$ = angolo di attrito in termini di sforzi efficaci	[°]
$c'$ = resistenza al taglio in condizioni drenate	[Mpa]
$C_u$ = resistenza al taglio in condizioni non drenate	[Mpa]
$E$ = modulo elastico del terreno	[Mpa]
$n$ = coefficiente di Poisson	[-]
$K$ = permeabilità	[m/s]

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-03-r00	Pag. 49
			RELAZIONE GEOLOGICA	

Sigla	Prof (m da p.c.)	Descrizione	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	IP	OCR	Dr (%)	c' (kPa)	$\phi'$ (°)	Cu (kPa)	E (Mpa)	K (m/s)	Suolo di fondazione
AR	3,5	Materiale detritico colluviale o granito arenetizzato	20,5	-	-	95	0	38	-	50	1,00E-04	B
MZG	>1	Monzograniti da fratturate a molto fratturate	26	-	-	-	100	40	-	1000	1,00E-08	
Falda: Modesta profondità stagionale, circa 1-3 m da p.c., localmente anche inferiore												

**Tabella 9.1 Modello stratigrafico e geotecnico di riferimento per pannelli e cavidotto**

La falda, come indicato in tabella e come risulta dalle misure sui piezometri installati, almeno stagionalmente ha una soggiacenza modesta che può essere valutata fra circa 1-3 m da p.c. Localmente laddove la superficie topografica è più depressa, e/o a seguito di eventi meteorici intensi, tale soggiacenza potrebbe risultare localmente minore. È anche possibile che a seguito di periodi siccitosi tale falda si deprima sensibilmente sino ad annullarsi, o limitarsi a sacche più o meno isolate.

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-03-r00	Pag. 50
			RELAZIONE GEOLOGICA	

## 10. INTERAZIONE OPERE TERRENI E CONCLUSIONI

Le aree d'interesse progettuale ricadono in un contesto agricolo e sono adibite prevalentemente a sughereto o pastorale, limitatamente a macchia mediterranea.

Morfologicamente è un contesto collinare con forme arrotondate legate alla presenza di rocce granitiche ad elevata resistenza ma di antica data (Paleozoico). Le quote sono variabili fra circa 500 – 600 m slm, tendenzialmente in aumento da SE verso NW.

Il progetto è stato sviluppato sulla base di una campagna geognostica eseguita nella primavera estata del 2023 ed incentrata sull'esecuzione di n° 4 sondaggi a carotaggio continuo, di cui n° 2 attrezzati con piezometro, prove in sito e di laboratorio su campioni geotecnici ed ambientali, oltre a n° 7 prove penetrometriche continue dinamiche pesanti tipo DPSH e n° 1 Masw.

Dal punto di vista urbanistico le aree coinvolte dai lavori sono a vocazione agricola e non interferiscono con alcun centro abitato. Sono presenti rari fabbricati rurali ed una vegetazione erbacea ed arborea.

Geologicamente la documentazione bibliografica e le indagini geognostiche eseguite evidenziano la presenza di un substrato roccioso riconducibile a rocce granitiche con al tetto una coltre di alterazione arenizzata dello spessore medio di 3,5 m circa. Localmente sui graniti poggiano depositi colluviali di spessore estremamente modesto e come tali non/difficilmente cartografabili. Limitate coltri alluvionali si rinvencono a margine dei corsi d'acqua principali esternamente alle aree in studio.

I lavori andranno quindi ad interessare sostanzialmente la coltre arenizzata, a grado di cementazione crescente verso il basso, ma talvolta interessando anche il sottostante substrato granitico.

Il terreno vegetale ha una matrice sabbiosa o sabbioso ghiaiosa e spessore ridotto, nell'ordine di 0,4-0,5 m.

Dal punto di vista geomorfologico le buone caratteristiche dei terreni determinano una bassa propensione al dissesto. In coerenza con ciò il catalogo IFFI non rileva la presenza di

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-03-r00	Pag. 51
			RELAZIONE GEOLOGICA	

fenomeni franosi entro e in un ampio intorno del sedime di progetto. Il rischio da frana nella cartografia del PUC è classificato sostanzialmente come nullo.

La pericolosità potenziale da frana secondo il PAI è nella maggior parte delle aree moderata (P1) passante a media (P2) in alcuni settori a NW in corrispondenza o al piede dei rilievi collinari, con molto ristretti ambiti di pericolosità elevata (P3) sui versanti in zone morfologicamente molto ripide e comunque esterne al sedime progettuale.

Dal punto di vista geologico e geomorfologico gli interventi in progetto non comportano apprezzabili ripercussioni sulla componente geologica, non determinano movimenti terra in alcun modo significativi, non sono invasivi, non alterano e non sono in grado di alterare la preesistente stabilità dei luoghi e non incidono negativamente sulla potenziale pericolosità geomorfologica delle aree, né in fase di cantiere né a lavori ultimati. Se i lavori saranno correttamente eseguiti e gestiti i terreni interessati non andranno a subire denudazioni, perdita di stabilità o turbamento del regime delle acque. In base a quanto esposto ed in relazione alle tipologie di lavori previste è possibile esprimere un giudizio di sostanziale compatibilità geologica ed idrogeologica.

In un approccio prudenziale si sono inoltre comunque in questa fase escluse dall'installazione dei pannelli le aree:

- a pericolosità geomorfologica da frana P3 elevata;
- a pericolosità geomorfologica da frana P2 media ricadenti all'interno del perimetro di vincolo idrogeologico;
- aventi pendenze > 20%;
- attorno ai corsi d'acqua.

Dal punto di vista idraulico la documentazione del PAI segnala zone a pericolosità idraulica media in corrispondenza dei principali corsi d'acqua, uno dei quali perimetra alcune aree d'installazione dei pannelli ed attraversa il cavidotto. Come sopra anticipato attorno ai corsi d'acqua è stata prevista una fascia di rispetto dove non vengono installati i pannelli.

La pericolosità sismica è bassa. Il comune di Nuoro come tutta la Sardegna è in zona sismica di quarta categoria (ex aree non sismiche). La categoria di suolo di fondazione assunta in

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-03-r00	Pag. 52
			RELAZIONE GEOLOGICA	

progetto è tipo B. Il periodo di riferimento dell'azione sismica è 35 anni (opera provvisoria).

Dal punto di vista idrogeologico la carta idrogeologica del PUC evidenzia la presenza di alcune sorgenti che costituiscono punti di affioramento di una falda idrica a modesta soggiacenza. Nel corso della campagna d'indagine sono stati installati due piezometri che hanno confermato la modesta soggiacenza, almeno a livello stagionale e/o a seguito di eventi meteorici intensi. Alla data delle indagini, condotte immediatamente a seguito di un periodo piovoso, la falda è stata rilevata fra le profondità di 1-3 m da p.c.; localmente anche minore laddove la superficie topografica è depressa. Durante un periodo siccitoso prolungato tale falda può ridursi significativamente sino quasi ad estinguersi.

La modesta soggiacenza comporta una elevata vulnerabilità idrogeologica potenziale alla contaminazione di cui si dovrà tener conto in fase di cantiere e nel corso d'opera. In tale contesto le operazioni di lavaggio dei pannelli dovranno essere eseguite impiegando sola acqua. È possibile che, specialmente qualora i lavori vengano condotti nel periodo umido, gli scavi in progetto, seppur di modesta profondità, vadano ad intercettare localmente il tetto della falda.

Il progetto ha previsto l'adozione di elementi prefabbricati per le cabine di conversione, storage, sottocampo ecc., in modo eliminare/minimizzare qualsiasi costruzione in cantiere. Per queste strutture si adotteranno fondazioni su platee da realizzarsi con una minima movimentazione terra. Il terreno scavato sarà riutilizzato e livellato all'interno delle aree di pertinenza progettuale.

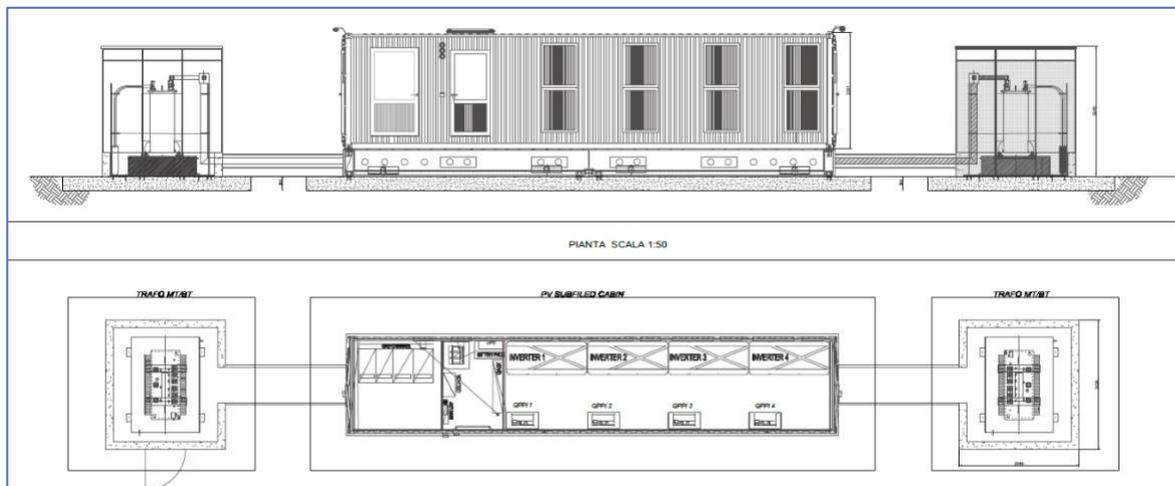


Figura 10.1 Cabina sottocampo e cabine MT/BT

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-03-r00	Pag. 53
			RELAZIONE GEOLOGICA	

I pannelli fotovoltaici saranno installati su opportuni trackers monoassiali con telai composti da elementi di sostegno metallici fondati sul terreno naturale in sito. Direttamente sulle strutture dei tracker verranno fissati gli inverter fotovoltaici di stringa, cui convergono i cavi in corrente continua dei pannelli installati sui trackers. Su ciascun tracker vengono montati 28 pannelli.

All'interno dei lotti, dagli inverters verso le cabine saranno disposti cavidotti interrati di media e bassa tensione posti a circa 1,2 m di profondità, oltre agli impianti ausiliari (illuminazione, antiintrusione ecc). Il volume scavato sarà per circa il 75% impiegato a ricopertura dello scavo, e per la parte rimanete livellato sul posto

Per quanto riguarda i mezzi d'opera è previsto l'impiego di escavatori per gli scavi a sezione obbligata per i cavidotti e per le platee di fondazione, macchine per l'installazione dei telai dei tracker e la perforazione delle fondazioni, oltre a mezzi di sollevamento per lo scarico dei materiali e delle cabine.

In corso d'opera non si prevede la necessità di approvvigionare significativi volumi d'acqua in quanto le platee saranno realizzate con calcestruzzo proveniente da impianti esterni. Anche il bitume per il ripristino della viabilità proverrà da fonte esterna.

Non si prevedono spazi per cantiere esterni alle aree dei singoli lotti in quanto verranno utilizzate le aree stesse, che risultano più che sufficienti.

Si prevede la realizzazione di strade interne alle singole aree per garantire l'accessibilità dei mezzi verso tutte le cabine; tali strade saranno non asfaltate ma in terra battuta.

I pannelli saranno montati su una struttura a binario composta da profilati metallici che formano la superficie di appoggio, collegata direttamente ai montanti verticali. In questo modo si evita la realizzazione di fondazioni permanenti e tutto il sistema, a fine vita utile, potrà essere integralmente smontato e smantellato. I supporti saranno dotati di un sistema monoassiale di inseguitore solare in modo da garantire sempre la migliore orientazione e massima produzione.

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-03-r00	Pag. 54
			RELAZIONE GEOLOGICA	

Gli elementi di fondazione dei trackers sono profili tipo HEA140 di lunghezza pari a circa 3,2 m; pur non escludendo la possibilità che alcuni di essi possano essere posti in opera tramite battitura, per tener conto della presenza e diversa profondità locale del substrato granitico, e per uniformità di lavorazione sull'intero sedime, si è prevista la loro installazione su fori precedentemente trivellati.

In tale contesto e per quanto di competenza i principali impatti derivanti dal progetto proposto si concretizzano nella sottrazione per occupazione di suolo da parte dei pannelli. Tali pannelli come anticipato saranno montati su supporti tubolari che sorreggono un telaio metallico e garantiscono un'altezza da terra minima di 0,9 m. In questo modo anche la sottrazione di suolo è limitata, in quanto l'area sottostante rimane libera e subisce un processo di rinaturalizzazione, rendendo possibile un utilizzo pastorale e la colonizzazione di tutte quelle specie che precedentemente erano disturbate dall'attività umana. L'installazione dei pannelli sarà comunque temporanea in quanto, terminata la vita utile dell'impianto, potranno essere completamente smantellati ed i pali sfilati, ripristinando lo stato originale dei luoghi senza alcun gravame o condizionamento.

Le acque consumate per la manutenzione dei pannelli (molto modeste, circa 2l/m<sup>2</sup> di pannello ogni 6 mesi) potranno essere approvvigionate mediante autobotte o essere prelevate dalle sorgenti/polle naturali presenti, almeno stagionalmente, in zona. Come già anticipato le operazioni di pulizia dovranno essere effettuate senza impiego di detersivi o altre sostanze che possano contaminare acque e suoli.

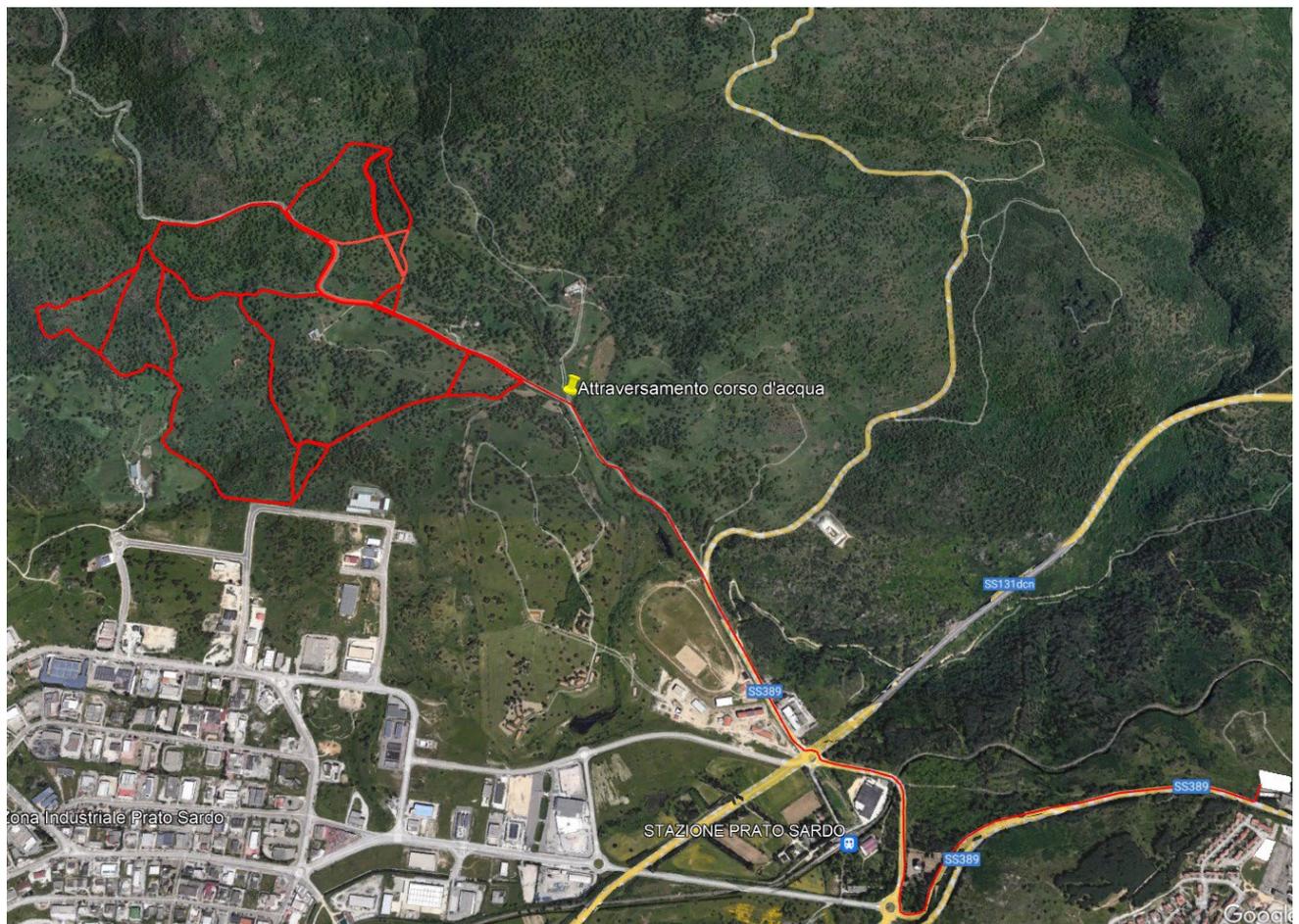
La realizzazione dell'impianto prevede l'installazione di cabine elettriche. Come anticipato sono state opportunamente previste cabine di tipo prefabbricato da posare su una soletta in calcestruzzo previo scavo di circa 50 cm. Il materiale proveniente dallo scavo potrà essere usato per raccordare il terreno attorno alla cabina evitando/limitando gli esuberanti da conferire all'esterno. A fine vita impianto la cabina potrà essere allontanata demolendo la soletta in calcestruzzo, riposizionando poi il terreno opportunamente rimasto sul posto.

All'esterno degli impianti i cavidotti si sviluppano prevalentemente lungo strade pubbliche. La posa dei cavi richiederà scavi di modesta profondità (circa 1,2 m da p.c.) che andranno ad interessare il granito arenizzato, estratto in forma di sabbie e ghiaia con frammenti lapidei eterometrici. In funzione del periodo stagionale non è possibile escludere a priori che tali scavi possano eccezionalmente interessare il tetto della sottile falda idrica superficiale sostenuta dal sottostante substrato roccioso. Il volume scavato sarà per circa il

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-03-r00	Pag. 55
			RELAZIONE GEOLOGICA	

75% impiegato a ricopertura dello scavo. La parte rimanente potrà essere gestita come rifiuto o, essendo un materiale dalle buone caratteristiche geotecniche, potrà trovare reimpiego nell'ambito di questi o altri lavori.

In figura seguente sono rappresentati i principali attraversamenti di corsi d'acqua da parte del cavidotto, risolti mediante tubazioni interrate o alloggiate a margine delle opere di scavalco esistenti, il tutto senza influenzare il regime idraulico degli impluvi.



**Figura 10.2 Attraversamenti corsi d'acqua da parte dei cavidotti (segnaposto giallo)**

In presenza di materiali sciolti e/o granito arenizzato gli scavi potranno essere condotti mediante escavatore ad elevata potenza munito di benna a sezione sottile, mentre in presenza di roccia sarà necessario l'impiego di martello demolitore o altra più idonea tecnologia. Le prove penetrometriche evidenziano come nell'ambito del primo metro i terreni siano più facilmente scavabili, mentre al di sotto di tale profondità la consistenza e cementazione aumentano rapidamente sino a raggiungere il tetto del substrato roccioso granitico vero e proprio. Si può stimare indicativamente un volume di scavi per circa il 30-

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-03-r00	Pag. 56
			RELAZIONE GEOLOGICA	

35% in roccia dura, e il rimanente in roccia tenera o in un materiale assimilabile a terreno sciolto molto compatto.

Dal punto di vista geologico e geotecnico i materiali ottenuti dagli scavi saranno prevalentemente granulari classificabili con A1-A2 della UNI 10006, e come tali riutilizzabili e potenzialmente appetibili sul mercato.

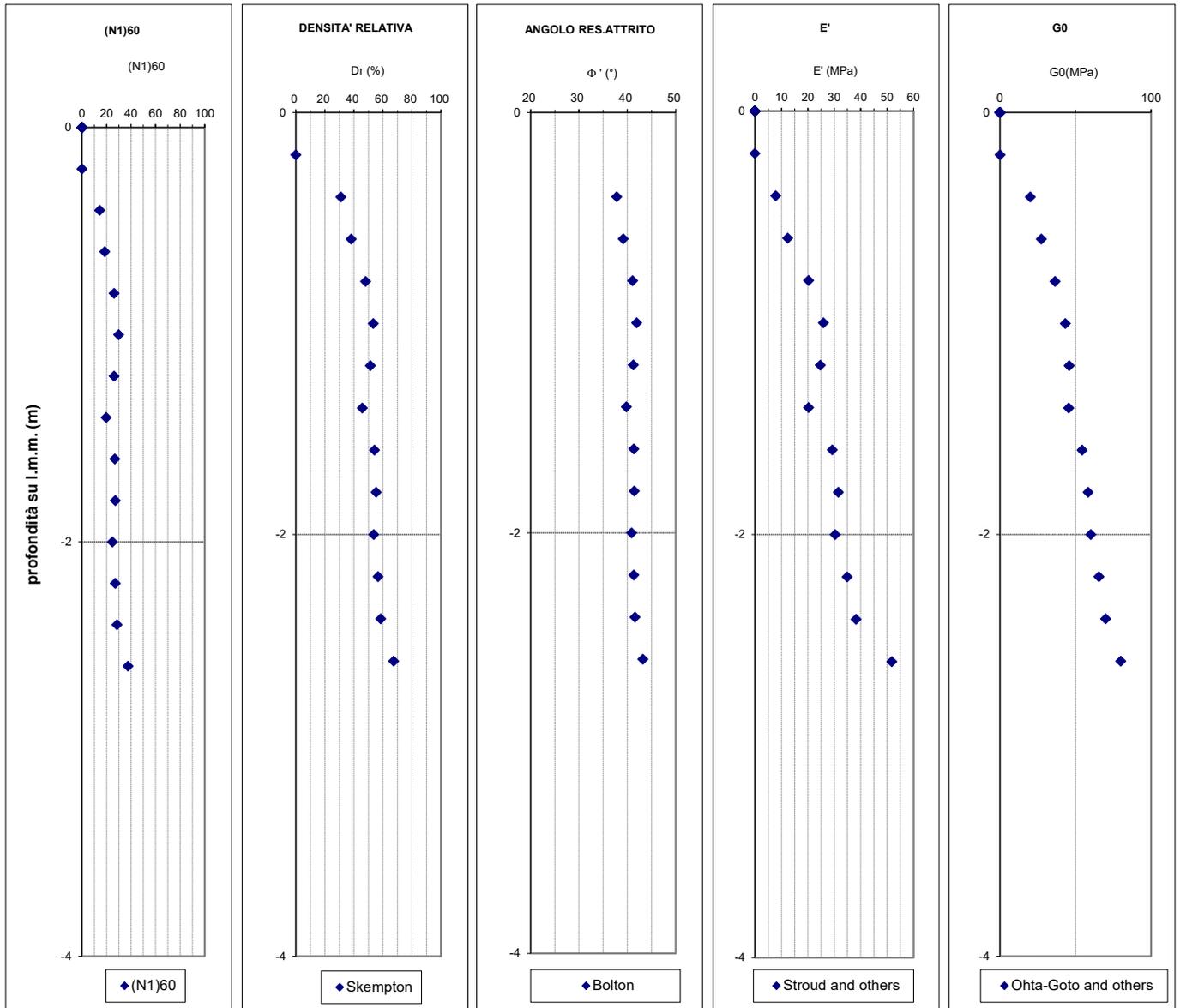
Una modesta parte delle superfici d'installazione dei pannelli e del cavidotto ricadono in aree a vincolo idrogeologico. In quest'ambito non sono presenti fenomeni franosi e la propensione al dissesto è bassa. In ogni caso gli interventi in progetto non sono invasivi, non vanno in alcun modo ad alterare la stabilità dei luoghi ed il naturale deflusso delle acque. L'intervento progettualmente previsto è da ritenersi nel complesso compatibile con il vincolo idrogeologico, ovvero non si ravvisano impedimenti a quanto in progetto e/o interventi in grado di alterare negativamente la stabilità delle aree.

Le opere sono concepite in maniera tale da poter essere interamente asportate ripristinando il naturale stato dei luoghi a fine vita utile dell'impianto. Dovranno essere in ogni caso adottati gli opportuni accorgimenti evitando, in corso d'opera, di creare ostacoli al naturale deflusso delle acque, assicurando una corretta regimazione ed allontanamento delle acque meteoriche e ruscellanti, evitando movimenti terra e accumuli o sovraccarichi che possano arrecare condizioni di pregiudizio per la stabilità, garantendo il corretto compattamento di eventuali riporti, evitando di ridurre la sezione degli impluvi, fossi o altre linee di sgrondo.

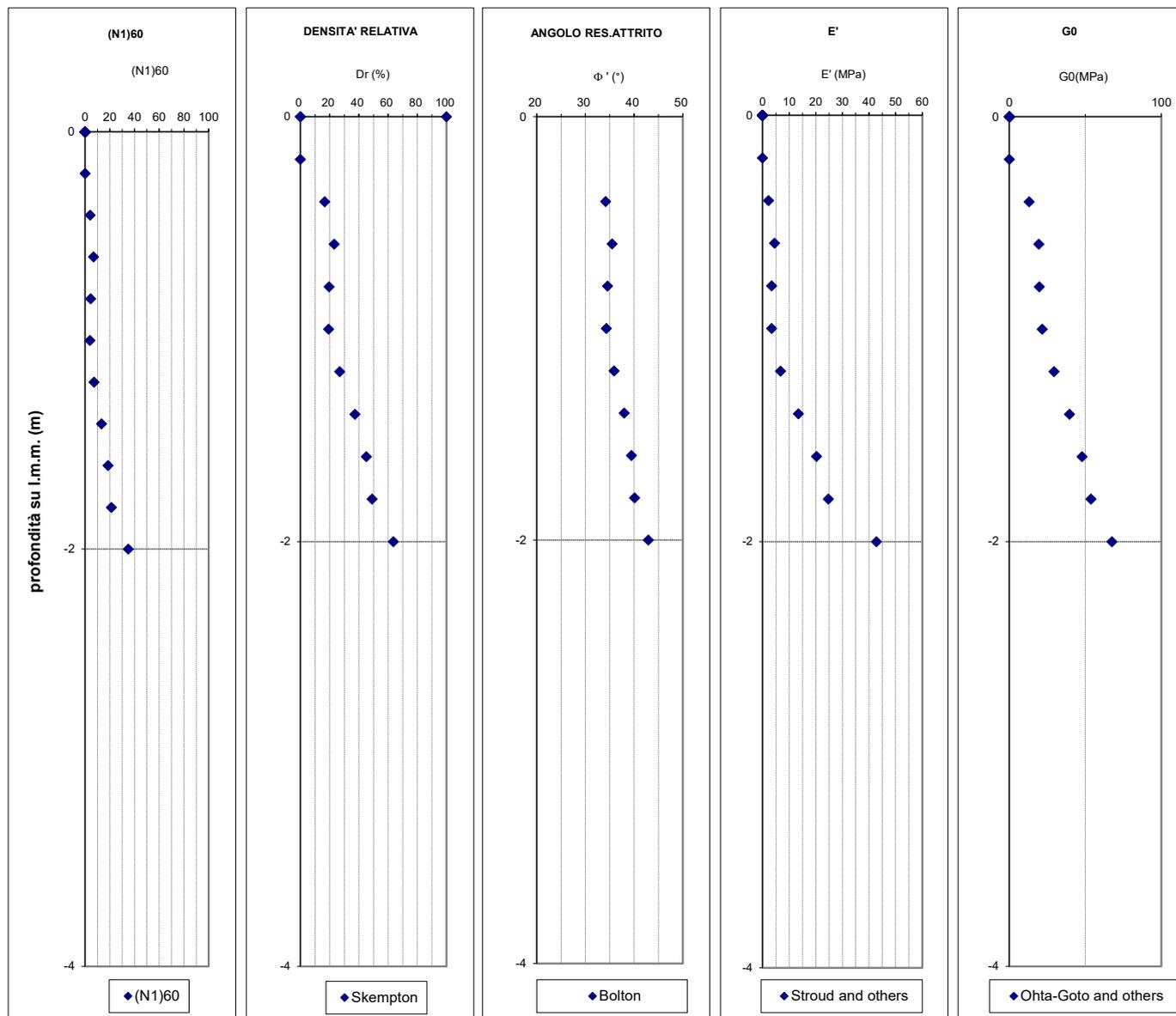
In base al quadro conoscitivo sopra esposto derivante dalla documentazione consultata, dagli strumenti di pianificazione territoriale disponibili, dalle indagini geognostiche eseguite e più in generale dagli approfondimenti progettuali svolti, è possibile esprimere un giudizio di fattibilità dell'intervento, la cui incidenza sulla componente geologica può dirsi nel complesso modesta.

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-03-r00	Pag. 57
			RELAZIONE GEOLOGICA	

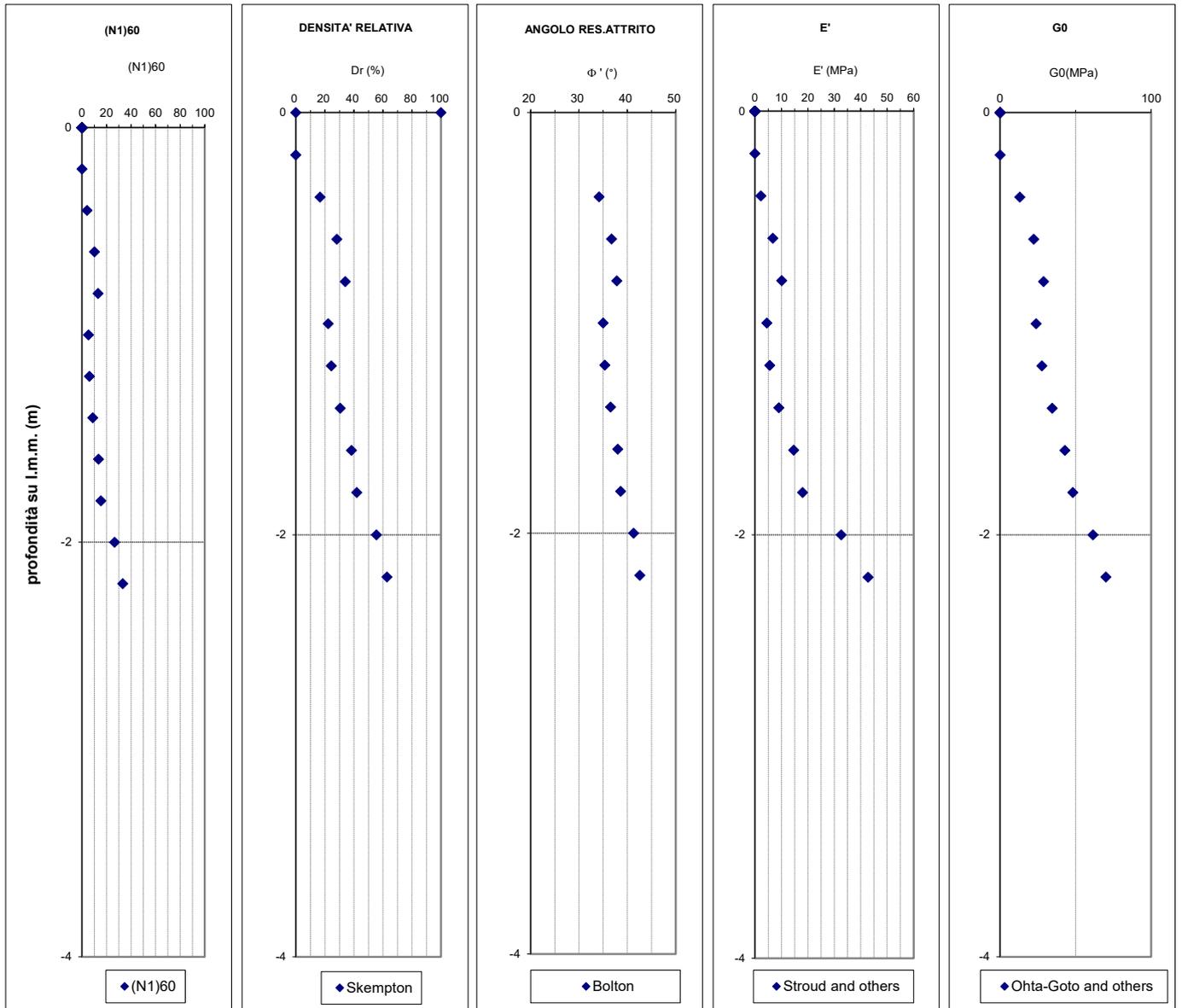
## INTERPRETAZIONE PROVE DPSH



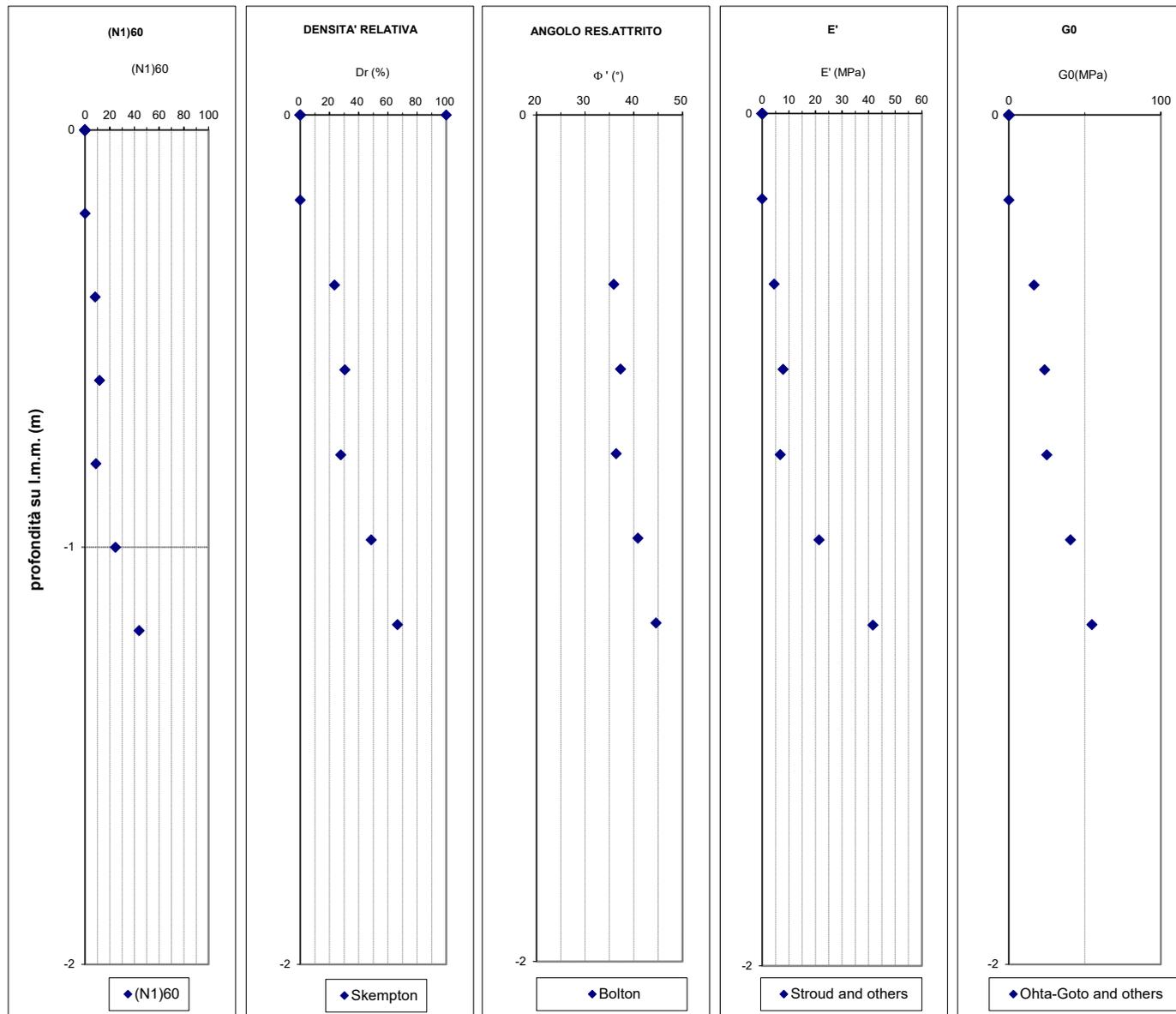
DPHS1



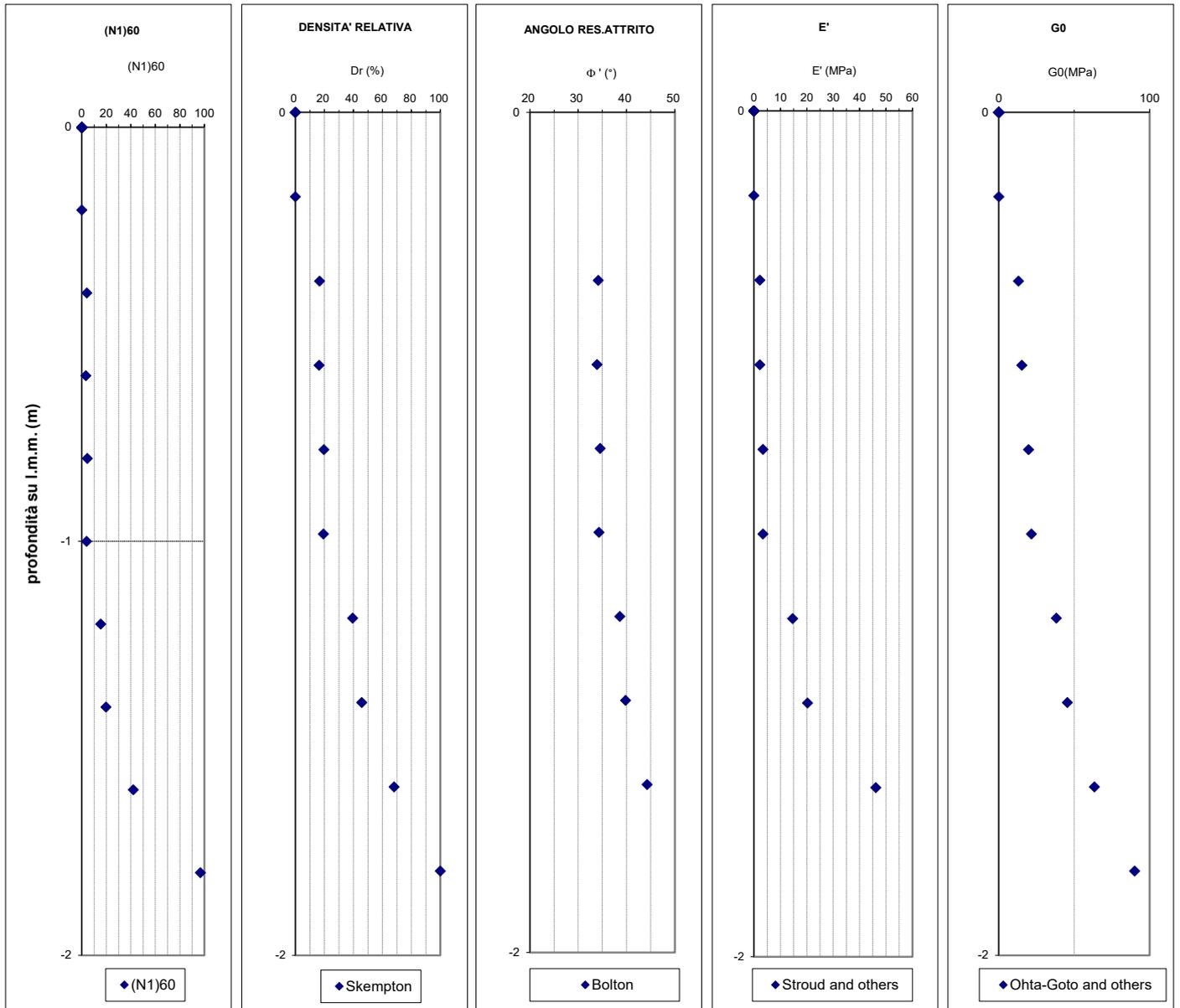
DPSH2



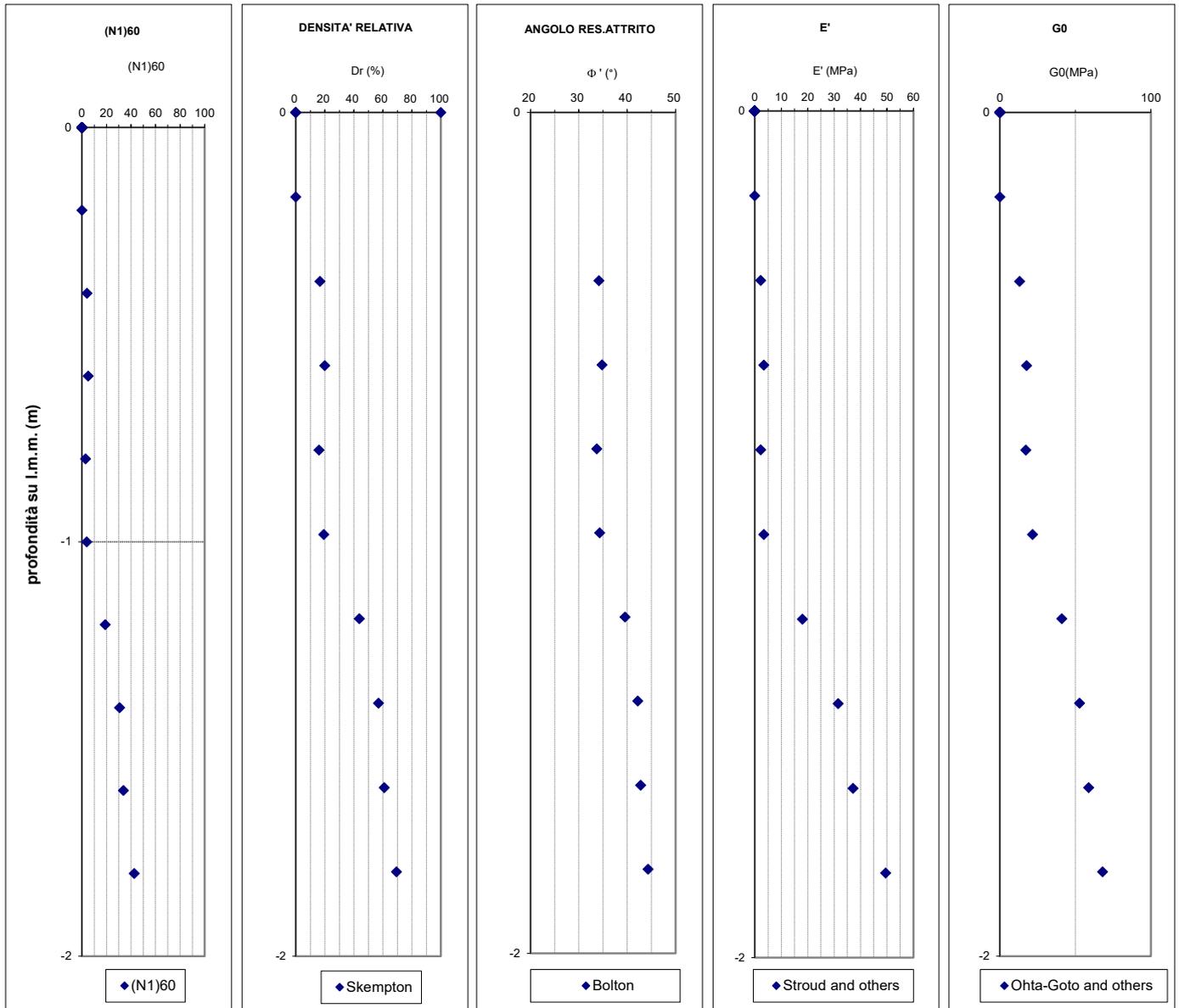
DPSH3



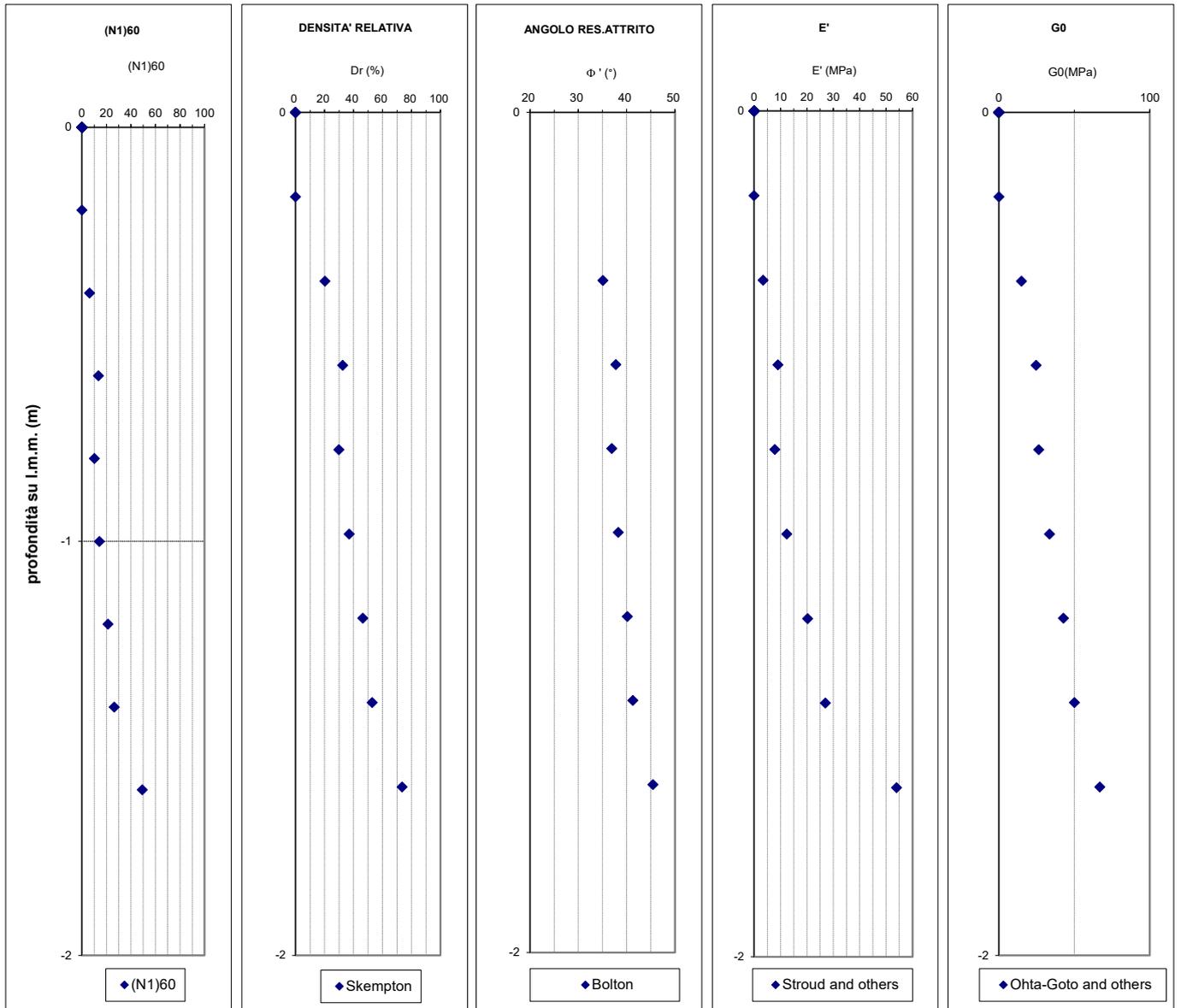
DPSH4



DPSH5



DPSH6



DPSH7