

**PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI IMPIANTO  
AGRIVOLTAICO E OPERE CONNESSE, DELLA POTENZA DI  
PICCO PARI A 144,21 MWp  
Comune di Sassari (VT) Loc. “Giuanne Abbas” e “Elighe  
longu”**

**Autorizzazione Unica**  
(art.12 D.lgs 387/2003 e s.m.i.)

Oggetto:

**2.01-GEO-Relazione Geologica Idrogeologica  
Geognostica**

Proponente:



**SIGMA ARIETE S.R.L.**

Via Mercato n.3, MILANO (MI), 20121

P.I. 11467070964

REA MI - 2604780

PEC sigmaariete@legalmail.it

*Progetto sviluppato da Regener8 Power per Canadian  
Solar*



<https://regener8power.com/>

The Surrey Technology Centre,

The Surrey Research Park, Guildford, Surrey, England,

GU2 7YG

Progettista:



**Stantec S.p.A.**

Centro Direzionale Milano 2, Palazzo Canova

Segrate (Milano)

[italia.info@stantec.com](mailto:italia.info@stantec.com)

Phone: +39 02 94757240

Rev. N.	Data	Descrizione modifiche	Redatto da	Rivisto da	Approvato da
00	17/05/2021	Prima emissione	G.Coduri	L.Giavina	G.Coduri

Fase progetto: **Definitivo**

Formato elaborato: **A4**

Nome File: **2.01-00-A-Relazione Geologica Idrogeologica Geognostica.docx**

# Indice

<b>1. Premessa .....</b>	<b>4</b>
<b>2. Bibliografia.....</b>	<b>6</b>
<b>3. Descrizione del sito.....</b>	<b>7</b>
<b>3.1 Collocazione Geografica.....</b>	<b>7</b>
<b>4. Caratteri climatici.....</b>	<b>8</b>
<b>4.1 Caratteristiche climatiche della Sardegna.....</b>	<b>8</b>
<b>4.2 Caratteri climatici locali.....</b>	<b>12</b>
<b>5. Inquadramento geologico.....</b>	<b>14</b>
<b>5.1 Inquadramento a scala regionale.....</b>	<b>14</b>
5.1.1 Geologia della Nurra.....	16
5.1.2 Carta Litologica della Sardegna.....	18
<b>5.2 Inquadramento geologico dell'area di Studio.....</b>	<b>21</b>
<b>6. Inquadramento geomorfologico.....</b>	<b>24</b>
<b>6.1 Inquadramento generale.....</b>	<b>24</b>
<b>6.2 Inquadramento locale.....</b>	<b>25</b>
6.2.1 Settore NE.....	26
6.2.2 Settore NW.....	28
6.2.3 Settore SW.....	30
6.2.4 Area centrale (Fattoria).....	32
<b>7. Idrografia.....</b>	<b>34</b>
<b>7.1 RISCHIO IDROGEOLOGICO.....</b>	<b>38</b>
<b>8. Indagine geognostica.....</b>	<b>41</b>
8.1.1 Ubicazione delle prove eseguite.....	41
8.1.2 Caratteristiche dell'equipaggiamento penetrometrico.....	41
<b>8.2 Risultati.....</b>	<b>42</b>
<b>8.3 Aree con substrato roccioso subaffiorante o presenza di depositi grossolani.....</b>	<b>44</b>
<b>8.4 Aree con depositi sciolti o fini con spessori fino a circa 4 metri.....</b>	<b>52</b>
<b>8.5 Indagini geofisiche.....</b>	<b>54</b>
8.5.1 Ubicazione delle prove eseguite.....	54
8.5.2 Strumentazione utilizzata.....	55
8.5.3 Metodologia applicata.....	56
8.5.4 Risultati.....	61
8.5.5 Sintesi risultati indagini geofisiche.....	67
<b>9. Sismicità.....</b>	<b>68</b>
<b>9.1 Sismicità storica.....</b>	<b>68</b>
<b>9.2 CARATTERIZZAZIONE SISMOGENETICA.....</b>	<b>70</b>
<b>9.3 SISMICITA' DELL'AREA.....</b>	<b>71</b>
9.3.1 Premessa.....	71
9.3.2 Microzonizzazione sismica.....	72
9.3.3 Effetti di amplificazione topografica.....	72
9.3.4 Categoria sismica terreni.....	73

9.3.5 Pericolosità sismica – Pericolosità sismica di base .....	74
9.3.6 Pericolosità sismica di sito .....	74
<b>10. Considerazioni conclusive .....</b>	<b>78</b>
<b>10.1 Geologia .....</b>	<b>78</b>
<b>10.2 Morfologia .....</b>	<b>80</b>
<b>10.3 Caratteristiche geotecniche.....</b>	<b>82</b>
10.3.1 Aree con poca copertura .....	83
10.3.2 Aree con copertura superiore a 3 m.....	85
10.3.3 Mappa spessore terreno copertura .....	86

# 1. Premessa

Il presente documento costituisce la Relazione Geologica-geotecnica del progetto definitivo per la realizzazione di un nuovo impianto agrivoltaico denominato "Echo Tech Agricultural Solar Park" (Parco Agrivoltaico eco-tecnologico), ubicato nel Comune di Sassari (SS) e delle relative opere di connessione.

L'impianto fotovoltaico sarà esercito in parallelo alla rete di distribuzione elettrica in regime di cessione totale ed avrà potenza di picco pari a 144,21 MWp e potenza di immissione pari a circa 144,55 MVA.

L'impianto sarà realizzato nell'ambito delle disposizioni del Decreto Legislativo del 29 dicembre 2003 n.387 in attuazione della Direttiva CE 2001/77 per la promozione della produzione di energia elettrica ottenuta da fonti rinnovabili. Nel citato decreto legislativo, all'art. 12 comma 1 è dichiarato che gli impianti in oggetto "...sono di pubblica utilità ed indifferibili ed urgenti...".

L'intervento è funzionale agli obiettivi strategici della politica energetica nazionale (SEN) che consistono nel:

- rendere il sistema energetico nazionale più competitivo;
- raggiungere a superare in modo sostenibile gli obiettivi ambientali di decarbonizzazione al 2030 in linea con i traguardi stabiliti dalla COP21;
- migliorare la sicurezza di approvvigionamento e la flessibilità dei sistemi e delle infrastrutture energetiche.

In particolare, la Strategia Energetica Nazionale (SEN) stabilisce l'obiettivo di soddisfare nel 2030 il 55% del fabbisogno nazionale di energia elettrica tramite fonti rinnovabili, con un incremento rispetto alla quota raggiunta nel 2015 (pari al 33,5 %). L'intervento in progetto è anche pienamente in linea con gli indirizzi del Piano Energetico Ambientale Regionale della Sardegna. Il PEAR infatti si prefigge l'obiettivo di incrementare lo sviluppo delle fonti energetiche rinnovabili con l'intento - in relazione allo scenario obiettivo al 2030 - di ridurre del 50% le emissioni di gas climalteranti associate ai consumi energetici finali degli utenti residenti in Sardegna, rispetto ai valori registrati nel 1990.

Più in generale, si sottolinea come l'applicazione della tecnologia fotovoltaica consenta:

- la riduzione di immissione di anidride carbonica, NOx e SOx nell'atmosfera;
- il risparmio di combustibile fossile;
- produzione energetica con notevole riduzione dell'inquinamento acustico;
- un incremento occupazionale ed economico sul tessuto produttivo locale;
- un ritorno economico dell'investimento negli anni di vita dell'impianto.

Il progetto sarà del tipo grid connected e prevede la costruzione di una nuova linea elettrica interrata in media tensione (MT), che permetterà di allacciare l'impianto alla Rete Elettrica Nazionale tramite un collegamento in antenna alla futura Sottostazione Utente (SS),

localizzata a circa 9,22 km, proseguendo lungo la Strada Provinciale SP42 e successivamente lungo la SP65.

La presente relazione riporta gli esiti dello studio geologico e geotecnico - supportato da indagini geognostiche in sito - condotto da Stantec e finalizzato a fornire una caratterizzazione dei tipi litologici che verranno interessati dagli scavi e dalle opere di fondazione in Progetto.

Nello specifico l'indagine si è articolata nelle seguenti fasi:

- 1) ricerca bibliografica
- 2) campagna geognostica finalizzata alla caratterizzazione geotecnica dei terreni, tramite l'esecuzione di 16 prove penetrometriche e due sondaggi a carotaggio continuo;
- 3) definizione delle caratteristiche sismiche ( $V_{seq} 30$ ) tramite tre indagini geofisiche tipo MASW e HVSr (H/V);
- 4) elaborazione dei dati scaturiti dalle indagini di campagna e stima dei parametri geotecnici dei terreni.

## 2. Bibliografia

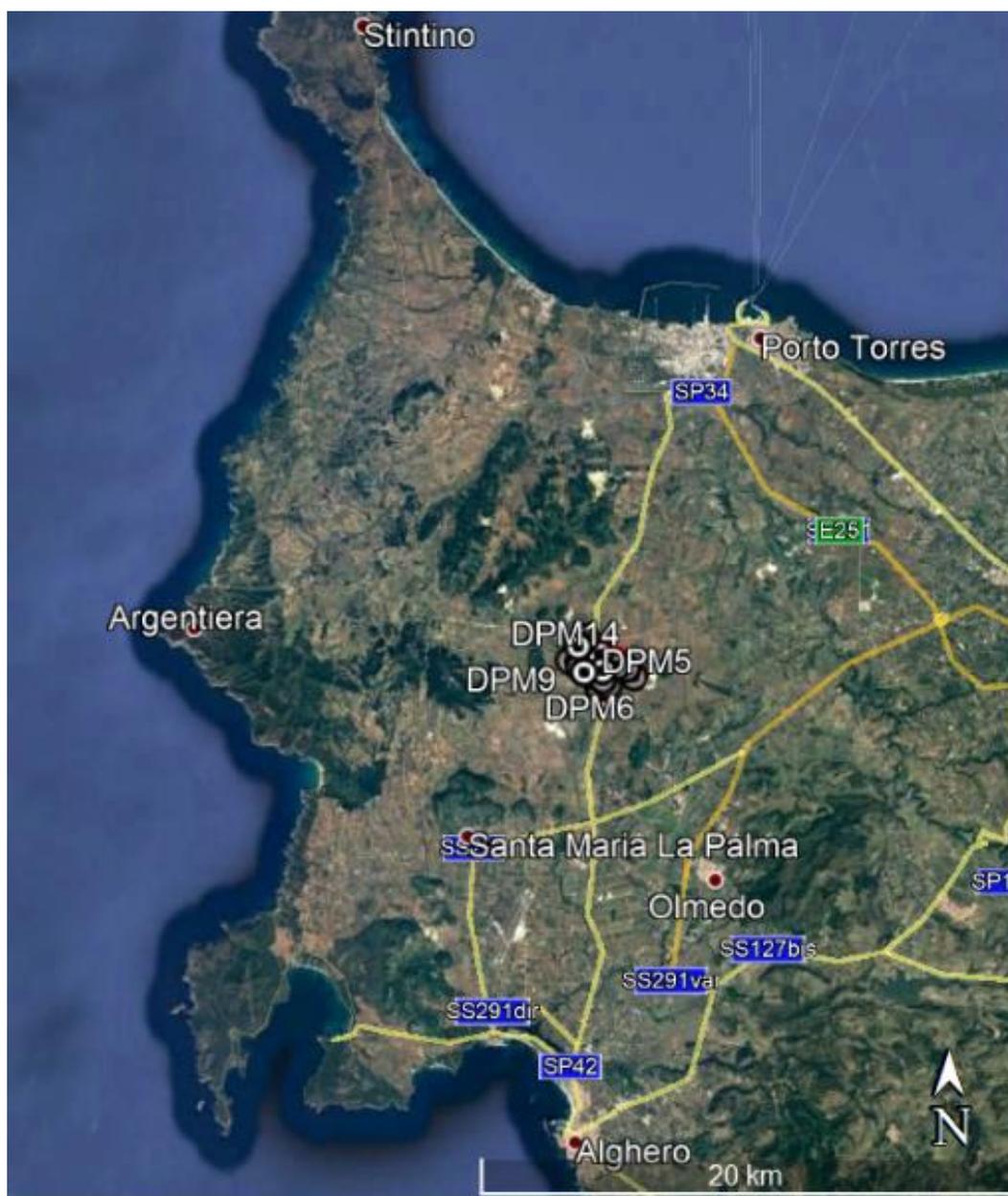
- AGENZIA REGIONALE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE DELLA SARDEGNA ARPAS  
Cartografia geotematica – Carta Litologica della Sardegna 1:25000
- STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE ADEGUAMENTO ESERCIZIO ATTIVITA' DI CAVA DI  
CALCARE IN LOCALITA' "MONTE ALVARO" IN AGRO DI SASSARI E PORTOTORRES
- Comune di Alghero: STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI  
URBANISTICI COMUNALI AL PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO ai sensi dell'art.8  
comma 2 bis delle N.A. del PAI (rev. 03.05.2018) Area di indagine: perimetro soggetto  
a Variante del Piano di Conservazione e Valorizzazione delle Bonifiche (P.C.V.B.) 02  
Aggiornamento ADIS Giugno 2018 AM STUDIO ASSETTO GEOLOGICO
- SGI SISTEMA TRASPORTO GAS NATURALE SARDEGNA - SEZIONE CENTRO NORD  
RELAZIONE GEOLOGICA

## 3. Descrizione del sito

### 3.1 Collocazione Geografica

L'area di studio si trova nella Nurra a metà strada tra Porto Torres ed Alghero.

L'impianto in progetto sarà ubicato all'incrocio tra la SP42 e la SP18, in vicinanza delle località Campanedda, Rumanedda La Corte e Saccheddu, interessando una superficie di circa 350 ettari, prevalentemente pianeggiante o a bassa pendenza.



**Figura 3-1 - Ubicazione area di studio**

L'area su cui si intende realizzare l'impianto è attualmente occupata da aree dedicate in massima parte a pascolo.

## 4. Caratteri climatici

### 4.1 Caratteristiche climatiche della Sardegna

Il clima della Sardegna ha caratteristiche riconducibili al clima mediterraneo.

Lungo le zone costiere, dove risiede la gran parte della popolazione, grazie alla presenza del mare si hanno inverni miti con le temperature che scendono raramente sotto lo zero.

Le estati sono calde e secche, con temperature estive che superano normalmente i 30 °C e raggiungono anche i 35 °C.

Nelle zone interne pianeggianti e collinari il clima è tipicamente mediterraneo, ma venendo meno l'effetto del mare, si registrano temperature invernali più basse ed estive più alte.

Nelle zone degli altipiani e delle vallate incastonate tra i rilievi, il clima acquista invece caratteri continentali con forti escursioni termiche, risultando particolarmente basse le minime invernali, con temperature che possono scendere anche al di sotto dei -10/-12 °C.

Nel clima dell'isola si possono individuare una stagione secca e una stagione piovosa, la prima va dal mese di maggio a quello di settembre, la seconda da ottobre ad aprile.

Come raffigurato nella successiva carta delle isoiete medie la Sardegna presenta una piovosità in media scarsa e irregolare, e nell'area di studio abbiamo mediamente 600 mm di precipitazioni annue

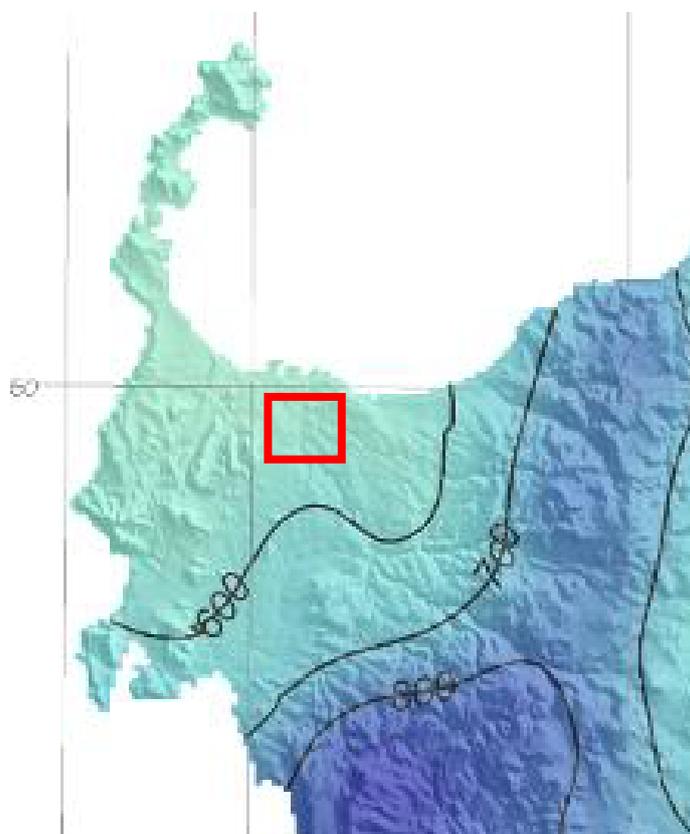
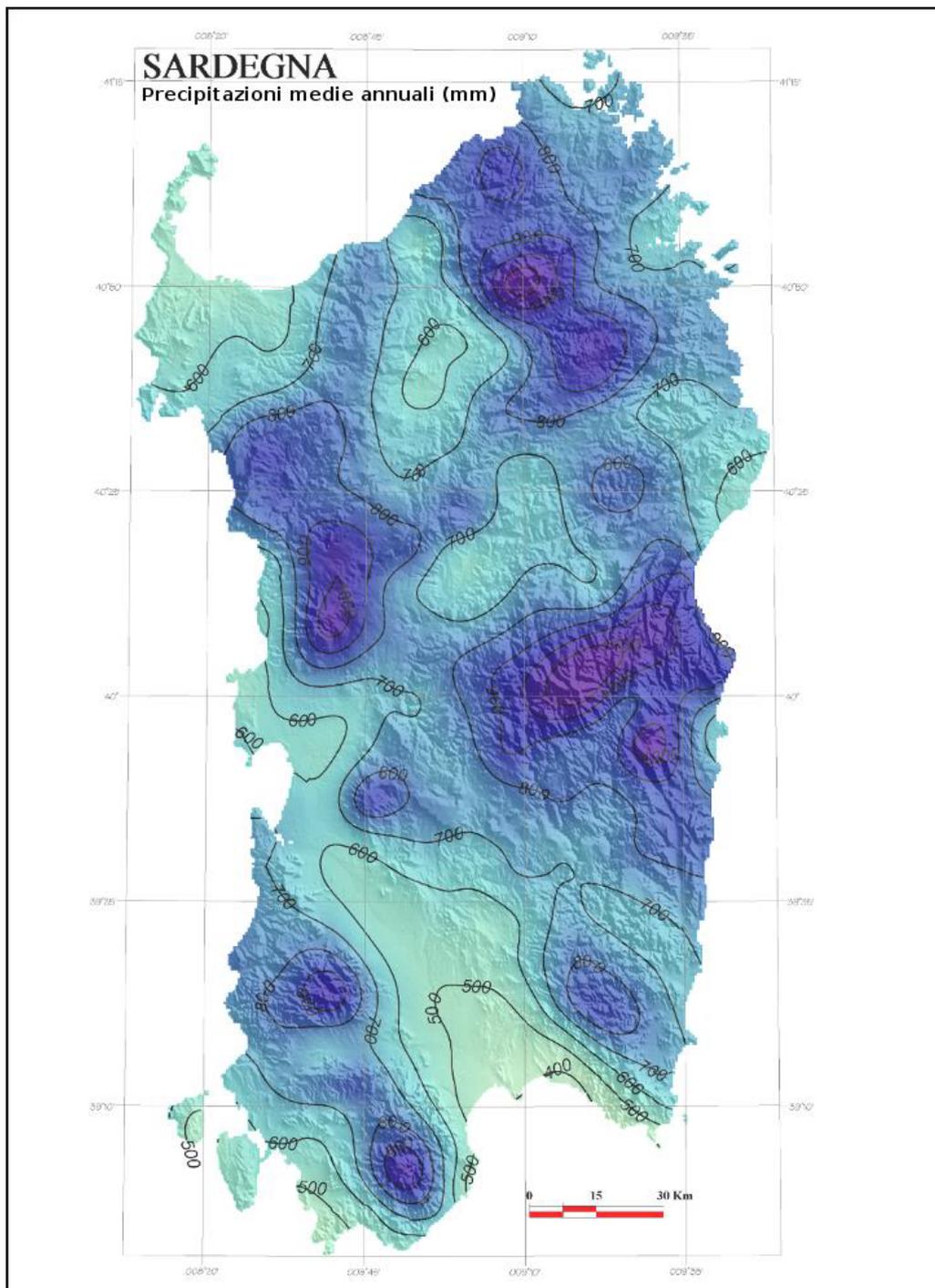


Figura 4-1 - Carta delle Isoiete Medie della Sardegna, dettaglio area interesse



**Figura 4-2 - Carta delle Isoiete Medie della Sardegna**

Per quanto riguarda i valori termici, la zona più calda è l'Ogliastra, nel settore orientale dell'isola, che presenta una temperatura media annuale di +15,3°C.

La zona più fredda e più estesa è quella del Gennargentu, dove si raggiungono le medie annuali più basse (+7,7°C sulle cime più alte).

Nella carta delle isoterme relativa all'area di studio si può osservare che le medie risultano sui 17°C

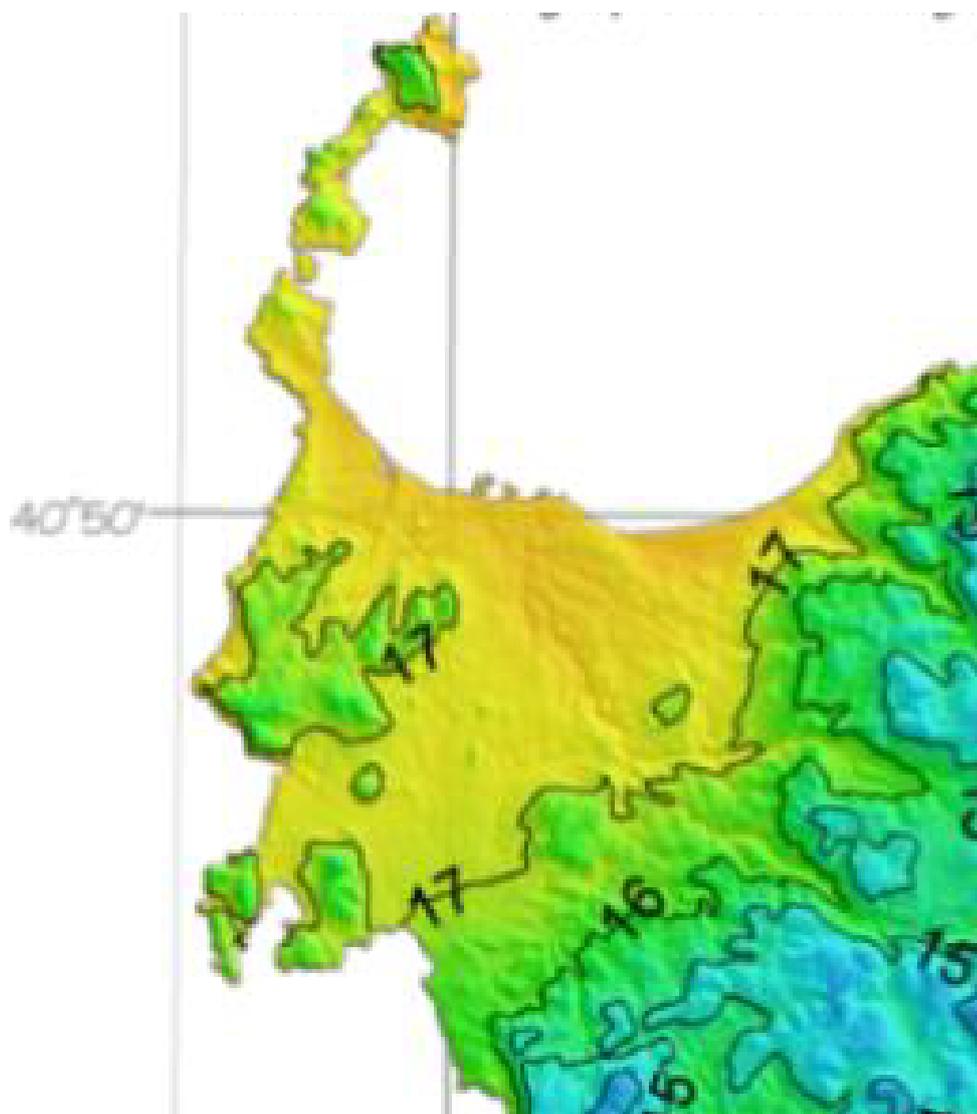


Figura 4-3 - Carta delle Isotherme Medie della Sardegna, dettaglio area interesse

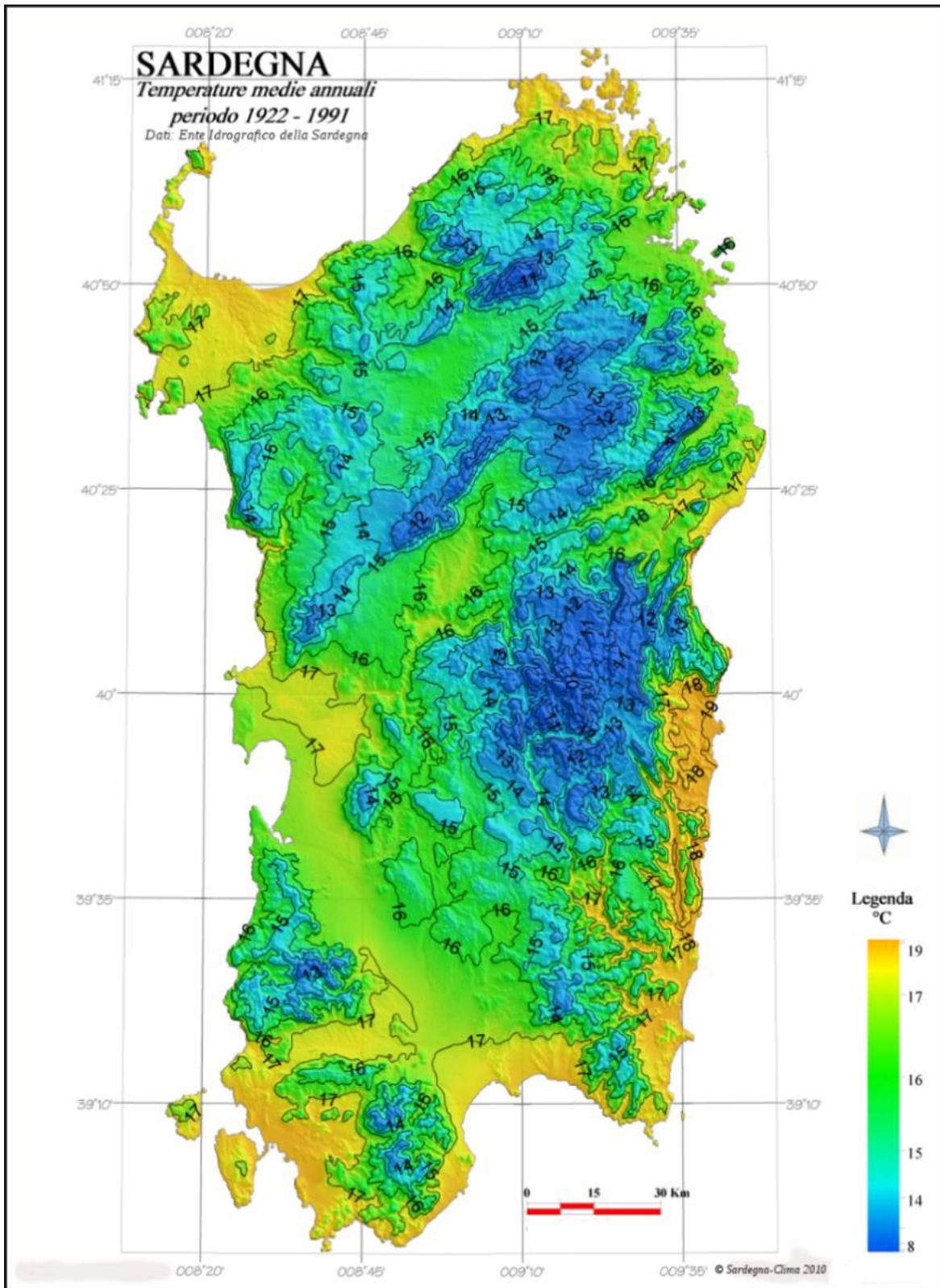


Figura 4-4 - Carta delle Isotherme Medie della Sardegna

## 4.2 Caratteri climatici locali

I caratteri climatici del territorio della Nurra sono importanti per una descrizione della qualità dell'ambiente in cui si localizza l'area di studio.

I dati climatici sono relativi ad Olmedo, che è il centro abitato più vicino all'area di studio.

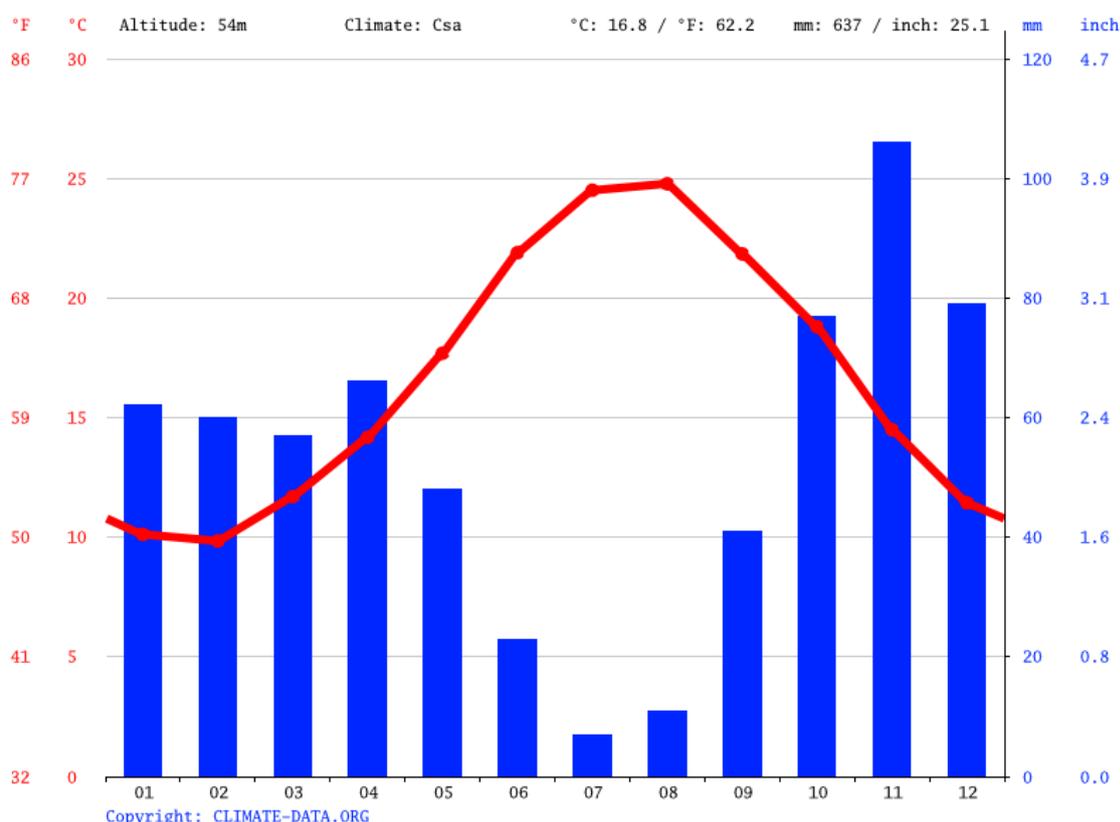
L'elemento più importante, oltre alla temperatura e le precipitazioni, è il fattore vento.

Si evidenzia come le manifestazioni dominanti risultino quelle di Maestrale, sebbene elevate frequenze d'occorrenza siano espresse anche dal Libeccio e dal Grecale.

Il Maestrale risulta fortemente dominante durante la stagione invernale, mentre durante il periodo estivo tendono a prevalere impulsi provenienti dai quadranti meridionali.

Relativamente al clima, è caldo e temperato. In estate si ha molta meno pioggia che in inverno. Secondo Köppen e Geiger la classificazione del clima è Csa.

La temperatura media annuale è 16.8 °C e 637 mm è il valore di piovosità media annuale.



**Figura 4-5 - Grafico precipitazioni medie e temperatura media mensile**

Luglio è il mese più secco con 7 mm. Novembre è il mese con maggiore piovosità, avendo una media di 106 mm. 24.8 °C è la temperatura media di Agosto, il mese più caldo dell'anno.

Con una temperatura media di 9.8 °C, Febbraio è il mese con la più bassa temperatura di tutto l'anno.

**Tabella 4-1 Tabella Climatica**

	<b>Gennaio</b>	<b>Febbraio</b>	<b>Marzo</b>	<b>Aprile</b>	<b>Maggio</b>	<b>Giugno</b>	<b>Luglio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Settembre</b>	<b>Ottobre</b>	<b>Novembre</b>	<b>Dicembre</b>
Medie Temperatura (°C)	10.1	9.8	11.7	14.2	17.7	21.9	24.5	24.8	21.8	18.8	14.5	11.4
Temperatura minima (°C)	8	7.6	9	11.2	14.4	18.3	21	21.4	19.1	16.2	12.4	9.4
Temperatura massima (°C)	12.2	12.2	14.5	17.3	20.9	25.3	28	28.2	24.8	21.6	16.8	13.5
Precipitazioni (mm)	62	60	57	66	48	23	7	11	41	77	106	79
Umidità(%)	78%	76%	76%	76%	74%	68%	65%	67%	69%	75%	77%	77%
Giorni di pioggia (g.)	8	7	6	7	5	3	1	2	4	7	9	9

## 5. Inquadramento geologico

### 5.1 Inquadramento a scala regionale

Nessun'altra regione italiana presenta una storia geologica documentata tanto lunga e una varietà petrografica così vasta come la Sardegna.

Nell'isola sono infatti rappresentate, in misura all'incirca equivalente, sia le rocce metamorfiche che quelle magmatiche e sedimentarie.

Il passato geologico della Sardegna è caratterizzato da più periodi evolutivi, ciascuno dei quali apporta sostanziali cambiamenti strutturali fino a raggiungere l'assetto attuale.

Le rocce affioranti più antiche, che hanno età compresa tra il Precambriano ed il Paleozoico superiore, mostrano un metamorfismo variabile da quello di alto fino a quello di basso grado e deformazioni che si sono prodotte fin dall'orogenesi caledoniana (490-390 milioni di anni fa), ma soprattutto durante quella ercinica (350 e 250 milioni di anni fa).

Nel tardo Paleozoico la collisione delle placche continentali di Laurasia e Gondwana produce l'orogenesi ercinica.

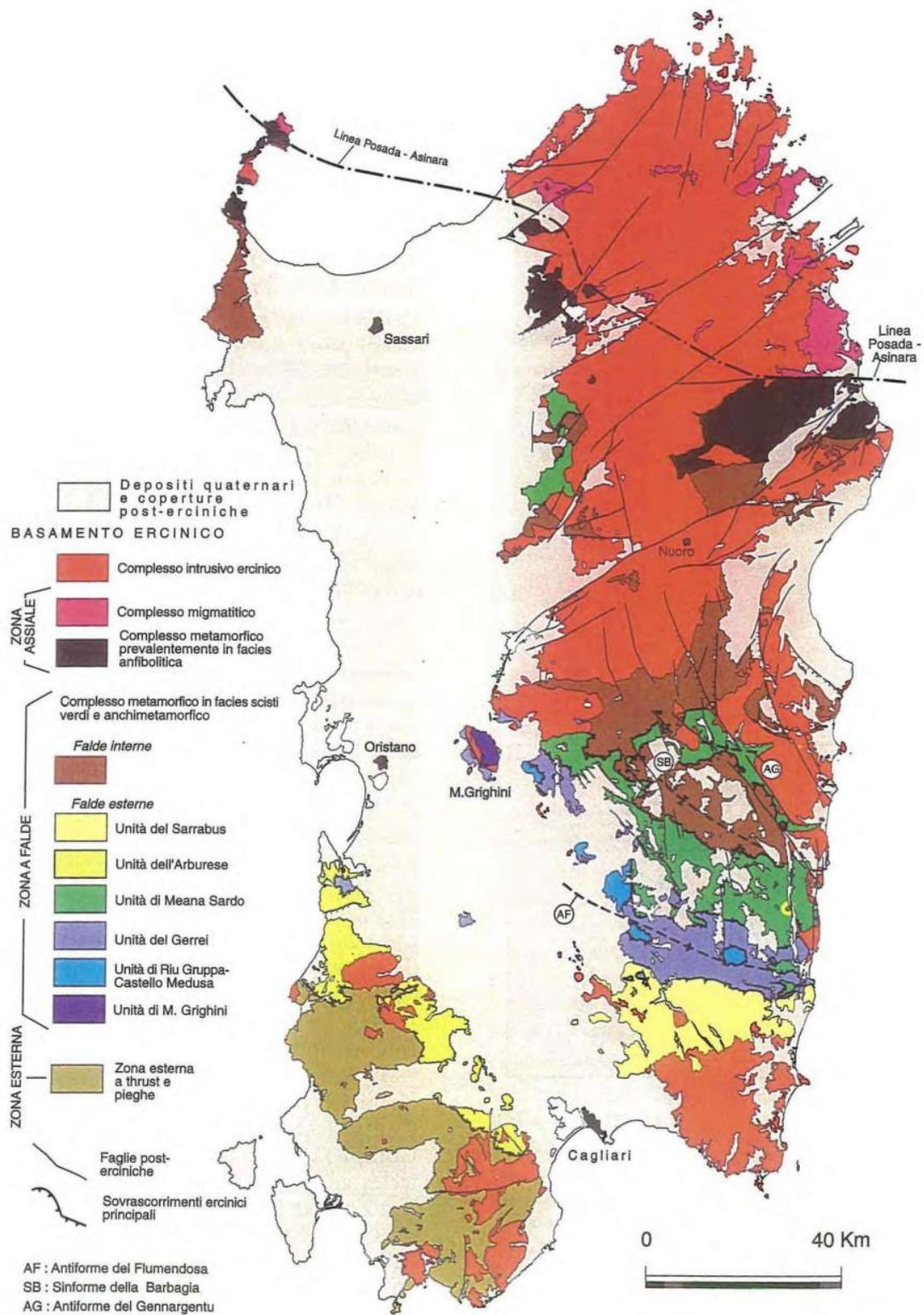
Durante questo periodo, compreso tra il Carbonifero inf. ed il Permiano, le spinte orogenetiche della fase ercinica incominciano ad interessare anche la Sardegna.

L'orogenesi ercinica causa importanti deformazioni tettoniche e produce imponenti attività magmatiche di tipo intrusivo ed effusivo, con conseguenti processi di metamorfismo termico sulle rocce di contatto.

In Sardegna gli affioramenti di rocce magmatiche sono molto estesi e costituiscono quasi un terzo della superficie dell'isola.

Le successive coperture post-erciniche sono invece rappresentate da rocce sedimentarie e vulcaniche solo debolmente deformate durante le fasi collisionali dell'ultima orogenesi alpina ed appenninica e durante le fasi di rifting che hanno portato all'apertura del Bacino Balearico e del Mar Tirreno con la cosiddetta "rotazione del blocco sardo-corso".

Il basamento sardo, come illustrato nella successiva figura, si configura come un segmento di catena ercinica in cui si distinguono: una Zona esterna nell'Iglesiente-Sulcis, una Zona a falde (interne ed esterne), dall'Arburese al Sarrabus-Gerrei e alla Sardegna centro-settentrionale, ed una Zona assiale coincidente con la Sardegna settentrionale.



**Figura 5-1 - Principali Elementi Strutturali del Basamento Sardo Ercinico (Zona Esterna, Zona a Falde Esterne e Interne, Zona Assiale)**

### 5.1.1 Geologia della Nurra

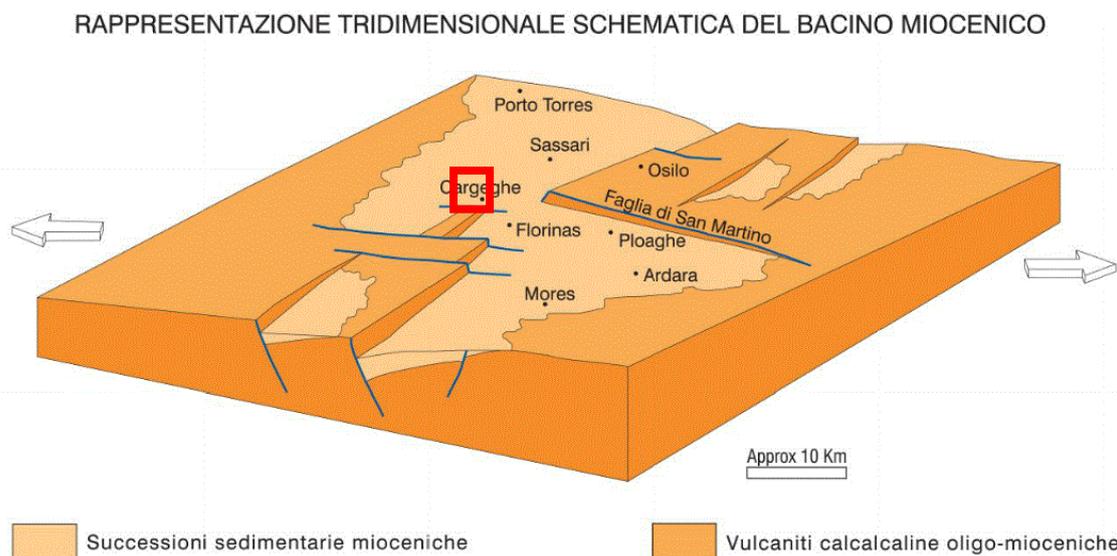
La struttura geologica generale della Nurra, è rappresentata prevalentemente da rocce ascrivibili a litotipi mesozoici e da vulcaniti del ciclo calcacalino oligo-miocenico.

Diffusamente affiorano litologie sedimentarie mesozoiche che ricoprono il basamento metamorfico paleozoico e portano testimonianza di alternanze di facies deposizionali molto eterogenee tra loro, sia di ambiente francamente marino che di ambiente transizionale e che hanno portato alla formazione di serie continentali, marine, lagunari ed evaporitiche.

Tra l'Oligocene superiore ed il Tortoniano - Messiniano la Sardegna settentrionale è stata sede di una diffusa attività vulcano-sedimentaria e di una "vivacità" tettonica che si è manifestata in diversi bacini, in parte coalescenti, ma che si differenziano per essere legati a due differenti orientazioni strutturali e con due differenti, e successive, evoluzioni tettonico-sedimentarie (Beccaluva et al, 1976).

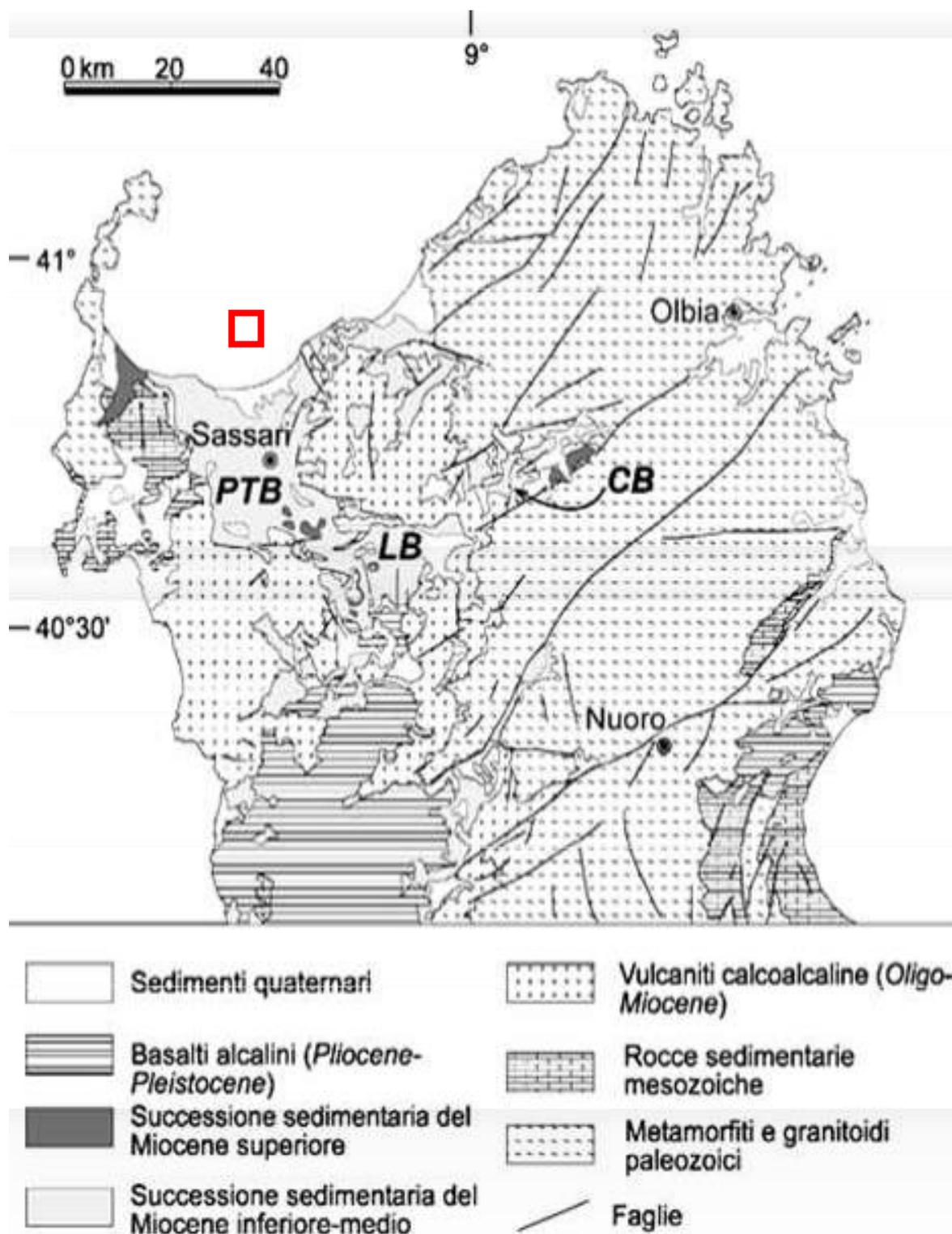
Questi bacini costituiscono quello che viene tradizionalmente definito come Fossa Sarda ("Rift Sardo") e interpretato come un lineamento tettonico orientato N-S che attraversa tutta l'isola, legato ad una estensione crostale, orientata E-O, avvenuta durante la rotazione del Blocco Sardo-Corso.

Le successioni stratigrafiche appartenenti ai bacini suddetti sono definite rispettivamente come sin-rift per la successione oligo-aquitaniense e post-rift per quella burdigaliano-tortoniana.



**Figura 5-2 - Rappresentazione Schematica del Bacino Miocenico di Porto Torres e Sassari.  
Quadrato rosso area di studio**

Come illustrato nella successiva Figura, i bacini miocenici, occupano principalmente la parte più centro-occidentale della parte settentrionale dell'isola, dove trasgrediscono sul basamento ercinico caratterizzato prevalentemente da granitoidi intrusi in metamorfiti di medio e basso grado.



**Figura 5-3 - Bacini Miocenici di Chilivani – Berchidda – Anglona – Ottana (CB), Logudoro (LB), Porto Torres (PTB) . Quadrato rosso area di studio**

Sono impostati lungo faglie trascorrenti sinistre, hanno una caratteristica forma allungata parallela alle faglie principali ed una successione sedimentaria con sedimenti di ambiente prevalentemente continentale, in genere depositi lacustri, con intercalati prodotti vulcanici, alternati a depositi alluvionali e con associati depositi sintettonici in prossimità delle faglie.

## 5.1.2 Carta Litologica della Sardegna

Per l'analisi dell'area è stata utilizzata la carta Litologica della Sardegna 1:25.000.

Questa carta è il frutto di accorpamenti delle formazioni presenti nella cartografia ufficiale e da aggiornamenti successivi derivati dal CARG e dalla Carta Graniti Nord Sardegna.

Si è operato suddividendo le rocce della Sardegna in tre grandi classi:

**Livello cartografico 0:** semplice suddivisione nelle 3 categorie di rocce: rocce magmatiche  
rocce metamorfiche  
rocce sedimentarie

**Livello Cartografico 1:** le grandi classi sono state distinte otto sottoclassi

- A1 rocce magmatiche intrusive
- A2 rocce magmatiche effusive
- A3 corpi filoniani e ammassi sub vulcanici
- B1 rocce ortometamorfiche
- B2 rocce parametamorfiche
- C1 rocce sedimentarie terrigene
- C2 rocce sedimentarie carbonatiche
- C3 rocce vulcano sedimentarie

**Livello cartografico 2:** all'interno di ciascuna sottoclasse, sono state distinte famiglie di rocce raggruppate per affinità

- A1.1 Leucograniti, Leucomicrograniti, Graniti s.l., Leucosienograniti, Microsienograniti, Sienograniti
- A1.2 Monzograniti, Leucomonzograniti, "Granodioriti monzogranitiche" Auct.
- A1.3 Granodioriti, Granodioriti tonalitiche, Microgranodioriti, Granodioriti monzogranitiche
- A1.6 Sieniti, Episieniti, Sieniti monzonitiche
- A1.4 Tonaliti, Tonaliti granodioritiche, Tonaliti quarzodioritiche, Quarzodioriti
- A1.5 Gabbri, Quarzogabbri, Gabbrodioriti, Dioriti, Noriti, masse basiche gabbroidi
- A2.1 Rioliti e Riodaciti
- A2.2 Daciti
- A2.7 Trachiti, Latiti
- A2.4 Andesiti e Andesiti basaltiche
- A2.3 Basalti alcalini, Trachibasalti, Hawaiiiti, Mugeariti, Fonoliti, Tefriti
- A2.5 Basalti, Basalti andesitici
- A2.6 Rocce ultrabasiche, Basaniti
- A3.1 Filoni e ammassi acidi (quarzo, riolitici, riodacitici, pegmatitici, aplitici, aplopegmatitici, dacitici)
- A3.2 Filoni e ammassi basici (basaltici) e intermedio-basici (andesitici, andesitico-basaltici, dioritici, sienitici, quarzoandesitici)
- B1.1 Metarioliti, Metariodaciti, "Porfiroidi" Auct., Metavulcaniti acide
- B1.4 Metagabbri, Metadoleriti, Metavulcaniti basiche, Metaepiclastiti
- B1.2 Migmatiti acide, Diatessiti, Ortogneiss granodioritici, Ortogneiss leucogranitici, Aplopegmatiti e Pegmatiti foliate
- B1.3 Migmatiti basiche, Eclogiti, Anfiboliti, Metatessiti
- B2.1 Rocce parametamorfiche terrigene: Filladi, Micascisti, Gneiss, Miloniti, Filoniti, Fels, Quarziti, Metaconglomerati, Metarenarie, Metargilliti, Liditi, Diaspri

- B2.2 Rocce parametamorfiche carbonatiche: Marmi, Marmi dolomitici, Marmi azoici, Contattiti, Metacalcari, Metadolomie, "Calcari grigi" Auct., "Dolomia rigata" Auct., "Dolomia gialla" Auct., Calcari silicizzati
- C1.1 Depositi terrigeni antropici (saline, vasche di salificazione, aree di rispetto lagunare, discariche minerarie, d. industriali, d. per inerti, d. per rifiuti solidi urbani, materiali di riporto e aree bonificate)
- C1.2 Depositi terrigeni continentali di conoide e piana alluvionale (ghiaie, sabbie, limi, argille), (conglomerati, arenarie, siltiti, peliti)
- C1.3 Depositi terrigeni continentali legati a gravità (detriti di versante, frane, coltri eluvio-colluviali, "debris avalanches", brecce)
- C1.4 Depositi terrigeni palustri, lacustri, lagunari (limi, argille limose, fanghi torbosi con materia organica anche con intercalazioni di sabbie, selci)
- C1.5 Depositi terrigeni litorali (ghiaie, sabbie, arenarie, conglomerati)
- C1.6 Depositi terrigeni marini (siltiti, argilliti, peliti)
- C1.7 Depositi terrigeni eolici (sabbie, arenarie)
- C1.8 Depositi terrigeni fluvio-deltizi (sabbie, microconglomerati, arenarie carbonatiche, siltiti argillose)
- C1.9 Depositi terrigeni residuali (bauxiti, paleosuoli)
- C2.1 Depositi carbonatici lacustri e lagunari (calcari, dolomie, calcari silicizzati) travertini
- C2.2 Depositi carbonatici marini (marne, calcari, calcari dolomitici, calcari oolitici, calcari bioclastici, calcareniti)
- C3.1 Depositi vulcano-sedimentari di ambienti fluvio-lacustri e lagunari (epiclastiti, tufiti, tufi, cineriti, vulcaniti, sedimenti clastici(sabbioso-siltoso-arenacei) e indistinti
- D1.1 Zone industriali; zone militari, aree urbanizzate; aree portuali (moli, banchine) e aeroportuali (piste e infrastrutture), dighe, etc.

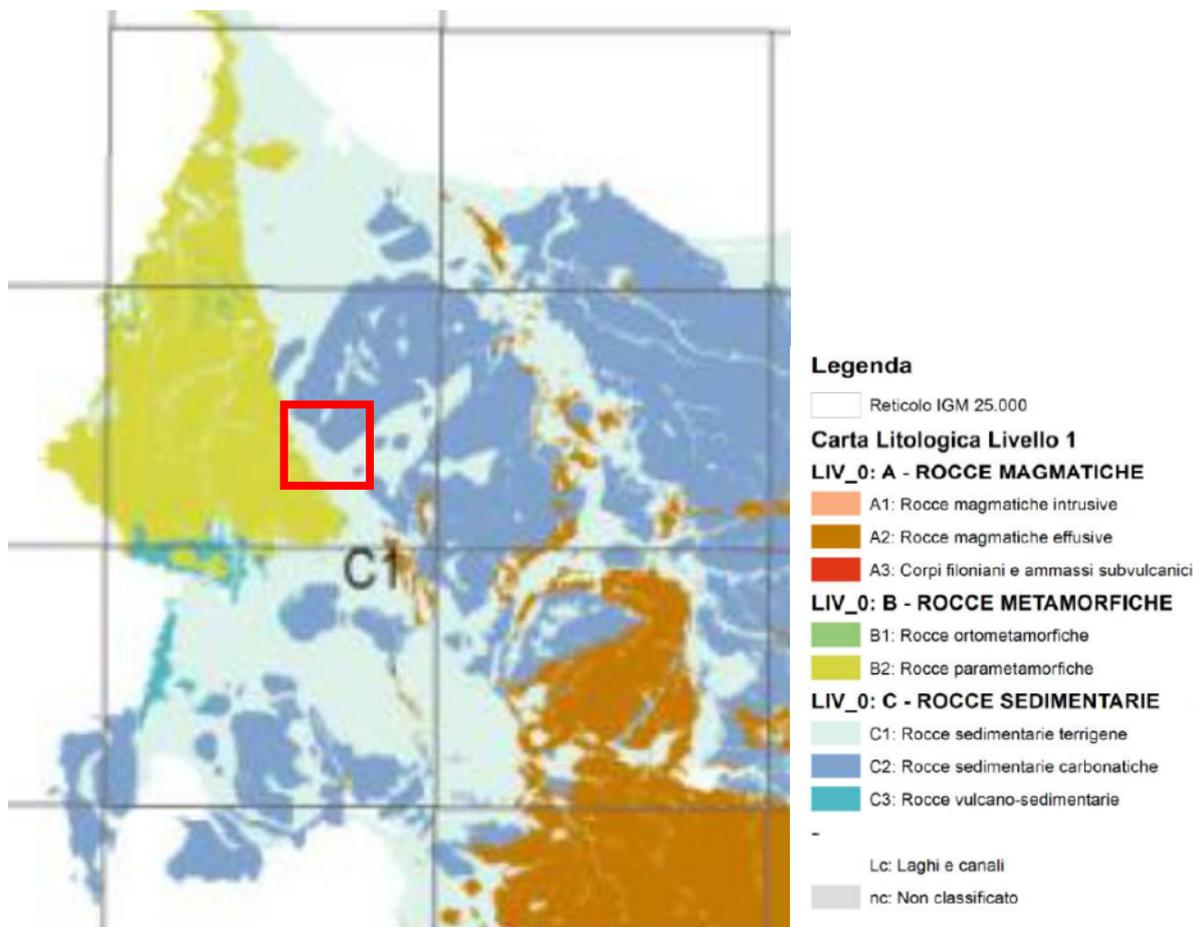


Figura 5-4 - Carta Litologica della Sardegna – Livello 1



**Legenda**

**Litologia\_DUE\_v02\_2019**

**A1 - Rocce magmatiche intrusive**

- A1.1: Leucograniti, Leucomicrograniti, Graniti s.l., Leucosienograniti, Microsienograniti, Sienograniti
- A1.2: Monzograniti, Leucomonzograniti, "Granodioriti monzogrenitiche" Auct.
- A1.3: Granodioriti, Granodioriti tonalitiche, Microgranodioriti, Granodioriti monzogrenitiche
- A1.4: Tonaliti, Tonaliti granodioritiche, Tonaliti quarzodioritiche
- A1.5: Gabbri, Quarzogabbri, Gabbrodioriti, Dioriti, Noriti, masse basiche gabbroidi
- A1.6: Sieniti, Episeniti, Sieniti monzonitiche

**A2 - Rocce magmatiche effusive**

- A2.1: Rioliti e Riodaciti
- A2.2: Daciti
- A2.3: Basalti alcalini, Trachibasalti, Hawaiiiti, Mugeariti, Fonoliti, Fonoliti tefritiche
- A2.4: Andesiti e Andesiti basaltiche
- A2.5: Basalti, Basalti andesitici
- A2.6: Rocce ultrabasiche, Basaniti
- A2.7: Trachiti, Latiti

**A3 - Corpi filoniani e ammassi subvulcanici**

- A3.1: Filoni e ammassi acidi (quarzo, riolitici, riodacitici, pegmatitici, apititici, aplopegmatitici, dacitici)
- A3.2: Filoni e ammassi basici (basaltici) e intermedio-basici (andesitici, andesitico-basaltici, dioritici, sienitici, quarzoandesitici)

**B1 - Rocce ortometamorfiche**

- B1.1: Metanoliti, Metariodaciti, "Porfiroidi" Auct., Metavulcaniti acide
- B1.2: Migmatiti acide, Diatesiti, Ortogneiss granodioritici, Ortogneiss leucogranitici, Aplopegmatiti e Pegmatiti foliate
- B1.3: Migmatiti basiche, Eclogiti, Anfiboliti, Metatesiti
- B1.4: Metagabbri, Metadolenti, Metavulcaniti basiche, Metaepiclastiti

**B2 - Rocce parametamorfiche**

- B2.1: Rocce parametamorfiche terrigene: Filladi, Micascisti, Oneissi, Miloniti, Filoniti, Fels, Quarziti, Metaconglomerati, Metarenarie, Metargilliti, Liditi, Diaspri
- B2.2: Rocce parametamorfiche carbonatiche: Marmi, Marmi dolomitici, Marmi azoici, Contattiti, Metacalcari, Metadolomie, "Calcani grigi" Auct., "Dolomia rigata" Auct., "Dolomia gialla" Auct., Calcani silicizzati

**C1 - Rocce sedimentarie terrigene**

- C1.1: Depositi terrigene antropici (saline, vasche di salificazione, aree di rispetto lagunare, discariche: minerarie, industriali, per inerti, per rifiuti solidi urbani; materiali di riporto e aree bonificate)
- C1.2: Depositi terrigene continentali di conoide e plana alluvionale (ghiaie, sabbie, limi, argille), (conglomerati, arenarie, siltiti, peliti)
- C1.3: Depositi terrigene continentali legati a gravita (detriti di versante, frane, coltri eluvio-colluviali, "debris avalanches", breccie)
- C1.4: Depositi terrigene palustri, lacustri, lagunari (limi, argille limose, fanghi torbosi con materia organica anche con intercalazioni di sabbie, selci)
- C1.5: Depositi terrigene litorali (ghiaie, sabbie, arenarie, conglomerati)
- C1.6: Depositi terrigene marini (siltiti, argilliti, peliti)
- C1.7: Depositi terrigene eolici (sabbie, arenarie)
- C1.8: Depositi terrigene fluvio-deltizi (sabbie, microconglomerati, arenarie carbonatiche, siltiti argillose)
- C1.9: Depositi terrigene residuali (Bauxiti, paleosuoli)

**C2 - Rocce sedimentarie carbonatiche**

- C2.1: Rocce carbonatiche lacustri e lagunari (Calcani, Dolomie, Calcani silicizzati, Travertini)
- C2.2: Depositi carbonatici marini (Marmi, Calcani, Calcani dolomitici, Calcani oolitici, Calcani bioclastici, Calcareniti)

**C3 - Rocce vulcano-sedimentarie**

- C3.1: Depositi vulcano-sedimentari di ambienti fluvio-lacustri e lagunari (Epiclastiti, Tuffiti, Tufi, Cineriti, Vulcaniti, sedimenti clastici (sabbioso-siltoso-arenacei) e indistinti)

**D1 - Manufatto antropico**

- D1.1: Zone industriali, zone militari, aree urbanizzate, aree portuali (moli, banchine) e aeroportuali (piste e infrastrutture), dighe, etc.

**Acque**

- Lg: Laghi
- Cn: Canali

**Figura 5-5 - Carta Litologica della Sardegna – Livello 2**

## 5.2 Inquadramento geologico dell'area di Studio

Per l'inquadramento di dettaglio è stata utilizzata la carta litologica della Sardegna in scala 1:25.000.

Gli affioramenti del substrato roccioso, presenti con continuità, sono osservabili solo in coincidenza del rilevato della fattoria (in prossimità del DPM6) ed in corrispondenza delle scarpate in prossimità di DPM10 (per riferimento si veda la figura 5-6 di seguito). Per il resto dell'area il substrato roccioso, pur non essendo visibile, risulta comunque subaffiorante.

In base ai dati disponibili, al di sotto di un livello di suolo poco evoluto, sono presenti i prodotti dell'alterazione dell'ammasso roccioso in cui sono immersi blocchi anche metrici, relitti della disgregazione della roccia madre, abbondantemente visibili anche in superficie.

Osservando le velocità sismiche, il substrato roccioso è comunque superficiale in praticamente tutta l'area.

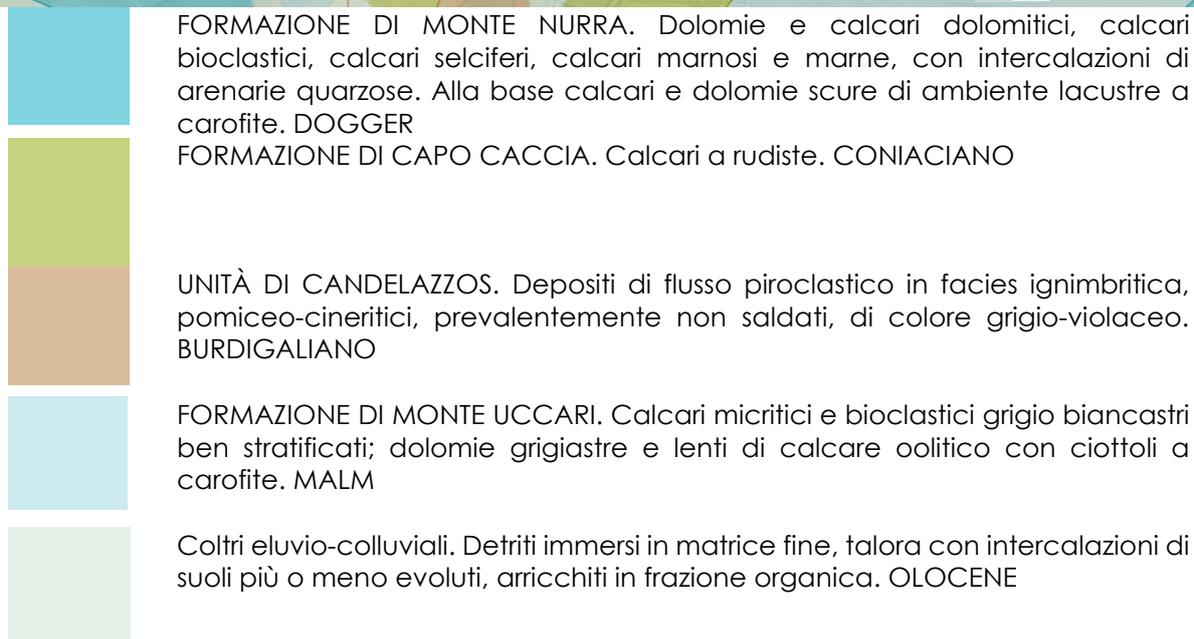
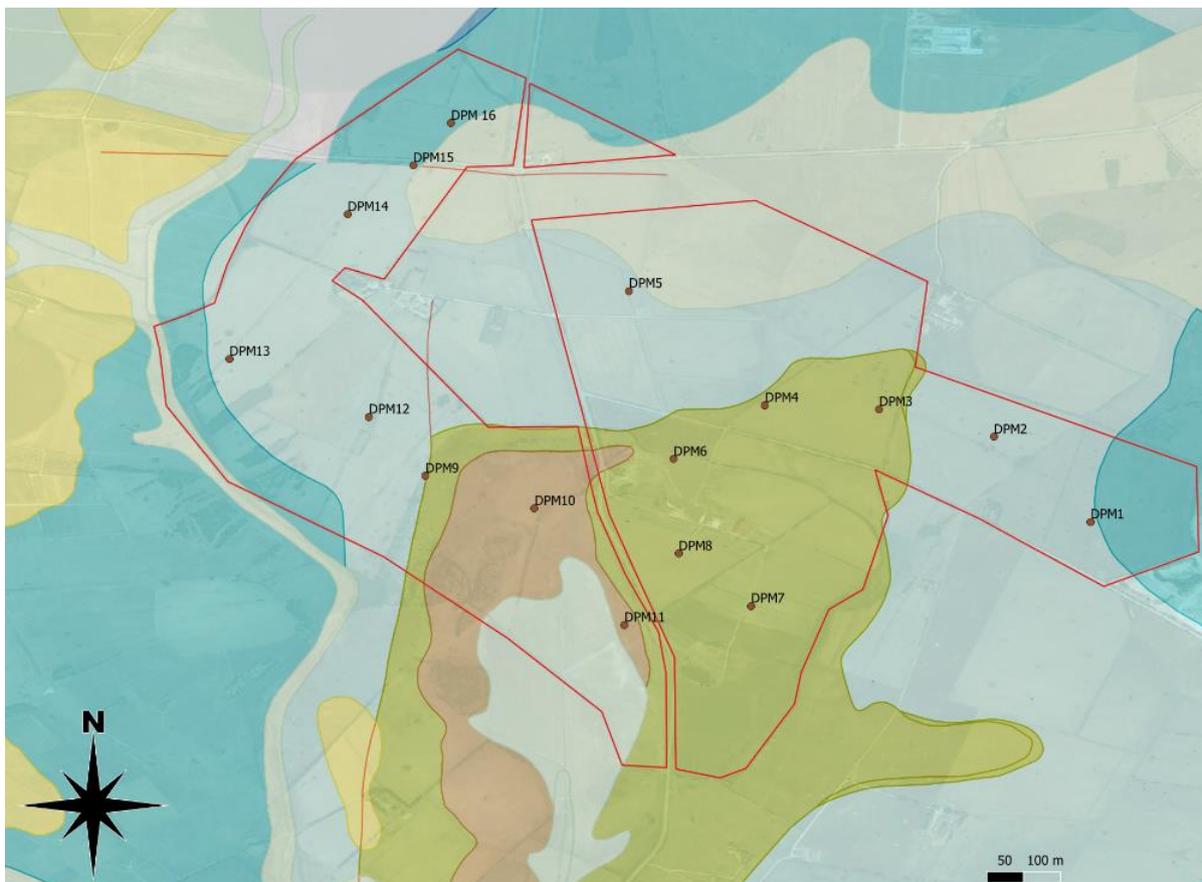
Come riportato nell'estratto di mappa proposto di seguito, le principali formazioni presenti sono riferibili a dolomie e calcari, con l'eccezione di un livello, presente prevalentemente lungo una scarpata iterna, composto da depositi piroclastici.



Affioramento substrato in prossimità della fattoria



Blocchi superficiali accumulati a lato dei campi



**Figura 5-6 - Estratto Carta Litologica Sardegna. Linea Rossa confine area**

La carta geologica in scala 1:100.000, mostra un assetto mediamente sovrapponibile, come riportato nell'estratto proposto di seguito.

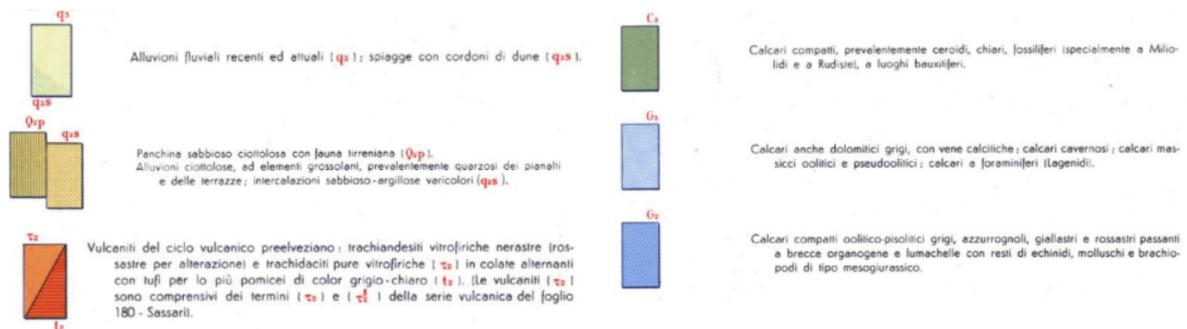
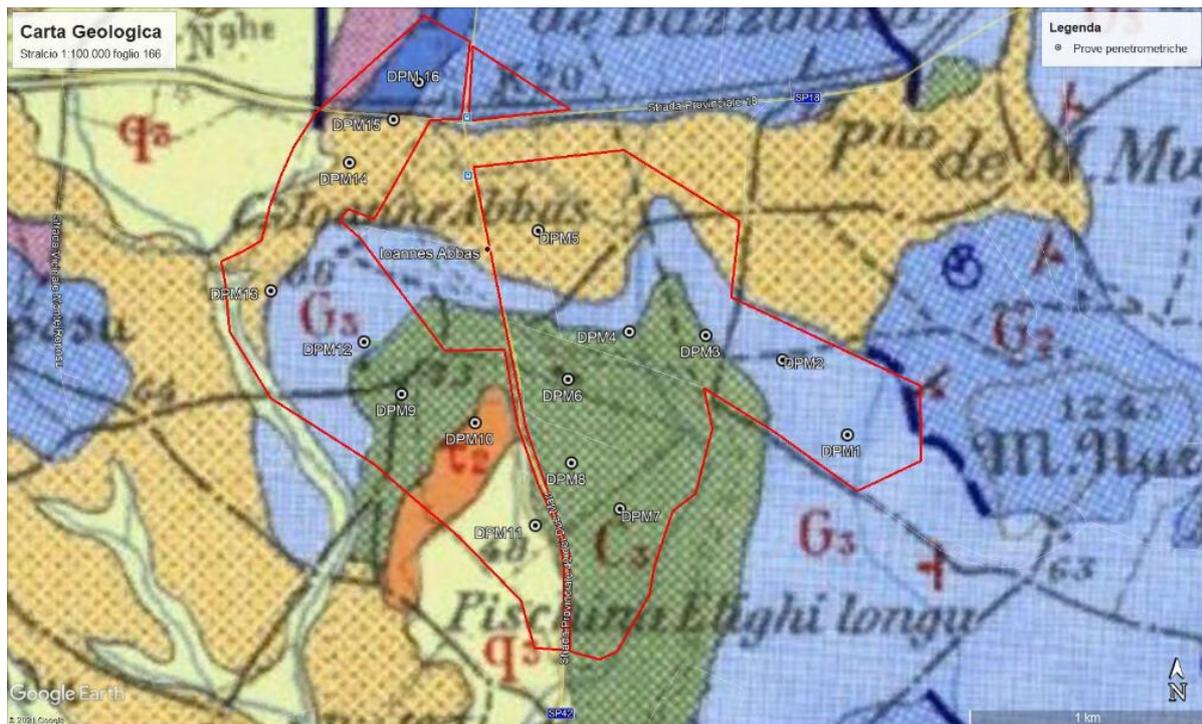


Figura 5-7 - Estratto Carta Geologica 1:100.000. Linea Rossa confine area

## 6. Inquadramento geomorfologico

### 6.1 Inquadramento generale

La Sardegna mostra il paesaggio tipico del clima mediterraneo, conservando ancora oggi forme relitte, testimoni di un clima che, nel corso degli ultimi milioni di anni, è mutato considerevolmente, passando da periodi periglaciali a momenti di ambiente tropicale.

Le montagne della Sardegna non raggiungono quote mai particolarmente elevate, restando comunque sempre inferiori ai 2000 metri; tuttavia essendo gran parte del territorio occupato da rilievi, l'isola risulta comunque prevalentemente montuosa.

Una grande parte del territorio dell'isola presenta però rilievi che non superano i 1000 metri e che formano un caratteristico paesaggio di altipiani.

Quelli più antichi sono gli altipiani granitici del Nuorese e di Alà-Buddusò che sono quel che resta di una superficie di spianamento paleozoica.

Anche gli altipiani costituiti da rocce calcaree determinano nel paesaggio circostante caratteristiche particolari. I rilievi che meglio assumono nel paesaggio l'aspetto più tipico dell'altopiano sono quelli originati dai fenomeni effusivi dei cicli vulcanici, che si sono susseguiti nelle ere più recenti nell'isola.

La parte pianeggiante del territorio sardo è soprattutto rappresentata dal Campidano, che è la più vasta pianura della Sardegna, situata nella porzione sud-occidentale.

Si tratta di un graben, ovvero una fossa tettonica determinata da un sistema di faglie distensive che hanno determinato lo sprofondamento di una parte di crosta terrestre.

La grande varietà litologica dei terreni sardi condiziona le forme del paesaggio costiero e mostra chiaramente quanto gli stili strutturali influiscano su di esso.

In generale la gran parte delle coste sarde è comunque di natura rocciosa e degrada rapidamente verso il mare; sono poche le località con litorali sabbiosi e si trovano solo in corrispondenza o della foce dei maggiori corsi d'acqua.

Riguardo la franosità, la Sardegna è un territorio nel quale i problemi di instabilità, sui versanti non sono gravi come in altre regioni italiane ed anche le frane sono in minor numero.

Questo è collegato alle caratteristiche litologiche e strutturali della regione. Infatti sono poco diffusi i litotipi di natura argillosa, o comunque detritici incoerenti, come pure le formazioni tipo flysch che altrove sono spesso all'origine di fenomeni gravitativi anche imponenti.

Riguardo all'aspetto strutturale, si nota che le formazioni geologiche presenti hanno in genere giaciture poco acclivi, in quanto generatesi in un territorio, che dopo la loro deposizione, è stato solo marginalmente interessato dalla orogenesi alpina.

Per quel che attiene ai terreni più antichi interessati dall'orogenesi ercinica, se qualcuno di essi mantiene un'attitudine al movimento, l'energia di rilievo risulta comunque minima a causa delle lunghe vicende di spianamento post-paleozoiche.

Nonostante questa premessa comunque i fenomeni franosi di vario tipo esistono localmente in quasi tutta la Sardegna. In base alla banca dati delle frane della Sardegna, sono censite 1523 sul territorio, su di una superficie di oltre 187 kmq pari a poco più dello 0,78% del territorio isolano.

## **6.2 Inquadramento locale**

Il sito, come gran parte dell'area circostante non è soggetto a fenomeni morfici attivi di una qualche importanza o pericolosità come, d'altronde, non è sede di una rete idrografica particolarmente sviluppata che possa essere fonte di rischio per la tipologia di opera in progetto.

Le forme presenti sono prevalentemente pianeggianti nella porzione nord, e probabilmente concordi con l'andamento del substrato roccioso, mentre presentano due modesti rilievi con versanti mediamente dolci al centro ed un'area pianeggiante, legata però a fenomeni lacustri a sud.

Al fine di inquadrare correttamente le diverse aree vengono descritti di seguito i caratteri salienti di ogni settore:

## 6.2.1 Settore NE



**Figura 6-1 -Area riprodotta nelle panoramiche successive. Stella rossa punto di acquisizione panoramiche**

L'area compresa tra DPM1 e DPM5 si presenta pianeggiante, con variazioni di quota comprese tra 60 m slm e 65 m slm.

Al margine est si trova il rilievo della cava, mentre a sud abbiamo il rilievo della fattoira.

Su tutta questa area abbiamo presenza in superficie di abbondanti ciottoli e massi relitti della disgregazione del substrato. Le prove non hanno potuto approfondirsi oltre 1,4 m a causa della presenza di ciottoli blocchi e massi.

Sono stati notati fenomeni di impaludamento in prossimità di DPM4, a causa di un canale di drenaggio delle acque piovane che confluisce in una area leggermente depressa. In questo

caso osserviamo un livello di circa 30 cm di materiali fini, non presente normalmente nell'area in oggetto. Non si segnalano altri elementi indicatori di possibili problematiche.



Zona NE vista verso N rispetto punto ripresa



Zona NE vista verso S rispetto punto ripresa



Figura 6-2 -Area che tende ad impaludarsi durante le piogge

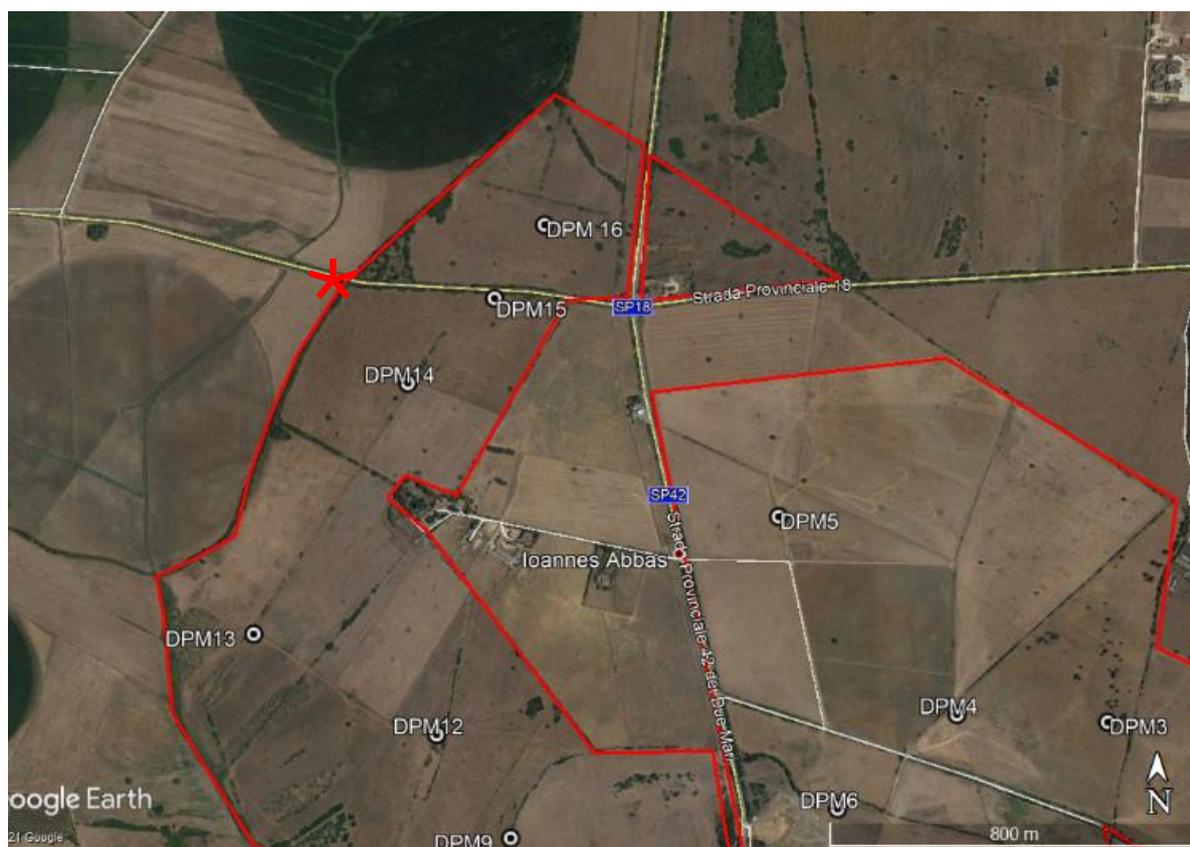
## 6.2.2 Settore NW

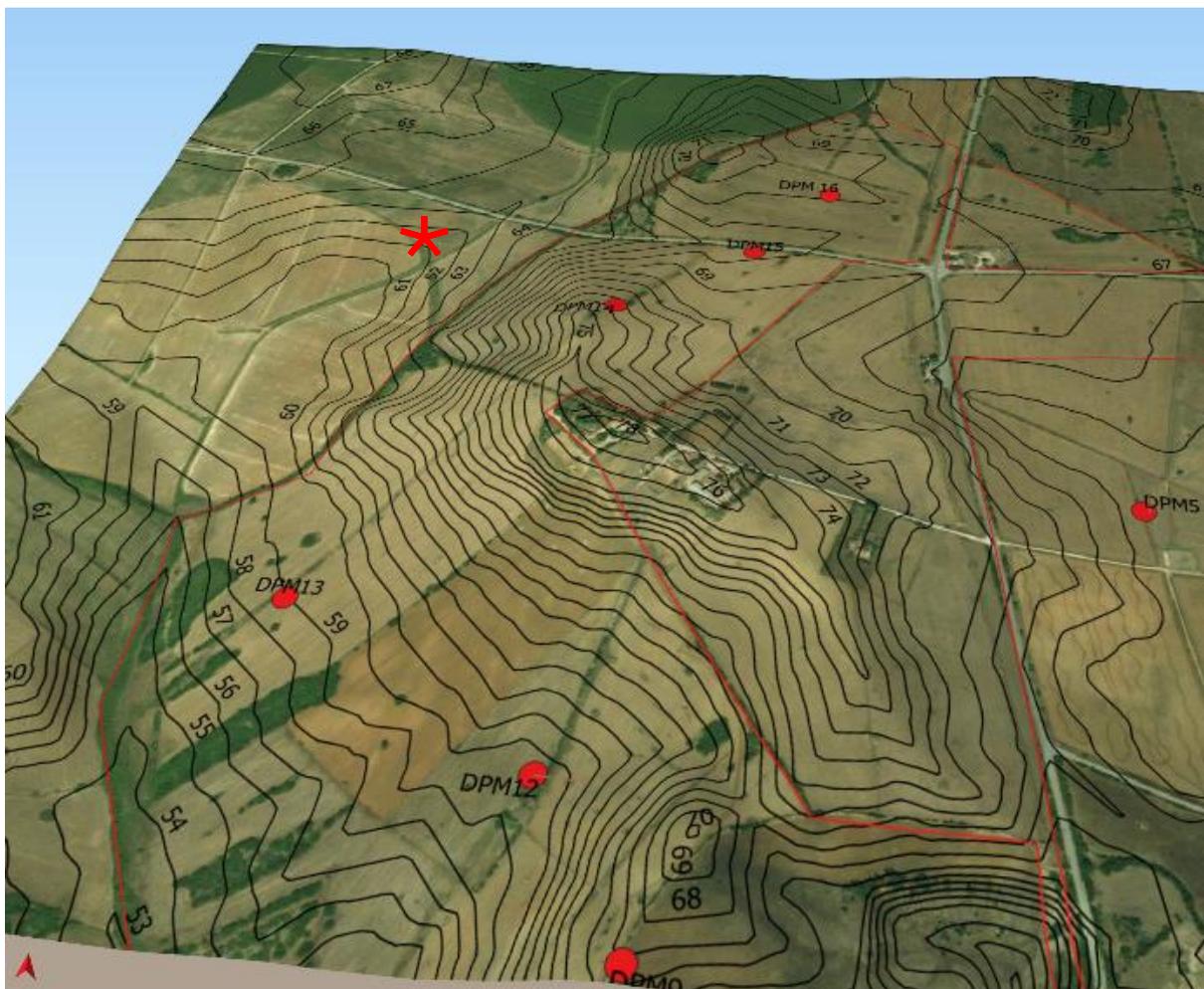
La fascia tra DPM12 e DPM16 ha al centro la culminazione su cui è ubicata una seconda fattoria (esterna all'area di futura realizzazione dell'impianto FV). I versanti sono molto dolci e in superficie sono presenti sempre abbondanti ciottoli e massi.

I dislivelli sono nell'ordine dei 20 m, con quota minima di 54 mslm e massima (ma esterna all'area di studio) di 77 mslm.

Anche quest'area è caratterizzata dall'abbondante presenza di ciottoli e massi in superficie, specialmente in coincidenza delle aree di cresta. Il substrato roccioso rimane subaffiorante.

Non si notano fenomeni di dissesto o problematiche relative a stabilità di versanti.





**Figura 6-3 -Area riprodotta nelle panoramiche successive. Stella rossa punto di acquisizione panoramiche**



Zona NW vista verso N rispetto punto ripresa



Zona NW vista verso S rispetto punto ripresa

### 6.2.3 Settore SW

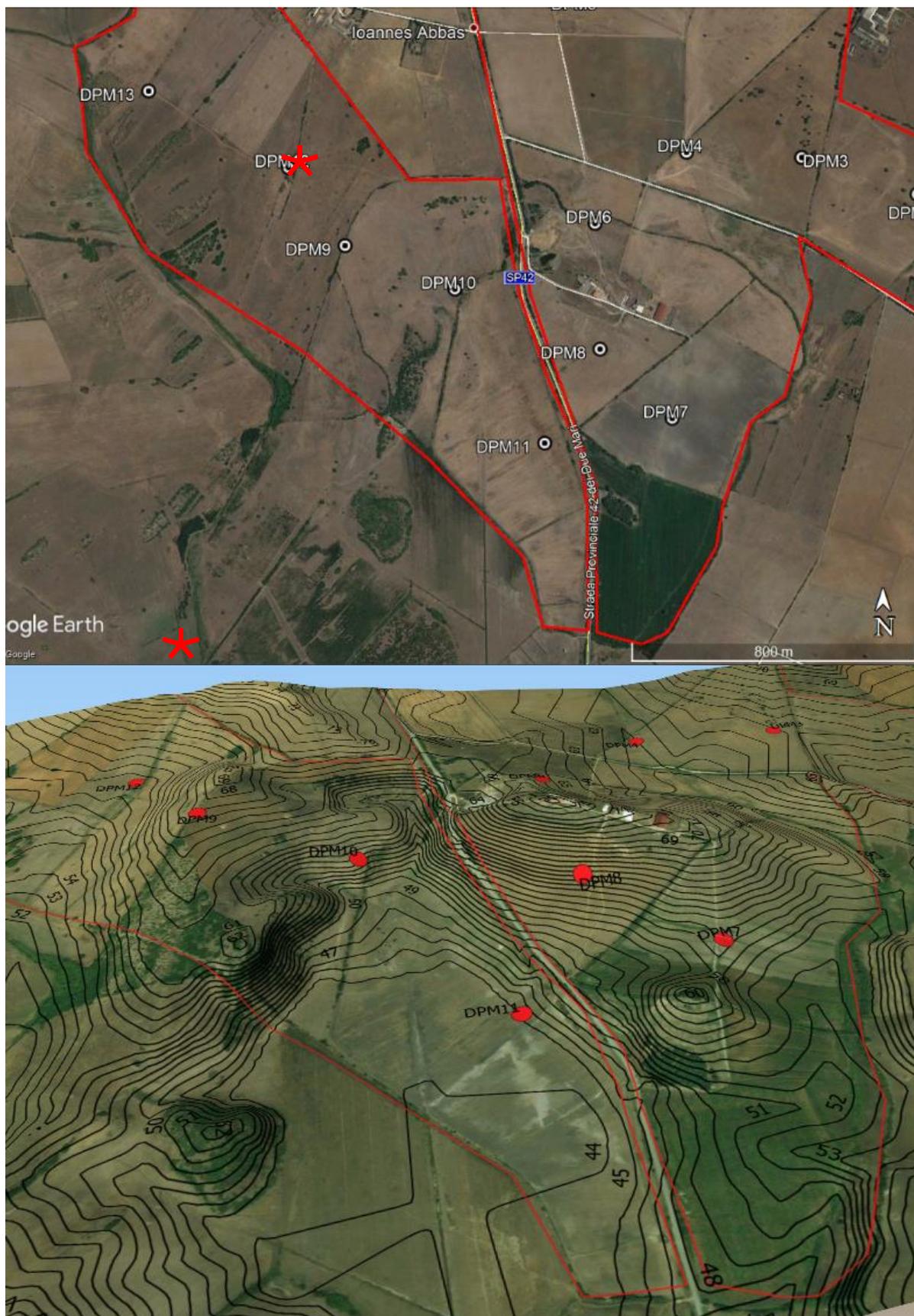


Figura 6-4 -Area riprodotta nelle panoramiche successive. Stella rossa punto di acquisizione panoramiche

Elemento caratterizzante di questo settore è la presenza di una scarpata di 10-15 metri (DPM10 è stata fatta in corrispondenza del ciglio), che separa i terrazzi superiori da un'area pianeggiante con un'asta di drenaggio al centro (area in prossimità di DPM11)

Questa area pianeggiante è di natura diversa rispetto alle altre, infatti la sua origine va ricercata probabilmente in una vecchia area paludosa. Durante le indagini si è potuto infatti osservare uno spessore di circa 2 metri di materiali fini, al di sotto del quale le condizioni di addensamento del terreno tendevano ad uniformarsi a quelle medie registrate nell'area.

Si sottolinea la presenza di falda a partire da un metro circa rispetto al piano campagna. Si sottolinea anche come al centro sia presente un'impaludamento dovuto a perdite della condotta delle acque irrigue



Zona SW vista verso N



Sona SW vista verso S

## 6.2.4 Area centrale (Fattoria)

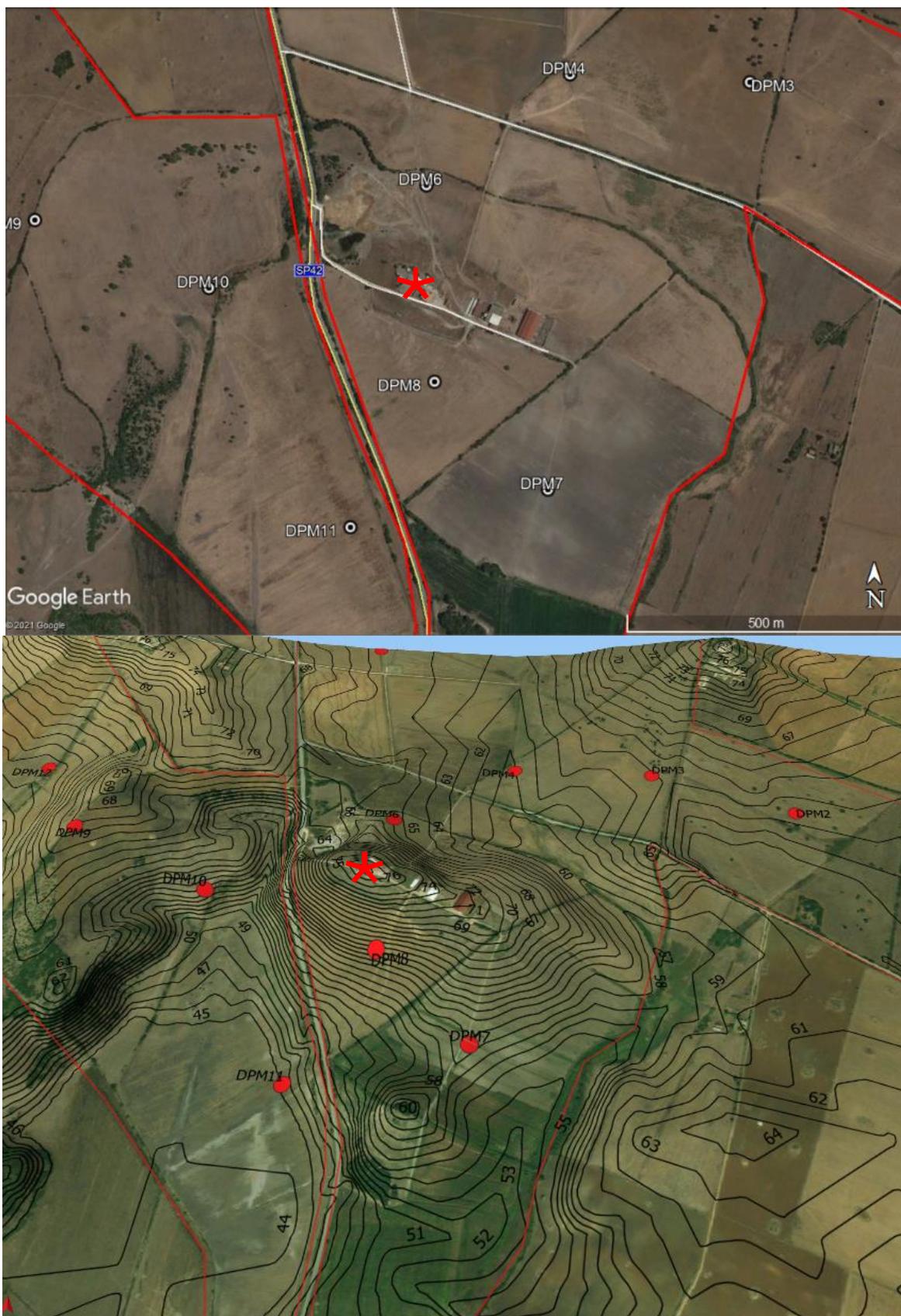
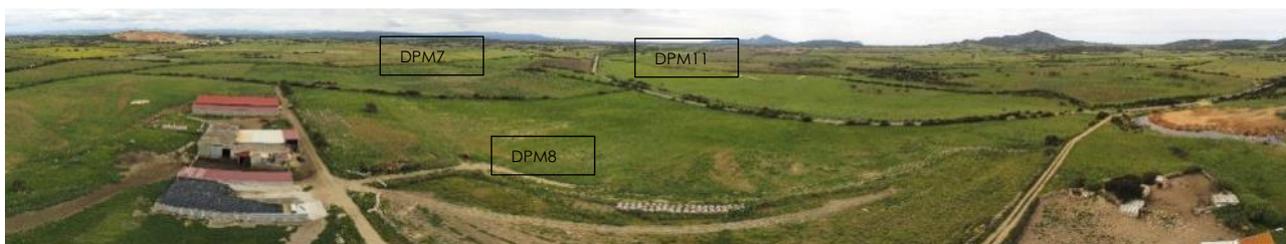


Figura 6-5 -Area riprodotta nelle panoramiche successive. Stella rossa punto di acquisizione panoramiche



Da fattoria verso N



Da fattoria verso S

L'area intorno alla Fattoria presenta le forme più variabili.

La fattoria sorge su un alto roccioso, che si erge rispetto alla piana di circa una decina di metri. La pendenza dei versanti è mediamente maggiore rispetto alle aree circostanti ed è presente anche una parete verticale in prossimità del laghetto artificiale presente al piede del pendio. Questo "laghetto" è stato ottenuto a seguito di sbancamenti e regolarizzazione della piana, ed è possibile osservare la pezzatura dei massi presenti appena al di sotto del piano compagna. Non è stato possibile verificare, ma è probabile che le acque rimangano a causa di difficoltà legate all'infiltrazione, ovvero siamo in presenza di un livello impermeabile, capace di sostenerle, riferibile al substrato roccioso.

A sud della fattoria il versante è più dolce, ed al suo piede sono presenti depositi con spessori indagati di quasi 4 metri.

## 7. Idrografia

Sotto il profilo idrogeologico generale, le unità idrogeologiche tipiche della regione della Nurra sono:

- la falda dei calcarei del Giura, caratterizzata da un andamento irregolare a causa delle numerose faglie, fratture e cavità carsiche;
- la falda delle sabbie quaternarie;
- la falda dei livelli calcarei miocenici.

In generale la Nurra è caratterizzata da un sistema idrogeologico importante e, a tal proposito, è possibile un discorso preciso e documentato poiché tutta la zona è stata oggetto di studi approfonditi da parte dell'Università degli studi di Sassari e da altri Enti pubblici e privati.

Nell'area risulta di particolare importanza la serie dei Calcari Mesozoici.

Dal punto di riferimento della falda, le situazioni più favorevoli nel bacino calcareo s'incontrano in prossimità delle discontinuità tettoniche che mettono in contatto i termini del Mesozoico (calcari del giura e del Muskelcalc) con i terreni impermeabili della stessa età o, meglio, con il potente complesso d'argille e tufi impermeabili miocenici.

I dati relativi ai pozzi, reperiti in letteratura, che sono a servizio delle vicine attività di cava, mostrano portate emungibili da 25 l/sec a 30 l/sec e la falda freatica d'alimentazione è posta a quote comprese fra 40 e 50 m.

Per l'intera regione della Nurra la grande importanza del sistema idrogeologico è, dunque, legata, quasi esclusivamente, alle risorse idriche sotterranee non essendoci, in superficie, un valido reticolo idrografico tale da consentire ipotesi di valutazione.

Per quanto sopra detto si esclude un'interazione tra l'attività in progetto e la presenza della falda profonda.

Per quanto attiene allo scorrimento superficiale, data la giacitura dell'area, si ritiene di dover evidenziare la pressoché totale assenza di veri e propri compluvi che possono definire un reticolo idrografico.



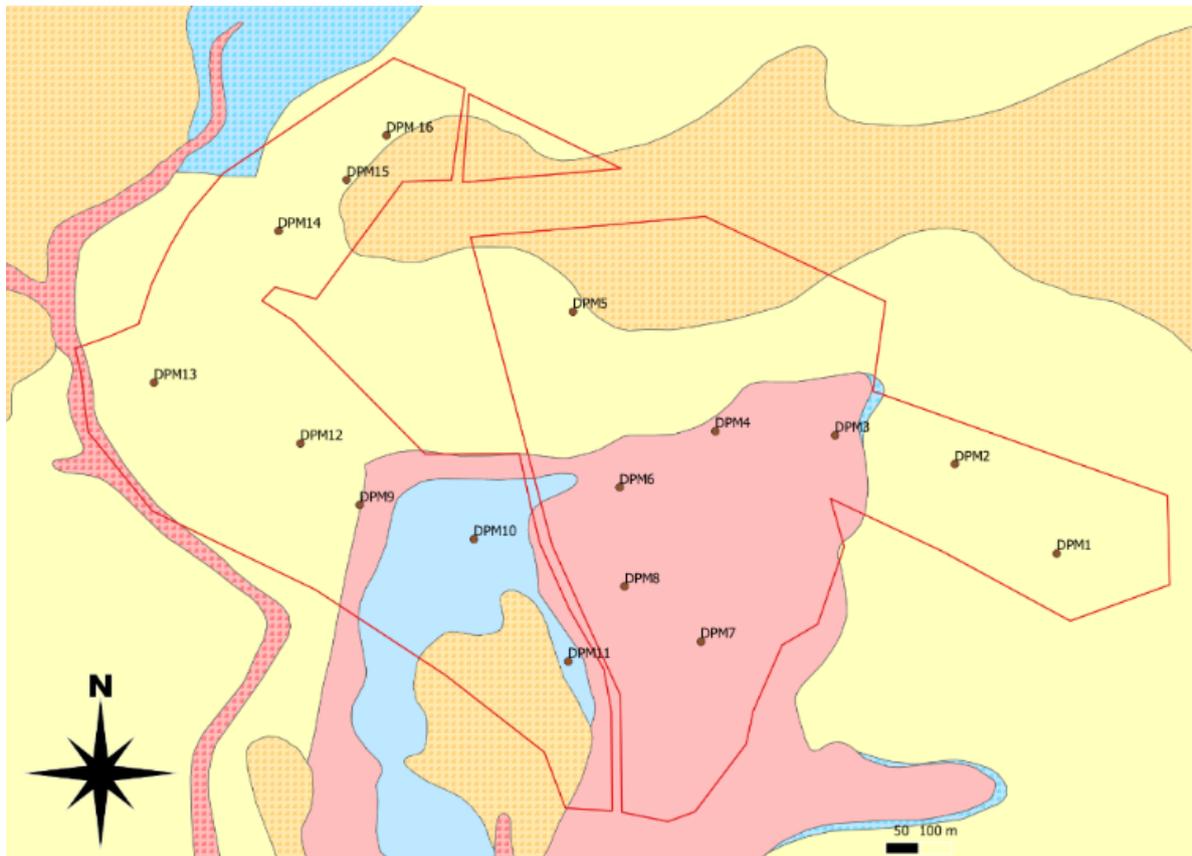
Sono da segnalare alcune aree soggette ad impaludamento o con presenza di acqua, spesso a seguito di precipitazioni intense o prolungate.

Durante i rilievi in sito erano evidenti in prossimità della prova DPM4, DPM6 e DPM11.

Nel caso di DPM4 si reputa, come anche per il piccolo laghetto in prossimità della fattoria e di DPM6, che si verificano impaludamenti a causa sia della posizione leggermente depressa che della presenza del substrato subaffiorante.

DPM11 si trova in un pianoro associabile ad un paleo bacino con la presenza di quasi 2 metri di materiali fini superficialmente, cosa che non avviene nel resto dell'area. In questo caso la matrice a bassa permeabilità comporta una difficoltà di drenaggio e ritroviamo la falda a circa 1 m di profondità.

Viene riportata di seguito anche la carta della permeabilità, basata in sintesi sulle unità presenti su carta geologica. Le indicazioni mostrano una permeabilità media per l'area compresa tra media ed alta. Si ritiene che la situazione sia più articolata e fondamentale funzione del grado di fratturazione del substrato sottostante.



- BF: Permeabilità bassa per fratturazione
- BP: Permeabilità bassa per porosità
- MBF: Permeabilità medio bassa per fratturazione
- MBP: Permeabilità medio bassa per porosità
- MF: Permeabilità media per fratturazione
- MCF: Permeabilità media per carsismo e fratturazione
- MP: Permeabilità media per porosità
- MAF: Permeabilità medio alta per fratturazione
- MACF: Permeabilità medio alta per carsismo e fratturazione
- MAP: Permeabilità medio alta per porosità
- ACF: Permeabilità alta per carsismo e fratturazione
- AP: Permeabilità alta per porosità
- Lg: Laghi e canali

**Figura 7-2 Carta della permeabilità dei substrati della Sardegna 1:25.000**



Ristagno superficiale in prossimità di DPM4



Laghetto artificiale in prossimità di DPM6



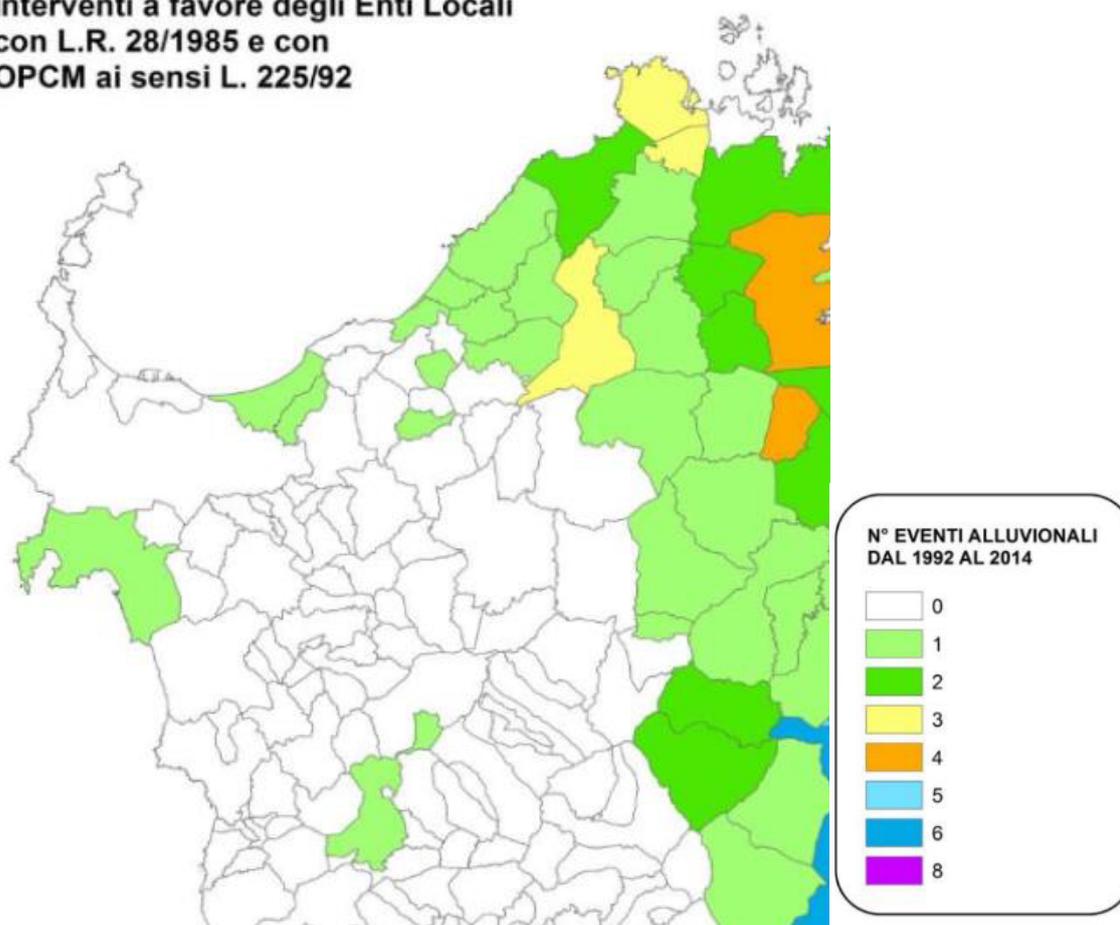
Vista da DPM10 verso DPM11 della piana a sud dell'area di studio. Evidente l'impaludamento dovuto in questo caso alla condotta dell'acqua non a tenuta

## 7.1 RISCHIO IDROGEOLOGICO

In linea generale la Sardegna ha un territorio propenso ai fenomeni di “dissesto geologico-idraulico”, con particolare riguardo ai fenomeni alluvionali (ISPRA, 2013).

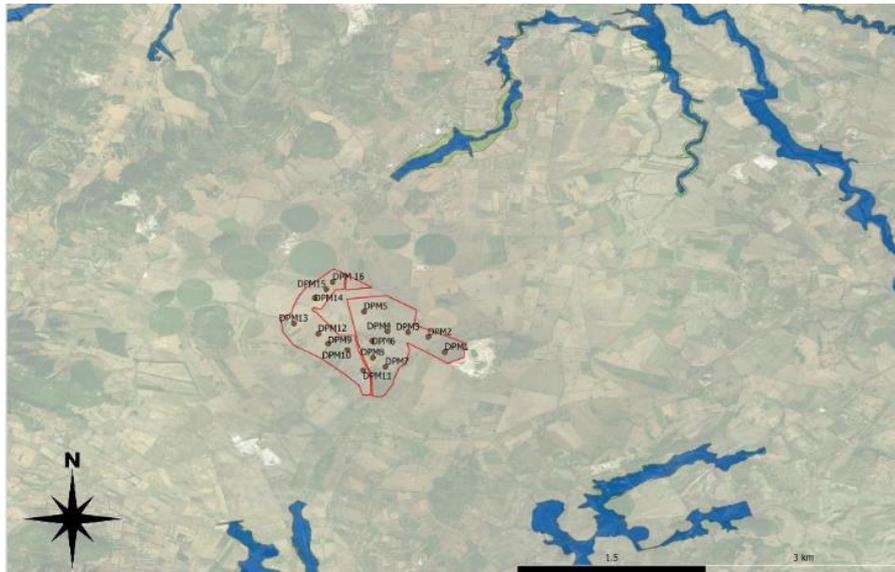
Come evidente dalla seguente figura, che riporta la distribuzione degli eventi alluvionali principali più recenti, relativi al periodo 1992-2014 (RAS, 2015), gli eventi alluvionali interessano in maniera preponderante il centro-meridionale e la fascia orientale dell'isola; nell'arco temporale esaminato (di circa 25 anni), nel settore centro-settentrionale e occidentale della Sardegna (dove è ubicato il progetto), non si sono verificati eventi degni di interesse.

**Interventi a favore degli Enti Locali  
con L.R. 28/1985 e con  
OPCM ai sensi L. 225/92**



**Figura 7-3 -Distribuzione degli Eventi Alluvionali nel Periodo 1992 - 2014 (RAS, 2015)**

Anche consultando la cartografia tematica dell'area, si può osservare come le aree considerate a rischio alluvione siano esterne all'area di studio.



**Art. 8 Hi V.09 (Pericolo Alluvioni Art.8)**

- Hi1
- Hi2
- Hi3
- Hi4

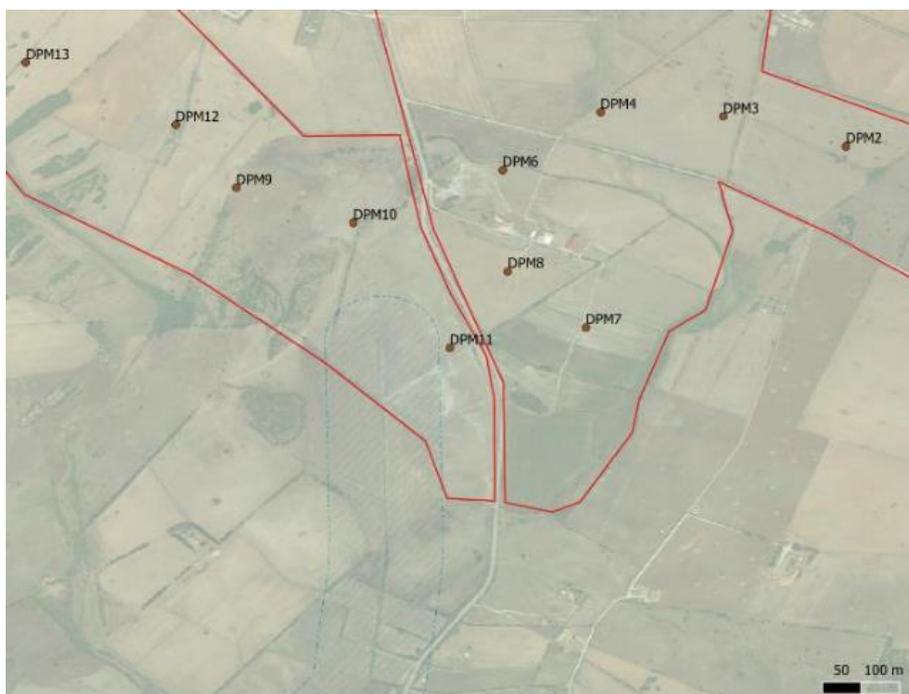
**Figura 7-4 -Stralcio carta rischio alluvioni. L'area risulta esterna**



**Rischio Geomorfologico Rev. 42 (Rischio Frana PAI)**

- Rg0
- Rg1
- Rg2
- Rg3
- Rg4
- V

**Figura 7-5 -Stralcio carta rischio geomorfologico. L'area risulta esterna, anche se confnante con l'area di cava che rientra in area a rischio**



**Art. 142 - Fascia di 150 m dai fiumi (dati indicativi)**

- BP02\_C2\_A1
- BP02\_C2\_B1
- BP02\_C2\_B2

**Figura 7-6 -Stralcio carta vincolo fascia di rispetto. L'area risulta includere una fascia di rispetto. Si sottolinea che più che un canale di scorrimento d'acqua, si tratta di un'area depressa in cui si verificano ristagni d'acqua e impaludamenti nella sua porzione centrale a seguito di periodi con eventi meteorici intensi**

## 8. Indagini geognostica

### 8.1.1 Ubicazione delle prove eseguite

Sono state eseguite 16 prove penetrometriche (DPM-1 DPM-16) spinte fino alla profondità massima di 4 m dal p.c.



Figura 8-1 -Localizzazione prove penetrometriche

### 8.1.2 Caratteristiche dell'equipaggiamento penetrometrico

Per l'esecuzione delle indagini in situ è stato utilizzato, il seguente equipaggiamento:

**DM30-SA G penetrometro dinamico medio automatico, sonda automatica, estrattore idraulico.**

Si tratta di un penetrometro dinamico medio - classificato ISSMFE 1988 -accoppiato ad un gruppo sonda. Il gruppo sonda scorre sulla colonna di guida ed estrazione idraulica ancorata al suolo, permettendo l'utilizzo in continuo dei carotieri a coclea.

Si possono eseguire:

- prove penetrometriche dinamiche con massa battente da 30 kg. utilizzando punte a recupero o a perdere, con l'uso di rivestimenti antiattrito laterale.
- sondaggi continui in automatico mediante carotieri a coclea ( $\varnothing$  38x1000mm.)

- sondaggi a percussione, utilizzando un apposito carotiere; si ottiene un campione a basso grado di disturbo in fustella di PVC ( $\varnothing$  40mm).

Gruppo motore e centralina oleodinamica a doppia funzione, dotata di motore a scoppio, 4 tempi, 5Hp di potenza.

Sistema d'infissione a maglio oleodinamico del peso di 30 Kg (20+10), con frequenza di battuta di 50-60 colpi/min, con base in acciaio trattato dotata di alloggiamento per l'infissione di aste ( $\varnothing$  22mm) e di rivestimenti antiattrito laterale.

Gruppo sonda Composto da:

- testa di rotazione potenziata, montata su carrello, completamente automatica
- carotieri a coclea  $\varnothing$  38x1000 mm
- aste di prolunga a diametro maggiorato ( $\varnothing$  25 mm)

Colonna di guida ed estrattore idraulico Colonna in acciaio, ancorabile al suolo mediante due puntoni; struttura di guida per l'esecuzione della prova penetrometrica e del sondaggio, per l'innalzamento automatico della massa battente e della testa di rotazione, per l'estrazione idraulica delle aste, dei rivestimenti e dei carotieri.

## 8.2 Risultati

Le ricostruzioni stratigrafiche sono fondate su assunzioni derivate dai dati scaturiti dalle prove penetrometriche.

Tali assunzioni e semplificazioni sono indispensabili per poter riferire, ai risultati delle prove penetrometriche, delle litologie.

Tali assunzioni sono le seguenti:

- Tutte le litologie incontrate dai sondaggi e dalle prove penetrometriche sono stati associati a materiali di origine sedimentaria quali sabbie, ghiaie e argille.
- In mancanza di riscontri stratigrafici diretti le litologie sono state selezionate in funzione del valore di NSPT.
- L'approccio di caratterizzazione è stato applicato a tutto l'areale in esame senza distinzione basata sulle litologie da bibliografia.

Ciò detto le indagini hanno mostrato una decisa uniformità dei risultati, ad eccezione di 2 aree che hanno dato indicazioni divergenti.

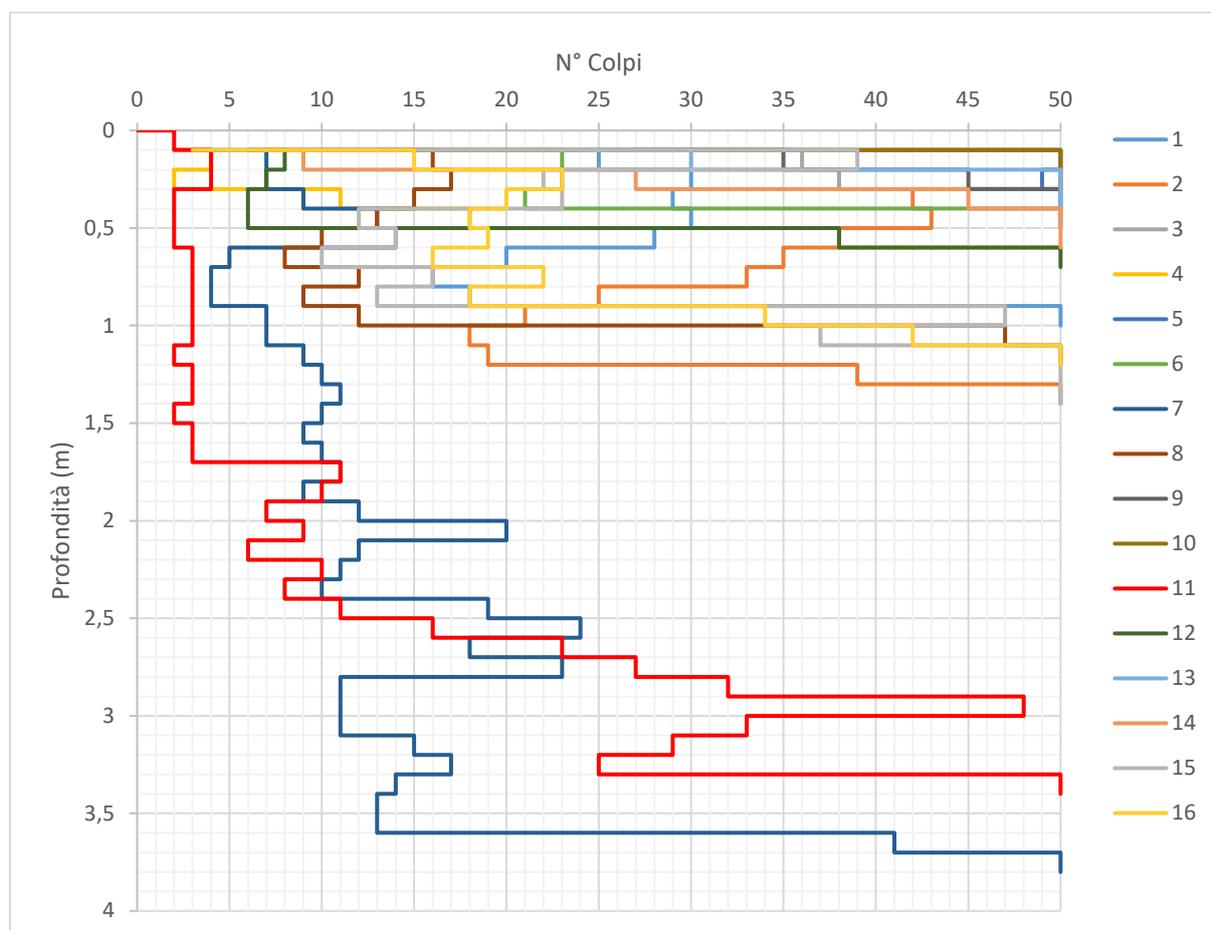
In sintesi, i terreni di copertura hanno uno spessore estremamente ridotto, ed il substrato roccioso, prevalentemente in forma alterata e disgregata, è subaffiorante nella maggior parte dell'area.

Al fine di delimitare aree con caratteristiche geotecniche uniformi, si è scelto di presentare i risultati suddividendoli per aree, in modo da avere i dati di riferimento specifici per quella porzione.

Alla base di questa scelta c'è la valutazione comparativa dei risultati.

Come visibile nelle tabelle proposte di seguito, che mostra il numero di colpi per tratta di avanzamento, rispetto alla profondità dal piano compagna, possiamo notare come 14 prove su 16 si sono fermate nel primo metro/metro e mezzo di profondità.

Questo è dovuto alla composizione degli orizzonti superficiali, che presenta abbondanti ciottoli e massi fin dal piano campagna, e suoli mediamente poco evoluti. In base alle osservazioni fatte, il substrato roccioso è quasi sempre subaffiorante.



**Figura 8-2 - Comparazione grafici penetrometrici.**

Analizzando il numero di colpi per tratta di avanzamento, sono state evidenziate 5 litozone, la prima fino a 5 colpi, riferibile a limi argilloso sabbiosi, la seconda fino a circa 10 colpi, riferibile a sabbie e limi, tra 10 e 25 colpi, riferibile a sabbie, tra 25 e 40, riferibile a sabbie ghiaiose e oltre i 40 colpi per tratta di avanzamento, ghiaie in matrice sabbiosa

Prof. (m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0.1	9	40	21	2	27	13	3	7	25	7	2	6	24	7	9	3
0.2	25	50	36	4	50	23	7	16	35	50	4	8	30	9	39	15
0.3	30	50	38	2	49	23	7	17	45	50	4	7	50	27	22	23
0.4	29	42	50	11	50	21	9	15	50	50	2	6	50	45	23	20
0.5	30	43	50	18	50	50	13	13			2	6		50	12	18
0.6	28	38		38	50		14	10			2	38		50	14	19
0.7	20	35		50			5	8			3	50			10	16
0.8	16	33					4	12			3				16	22
0.9	18	25					4	9			3				13	18
1	50	21					7	12			3				47	34
1.1		18					7	47			3				37	42
1.2		19					9	50			2				50	50
1.3		39					10	50			3				50	
1.4		50					11				3				50	
1.5							10				2					
1.6							9				3					
1.7							10				3					
1.8							11				11					
1.9							9				10					
2							12				7					
2.1							20				9					
2.2							12				6					
2.3							11				10					
2.4							10				8					
2.5							19				11					
2.6							24				16					
2.7							18				23					
2.8							23				27					
2.9							11				32					
3							11				48					
3.1							11				33					
3.2							15				29					
3.3							17				25					
3.4							14				50					
3.5							13									
3.6							13									
3.7							41									
3.8							50									
3.9																
4																

Figura 8-3 - Comparazione fra prove.

Tenendo da conto l'ubicazione delle prove, e dei risultati ottenuti **sono state distinte 2 macroaree:**

- 1) Aree con substrato roccioso subaffiorante o presenza di depositi grossolani,
- 2) Aree con depositi sciolti o fini con spessori fino a circa 4 metri

### 8.3 Aree con substrato roccioso subaffiorante o presenza di depositi grossolani

Queste aree rappresentano la maggior parte dell'area di studio, e 14 prove su 16, escludendo soltanto quelle realizzate nella porzione meridionale (DPM7 ed DPM11).

Tenendo conto delle risultanze delle prove, si può osservare come **DPM1** rappresenti una possibile prova di riferimento per i valori medi dell'area, in quanto appare maggiormente cautelativa rispetto alle altre prove.

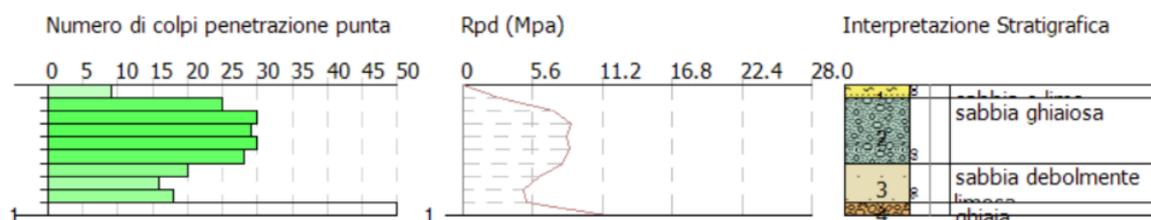
### 8.3.1.1 DPM1

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPM1  
Strumento utilizzato... GeoDeepDrill DM30

Committente:  
Descrizione:  
Localita':

26-04-2021

Scala 1:50



#### DPM1

Strato	Prof. Strato (m)	Nspt	Tipo	g (KN/m³)	g. Sat (KN/m³)	Angolo d'attrito (°)	Coesione non drenata Cu	Densita' relativa (%)
1	0.1	6.76	Incoerente	14.08	18.57	29.89	0	64.89
2	0.6	21.33	Incoerente	15.79	19.63	33.97	0	100
3	0.9	13.52	Incoerente	14.92	19.09	31.79	0	84.02
4	1	37.55	Incoerente	17.3	20.56	38.51	0	100

Grafico penetrometrico e tabella riassuntiva caratteristiche geotecniche

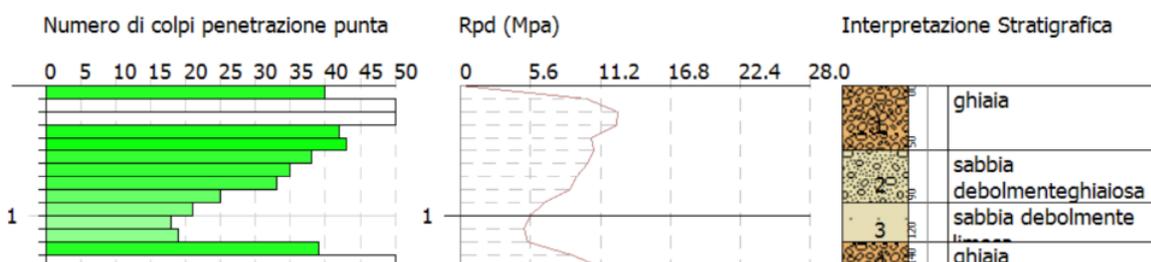
### 8.3.1.2 DPM2

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPM2  
Strumento utilizzato... GeoDeepDrill DM30

Committente:  
Descrizione:  
Localita':

26-04-2021

Scala 1:50



#### DPM2

Strato	Prof. Strato (m)	Nspt	Tipo	g (KN/m³)	g. Sat (KN/m³)	Angolo d'attrito (°)	Coesione non drenata Cu	Densita' relativa (%)
1	0.5	33.79	Incoerente	16.99	20.37	37.46	0	100
2	0.9	24.6	Incoerente	16.13	19.84	34.89	0	100
3	1.2	14.52	Incoerente	15.03	19.16	32.07	0	83.46
4	1.4	33.42	Incoerente	16.96	20.35	37.36	0	100

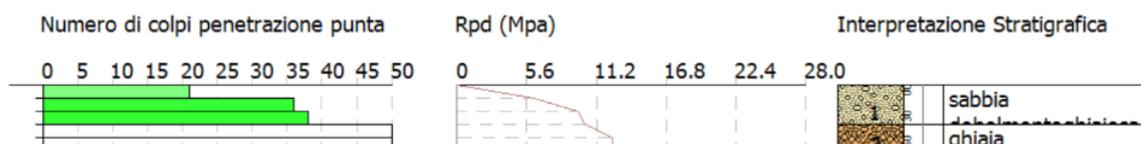
Grafico penetrometrico e tabella riassuntiva caratteristiche geotecniche

### 8.3.1.3 DPM3

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPM3  
Strumento utilizzato... GeoDeepDrill DM30

Committente: 26-04-2021  
Descrizione:  
Localita':

Scala 1:50



#### DPM3

Strato	Prof. Strato (m)	Nspt	Tipo	g (KN/m³)	g. Sat (KN/m³)	Angolo d'attrito (°)	Coesione non drenata Cu	Densita' relativa (%)
1	0.5	33.79	Incoerente	16.99	20.37	37.46	0	100
2	0.9	24.6	Incoerente	16.13	19.84	34.89	0	100
3	1.2	14.52	Incoerente	15.03	19.16	32.07	0	83.46
4	1.4	33.42	Incoerente	16.96	20.35	37.36	0	100

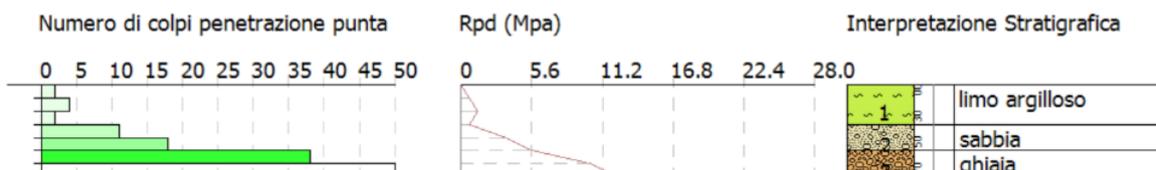
Grafico penetrometrico e tabella riassuntiva caratteristiche geotecniche

### 8.3.1.4 DPM4

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPM4  
Strumento utilizzato... GeoDeepDrill DM30

Committente: 26-04-2021  
Descrizione:  
Localita':

Scala 1:50



#### DPM4

Strato	Prof. Strato (m)	Nspt	Tipo	g (KN/m³)	g. Sat (KN/m³)	Angolo d'attrito (°)	Coesione non drenata Cu	Densita' relativa (%)
1	0.3	23.78	Incoerente	16.05	19.79	34.66	0	100
2	0.5	37.55	Incoerente	17.3	20.56	38.51	0	100

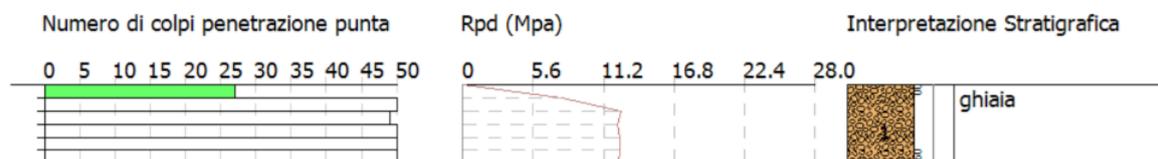
Grafico penetrometrico e tabella riassuntiva caratteristiche geotecniche

### 8.3.1.5 DPM5

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPM5  
Strumento utilizzato... GeoDeepDrill DM30

Committente: 27-04-2021  
Descrizione:  
Localita':

Scala 1:50



#### DPM5

Strato	Prof. Strato (m)	Nspt	Tipo	g (KN/m³)	g. Sat (KN/m³)	Angolo d'attrito (°)	Coesione non drenata Cu	Densita' relativa (%)
1	0.3	2.01	Coesivo	15.3	18.14	0	12.36	--
2	0.5	10.89	Incoerente	14.6	18.9	31.05	0	79.26
3	0.7	33.04	Incoerente	16.92	20.33	37.25	0	100

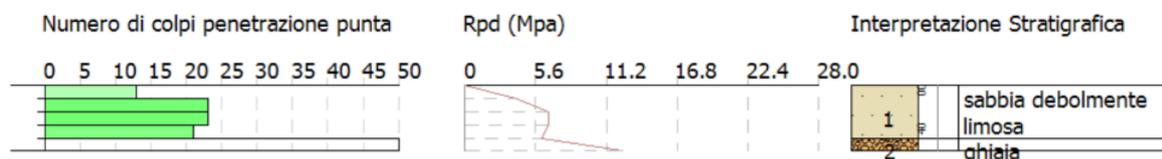
Grafico penetrometrico e tabella riassuntiva caratteristiche geotecniche

### 8.3.1.6 DPM6

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPM6  
Strumento utilizzato... GeoDeepDrill DM30

Committente: 27-04-2021  
Descrizione:  
Localita':

Scala 1:50



#### DPM6

Strato	Prof. Strato (m)	Nspt	Tipo	g (KN/m³)	g. Sat (KN/m³)	Angolo d'attrito (°)	Coesione non drenata Cu	Densita' relativa (%)
1	0.4	15.02	Incoerente	15.09	19.2	32.21	0	94.76
2	0.5	37.55	Incoerente	17.3	20.56	38.51	0	100

Grafico penetrometrico e tabella riassuntiva caratteristiche geotecniche

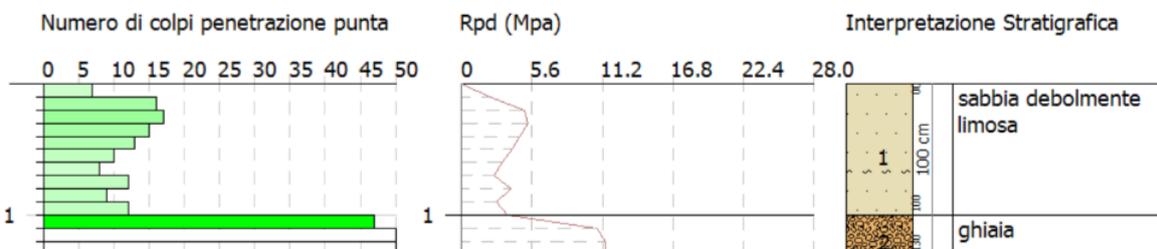
### 8.3.1.7 DPM8

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPM8  
Strumento utilizzato... GeoDeepDrill DM30

Committente:  
Descrizione:  
Localita':

27-04-2021

Scala 1:50



#### DPM8

Strato	Prof. Strato (m)	Nspt	Tipo	g (KN/m³)	g. Sat (KN/m³)	Angolo d'attrito (°)	Coesione non drenata Cu	Densita' relativa (%)
1	1	8.94	Incoerente	14.36	18.75	30.5	0	70.89
2	1.3	36.8	Incoerente	17.24	20.53	38.3	0	100

Grafico penetrometrico e tabella riassuntiva caratteristiche geotecniche

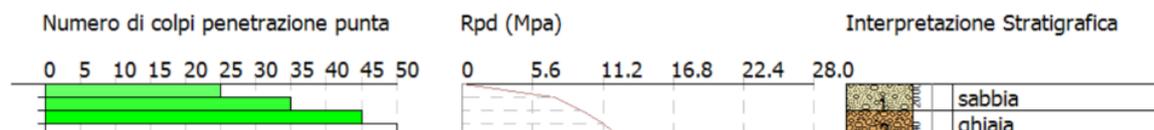
### 8.3.1.8 DPM9

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPM9  
Strumento utilizzato... GeoDeepDrill DM30

Committente:  
Descrizione:  
Localita':

28-04-2021

Scala 1:50



#### DPM9

Strato	Prof. Strato (m)	Nspt	Tipo	g (KN/m³)	g. Sat (KN/m³)	Angolo d'attrito (°)	Coesione non drenata Cu	Densita' relativa (%)
1	0.2	22.53	Incoerente	15.92	19.71	34.31	0	100
2	0.4	35.67	Incoerente	17.15	20.47	37.99	0	100

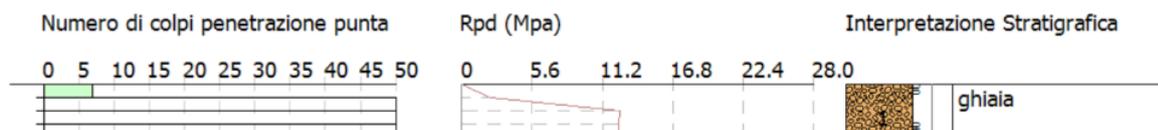
Grafico penetrometrico e tabella riassuntiva caratteristiche geotecniche

### 8.3.1.9 DPM10

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPM10  
Strumento utilizzato... GeoDeepDrill DM30

Committente: 28-04-2021  
Descrizione:  
Localita':

Scala 1:50



#### DPM10

Strato	Prof. Strato (m)	Nspt	Tipo	g (KN/m³)	g. Sat (KN/m³)	Angolo d'attrito (°)	Coesione non drenata Cu	Densita' relativa (%)
1	0.4	29.48	Incoerente	16.6	20.13	36.25	0	100

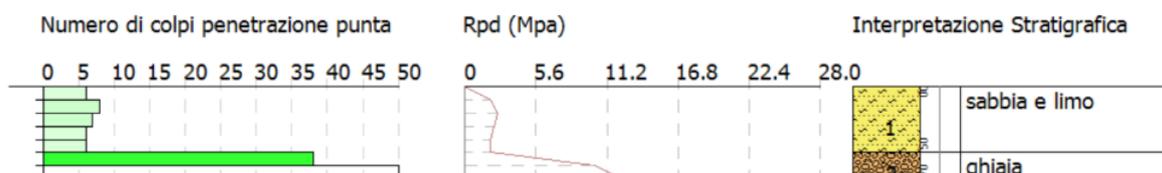
Grafico penetrometrico e tabella riassuntiva caratteristiche geotecniche

### 8.3.1.10 DPM12

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPM12  
Strumento utilizzato... GeoDeepDrill DM30

Committente: 28-04-2021  
Descrizione:  
Localita':

Scala 1:50



#### DPM12

Strato	Prof. Strato (m)	Nspt	Tipo	g (KN/m³)	g. Sat (KN/m³)	Angolo d'attrito (°)	Coesione non drenata Cu	Densita' relativa (%)
1	0.5	4.96	Incoerente	13.84	18.43	29.39	0	54.42
2	0.7	33.04	Incoerente	16.92	20.33	37.25	0	100

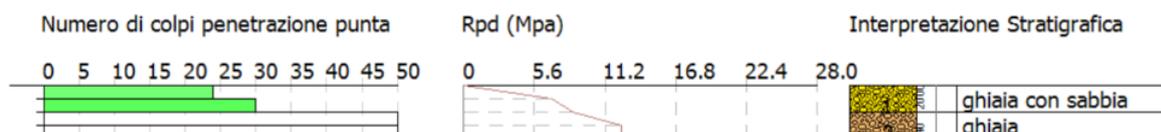
Grafico penetrometrico e tabella riassuntiva caratteristiche geotecniche

### 8.3.1.11 DPM13

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPM13  
Strumento utilizzato... GeoDeepDrill DM30

Committente: 29-04-2021  
Descrizione:  
Localita':

Scala 1:50



#### DPM13

Strato	Prof. Strato (m)	Nspt	Tipo	g (KN/m³)	g. Sat (KN/m³)	Angolo d'attrito (°)	Coesione non drenata Cu	Densita' relativa (%)
1	0.2	20.28	Incoerente	15.68	19.56	33.68	0	100
2	0.4	37.55	Incoerente	17.3	20.56	38.51	0	100

### Grafico penetrometrico e tabella riassuntiva caratteristiche geotecniche

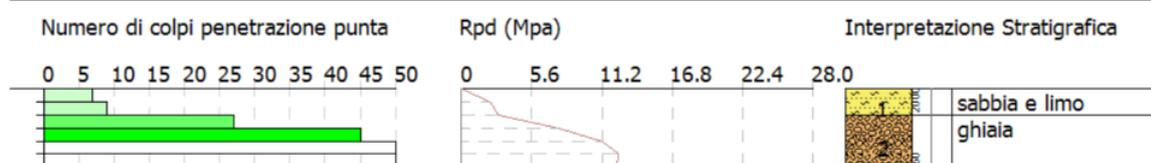
#### 8.3.1.12 DPM14

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPM14  
Strumento utilizzato... GeoDeepDrill DM30

Committente:  
Descrizione:  
Localita':

29-04-2021

Scala 1:50



#### DPM14

Strato	Prof. Strato (m)	Nspt	Tipo	g (KN/m³)	g. Sat (KN/m³)	Angolo d'attrito (°)	Coesione non drenata Cu	Densita' relativa (%)
1	0.2	6.01	Incoerente	13.98	18.51	29.68	0	60.85
2	0.6	32.29	Incoerente	16.86	20.29	37.04	0	100

### Grafico penetrometrico e tabella riassuntiva caratteristiche geotecniche

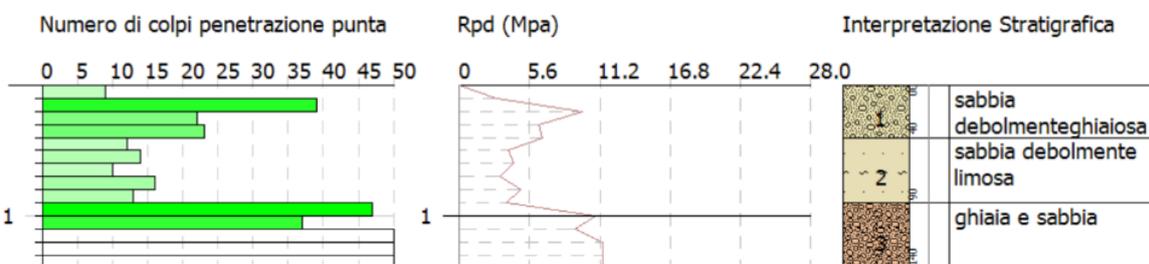
#### 8.3.1.13 DPM15

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPM15  
Strumento utilizzato... GeoDeepDrill DM30

Committente:  
Descrizione:  
Localita':

29-04-2021

Scala 1:50



#### DPM15

Strato	Prof. Strato (m)	Nspt	Tipo	g (KN/m³)	g. Sat (KN/m³)	Angolo d'attrito (°)	Coesione non drenata Cu	Densita' relativa (%)
1	0.4	17.46	Incoerente	15.37	19.37	32.89	0	100
2	0.9	9.76	Incoerente	14.46	18.81	30.73	0	72.42
3	1.4	35.15	Incoerente	17.1	20.44	37.84	0	100

### Grafico penetrometrico e tabella riassuntiva caratteristiche geotecniche

### 8.3.1.14 DPM16

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPM16  
Strumento utilizzato... GeoDeepDrill DM30

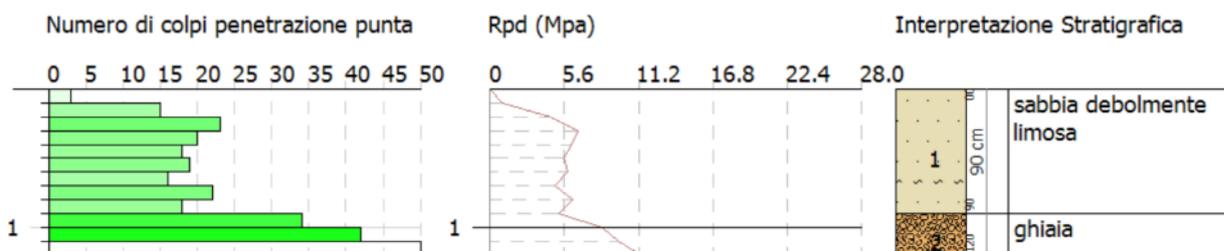
Committente:

29-04-2021

Descrizione:

Localita':

Scala 1:50



#### DPM16

Strato	Prof. Strato (m)	Nspt	Tipo	g (KN/m³)	g. Sat (KN/m³)	Angolo d'attrito (°)	Coesione non drenata Cu	Densita' relativa (%)
1	0.9	12.85	Incoerente	14.84	19.04	31.6	0	85.13
2	1.2	31.54	Incoerente	16.79	20.25	36.83	0	100

#### Grafico penetrometrico e tabella riassuntiva caratteristiche geotecniche

## 8.4 Aree con depositi sciolti o fini con spessori fino a circa 4 metri

Queste aree si trovano nella porzione meridionale dell'area di studio. Nel caso di DPM7 si pensa che il maggior spessore rilevato sia da riferire al fatto che si trova nel fondovalle tra due piccole culminazioni, quindi in una fascia favorevole ad accumulo di sedimentazione. Nel caso di DPM11 invece, siamo in un' area con caratteristiche da torbiera in superficie.

L'area sottesa a DPM11, risulta l'unica che può causare problematiche di tipo geotecnico, relativamente alla bassa capacità portante.

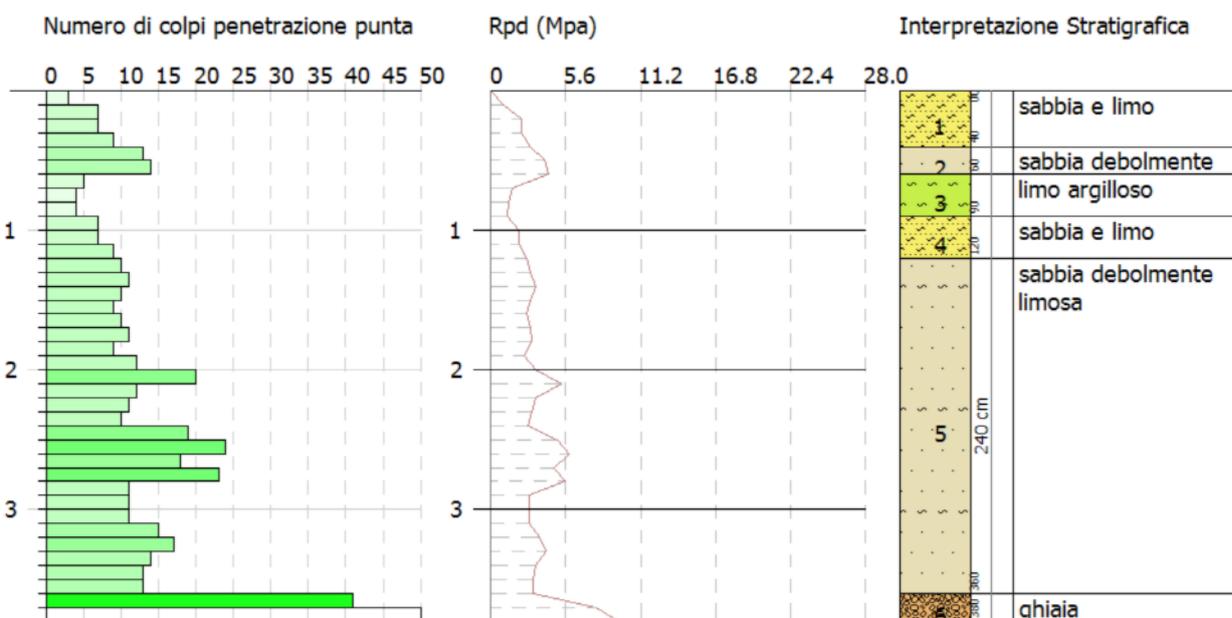
### 8.4.1.1 DPM7

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPM7  
Strumento utilizzato... GeoDeepDrill DM30

Committente:  
Descrizione:  
Località:

07-05-2021

Scala 1:50



#### DPM7

Strato	Prof. Strato (m)	Nspt	Tipo	g (KN/m³)	g. Sat (KN/m³)	Angolo d'attrito (°)	Coesione non drenata Cu	Densità relativa (%)
1	0.4	4.88	Incoerente	13.83	18.42	29.37	0	54.27
2	0.6	10.14	Incoerente	14.51	18.84	30.84	0	75.79
3	0.9	3.25	Coesivo	16.18	18.24	0	19.91	--
4	1.2	5.76	Incoerente	13.95	18.49	29.61	0	54.07
5	3.6	10.14	Incoerente	14.51	18.84	30.84	0	63.76
6	3.8	34.17	Incoerente	17.02	20.39	37.57	0	100

Grafico penetrometrico e tabella riassuntiva caratteristiche geotecniche

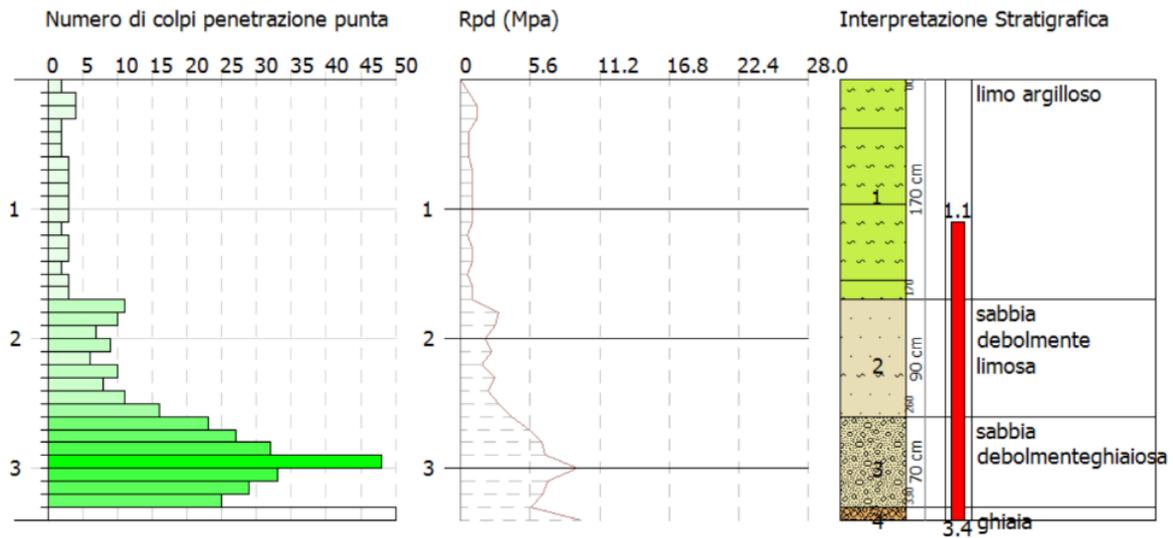
### 8.4.1.2 DPM11

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPM11  
Strumento utilizzato... GeoDeepDrill DM30

Committente:  
Descrizione:  
Localita':

28-04-2021

Scala 1:50



#### DPM11

Strato	Prof. Strato (m)	Nspt	Tipo	g (KN/m³)	g. Sat (KN/m³)	Angolo d'attrito (°)	Coesione non drenata Cu	Densita' relativa (%)
1	1.7	2.07	Coesivo	15.4	18.14	0	12.65	--
2	2.6	7.34	Incoerente	14.15	18.62	30.06	0	57.9
3	3.3	23.28	Incoerente	15.56	19.49	33.36	0	90.03
4	3.4	37.55	Incoerente	16.3	19.95	35.36	0	100

## 8.5 Indagini geofisiche

### 8.5.1 Ubicazione delle prove eseguite

Nell'area sono state eseguite 3 prove HVSr (Horizontal over Vertical Spectral Ratio) e 3 stendimenti Masw (Multi-channel Analysis of Surface Waves)

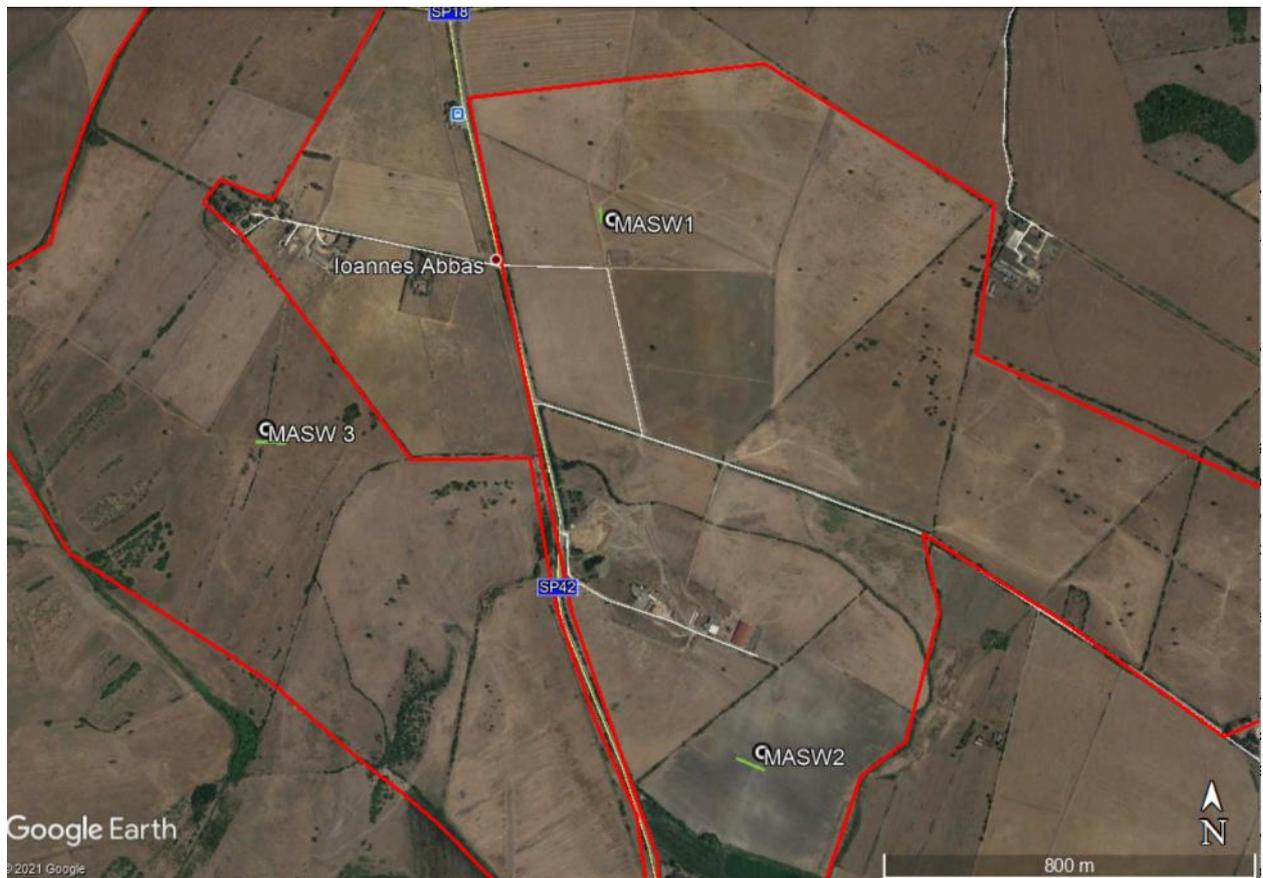


Figura 8-4 -Ubicazione prove geofisiche

### 8.5.2 Strumentazione utilizzata

Per la raccolta dei dati è stato utilizzato un ricevitore "Tromino" dotato delle seguenti caratteristiche tecniche:

- 3 canali velocimetri a guadagno e sensibilità variabile: dal microtremore ( $\pm 0.5$  mm/s) alle vibrazioni forti (fino a  $\pm 5$  cm/s)
- 3 canali accelerometrici ( $\pm 2$  g)
- 1 canale analogico per trigger esterno
- Frequenze di lavoro (0.1-1024 Hz)
- Gps integrato
- Trasmettitore-ricevitore integrato.



**Figura 8-5 Tromino Blu e wireless trigger**

Con l'ausilio del trigger esterno è possibile l'esecuzione di prove ad energizzazione diretta (es. MASW) che permettono la raccolta di un dato più completo rispetto alla H/V.

### 8.5.3 Metodologia applicata

Per la caratterizzazione e l'identificazione delle caratteristiche del sottosuolo è stata utilizzata una tecnica di indagine che si basa sull'utilizzo combinato di 2 prodotti di indagine geofisica. Tali prodotti sono la curva H/V e la curva di dispersione ottenuta tramite metodologia MASW.

#### 8.5.3.1 HVSR (H/V)

La metodologia HVSR (Horizontal over Vertical Spectral Ratio) con singola stazione è stato inizialmente sviluppato in Giappone da Nogoshi e Igarashi (1971) per caratterizzare la risposta di sito sotto azione sismica ed è stato successivamente reso popolare e diffusa al mondo occidentale da Nakamura (1989). La tecnica HVSR è considerata una tecnica sismica passiva perchè sfrutta il rumore ambientale, quindi non necessita di un sistema di energizzazione.

Il rumore generato consiste per lo più da onde superficiali, ovvero onde di Rayleigh e onde di Love prodotte dall'interferenza costruttiva delle onde P ed S negli strati superficiali.

Questa tecnica si basa sul metodo di Nakamura e sul rapporto spettrale H/V, permettendo di ricavare la velocità delle onde di taglio, analizzare la sismicità degli edifici in progetto o quelli presenti e infine valutare la liquefazione dei terreni.

La tecnica HVSR, come la tecnica MASW, permette di definire la classificazione sismica dei suoli (NTC 2018); questa misurazione della velocità delle onde di taglio sono essenziali per la microzonazioni a grande e piccole scala.

I concetti base della tecnica si fondano sulla sismica tradizionale, ovvero rifrazione, riflessione e diffrazione e in parte alla teoria passiva dei microtremori. Il rumore sismico registrato è il rumore ambientale, presente sulla superficie terrestre oppure generato da fenomeni atmosferici o attività antropiche. Il metodo, determina la "funzione di trasferimento del mezzo", ovvero come il moto sismico viene alterato durante il passaggio di esso nel substrato partendo da un terreno alluvionale fino al raggiungimento del substrato rigido. Infatti, a causa di condizioni litostratigrafiche particolari possono verificarsi condizioni di amplificazione del moto sismico, definiti come "effetti di sito".

La metodologia HVSR presenta dei vantaggi, come per esempio il segnale ottenuto passivamente viene meno alterato rispetto ad una MASW attiva, possono raggiungere profondità più elevate fino a centinaia di metri e non richiede tempi lunghi di esecuzione rispetto altre tecniche sismiche.

La tecnica sismica passiva mostra le frequenze alle quali il moto del terreno viene amplificato per risonanza stratigrafica.

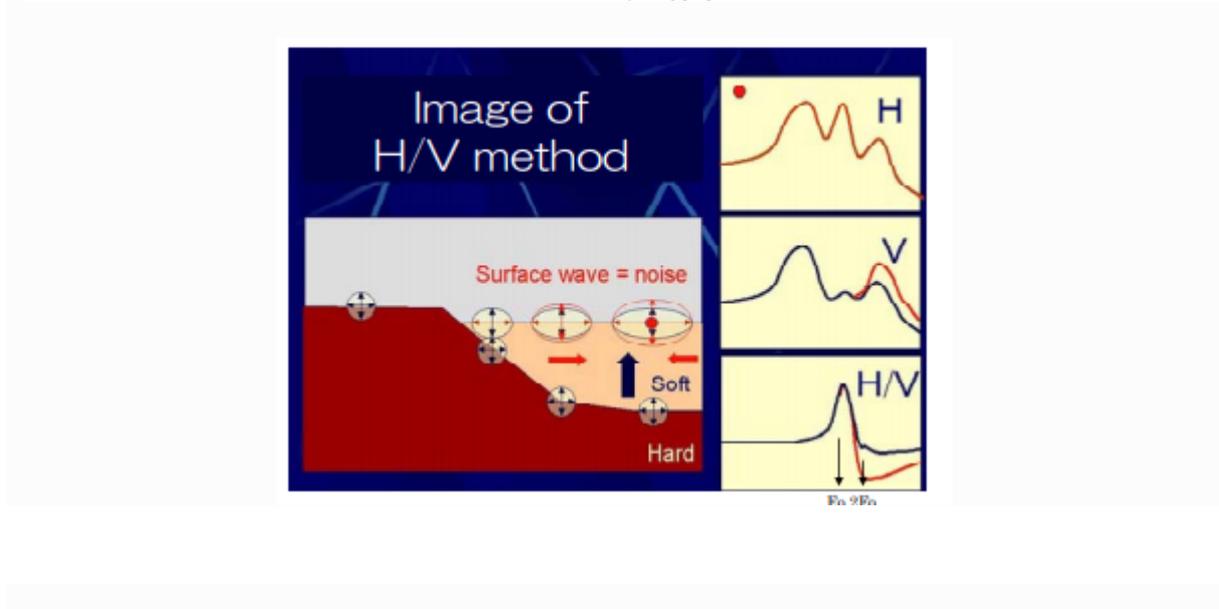
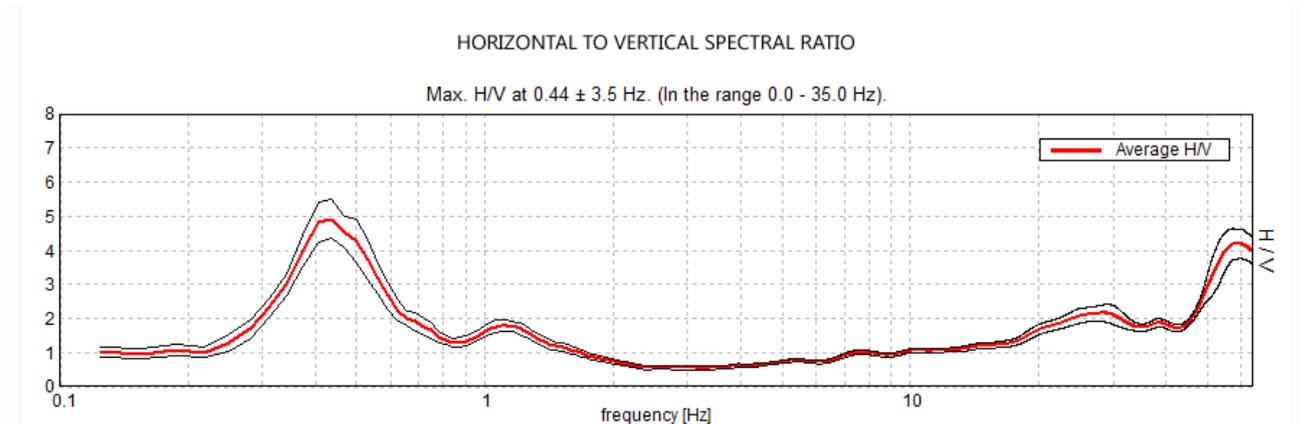
Infatti, un terreno tende a vibrare non solo quando siamo in presenza di un sisma ma anche dovuto ad effetti locali, quali naturali o antropici; tale principio permette di misurare la frequenza fondamentale o di risonanza dei terreni.

Le frequenze a cui si manifesta la risonanza vengono descritte dalla seguente relazione:

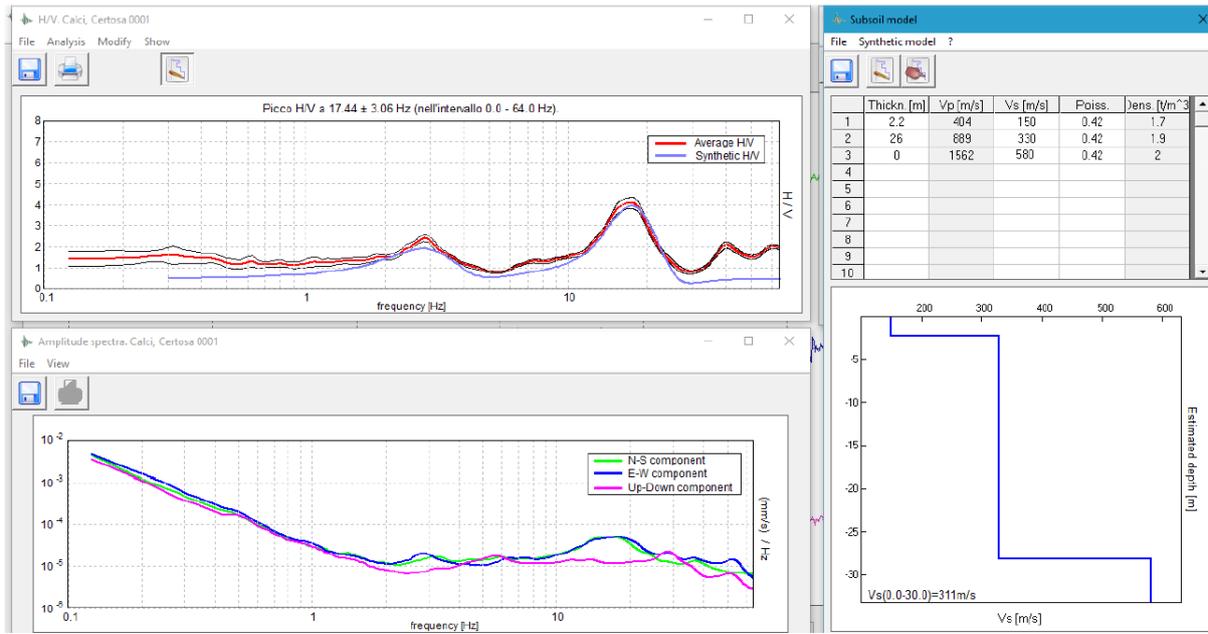
$$f = \frac{V_s}{4h}$$

dove  $V_s$  è la velocità delle onde di taglio e  $h$  è lo spessore dello strato.

Dalla teoria di Nakamura il grafico del rapporto tra le componenti spettrali orizzontali e verticali evidenzia un picco di frequenza o di altri picchi di frequenza in caso di terreni eterogenei.



Tramite una decostruzione matematica delle onde è dunque ottenibile una ricostruzione della stratigrafia dell'area.



### 8.5.3.2 Masw (curva di dispersione)

MASW è l'acronimo di Multi-channel Analysis of Surface Waves (Analisi Multicanale di Onde di Superficie). Tramite un'indagine MASW si analizza in dettaglio la dispersione delle onde di superficie che si propagano ad una velocità che dipende dalle caratteristiche del mezzo.

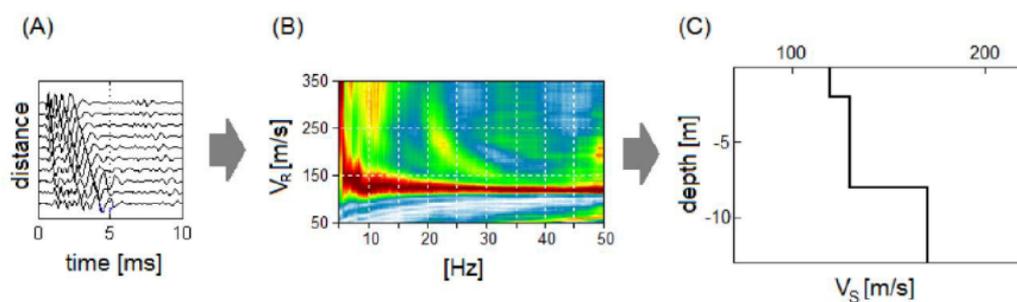
Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva, che individua il profilo di velocità delle onde di taglio orizzontali  $V_s$ , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in conseguenza a diverse energizzazioni a distanza crescente o decrescente dal geofono.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.

In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo.

La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Il metodo di indagine MASW si distingue in metodo attivo e metodo passivo o in una combinazione di entrambi. Il metodo attivo consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30 m-50 m, in funzione della rigidità del suolo.

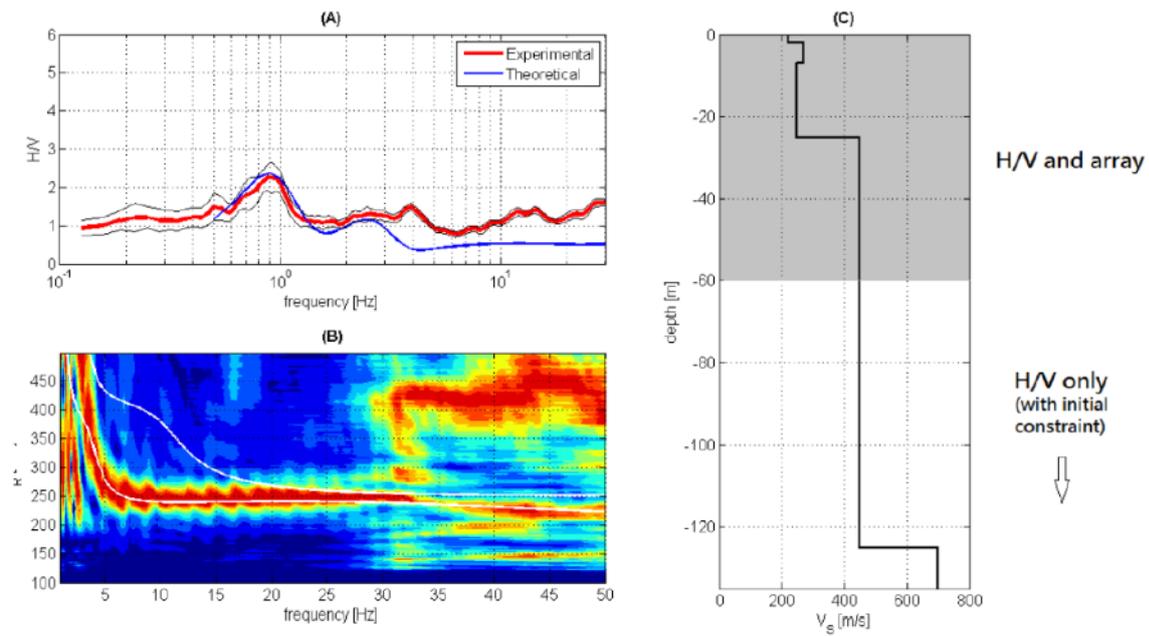


Dopo la creazione delle curve di dispersione è dunque possibile creare un modello del sottosuolo.

### 8.5.3.3 Elaborazione combinate H/v e Masw.

Dopo aver ottenuto sia la curva H/v che la curva di dispersione è possibile sfruttare i dati raccolti per poter ricostruire efficacemente il profilo delle Vs nel sottosuolo.

Il contributo della misura attiva (MASW) permette la ricostruzione di dettaglio delle caratteristiche del terreno a profondità, in base alle caratteristiche del terreno, relativamente superficiali; il metodo H/V permette di completare la ricostruzione fornendo i dati provenienti dai riflettori posti anche a profondità elevate.



## 8.5.4 Risultati

Le elaborazioni dei dati raccolti sul campo hanno fornito i seguenti risultati:

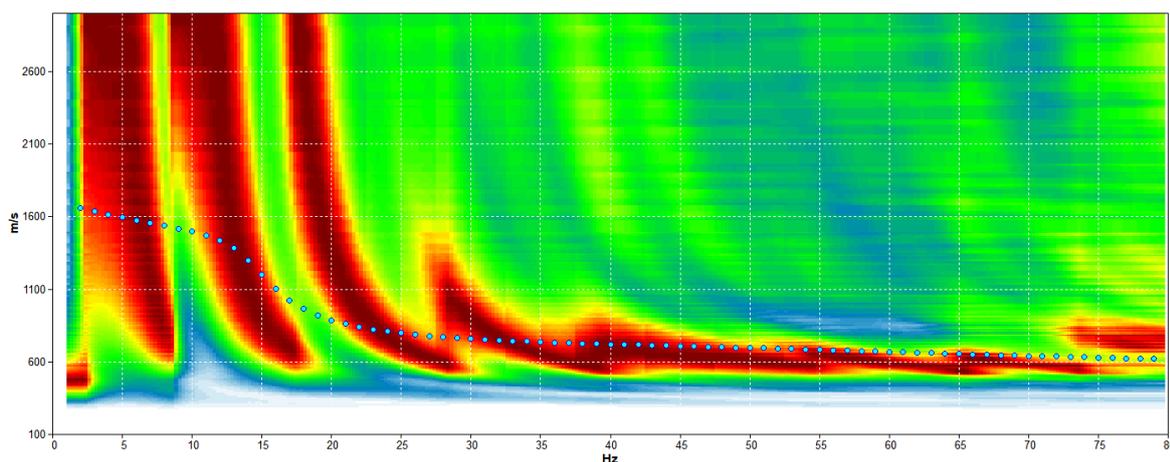
### 8.5.4.1 H/v 1 Masw 1

Start recording: 29/04/2021 10:22:07    End recording: 29/04/2021 10:34:09  
 Trace length: 0h00'02".  
 Sampling rate: 1024 Hz

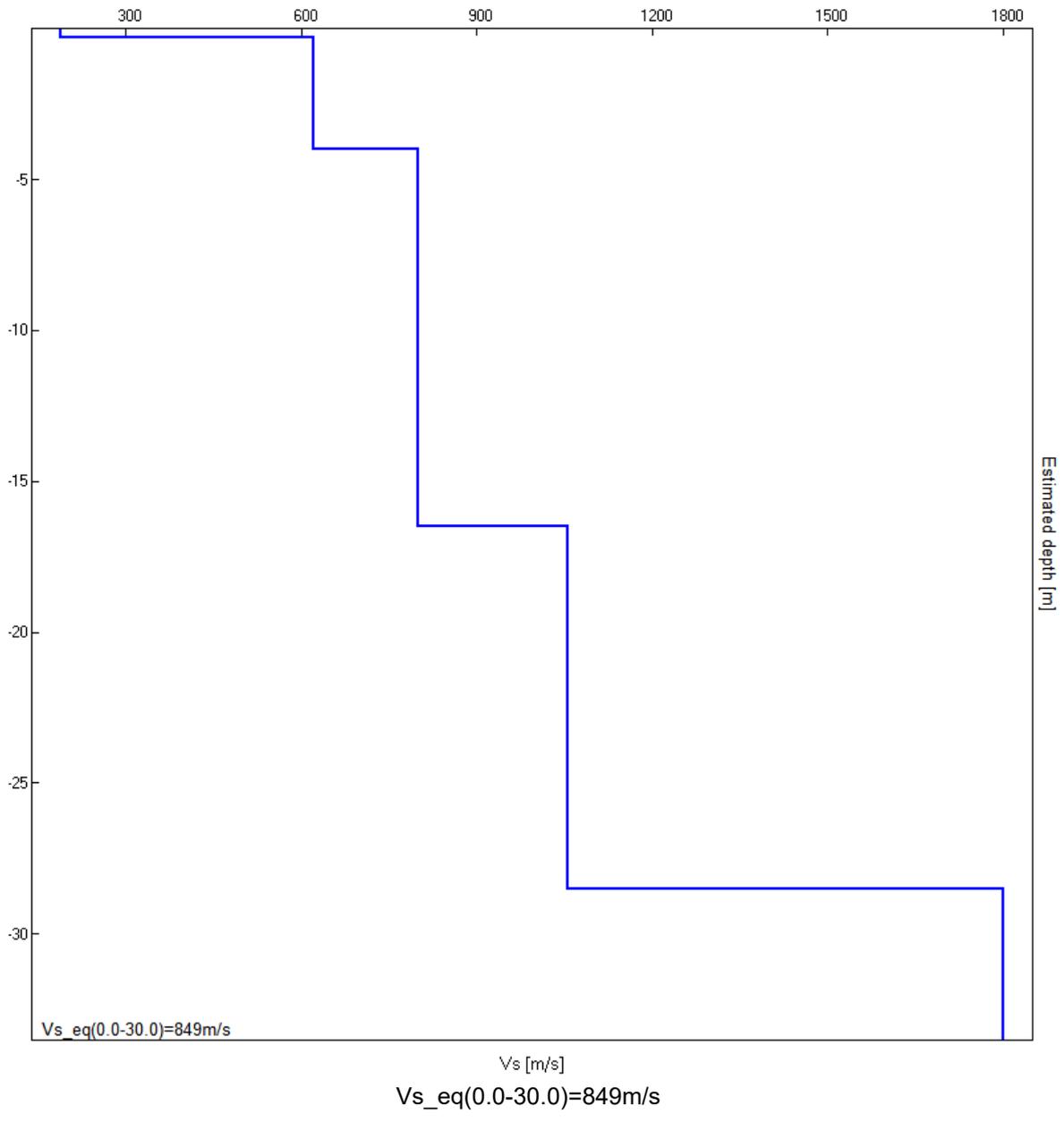
Channel labels: B1 ; B2 ; B3 ; B4 ; B5 ; B6 ; B7 ; B8  
 ; B9 ; B10 ; B11 ; B12 ; B13 ; B14 ; B15 ; B16 ; B17

Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 30.0 33.0 36.0 39.0 42.0 45.0 48.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.30	0.30	190	0.45
4.00	3.70	622	0.45
16.50	12.50	800	0.40
28.50	12.00	1057	0.42
inf.	inf.	1800	0.42



**Vs<sub>eq</sub>(0.0-30.0)=849 m/s = Categoria A**

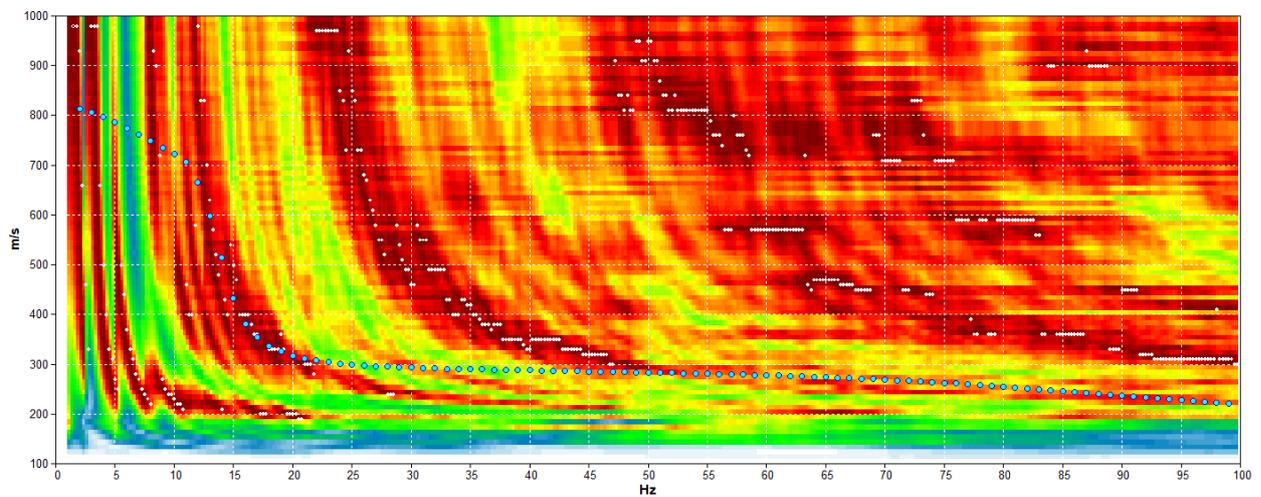
### 8.5.4.2 H/v 1 Masw 2

Start recording: 28/04/2021 08:43:45    End recording: 28/04/2021 08:56:47  
 Trace length: 0h00'02".  
 Sampling rate: 512 Hz

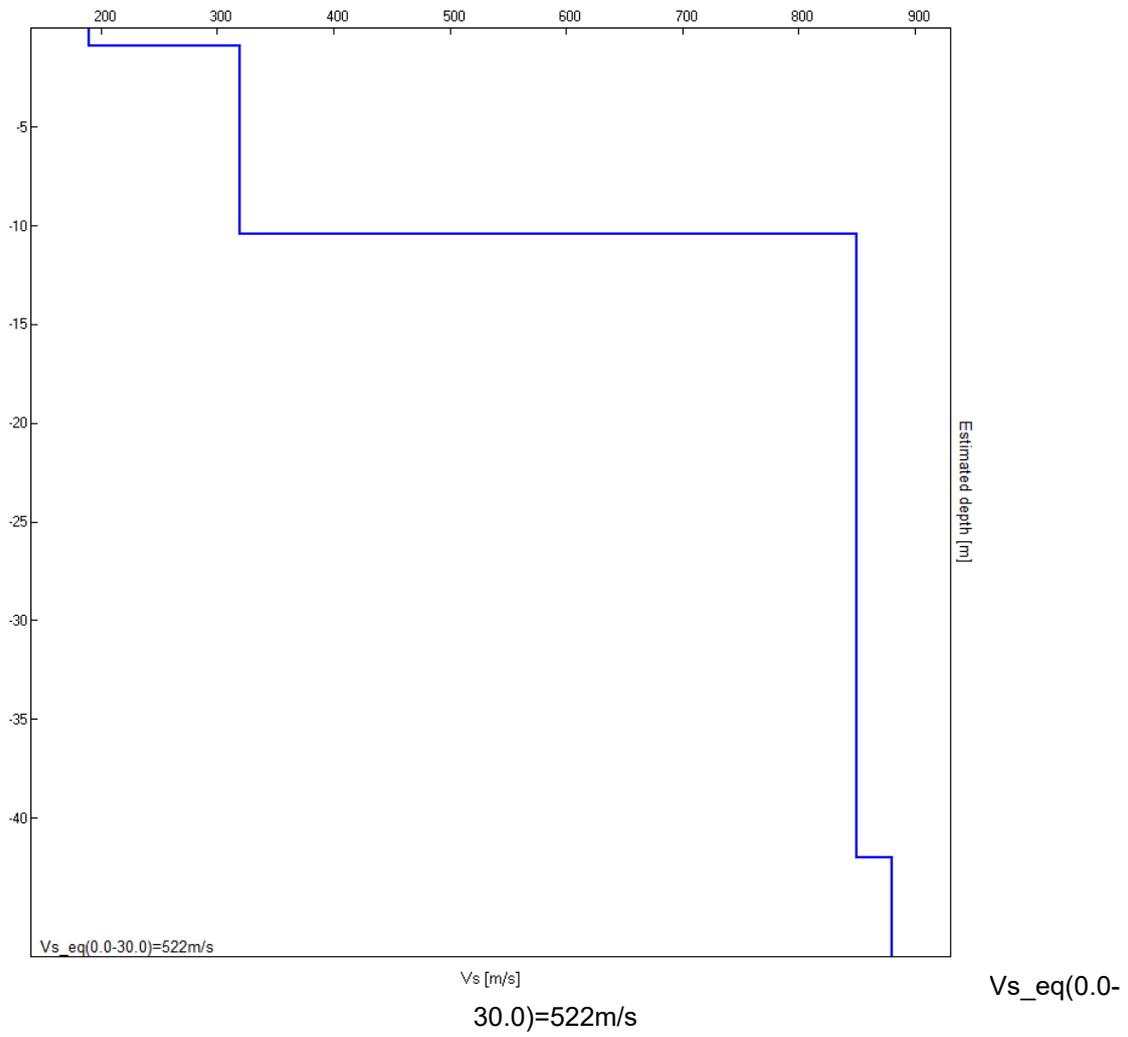
Channel labels: B1 ; B2 ; B3 ; B4 ; B5 ; B6 ; B7 ; B8  
 ; B9 ; B10 ; B11 ; B12 ; B13 ; B14 ; B15 ; B16 ; B17

Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 30.0 33.0 36.0 39.0 42.0 45.0 48.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.90	0.90	190	0.45
10.40	9.50	320	0.45
42.00	31.60	850	0.42
inf.	inf.	880	0.40



**$V_s_{eq}(0.0-30.0)=522$  m/s = Categoria B**

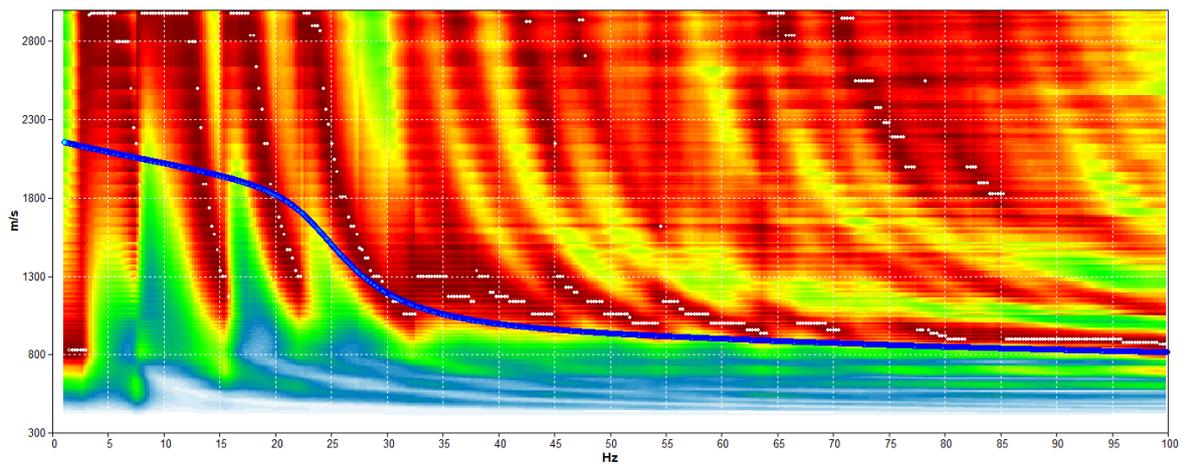
### 8.5.4.3 H/v 1 Masw 3

Start recording: 28/04/2021 13:28:14 End recording: 28/04/2021 13:48:14  
 Trace length: 0h20'00". Analyzed 37% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz

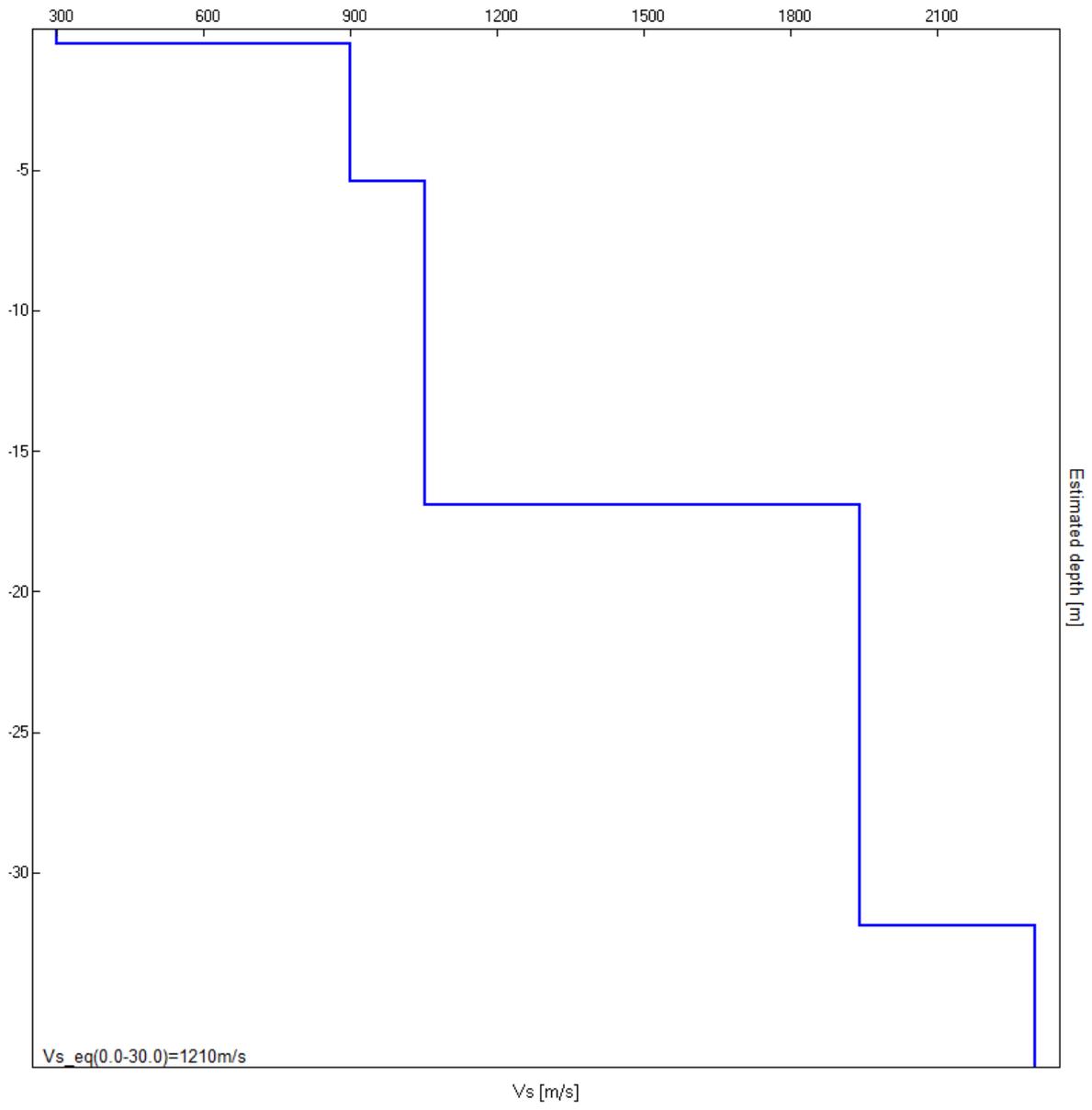
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 30.0 33.0 36.0 39.0 42.0 45.0 48.0 m.

MODELLLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.50	0.50	300	0.42
5.40	4.90	900	0.40
16.90	11.50	1052	0.40
31.90	15.00	1943	0.42
inf.	inf.	2300	0.42



Vs\_eq(0.0-30.0)=1210m/s

Vs [m/s]

Vs\_eq(0.0-30.0)=1210m/s

**Vs\_eq(0.0-30.0)=1210 m/s = Categoria A**

### 8.5.5 Sintesi risultati indagini geofisiche

Vista la posizione subaffiorante dell'ammasso roccioso, nelle prove 1 e 3 abbiamo ottenuto valori compatibili con una categoria A.

Nel caso della prova 2, questa è stata realizzata su una delle due aree che hanno mostrato spessori di terreno di copertura maggiori, ed il risultato ottenuto è stato una categoria B.

MASW	Vs_eq m/s	Categoria
1	849	<b>A</b>
2	522	<b>B</b>
3	1210	<b>A</b>

## 9. Sismicità

### 9.1 Sismicità storica

La sismicità della Regione Sardegna è assai bassa, come evidenziato da molti indicatori, quali l'evoluzione cinematica del Mediterraneo centrale, che secondo qualsiasi ricostruzione presente in letteratura, afferma che l'intero blocco sardo-corso è rimasto stabile negli ultimi 7 milioni di anni.

Il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (disponibile sul sito dell'INGV all'indirizzo: <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI11/>), che rappresenta il più completo e aggiornato database dei parametri macrosismici e strumentali dell'intero territorio nazionale, riporta, infatti, solo 2 eventi nel Nord della Sardegna, entrambi di magnitudo inferiore a 5 (nel 1924 e nel 1948).

Si tratta, comunque, di eventi irrilevanti di bassa energia.

I terremoti più recenti (avvenuti nel 2000, 2004 e 2006), tutti di  $M_w < 5$  e localizzati in mare, hanno prodotto in terraferma effetti di modesta intensità.

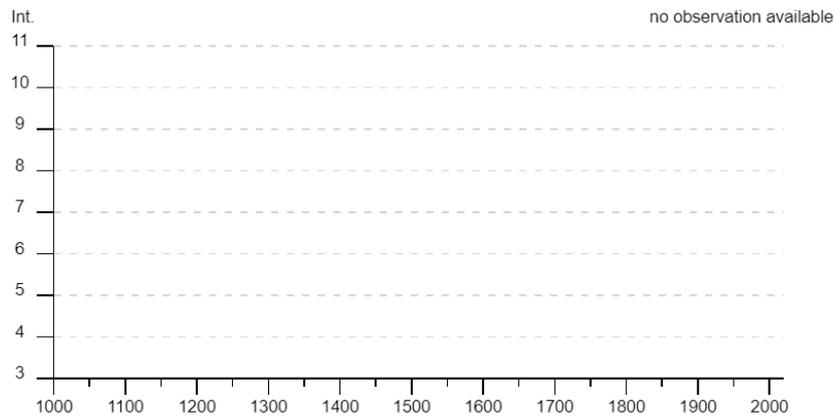


**Figura 9-1 -Mappa di pericolosità sismica dell'area di studio(rettangolo rosso) riferimento Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All.1b, espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ( $V_s > 800$  m/s; cat.A, punto 3.2.1 del 30 D.M. 14.09.2005)**

## Olmedo



PlaceID IT\_68264  
Coordinates (lat, lon) 40.649, 8.380  
Municipality (ISTAT 2015) Olmedo  
Province Sassari  
Region Sardegna  
No. of reported earthquakes 1



► Customize the diagram

Effects	Reported earthquakes									
Int.	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
2	2000	04	26	13	37	4	Tirreno centrale	265		4.77

Closest localities (within 10km) with reported macroseismic observations

Place name	EQs	Distance (km)
Uri	1	10

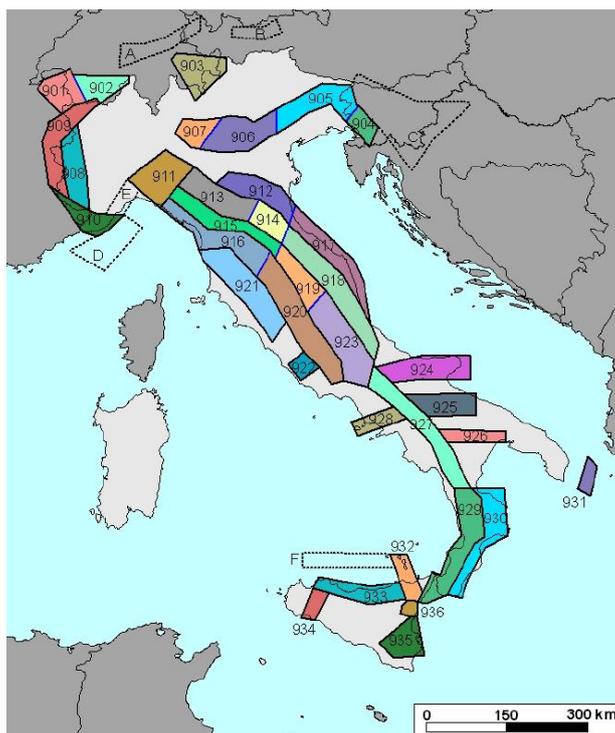
**Figura 9-2 -Lista sismi per la località più vicina al sito**

## 9.2 CARATTERIZZAZIONE SISMOGENETICA

La caratterizzazione sismogenetica dell'area in studio è stata elaborata considerando la recente Zonazione Sismogenetica, denominata ZS9, prodotta dall' INGV (Meletti C. e Valensise G., 2004).

Questa zonazione è considerata, nella recente letteratura scientifica, il lavoro più completo e aggiornato a livello nazionale.

Dall'analisi dei risultati riportati nella ZS9 si può evidenziare che l'intera Regione non è caratterizzata da nessuna area sorgente di particolare rilievo.



**Figura 9-3 -Mappa della Zonizzazione Sismogenetica ZS9 dell'Italia (fonte: Gruppo di lavoro INGV, 2004).**

## 9.3 SISMICITA' DELL'AREA

### 9.3.1 Premessa

Di seguito viene fornito un inquadramento generale sulla classificazione sismica dell'area in esame nel rispetto delle disposizioni delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del Decreto Ministeriale del 17/01/2018.

a) Secondo la normativa vigente la tipologia del suolo di fondazione è dipendente dal valore  $V_{s,eq}$  definito dalla seguente equazione:

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

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  $V_{s,30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità

b) Le verifiche strutturali nei diversi stati limiti vanno condotte adottando le azioni sismiche che sono funzione della "pericolosità sismica" dell'area in esame. La "pericolosità sismica" è definita a partire dall'accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su suolo rigido, con piano campagna orizzontale.

Le azioni di progetto dovute al sisma si ricavano dalle accelerazioni  $a_g$  e dalle relative forme spettrali definite in funzione dei parametri:

$a_g$  = accelerazione orizzontale massima al sito

$F_0$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale

$T_{c^*}$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I valori di tali parametri sono riportati nella tabella esposta nell'Allegato A del decreto, grazie alla quale i parametri dell'area in esame vengono ottenuti per interpolazione lineare tra quattro punti di una griglia di punti prefissati sul territorio

Utilizzando il software dedicato si ricavano gli spettri di risposta elastica delle componenti orizzontali di moto, per i diversi periodi di ritorno considerati dal D.M.

### 9.3.2 Microzonizzazione sismica

La microzonazione sismica ha lo scopo di riconoscere ad una scala sufficientemente piccola (scala comunale o sub comunale) le condizioni di sito che possono modificare sensibilmente le caratteristiche del moto sismico atteso (risposta sismica locale) o possono produrre deformazioni permanenti rilevanti per le costruzioni e le infrastrutture.

In sostanza lo studio di microzonazione restituisce una mappa del territorio nella quale sono indicate:

- le zone in cui il moto sismico viene modificato rispetto a quello atteso in condizioni ideali di terreno rigido (suolo A della norma nazionale) e pianeggiante, a causa delle caratteristiche litostratigrafiche del terreno e geomorfologiche del territorio.
- le zone in cui sono presenti o suscettibili di attivazione fenomeni di deformazione permanenti del territorio indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, assestamenti, liquefazioni, fagliazione superficiale).

Nel caso in esame, la copertura superficiale appare superiore alla profondità di posa delle fondazioni, ed il bedrock sismico ( $V_s > 800$  m/sec) non viene raggiunto; si avrà pertanto un'amplificazione sismica locale dovuta alla presenza del "letto" superficiale di sedimenti.

### 9.3.3 Effetti di amplificazione topografica

Le verifiche sugli effetti di amplificazione topografica si basano puramente su criteri di tipo morfometrico/morfologico; per le sezioni e le misurazioni si è fatto riferimento alla cartografia disponibile.

**Tab - Valori massimi del coeff. di amplificazione topografica (tabella 3.2.IV della N.T.C.):**

Categoria topografica	Ubicazione opera	St
T1 (sup. pianeggiante, pendii e rilievi isolati con incl. media $\leq 15^\circ$ )	-	1.0
T2 (pendii con inclinazione media $> 15^\circ$ )	Sommità del pendio	1.2
T3 (rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione media compresa tra $15-30^\circ$ )	Cresta del rilievo	1.2
T4 (rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione media $> 30^\circ$ )	Cresta del rilievo	1.4

Nel caso specifico, trattandosi di una superficie pianeggiante, il valore di riferimento è  $St = 1.0$

### 9.3.4 Categoria sismica terreni

Il D.M. del 17-01-2018 prevede ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate.

In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, VS.

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

Categoria	Descrizione
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>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</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>

Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume significativo (per volume significativo di terreno si intende la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso), ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente Vs30 di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità.

Per le fondazioni superficiali tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse.

Nei casi in cui tale determinazione non sia disponibile, la classificazione può essere effettuata in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (Standard Penetration Test) NSPT30 nei terreni prevalentemente a grana grossa e della resistenza non drenata equivalente cu30 nei terreni prevalentemente a grana fine.

La pericolosità sismica di un territorio è funzione di un complesso insieme di parametri naturali e rappresenta la probabilità che un evento sismico di data intensità si manifesti in una certa area in un determinato intervallo di tempo.

### 9.3.5 Pericolosità sismica – Pericolosità sismica di base

Vita nominale (Vn): 50 [anni]

Classe d'uso: II

Coefficiente d'uso (Cu): 1

Periodo di riferimento (Vr): 50 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975 [anni]

Coordinate geografiche del punto

Sardegna

Latitudine (WGS84): 40.0861435 [°]

Longitudine (WGS84): 8.9800262 [°]

#### Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.019	2.610	0.273
SLD	50	0.024	2.670	0.296
SLV	475	0.050	2.880	0.340
SLC	975	0.060	2.980	0.372

### 9.3.6 Pericolosità sismica di sito

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta=[10/(5+\xi)]^{(1/2)}$ : 1.000

Categoria sottosuolo: A

Categoria topografica:

T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

Muri di sostegno NTC 2008

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.004	0.005	0.010	0.012
0.002	0.002	0.005	0.006	
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.182	0.230	0.490	0.591
Beta	0.200	0.200	0.200	0.200

Paratie NTC 2008

Altezza paratia (H): 3.0 [m]

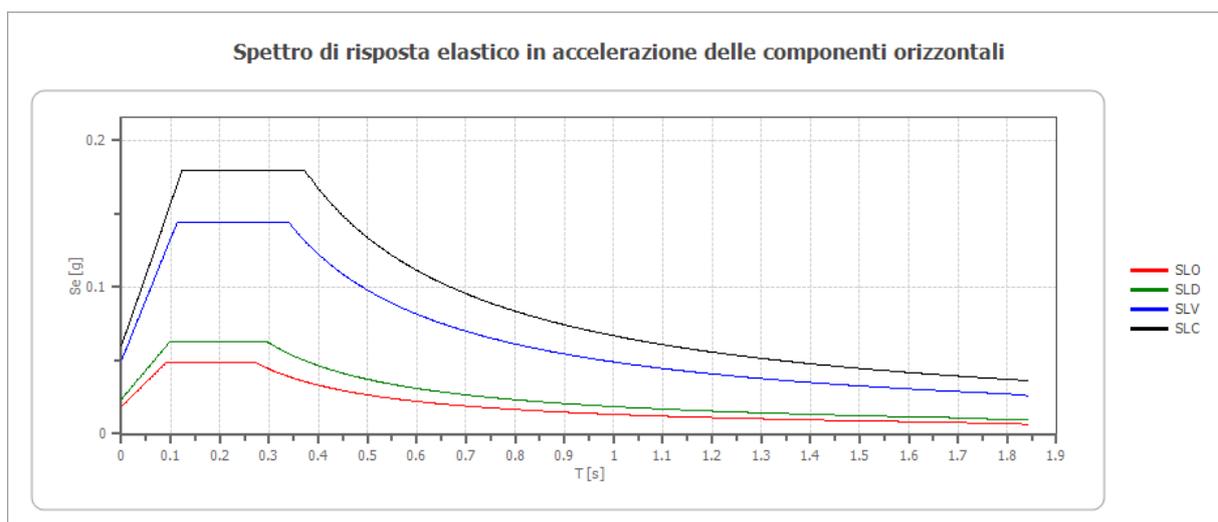
Spostamento ammissibile us: 0.015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.012	0.015	0.033	0.039
kv	--	--	--	--
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.182	0.230	0.490	0.591
Beta	0.650	0.650	0.650	0.650

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.004	0.005	0.010	0.012
kv	0.002	0.002	0.005	0.006
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.182	0.230	0.490	0.591
Beta	0.200	0.200	0.200	0.200

### **Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali**

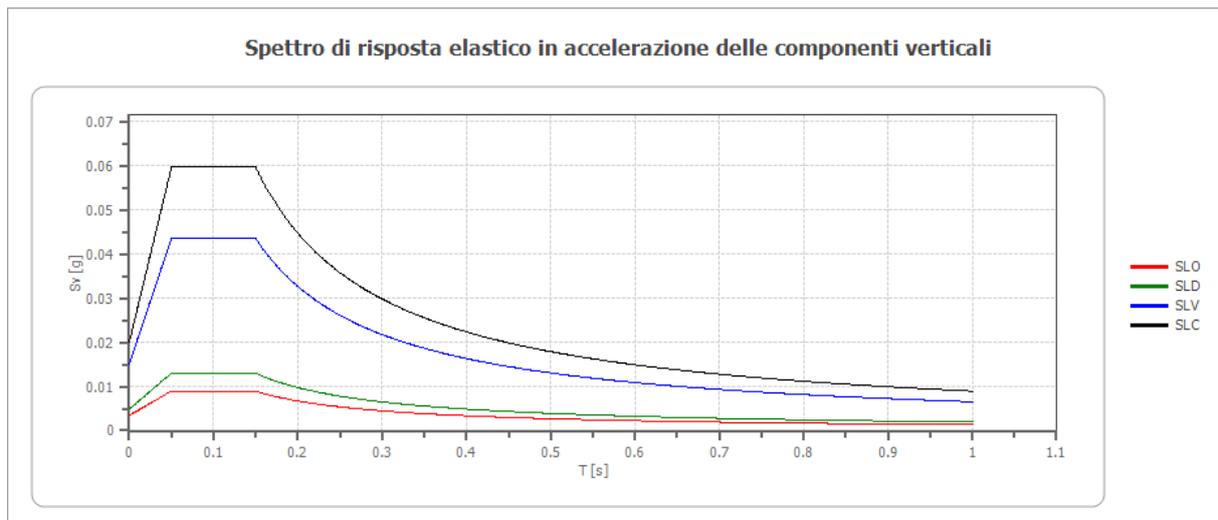


	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.019	2.610	0.273	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.091	0.273	1.674	0.019	0.049
SLD	1.0	0.024	2.670	0.296	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.099	0.296	1.694	0.023	0.063
SLV	1.0	0.050	2.880	0.340	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.113	0.340	1.800	0.050	0.144
SLC	1.0	0.060	2.980	0.372	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.124	0.372	1.841	0.060	0.180

### **Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali**

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ: 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta=[10/(5+\xi)]^{(1/2)}$ : 1.000



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	$\eta$ [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.019	2.610	0.273	1	1.000	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.003	0.009
SLD	1.0	0.024	2.670	0.296	1	1.000	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.005	0.013
SLV	1.0	0.050	2.880	0.340	1	1.000	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.015	0.043
SLC	1.0	0.060	2.980	0.372	1	1.000	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.020	0.060

### Spettro di progetto

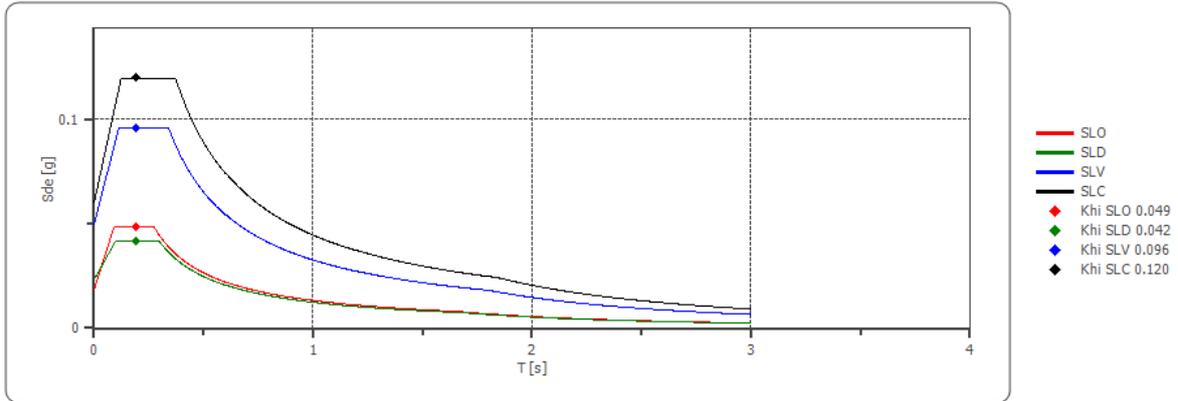
Fattore di struttura spettro orizzontale q: 1.50

Fattore di struttura spettro verticale q: 1.50

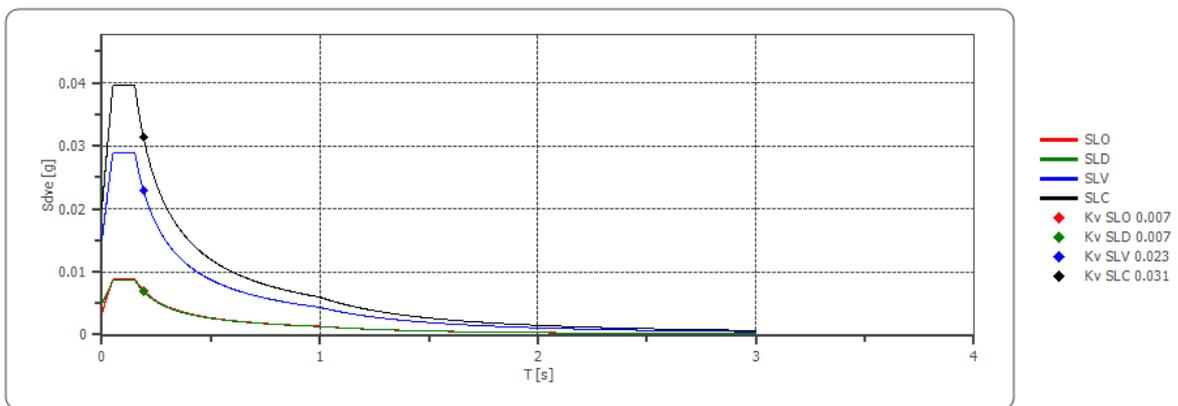
Periodo fondamentale T: 0.19 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
khi = Sde(T) Orizzontale [g]	0.049	0.042	0.096	0.120
kv = Sdve(T) Verticale [g]	0.007	0.007	0.023	0.031

### Spettro di progetto delle componenti orizzontali



### Spettro di progetto delle componenti verticali



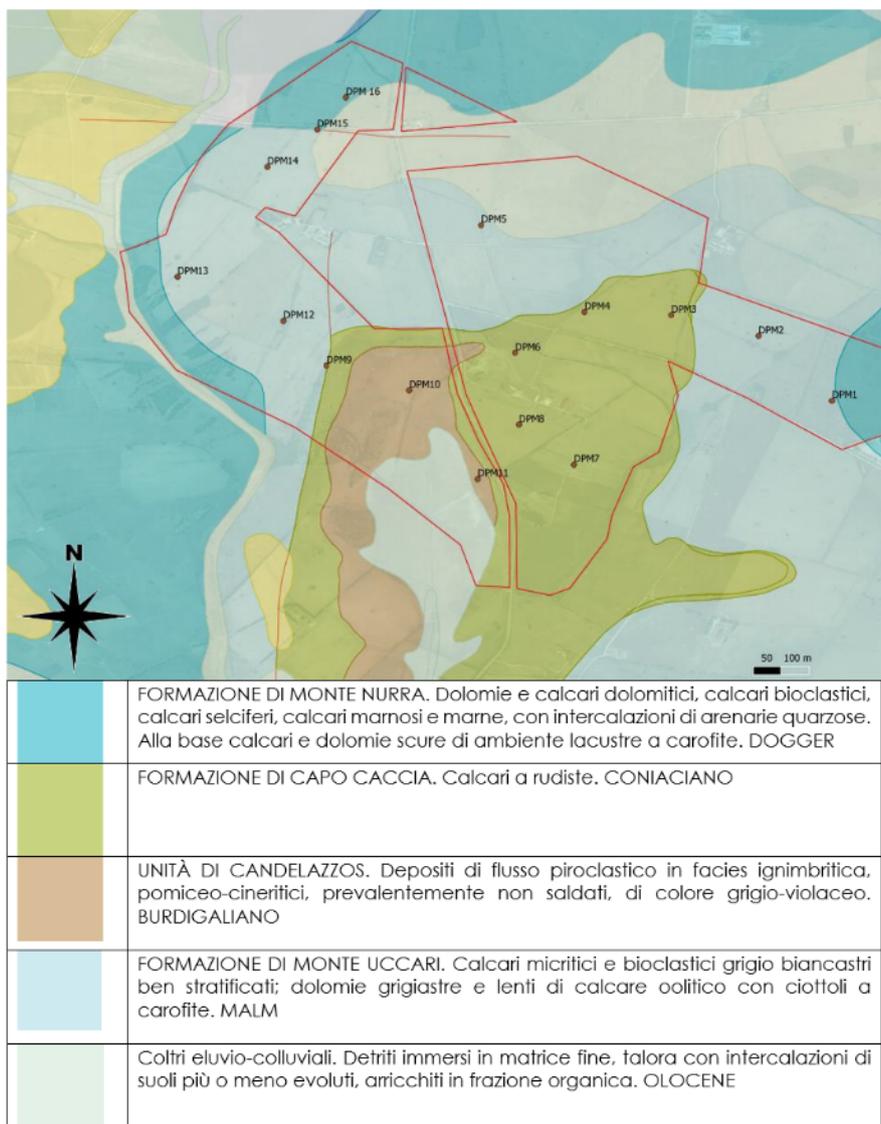
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(TB) [g]
SLO orizzontale	1.0	0.019	2.610	0.273	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.091	0.273	1.674	0.019	0.049
SLO verticale	1.0	0.019	2.610	0.273	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.003	0.009
SLD orizzontale	1.0	0.024	2.670	0.296	1.000	1.000	1.000	1.000	1.500	0.099	0.296	1.694	0.023	0.042
SLD verticale	1.0	0.024	2.670	0.296	1.000	1.000	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.005	0.009
SLV orizzontale	1.0	0.050	2.880	0.340	1.000	1.000	1.000	1.000	1.500	0.113	0.340	1.800	0.050	0.096
SLV verticale	1.0	0.050	2.880	0.340	1.000	1.000	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.015	0.029
SLC orizzontale	1.0	0.060	2.980	0.372	1.000	1.000	1.000	1.000	1.500	0.124	0.372	1.841	0.060	0.120
SLC verticale	1.0	0.060	2.980	0.372	1.000	1.000	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.020	0.040

## 10. Considerazioni conclusive

### 10.1 Geologia

La maggior parte dell'area è caratterizzata dalla presenza di rocce carbonatiche e dolomitiche, ed è presente un limitato orizzonte di piroclastiti. L'ammasso roccioso è quasi sempre subaffiorante.

La maggior parte dell'area di studio presenta materiali litici sotto forma di ciottoli e blocchi direttamente in superficie. In particolare blocchi con dimensioni decimetriche sono estremamente abbondanti, ma si incontrano anche massi metrici.





*Scavi presso rilievo fattoria.  
L'impaludamento è probabilmente  
connesso a roccia subaffiorante*



*Blocchi calcarei superficiali lungo la  
piana antistante la cava*

Ci si trova presumibilmente in corrispondenza di un'area dotata di un suolo poco evoluto, impostato sul cappello di alterazione dell'ammasso roccioso sottostante.

Il disgregamento e la pedogenizzazione dell'ammasso roccioso, ha lasciato abbondanti elementi litici relitti in una matrice limoso sabbiosa.

**Normalmente lo spessore rilevato tramite le indagini condotte di questo orizzonte non è mai stato superiore ad 1,5 metri, ad eccezione di due aree connesse con probabili fenomeni di deposizione e sedimentazione di materiali provenienti da monte.**

Gli affioramenti superficiali dell'ammasso roccioso sono evidenti nel rilievo dove è ubicata la fattoria, alla cui base sono anche stati realizzati degli scavi (foto sopra).



Blocchi di piroclastiti superficiali



Blocchi calcarei superficiali

## 10.2 Morfologia

La porzione nord è pianeggiante, la porzione centrale presenta due rilievi che si elevano di una ventina di metri rispetto alla piana circostante. I rilievi hanno in massima parte pendii molto dolci. La porzione sud presenta una scarpata, in coincidenza del livello piroclastitico, ed al di sotto una piana. In base alle indagini questa piana appare una vecchia palude/bacino, con presenza di materiali fini per almeno 2 metri di spessore, e falda a circa 1 metro di profondità.

Dal punto di vista dei possibili dissesti, escludendo il possibile rotolamento di limitati blocchi dalle limitatissime pareti presenti (in sintesi un piccolo affioramento vicino alla fattoria), non sono state segnalate possibili problematiche.

Si segnala che **sono possibili impaludamenti in una limitata porzione dell'area a nord, e nella piana a sud dell'area**. Nella piana la presenza di materiali fini, e di perdite della condotta delle acque di irrigazione, comporta l'impaludamento di una notevole porzione di quel settore.

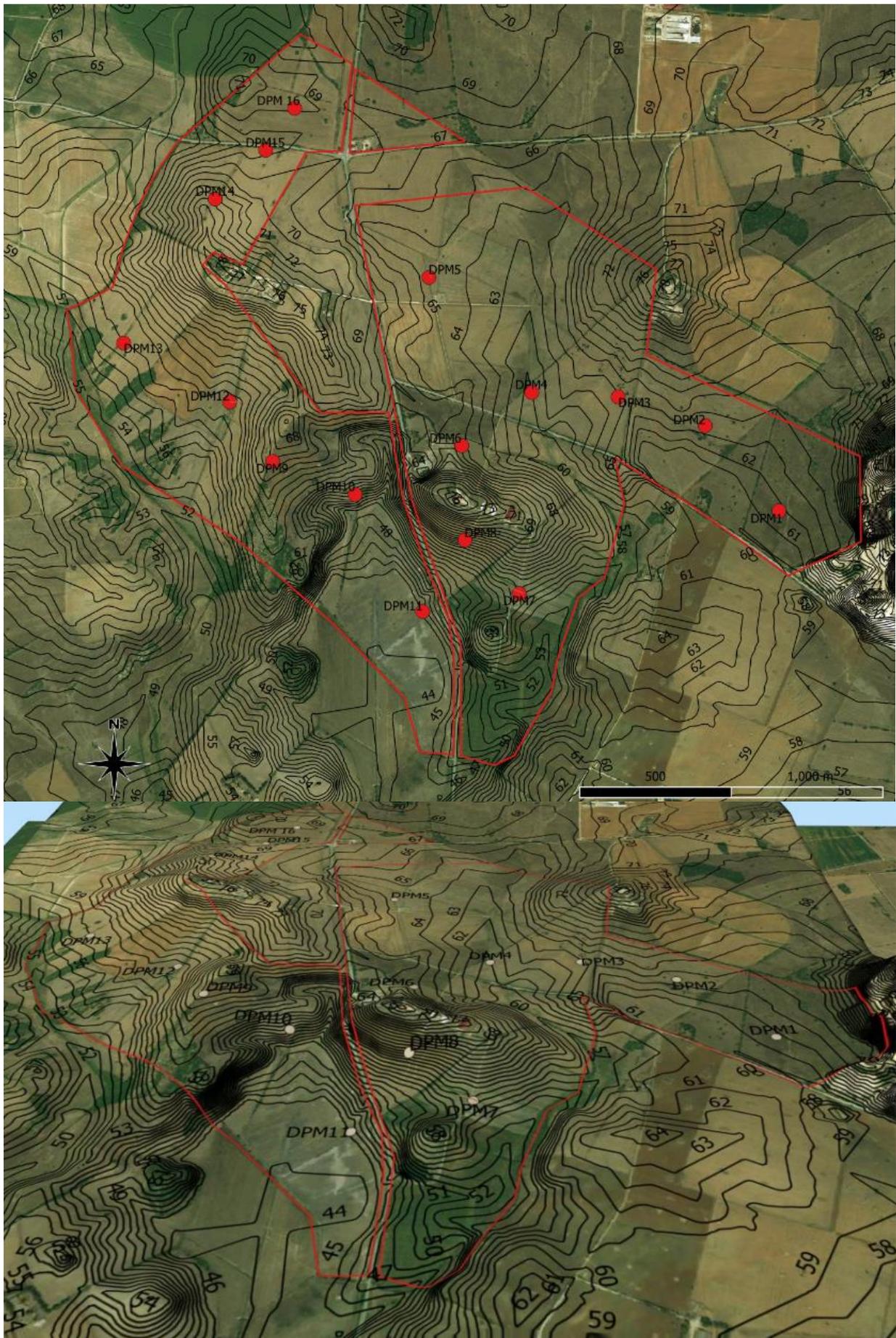


Figura 10-1 -Vista 2D e 3D dell'area. In 3D scala verticale esagerata di 5 volte

### 10.3 Caratteristiche geotecniche

in massima parte le **caratteristiche geotecniche sono ottime, anche a partire dal piano campagna**. La presenza di ciottoli e massi abbondanti ha quasi sempre comportato il **raggiungimento di un elevato numero di colpi per tratta di avanzamento durante le prove in sito**.

Facendo riferimento alla planimetria delle prove riportata alla pagina precedente, **solo in coincidenza di DPM11 e DPM7 si è riusciti ad approfondire oltre 1-1,4 m**.

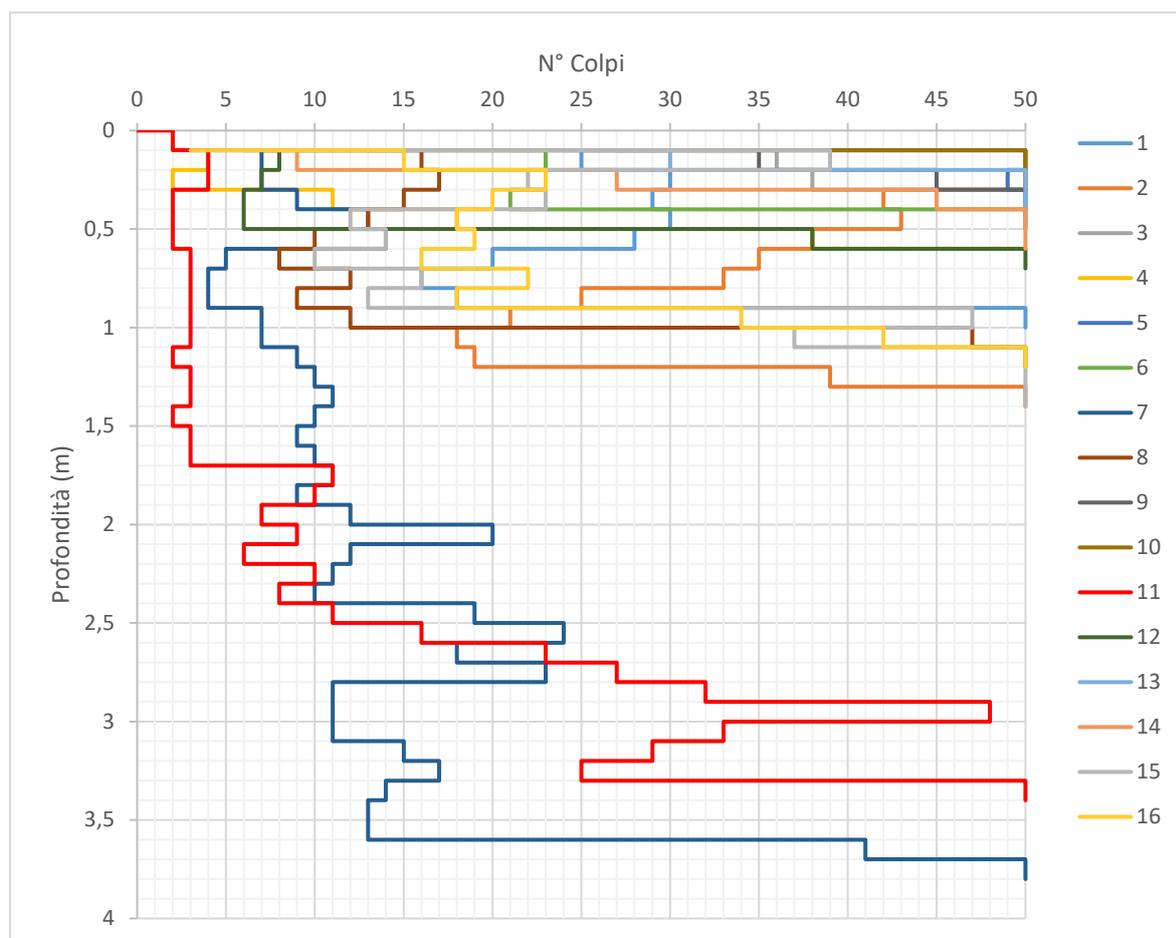
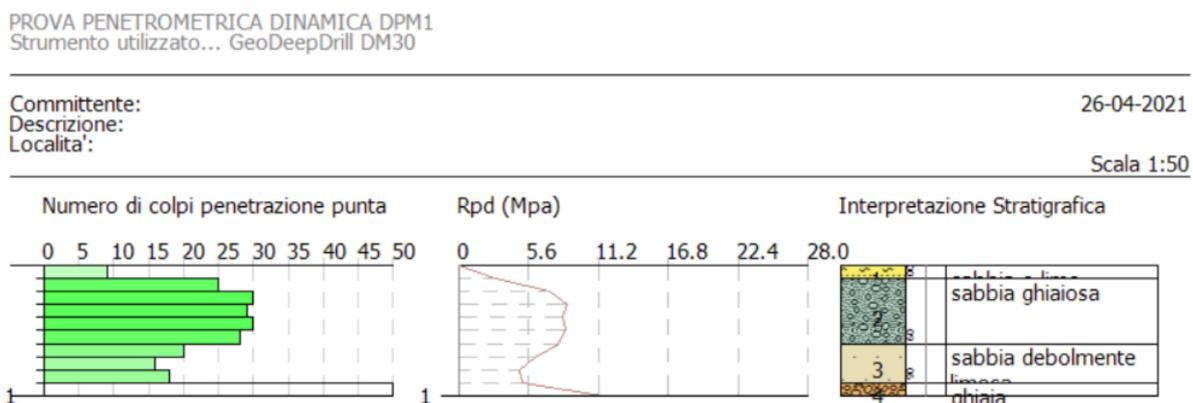


Figura 10-2 -Comparazione prove penetrometriche

### 10.3.1 Aree con poca copertura

Per quanto riguarda il gruppo di prove che non sono riuscite ad approfondirsi oltre 1,4 m, come prova "riassuntiva", si riporta la prova DPM1, che risulta la più cautelativa tra le 14 prove eseguite in aree simili.



#### DPM1

Strato	Prof. Strato (m)	Nspt	Tipo	g (KN/m³)	g. Sat (KN/m³)	Angolo d'attrito (°)	Coesione non drenata Cu	Densità relativa (%)
1	0.1	6.76	Incoerente	14.08	18.57	29.89	0	64.89
2	0.6	21.33	Incoerente	15.79	19.63	33.97	0	100
3	0.9	13.52	Incoerente	14.92	19.09	31.79	0	84.02
4	1	37.55	Incoerente	17.3	20.56	38.51	0	100

#### Grafico penetrometrico e tabella riassuntiva caratteristiche geotecniche DPM1

Si sottolinea comunque che spesso non è stato possibile raggiungere le profondità raggiunte da DPM1.

**Questo elemento è da tenere da conto in relazione all'utilizzo di pali battuti come supporto ai pannelli solari.** In alcune aree è possibile che il "terreno" si approfondisca oltre le profondità necessarie per i pali di sostegno, ma in linea generale si deve considerare che in alcune aree il substrato roccioso è effettivamente superficiale, ed inoltre l'abbondanza di massi, presenti anche in superficie, indica che la possibilità di incontrarne durante la perforazione è molto alta, ed in alcune aree quasi certa.

Viene riportato di seguito un grafico riportante i valori di Densità Relativa rispetto alla profondità, in modo da avere una valutazione immediata del grado di addensamento.

La media su 42 valori calcolati è risultata dell'89%, e 25 valori hanno dato una densità Relativa del 100%.

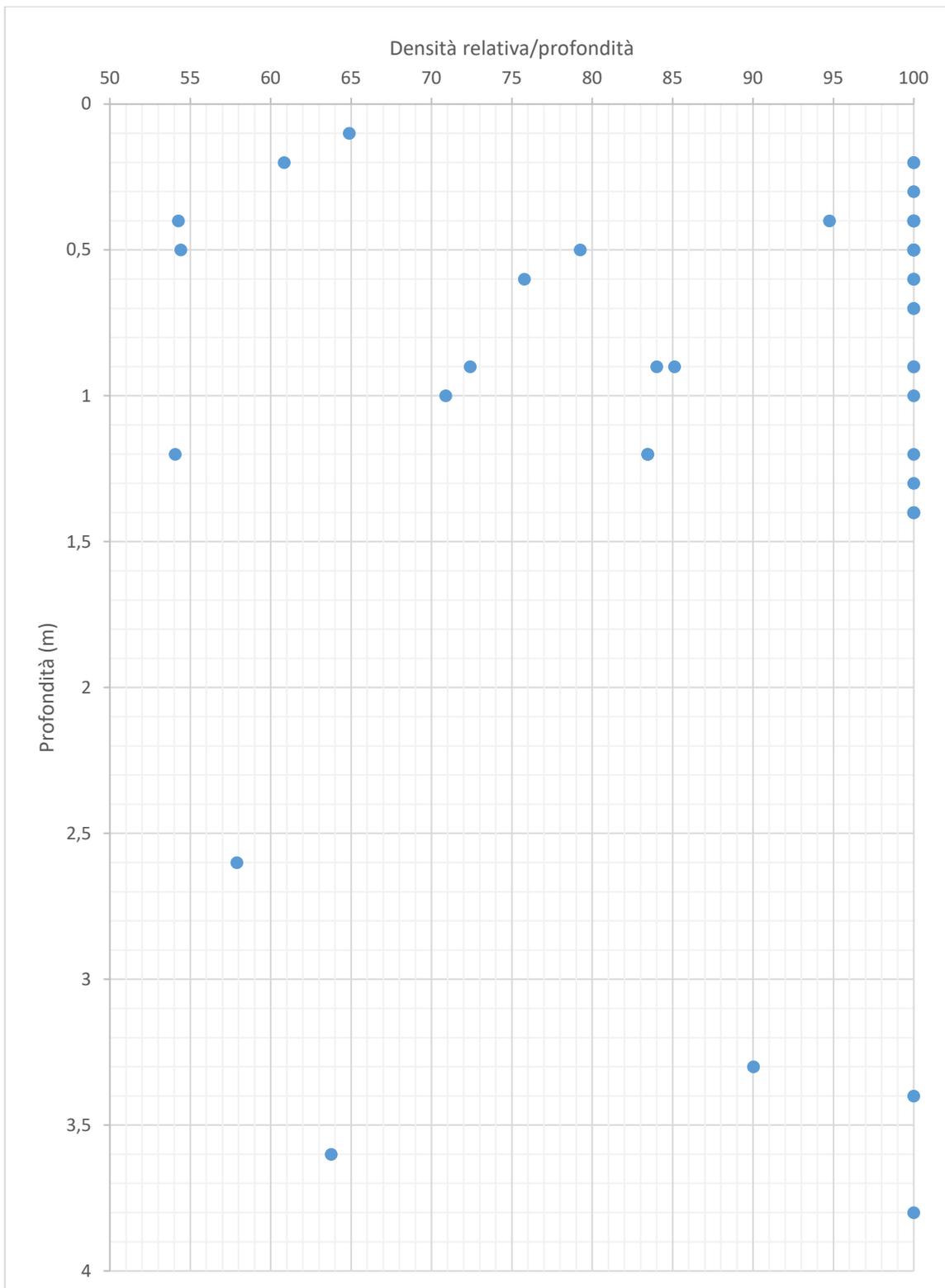


Figura 10-3 -Densità Relativa rispetto alla profondità

In sintesi, **la presenza di ciottoli, massi o in generale di materiale litico, è abbondante sulla maggior parte dell'area e rende difficoltoso o impossibile inserire a percussione aste metalliche.**

### 10.3.2 Aree con copertura superiore a 3 m

Per quanto riguarda invece le aree in cui **è stato possibile approfondirsi oltre i 3 metri**, queste si trovano nella porzione meridionale dell'area, ed **hanno caratteristiche distinte**.

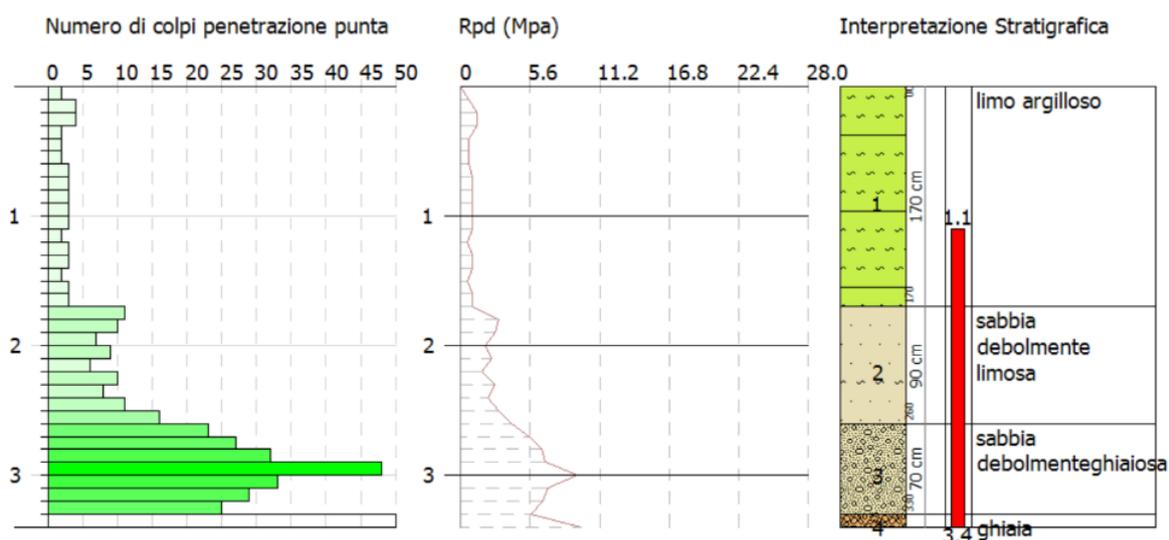
**L'area in cui ricade DPM11** è una depressione caratterizzata dalla presenza di materiali fini per quasi 2 metri, per poi passare a litologie più addensate, ma comunque penetrabili. Profondità raggiunta pari a 3,4 m. E' presente un canale di scolo mappato, e l'area tende ad impaludarsi a causa della presenza di una condotta che perde. Appare come un'area sede in precedenza di un acquitrino, e la falda è stata individuata a circa 1 metro di profondità.

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPM11  
Strumento utilizzato... GeoDeepDrill DM30

Committente:  
Descrizione:  
Località:

28-04-2021

Scala 1:50



#### DPM11

Strato	Prof. Strato (m)	Nspt	Tipo	g (KN/m³)	g. Sat (KN/m³)	Angolo d'attrito (°)	Coesione non drenata Cu	Densità relativa (%)
1	1.7	2.07	Coesivo	15.4	18.14	0	12.65	--
2	2.6	7.34	Incoerente	14.15	18.62	30.06	0	57.9
3	3.3	23.28	Incoerente	15.56	19.49	33.36	0	90.03
4	3.4	37.55	Incoerente	16.3	19.95	35.36	0	100

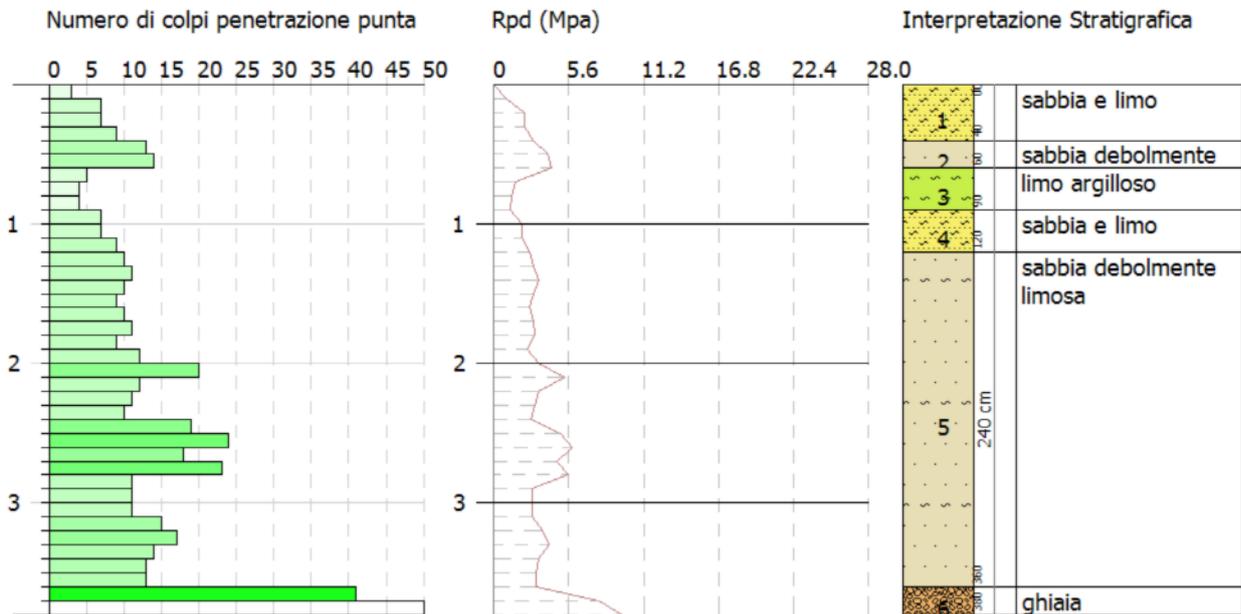
#### Grafico penetrometrico e tabella riassuntiva caratteristiche geotecniche DPM11

**Nell'area di DPM7** invece siamo in una fascia di accumulo di depositi dei versanti adiacenti che sfuma poi verso l'area di DPM11. Qui è stata raggiunta la profondità massima, pari a 3,8 metri, ma i materiali incontrati non presentavano come in DPM11 materiali fini in superficie, a causa della diversa evoluzione dei depositi.

Committente:  
Descrizione:  
Località:

07-05-2021

Scala 1:50



#### DPM7

Strato	Prof. Strato (m)	Nspt	Tipo	g (KN/m³)	g. Sat (KN/m³)	Angolo d'attrito (°)	Coesione non drenata Cu	Densità relativa (%)
1	0.4	4.88	Incoerente	13.83	18.42	29.37	0	54.27
2	0.6	10.14	Incoerente	14.51	18.84	30.84	0	75.79
3	0.9	3.25	Coesivo	16.18	18.24	0	19.91	--
4	1.2	5.76	Incoerente	13.95	18.49	29.61	0	54.07
5	3.6	10.14	Incoerente	14.51	18.84	30.84	0	63.76
6	3.8	34.17	Incoerente	17.02	20.39	37.57	0	100

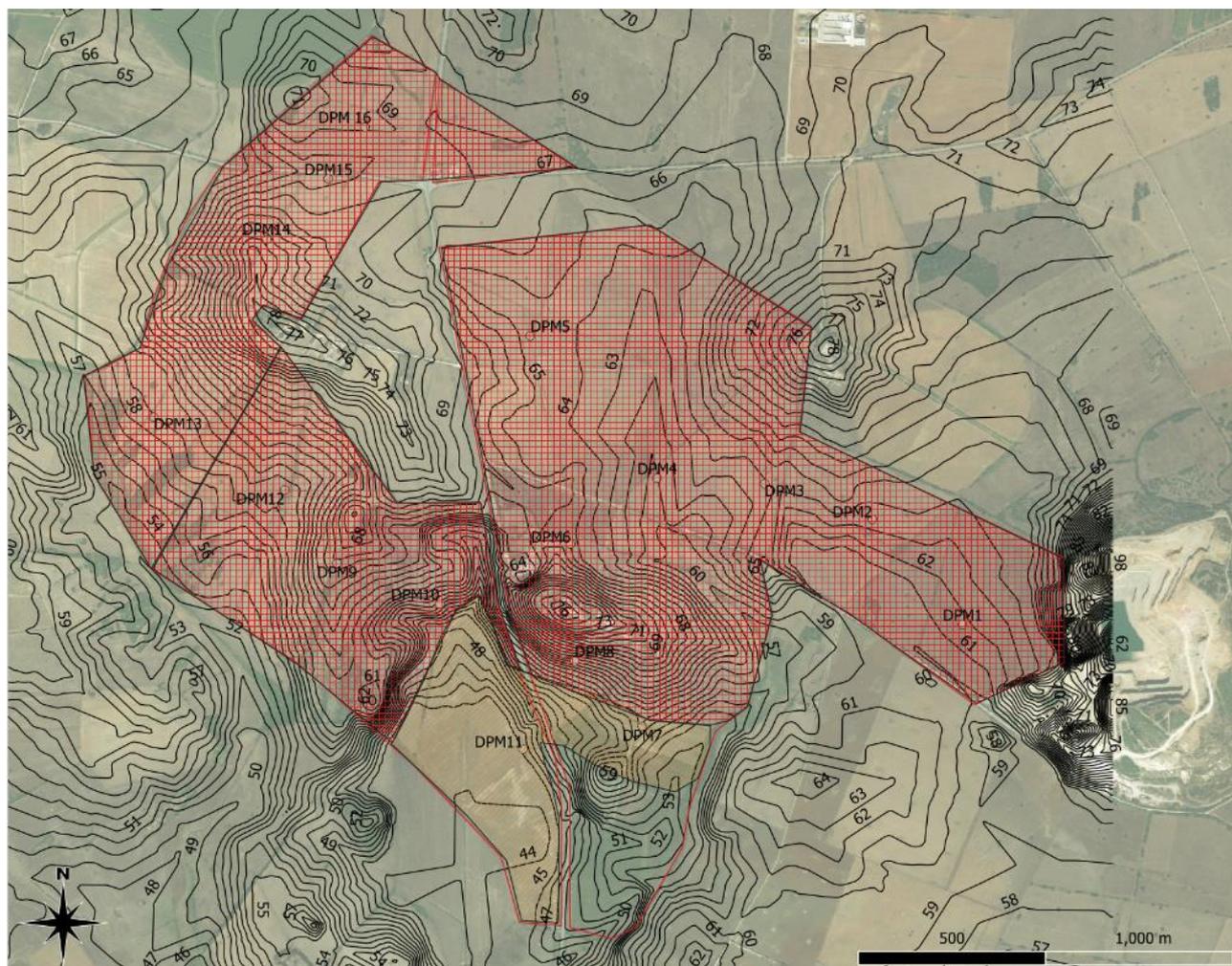
#### Grafico penetrometrico e tabella riassuntiva caratteristiche geotecniche DPM7

### 10.3.3 Mappa spessore terreno copertura

La mappa proposta di seguito, è basata su 16 punti di indagine, quindi è da considerare indicativa, e da verificare preliminarmente alla realizzazione delle opere, ma si reputa che sia in massima parte corrispondente alla situazione.

Al fine di proporre una prima suddivisione delle aree in base allo spessore della copertura, sono state discriminate 2 sotto aree, una in cui la profondità massima di indagine raggiunta è inferiore a 1,5 metri (cosa avvenuta in 14 prove su 16)

Nelle aree con il retino a quadretti rossi, la profondità massima raggiunta dalle prove è risultata di 1,4 m, mentre il retino a righe arancioni, indica profondità massime raggiunte di prove 3,8 m.

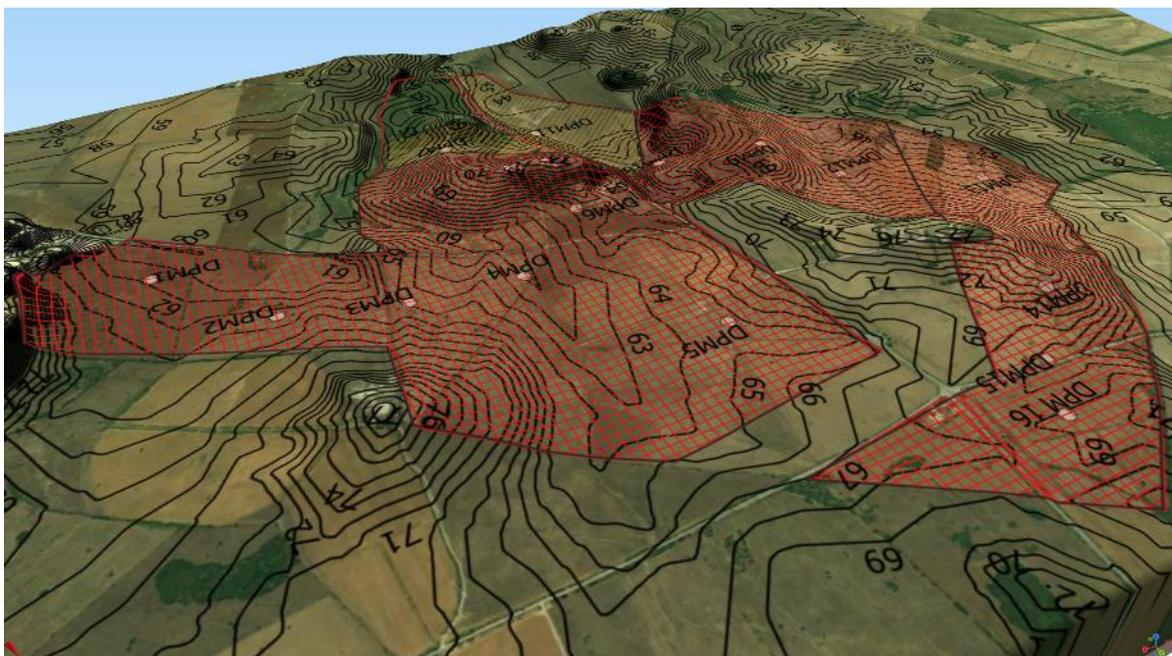


**Figura 10-4 - Mappa spessore copertura**

Vengono proposte delle visioni 3D dell'area, esagerate lungo la scala verticale, al fine di rendere maggiormente evidenti i cambi di pendenza e le forme del rilievo.

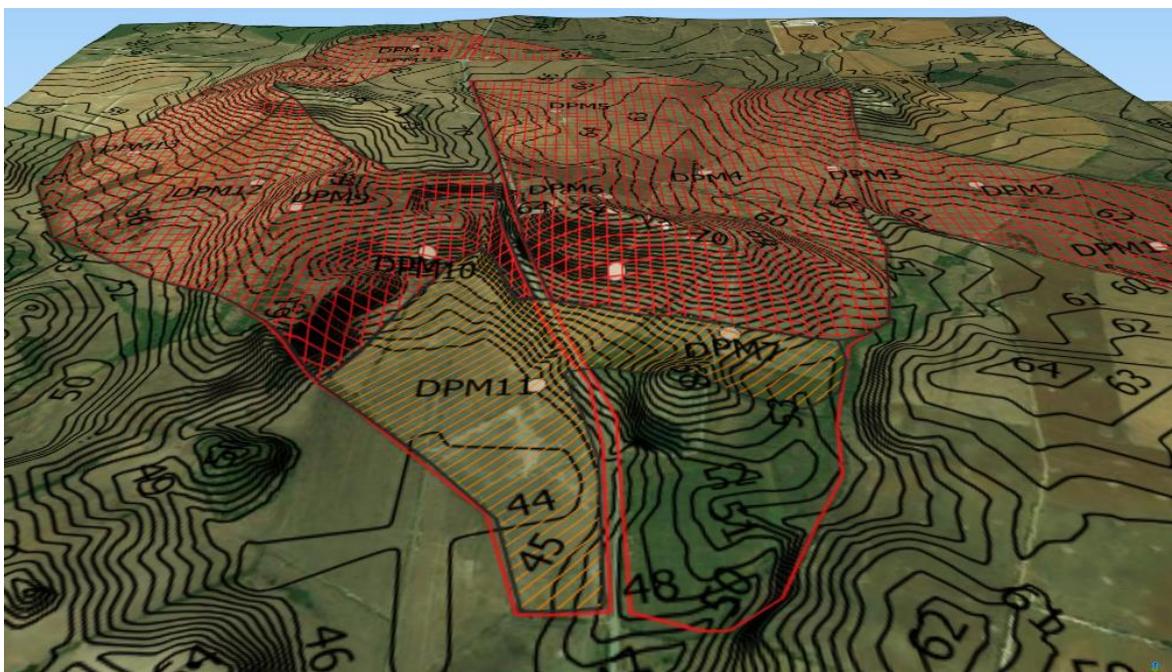
Anche con questa amplificazione lungo la scala verticale, si può osservare come l'area, per la maggior parte, sia pianeggiante o a bassa pendenza.

I rilievi principali coincidono con la fattoria, sita al centro dell'area di studio ed il rilievo ad ovest della fattoria, posto alla stessa latitudine oltre la strada provinciale.



**Figura 10-5 -Vista 3D dell'area di studio da N verso S. Scala verticale esagerata per 5. Retino a quadretti rossi, profondità massima raggiunta dalle prove 1,4 m; Retino a righe arancioni, profondità massima raggiunta dalle prove 3,8 m**

Oltre alle aree pianeggianti, si osserva la depressione nella porzione sud dell'area di studio, sempre pianeggiante, di cui viene proposto un dettaglio di seguito, caratterizzata da uno spessore della coltre superficiale, superiore ai 3 metri.



**Figura 10-6 -Vista 3D dell'area di studio da S verso N. Scala verticale esagerata per 5**

In sintesi quindi, per la maggior parte dell'area (in totale circa 300 ettari), la posa di pali battuti potrebbe essere problematica, se non impossibile a causa della abbondante presenza di materiali litici o di roccia in posto. Si consiglia di considerare ipotesi fondazionali basate su pali trivellati o fondazioni superficiali.

Circa 45 ettari invece appaiono invece dotati di terreni superficiali con caratteristiche più idonee alla posa di pali.