



COMUNE DI USINI  
Provincia di Sassari

INTERVENTI URGENTI DI  
RACCOLTA E SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE  
DEL QUARTIERE "SANTA MARIA"

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA

ELABORATO :

**Relazione geologico-geotecnica**

REVISIONI				ALLEGATO	SCALA	
n°	MODIFICA	DATA	CTRL			
01	consegna	Settembre 2025		C	CODICE	
					NOTE	

RTP tra  
Mandatario:



Studio Associato  
4E-INGEGNERIA

Dott. Ing. Fabio Cambula

Mandanti:

Dott. Geol. Alessandro Muscas

Dott.ssa Archeologa Emanuela Atzeni

Il R.U.P.  
Geom. Sabattino Antonio Satta

Il Sindaco:  
Dott. Antonio Brundu

## **INDICE**

1	PREMESSA.....	1
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	2
3	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	2
4	DETTAGLI PROGETTUALI .....	4
4.1	INTERVENTI PREVISTI.....	4
4.2	INTERVENTI DA REALIZZARE .....	7
5	ANALISI DISPOSIZIONI E VINCOLI .....	8
5.1	PGRA – PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI .....	8
6	DESCRIZIONE INDAGINI ESEGUITE .....	10
6.1	SONDAGGIO GEOGNOSTICO .....	10
6.2	PROVE PENETROMETRICHE SPT .....	11
6.3	POZZETTI GEOGNOSTICI .....	11
6.4	ANALISI CHIMICHE DI LABORATORIO .....	12
6.5	INDAGINI GEOFISICHE .....	14
7	RELAZIONE GEOLOGICA.....	16
7.1	PREMESSA .....	16
7.2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....	16
7.3	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO .....	18
7.4	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO .....	19
7.5	MODELLO GEOLOGICO LOCALE .....	20
8	PERICOLOSITÀ GEOLOGICA.....	21
8.1	PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA .....	21
8.2	PERICOLOSITÀ SISMICA .....	22
8.3	LIQUEFAZIONE .....	22
9	RELAZIONE GEOTECNICA.....	23
10	CONCLUSIONI.....	26

## **ALLEGATI**

- REPORT INDAGINI

## 1 PREMESSA

Il presente documento, commissionato dal *Comune di Usini*, rappresenta la **Relazione Geologica e Geotecnica** del progetto PFTE denominato “*INTERVENTI URGENTI DI RACCOLTA E SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE DEL QUARTIERE SANTA MARIA - 1° STRALCIO FUNZIONALE*” e viene elaborato dal geologo Alessandro Muscas, iscritto all’albo dei geologi della Regione Sardegna al n°210.

L’intervento è necessario per realizzare la raccolta e lo smaltimento delle acque meteoriche del quartiere Santa Maria nel centro abitato di Usini; il settore è situato nella periferia Nord-Ovest del centro edificato ed è caratterizzato da un’altimetria generalmente inferiore a quella delle aree circostanti e pertanto in occasione di eventi meteorici è soggetto a ristagni idrici ed allagamenti che coinvolgono anche gli edifici e la viabilità urbana. Con l’intervento si intende realizzare il collettore terminale che consentirà lo smaltimento presso il corpo idrico ricevente situato a Nord del centro abitato in prossimità dell’attuale sfioratore in zona Corrau – Corraeddu.

Lo studio e le considerazioni espresse sono stati completati al fine di valutare la situazione geotecnica, geologica e strutturale locale e per definire, con buona attendibilità, la situazione stratigrafica e le caratteristiche dei terreni di sedime del sito ed è stato elaborato in applicazione della normativa vigente.

La ricostruzione della situazione stratigrafica è stata effettuata sulla scorta degli esiti di un’indagine in situ i cui dati sono stati confrontati con diverse campagne d’indagine condotte nel territorio circostante.

Sono state fatte inoltre valutazioni sulla generale stabilità geomorfologica delle aree interessate dagli interventi di progetto.

Nello specifico lo studio è stato caratterizzato dalle seguenti attività:

- ricerca e analisi bibliografica e cartografica di sondaggi e prove pregresse, della geologia e delle caratteristiche litologiche dei terreni affioranti nell’area di studio e nelle zone contermini;
- esame delle foto aeree e satellitari disponibili, per un’estensione significativa rispetto all’opera in oggetto;
- verifica fenomeni franosi nella Carta Inventario dei Movimenti Franosi I.F.F.I. - Inventario Fenomeni Franosi in Italia;
- verifica fenomeni franosi nell’Inventario dei Fenomeni Franosi e Situazioni a Rischio di Frana del P.A.I. Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico;
- rilevamento geologico e geomorfologico delle aree interessate dal presente progetto;
- Esecuzione indagine geologica, geotecnica, geofisica e ambientale lungo il tracciato delle opere.

## 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa vigente in materia, a cui si è fatto riferimento per la stesura del presente documento tecnico, è la seguente:

- **Circolare C.S. LL.PP. n. 7 del 21.01.2019** «Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni» di cui al **D.M. 17.01.2018**;
- **D.M. 17.01.2018** «Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni»;
- **Circolare C.S. LL.PP. n. 617 del 02.02.2009** «Istruzioni per l'applicazione delle nuove Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008»;
- **Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3316 del 02.10.2003** «Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri»;
- **Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20.03.2003** «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica»;
- **D.M. LL.PP. 16.01.1996** «Norme tecniche per la costruzione in zone sismiche»;
- **Circolare n. 218/24/3 del 09.01.1996** «Istruzioni applicative per la redazione della Relazione Geologica e della Relazione Geotecnica»;
- **Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)** adottato dalla Giunta Regionale con D.G.R. n. 54/33 del 30.12.2004 e reso esecutivo con Decreto Assessoriale n. 3 del 21.02.2005 con pubblicazione nel BURAS n. 8 dell'11.03.2005;
- **Decreto del Presidente della R.A.S. N. 10 DEL 14 MAGGIO 2025 «Norme di Attuazione del P.A.I.»;**
- **A.G.I. 1977** «Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche».

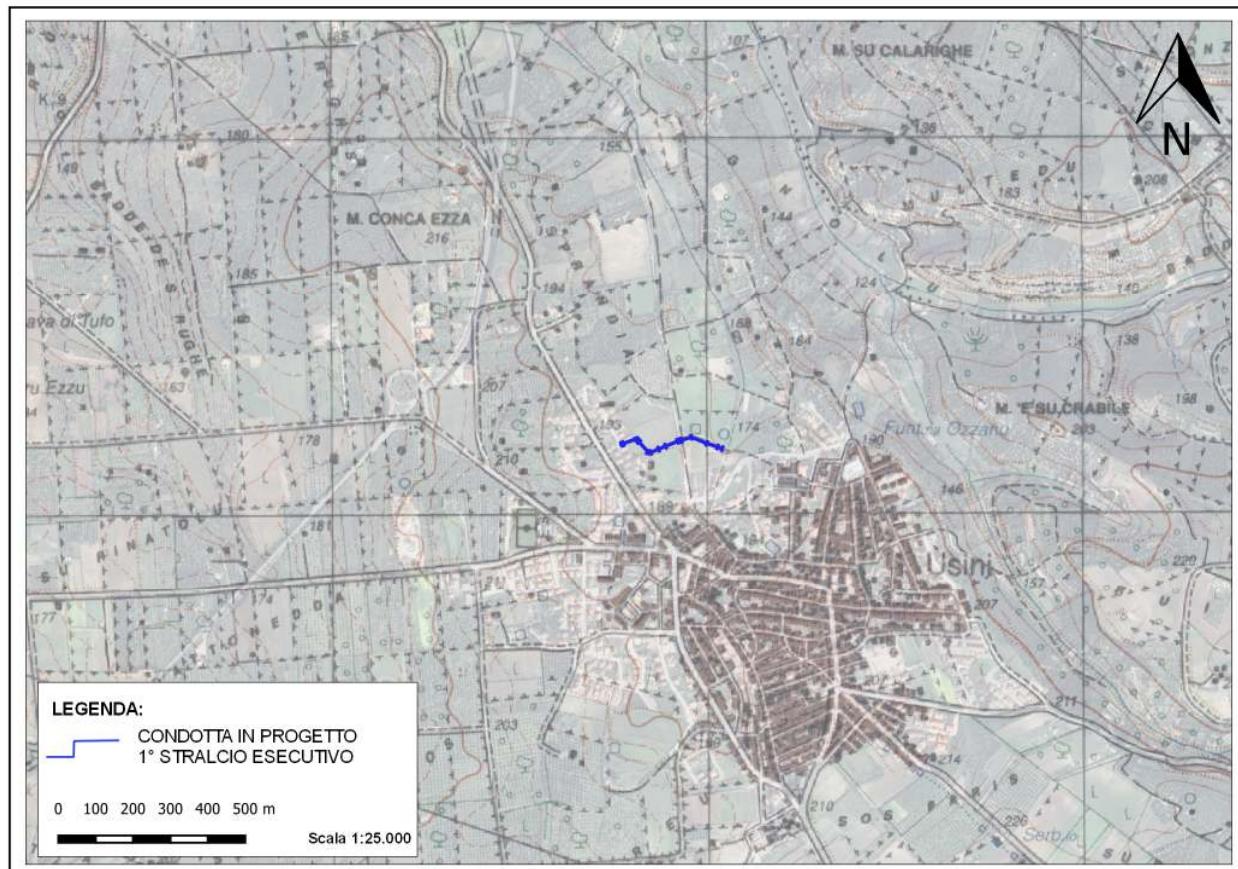
## 3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Dal punto di vista geografico, l'area in esame, ricadente nel quartiere di Santa Maria e nell'agro di Usini (SS), è inquadrata e distinta come di seguito riportato.

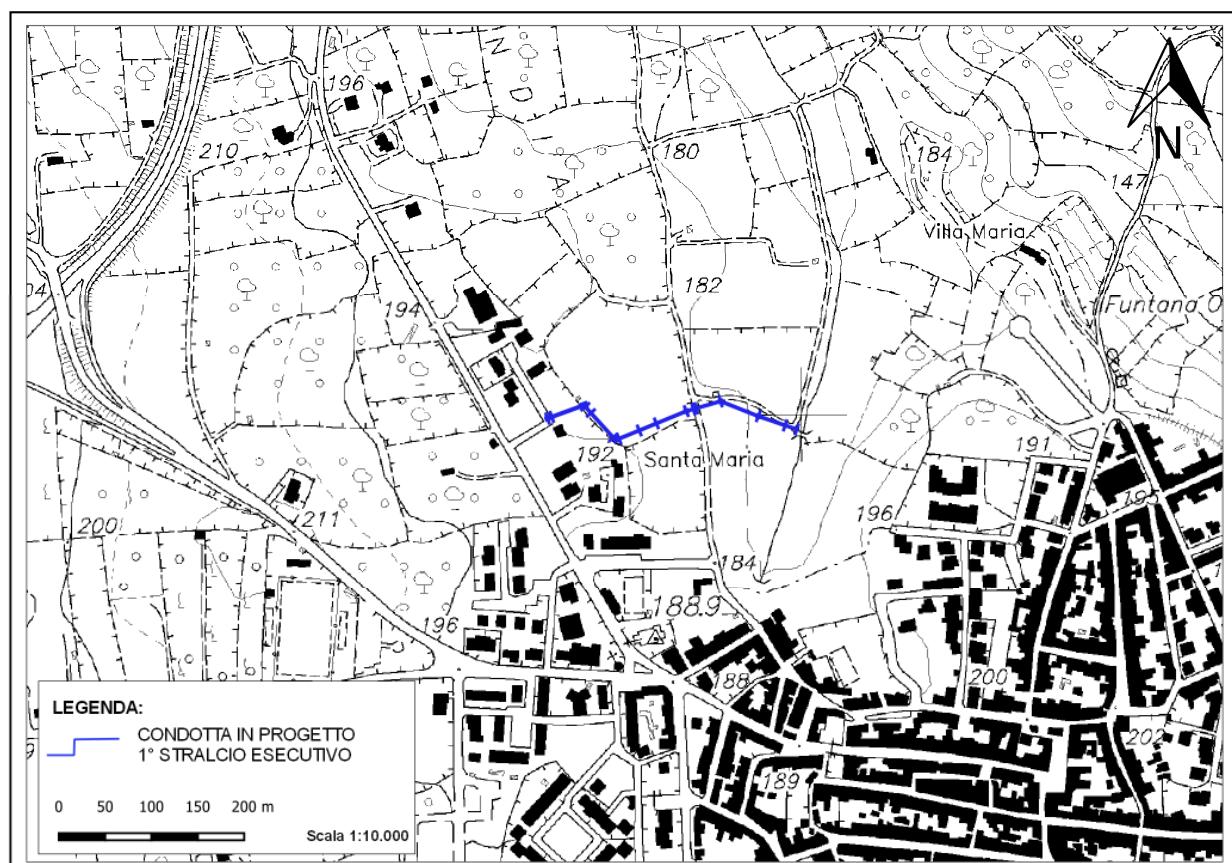
- 1:25.000, nella Foglio 459 Sez. II – “OSSI”;
- 1:25.000, Carta Geologica di Base – Regione Sardegna;
- 1:10.000, Carta Tecnica Regionale, Sezione 459110 – “USINI”;

Le coordinate geografiche del punto di inizio e fine della condotta in progetto (1° stralcio), in WGS 84, sono di seguito riportate:

Quota m s.l.m.	Latitudine WGS 84	Longitudine WGS 84
(Inizio) 190,00	(Inizio) 40° 40.0689' N	(Inizio) 8° 32.1013' E
(Fine) 177,00	(Fine) 40° 40.0606' N	(Fine) 8° 32.2950' E



**Figura 1** - Inquadramento su Foglio I.G.M. e Foto Aerea in scala 1:25.000.



**Figura 2** - Inquadramento su C.T.R. in scala 1:10.000.

## 4 DETTAGLI PROGETTUALI

Il quartiere di Santa Maria, situato a Nord-Ovest del centro abitato, e di recente edificazione ed è dotato di un sistema di raccolta delle acque miste, ovvero nella medesima rete di tubazioni affluiscono sia le acque reflue di scarico delle abitazioni sia le acque meteoriche raccolte dai tetti e dalle strade tramite pluviali e caditoie; tale schema di impianto entra in crisi in occasione di eventi meteorici anche non intensi a causa della insufficienza della sezione idraulica disponibile, sviluppando un funzionamento in pressione con fuoriuscita di acque reflue e in generale con l'allagamento delle strade e dei cortili. La criticità è particolarmente elevata in corrispondenza dell'incrocio tra le vie Diaz e Loi ma è evidente anche nell'intero quartiere. Occorre pertanto perseguire i seguenti obiettivi:

- Progettare e realizzare un sistema di raccolta e smaltimento dedicato alle sole acque meteoriche, adeguatamente dimensionato, in modo tale da liberare la porzione di centro abitato dal rischio di allagamento e dalla possibilità di inquinamento;
- Incrementare i dispositivi di raccolta delle acque superficiali (caditoie ecc..) in modo da intercettare quanto più possibile il deflusso superficiale che si forma nelle zone impermeabili;
- Realizzare interventi con impatto ambientale minimo e limitando le azioni “distruttive” rispetto agli elementi dell’edificato urbano utilizzando tecniche “no-dig” (micro tunnel).

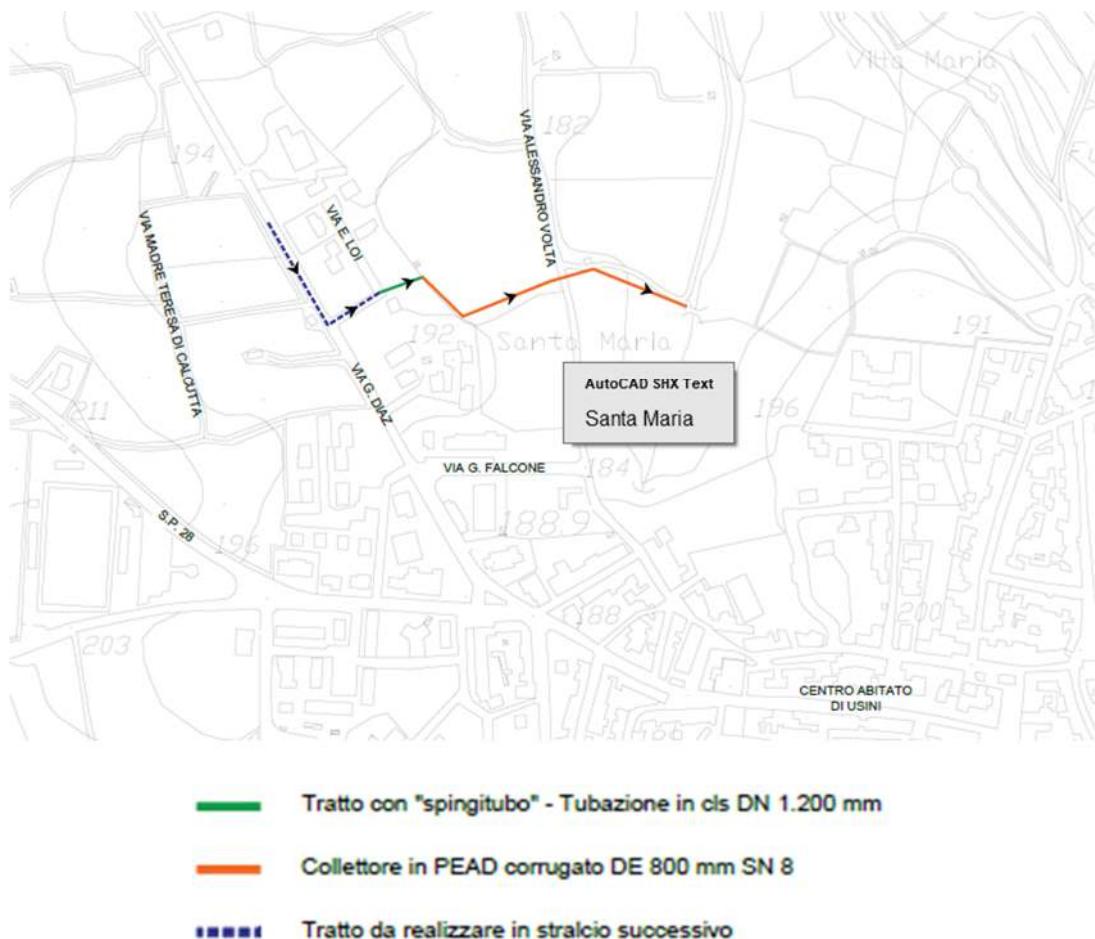
### 4.1 INTERVENTI PREVISTI

A fronte delle criticità descritte è stata effettuata una valutazione idrologica e idraulica preliminare che ha consentito di definire la portata di dimensionamento pari a **1,7 mc/s corrispondente al tempo di ritorno di 25 anni**. Di conseguenza si prevede di realizzare i seguenti gruppi di intervento:

- A. Realizzazione di tratto di collettore di scarico con tecnica “no-dig” in spingitubo dello sviluppo di circa 38 metri effettuato con trivellazione orizzontale in grado di realizzare il tratto di collettore come se fosse una galleria associando all'avanzamento una tubazione in acciaio (controtubo) di diametro maggiore per poter accogliere quella principale. Il lavoro sarà realizzato mediante pozzetto di partenza all'estremo di valle nel quale sarà alloggiata la macchina operatrice e un pozzetto di arrivo dove terminerà il tratto interrato con tecnologia no-dig; entrambi i pozzi potranno essere utilizzati in fase di esercizio delle opere. Con questa tecnica sarà possibile evitare di intervenire nelle proprietà private e di dover demolire e ricostruire porzioni di cortili e recinzioni.
- B. Realizzazione del collettore finale di collegamento al corpo idrico mediante tubazione in polietilene corrugato a doppia parete di diametri esterni 800 e 1.000 mm dello sviluppo complessivo di 300 metri sino al manufatto di sfioro *Corrau-Corraeddu*; la posa avverrà in trincea con scavo a sezione ristretta. I diametri sono stati scelti in funzione delle condizioni di deflusso desunte da modello matematico in moto vario.

C. Potenziamento della raccolta del deflusso superficiale mediante realizzazione di caditoie stradali e connessioni dei pluviali, e realizzazione di 2 nuovi collettori dedicati alle sole acque meteoriche nelle vie Diaz e Loi. Le tubazioni saranno di polietilene corrugato di DE 500 mm ispezionabili mediante pozzetti in linea; lo sviluppo complessivo delle tubazioni e pari a metri 150, la posa avverrà in trincea secondo scavo a sezione ristretta.

In funzione delle disponibilità economiche previste, allo stato attuale non è possibile realizzare i gruppi di intervento di cui al punto C, per cui si potrà eseguire **un primo stralcio relativo alle sole lavorazioni descritte ai punti A e B.**

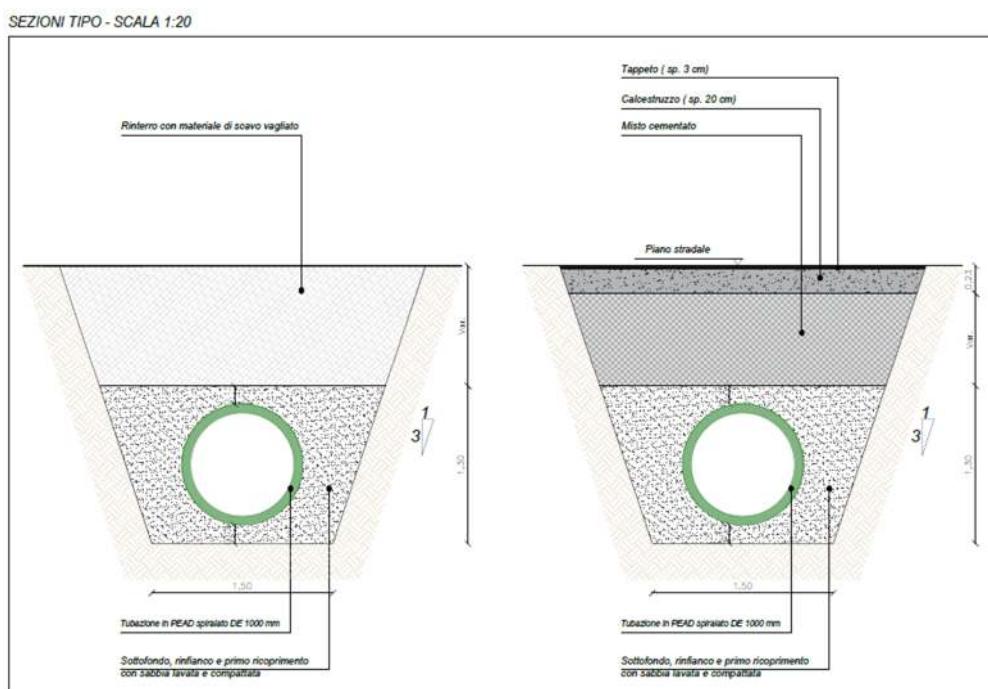


**Figura 3 - Planimetria generale interventi**



- Tubazione in PEAD strutturato del diametro DN 800 mm
- Tubazione in PEAD strutturato del diametro DN 1000 mm
- Tubazione in cemento armato del diametro DN 1000 mm (tratto in spingitubo)
- Pozzetto di ispezione in c.a. - dimensioni nette interne (1)
- Pozzetto di ispezione in c.a. - dimensioni nette interne (2)

**Figura 4 - Planimetria di dettaglio intervento**



**Figura 5 - Sezioni di scavo tipo per posa tubazioni**

#### 4.2 INTERVENTI DA REALIZZARE

Le **lavorazioni** previste consistono nel dettaglio:

- Scavi a sezione ristretta in terra e roccia tenera
- Posa di collettore in polietilene ad alta densità con profilo strutturato a doppia parete liscia internamente e corrugata esternamente classe SN4, avente diametri DE 800 e 1.000 mm per una lunghezza di circa 260 m;
- Realizzazione di letto di posa, rinfanco e ricoprimento con sabbia di fiume o pietrischetto della pezzatura massima 1 - 3 mm;
- Rinterro dei cavi con l'utilizzo del materiale di scavo opportunamente vagliato e compattato;
- Demolizione di porzioni di pavimentazione in conglomerato bituminoso per consentire la costruzione del pozzetto di arrivo dello spingitubo;
- Trasporto e conferimento a discarica autorizzata secondo le codifiche CER dei materiali di risulta provenienti dagli scavi e dalle demolizioni di conglomerato bituminoso;
- Ripristino delle pavimentazioni stradali demolite;
- Realizzazione del pozzo di spinta per l'alloggiamento delle apparecchiature dello spingitubo avente dimensioni pari a 500 x 300 x h 200;
- Installazione di impianto di cantiere per spingitubo del diametro interno pari a 1.000 mm;
- Esecuzione di perforazione con “*pressotrivella*”;
- Fornitura e posa di tubi in calcestruzzo vibrato armato a sezione circolare per posa a spinta DN 1000 mm;
- Realizzazione di 5 pozzi di ispezione in calcestruzzo armato delle dimensioni nette pari a 200 x 206 x h 380 (pozzetto di arrivo dello spingitubo) e pari a 150 x 156 x h variabile, pareti e fondo classe C25/30 spessore 20 cm, copertina C30/35 spessore 25 cm, acciaio di armatura B450C;
- Realizzazione delle opere di raccordo del collettore all'alveo del corso d'acqua.

## 5 ANALISI DISPOSIZIONI E VINCOLI

Al fine di valutare eventuali limitazioni alla fattibilità degli interventi in progetto e all'uso del territorio, si è verificato il regime vincolistico proposto dalle principali norme vigenti a tutela del territorio.

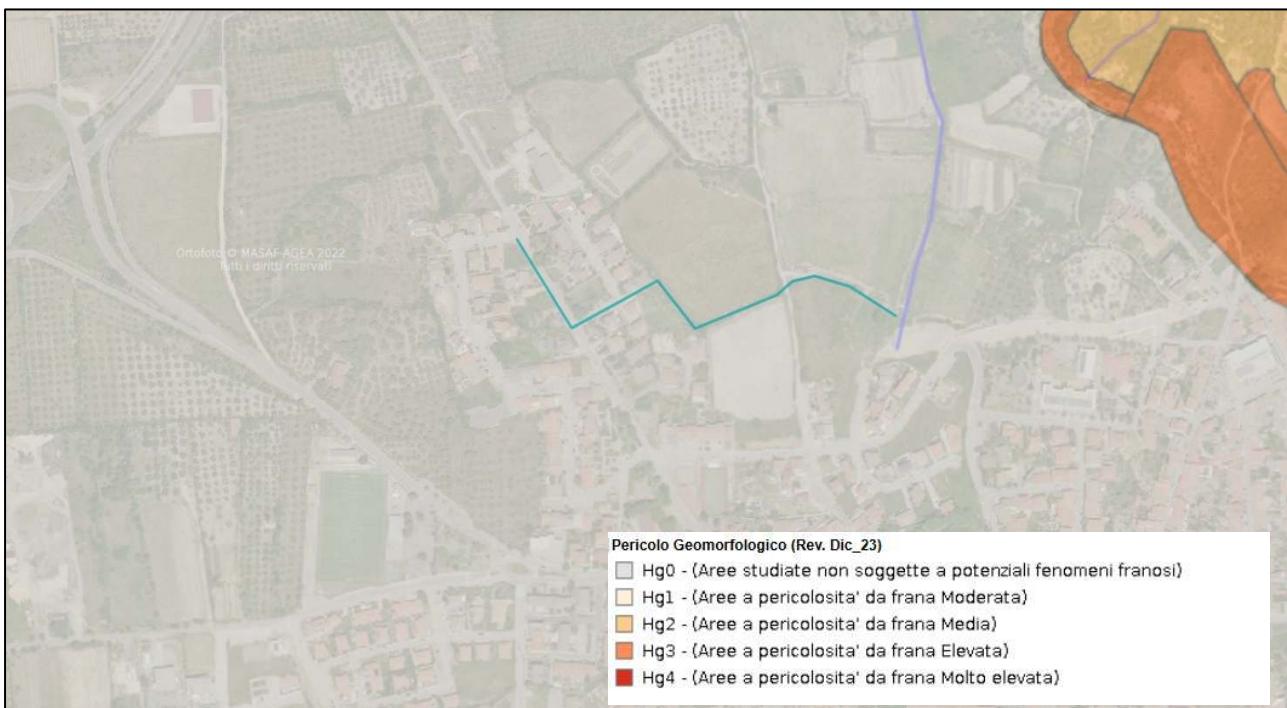
### 5.1 PGRA – PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI

L'articolo 7 del D.lgs. 23 febbraio 2010 n. 49 "Attuazione della Direttiva Comunitaria 2007/60/CE, relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni", che recepisce in Italia la Direttiva comunitaria 2007/60/CE, prevede che in ogni distretto idrografico, di cui all'art. 64 del D.lgs. 152/2006, sia predisposto il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni. In tal senso il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni della Regione Sardegna è uno strumento trasversale di raccordo tra diversi piani e progetti, tra cui il PAI (per la Pericolosità idraulica) e il PSFF (Piano Stralcio Fasce Fluviali), di carattere pratico e operativo ma anche informativo, conoscitivo e divulgativo, per la gestione dei diversi aspetti organizzativi e pianificatori correlati con la gestione degli eventi alluvionali in senso lato. Si rileva che l'area in questione risulta marginalmente interessata dalle perimetrazioni all'interno della cartografia ufficiale del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni e, per quanto concerne il pericolo idraulico, l'area oggetto di studio, ricade parzialmente in aree perimetrati dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico e dal Piano Stralcio Fasce Fluviali.



**Figura 6** - Pericolosità idraulica – PAI, PSFF e PGRA (in celeste la condotta in progetto)

Per quanto attiene al Piano di Assetto Idrogeologico – Pericolosità da frana, con deliberazione n. 1 del 16.06.2015, il Comitato Istituzionale dell’Autorità di Bacino ha approvato in via definitiva la variante al Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico (PAI) relativa al sub-bacino Coghinas – Mannu - Temo (sub-bacino 3) in cui ricade interamente il Comune di Usini. Le varianti proposte e adottate dallo “Studio di dettaglio e approfondimento del quadro conoscitivo della pericolosità e del rischio da frana nel Sub Bacino n°3 Coghinas – Mannu – Temo”, inquadrano la zona in cui verranno realizzate gli interventi, all’interno di “Aree prive di pericolosità geomorfologica”.



**Figura 7 - Pericolosità da frana – PAI (in celeste la condotta in progetto)**

## 6 DESCRIZIONE INDAGINI ESEGUITE

### 6.1 SONDAGGIO GEOGNOSTICO

Prima di procedere con l'esecuzione dei sondaggi si è provveduto ad una preventiva ricerca dei sottoservizi, con l'ausilio di mappe di dettaglio.

Il sondaggio, identificato con la sigla S\_01 e ubicato come da planimetria allegata, è stato spinto sino a profondità di 5,00 m dal p.c. in considerazione del rinvenimento del substrato marnoso miocenico.

Per le operazioni di trivellazione è stata impiegata una sonda idraulica cingolata modello Beretta T44 con le seguenti dotazioni tecniche:

- carotiere semplice con corone in widia di diametro Ø 101 mm
- aste di perforazione con filettatura tronco-conica di diametro Ø 76 mm,
- rivestimenti provvisori di diametro Ø 127 mm

L'avanzamento è avvenuto a rotazione con carotaggio continuo procedendo a basse velocità di rotazione del campionatore per evitare fenomeni di surriscaldamento, senza perdite di oli, lubrificanti ed altre sostanze dai macchinari e da tutte le strumentazioni utilizzate durante le diverse fasi di lavoro.



**Figura 8 – Esecuzione sondaggio**

Progressivamente all'avanzamento dei sondaggi è stata acquisita la documentazione e proceduto nell'immediato all'esame dei terreni estratti compilando appositi logs stratigrafici ove sono state riportate le seguenti informazioni:

- denominazione del cantiere;

- data inizio e fine perforazione;
- metodo di perforazione;
- sequenza litologica e relativa descrizione;
- presenza di eventuale falda acquifera e relativa profondità;

Le carote estratte sono state riposte in apposite cassette catalogatrici, contrassegnate con la sigla del sondaggio, la denominazione del cantiere e la data di esecuzione.



Figura 9 – Cassetta catalogatrice sondaggio

## 6.2 PROVE PENETROMETRICHE SPT

Durante la perforazione è stata eseguita una prova penetrometrica SPT alla quota di -1,00 m che ha fornito come esito “rifiuto strumentale” confermando la natura litoide o semi/litoide del substrato marnoso miocenico già nelle porzioni più superficiali:

ID	Prof inizio	N1	N2	N3	Tipologia terreno
SPT1	-1,00 m	32	50x10cm	--	Marne alterate

Tabella 1 – tabella esiti prove SPT

## 6.3 POZZETTI GEOGNOSTICI

Sono stati realizzati tre pozzetti geognostici, per mezzo di un escavatore con benna, ubicati in corrispondenza del tracciato in progetto

Le perforazioni hanno raggiunto profondità di circa 2,00 m dal piano campagna e hanno consentito il prelievo di campioni per analisi chimiche.



**Figura 10 – esecuzione pozzetti geognostici**

#### **6.4 ANALISI CHIMICHE DI LABORATORIO**

Nel corso della realizzazione dei pozzetti geognostici sono stati prelevati 6 campioni di terreno nell’ambito dell’eventuale riutilizzo di terre e rocce da scavo così come previsto dal DPR 120/2017. I campioni sono stati composti dalla miscelazione delle diverse aliquote di terreno provenienti dai tratti 0÷1m e 1÷2m di profondità di ogni pozetto.

Ogni campione è stato contenuto in idonei contenitori etichettati e sigillati ed il trasporto al laboratorio è avvenuto in ambiente refrigerato.

Secondo quanto riportato nell’Allegato 4 del DPR n°120 del 2017 “*Il set di parametri analitici da ricercare è definito in base alle possibili sostanze ricollegabili alle attività antropiche svolte sul sito o nelle sue vicinanze, ai parametri caratteristici di eventuali pregresse contaminazioni, di potenziali anomalie del fondo naturale, di inquinamento diffuso, nonché di possibili apporti antropici legati all’esecuzione dell’opera. Il set analitico minimale da considerare è quello riportato in Tabella 4.1, fermo restando che la lista delle sostanze da ricercare deve essere modificata ed estesa in considerazione delle attività antropiche pregresse.*”

Data la sostanziale assenza di attività pregresse potenzialmente inquinanti nel sito in oggetto si è ritenuto ampiamente sufficiente applicare un pacchetto analitico limitato ai metalli, agli idrocarburi e all’amianto, di seguito elencati:

<b>Metalli</b>	Arsenico, cadmio, cobalto, nichel, piombo, rame, zinco, mercurio, cromo totale, cromo VI
<b>Idrocarburi</b>	Idrocarburi C>12
<b>IPA</b>	Idrocarburi Policiclici Aromatici
<b>Amianto</b>	Amianto

**Tabella 2 - Set analitico campioni di terreno**

I risultati delle analisi sui campioni sono stati confrontati con le Concentrazioni Soglia di Contaminazione di cui alle colonne A (siti ad uso verde Pubblico e Residenziale), Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.

Le analisi chimico-fisiche sono state condotte dal laboratorio *Laboratorio Leonardi S.A.S.* di Porto Torres mediante metodologie ufficialmente riconosciute per tutto il territorio nazionale, tali da garantire l'ottenimento di valori 10 volte inferiori rispetto ai valori di concentrazione limite.

Tutti i valori dei parametri analizzati sono risultati ben al di sotto dei limiti di legge così come evidenziato nella tabella seguente.

Codice Attività Punto di prelievo Descrizione Data prelievo	CSC - Colonna 1-A Allegato 5, Titolo V, Parte IV D.Lgs n.152/2006	LITRL25/892	LITRL25/893	LITRL25/894	LITRL25/895	LITRL25/896	LITRL25/897	
		Terreni	Terreni	Terreni	Terreni	Terreni	Terreni	
		P_01		P_02		P_03		
		P_01C1	P_01C2	P_02C1	P_02C2	P_03C1	P_03C2	
08/04/2025		08/04/2025	08/04/2025	08/04/2025	08/04/2025	08/04/2025	08/04/2025	
<b>METALLI</b>								
arsenico (mg/kg s.s.)	20	3,2	2,3	< 2	< 2	2,8	< 2	
cadmio (mg/kg s.s.)	2	0,7	0,6	0,4	0,4	0,5	0,5	
cobalto (mg/kg s.s.)	20	4,4	4,4	3,8	4,7	3,6	3,0	
nichel (mg/kg s.s.)	120	18,3	18,8	15,3	18,9	16,7	17,1	
piombo (mg/kg s.s.)	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	
rame (mg/kg s.s.)	120	< 12	< 12	< 12	< 12	< 12	< 12	
zinc (mg/kg s.s.)	150	37,3	33,9	29,3	36,8	29,3	24,1	
mercurio (mg/kg s.s.)	1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	
cromo totale (mg/kg s.s.)	150	28,5	31,8	20,9	25,9	28,5	28,2	
cromo esavalente (mg/kg s.s.)	2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	
<b>AROMATICI</b>								
benzene (mg/kg s.s.)	0,1	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
etilbenzene [20] (mg/kg s.s.)	0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
stirene [21] (mg/kg s.s.)	0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
toluene [22] (mg/kg s.s.)	0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
meta-xileni [23] (mg/kg s.s.)	0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
sommatoria organici aromatici [da 20 a 23] (mg/kg s.s.)	1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	
<b>IDROCARBURI</b>								
idrocarburi pesanti C superiore a 12 (mg/kg s.s.)	50	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	
<b>IPA</b>								
benzo (a) antracene [25] (mg/kg s.s.)	0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
benzo (a) pirene [26] (mg/kg s.s.)	0,1	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
benzo (b) fluorantene [27] (mg/kg s.s.)	0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
benzo (k) fluorantene [28] (mg/kg s.s.)	0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
benzo (g, h, i) perilene [29] (mg/kg s.s.)	0,1	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
crisene [30] (mg/kg s.s.)	5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
dibenzo(a,e)pirene (mg/kg s.s.)	0,1	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
dibenzo(a,l)pirene (mg/kg s.s.)	0,1	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
dibenzo(a,i)pirene (mg/kg s.s.)	0,1	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
dibenzo(a,h)pirene (mg/kg s.s.)	0,1	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
dibenzo(a,h)antracene (mg/kg s.s.)	0,1	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
indeno(1,2,3-c,d)pirene (mg/kg s.s.)	0,1	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
pirene (mg/kg s.s.)	5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
sommatoria policiclici aromatici (mg/kg s.s.)	10	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
<b>AMIANTO</b>								
amianto (SEM) (mg/kg s.s.)	1.000	< 1.000	< 1.000	< 1.000	< 1.000	< 1.000	< 1.000	

**Tabella 3 - Esiti analisi chimiche di laboratorio su campioni di terreno**

## 6.5 INDAGINI GEOFISICHE

Sono state effettuate delle indagini geofisiche finalizzate alla caratterizzazione sismica del sito di progetto tramite la ricostruzione dei modelli sismo-stratigrafici del sottosuolo e la determinazione della Categoria di Sottosuolo definita dal valore di  $V_s,eq$ , secondo quanto stabilito nelle “Norme tecniche per le costruzioni” del D.M. del 17 gennaio 2018. (vedi report geofisico allegato).

Le prove sismiche sono state effettuate all'interno di un'area cortilizia privata, in asse con il tracciato in “spingitubo” previsto.

Nello specifico sono state svolte le seguenti indagini sismiche:

- N. 1 profilo sismico bidimensionale a rifrazione in tecnica tomografica con acquisizione in onde P di lunghezza pari a 24 m;
- N. 1 profilo sismico Masw (Multi-channel Analysis of Surface Waves) monodimensionali con elaborazione profilo in onde S.



**Figura 11 – Stendimento in sismica a rifrazione eseguito**

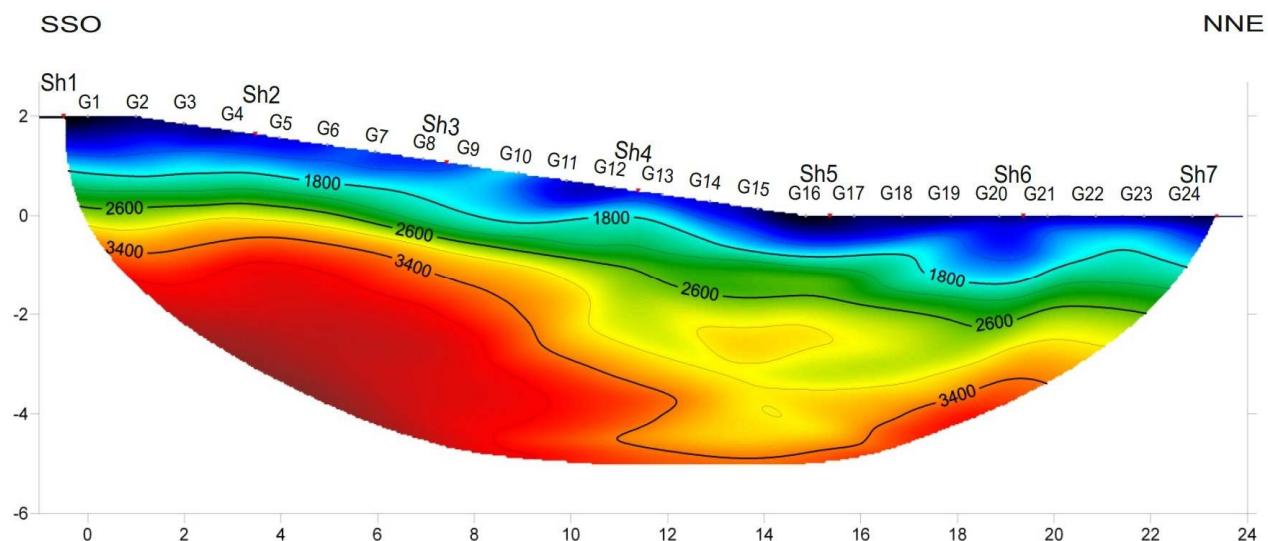


Figura 12 – Profilo 2D sismica a rifrazione

$V_{s,eq} (V_{s30}) = 676 \text{ m/s}$

Categoria di Sottosuolo = B

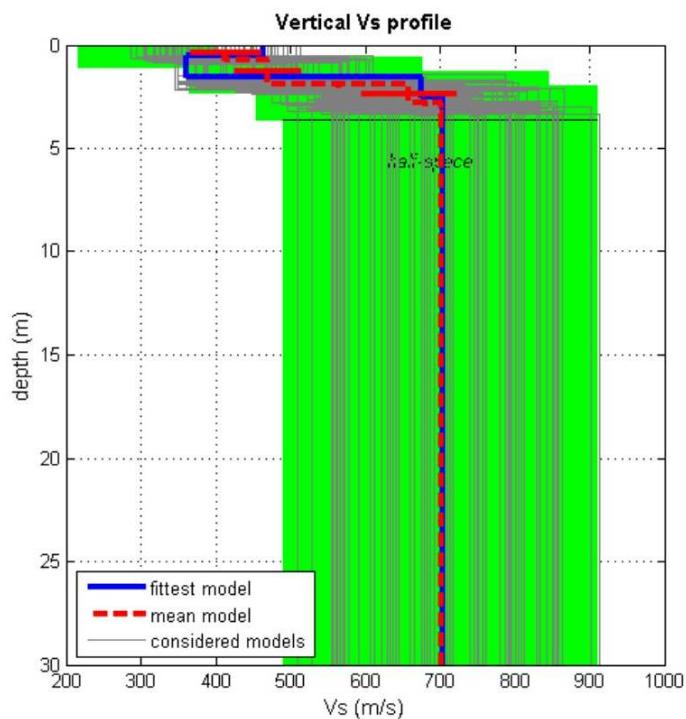


Figura 13 – Profilo verticale MASW

(vedi report allegato)

## 7 RELAZIONE GEOLOGICA

### 7.1 PREMESSA

L'inquadramento del contesto geologico, nel quale si inseriscono gli interventi è finalizzato alla caratterizzazione degli eventuali suoli di copertura e dei litotipi geologici presenti ed è funzionale alla successiva definizione delle caratteristiche fisico meccaniche dei terreni interessati dalla struttura per la definizione della capacità degli stessi a interagire con i carichi e con gli interventi previsti sui singoli inserimenti progettuali.

Come già espresso in premessa, il quadro conoscitivo degli assetti geologici e dei loro rapporti giaciturali è stato completato facendo un'analisi di dati relativi alla campagna d'indagine svolta nel sito e sulla base di informazioni a lavori pregressi, effettuati in zone molto prossime all'area di progetto, avendo sicurezza dell'uniformità geologico strutturale del sito oggetto di studio.

### 7.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

La strutturazione geologica della Sardegna è caratterizzata da un basamento metamorfico paleozoico (intruso da plutoniti tardo-varisiche) e da coperture sedimentarie e vulcaniche. Durante l'Oligo-Miocene, a seguito dell'apertura del Bacino Balearico, l'intera Sardegna (congiuntamente alla Corsica) si separa dal bordo meridionale dell'Europa per posizionarsi al centro del Mediterraneo. Tale sfenocasma trasforma l'isola in un arco magmatico responsabile del primo ciclo vulcanico oligo-miocenico i cui prodotti calcolcalini si depongono all'interno della cosiddetta "Fossa Sarda" o "Rift Sardo", una depressione che dal Golfo dell'Asinara fino a quello di Cagliari è caratterizzata da bacini connessi tra loro da faglie di trasferimento (come quello di Porto Torres e del Logudoro) e delimitati a ovest e a est (in onlap o tramite faglie dirette) da alti strutturali di basamento.

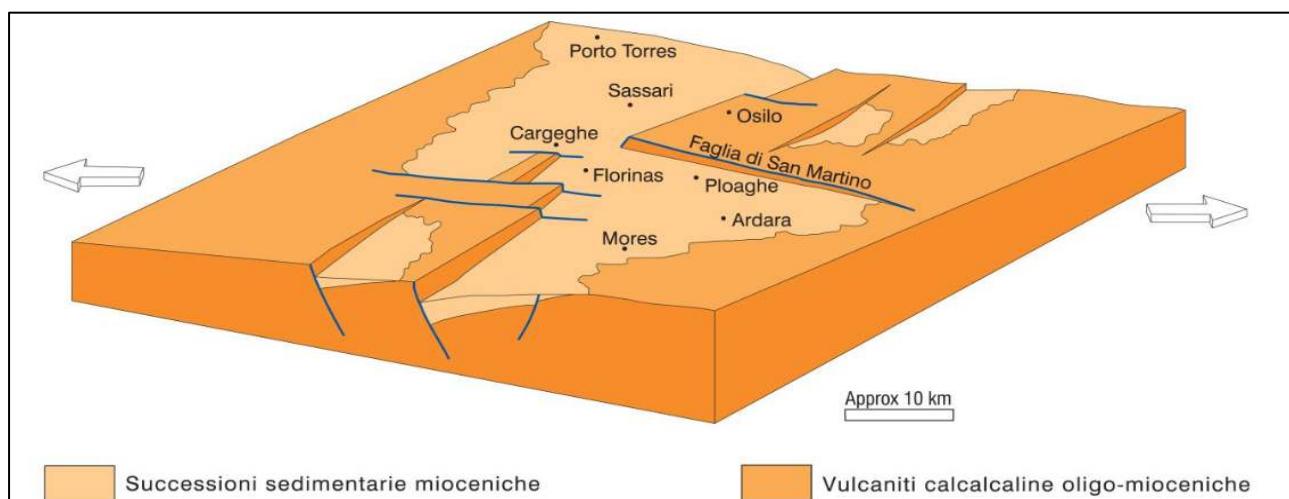


Figura 14 – Schema bacino di Porto Torres

Successivamente alla messa in posto delle vulcaniti, i bacini continuano ad approfondirsi registrando una trasgressione marina documentata dalla deposizione (in onlap sulle sequenze vulcano-sedimentarie) di una successione sedimentaria costituita da calcari litorali e sabbie, seguite da marne di ambiente marino più profondo. Tale successione sedimentaria è interrotta da una superficie erosiva. Su quest'ultima giace la sequenza deposizionale più recente che arriva fino al Tortoniano-Messiniano, costituita alla base da sabbie fluvio-marine e da calcari di piattaforma interna ricchi di alghe. Infine, un'ulteriore tettonica distensiva plio-pleistocenica è responsabile dell'ultimo ciclo vulcanico caratterizzato da un magmatismo anrogenico intraplacca con effusioni di lave perlopiù basaltiche.

All'interno di questo schema geologico regionale l'area di intervento insiste sul margine orientale del bacino di Porto Torres.

Le litologie riportate e di seguito descritte attraverso le loro caratteristiche sia petrografiche che stratigrafiche, dai litotipi più antichi, hanno ricostruito il dettaglio litostratigrafico che ha costituito la base del modello geologico proposto.

## **SUCCESSIONE VULCANO-SEDIMENTARIA OLIGO-MIOCENICA**

### **Successione Sedimentaria Oligo-Miocenica della Sardegna Centro-settentrionale**

*Successione Sedimentaria Oligo-Miocenica del Logudoro-Sassarese*

- **NST** - FORMAZIONE DI MONTE SANTO. Calcari bioclastici di piattaforma interna, con rare intercalazioni silicoclastiche ed episodi biohermali; calcareniti. Serravalliano - ?Tortoniano.
- **RTU** - FORMAZIONE DI BORUTTA. Marne, marne arenacee bioturbate e calcari marnosi, localmente in alternanze ritmiche. LANGHIANO.
- **RESa** - Litofacies nella FORMAZIONE DI MORES. Calcareni, calcari bioclastici fossiliferi. Calcari nodulari a componente terrigena, variabile, con faune a gasteropodi ("Calcare inferiori" Auct.). Ambiente litorale.

Il complesso sedimentario miocenico è rappresentato, in quest'area, da marne, marne arenacee bioturbate e calcari marnosi, localmente in alternanze ritmiche del Langhiano (Formazione di Borutta) alle quali si sovrappongono i calcari bioclastici di piattaforma interna, con rare intercalazioni silicoclastiche ed episodi biohermali, calcareniti del Serravalliano - ?Tortoniano – (Formazione di Monte Santo).

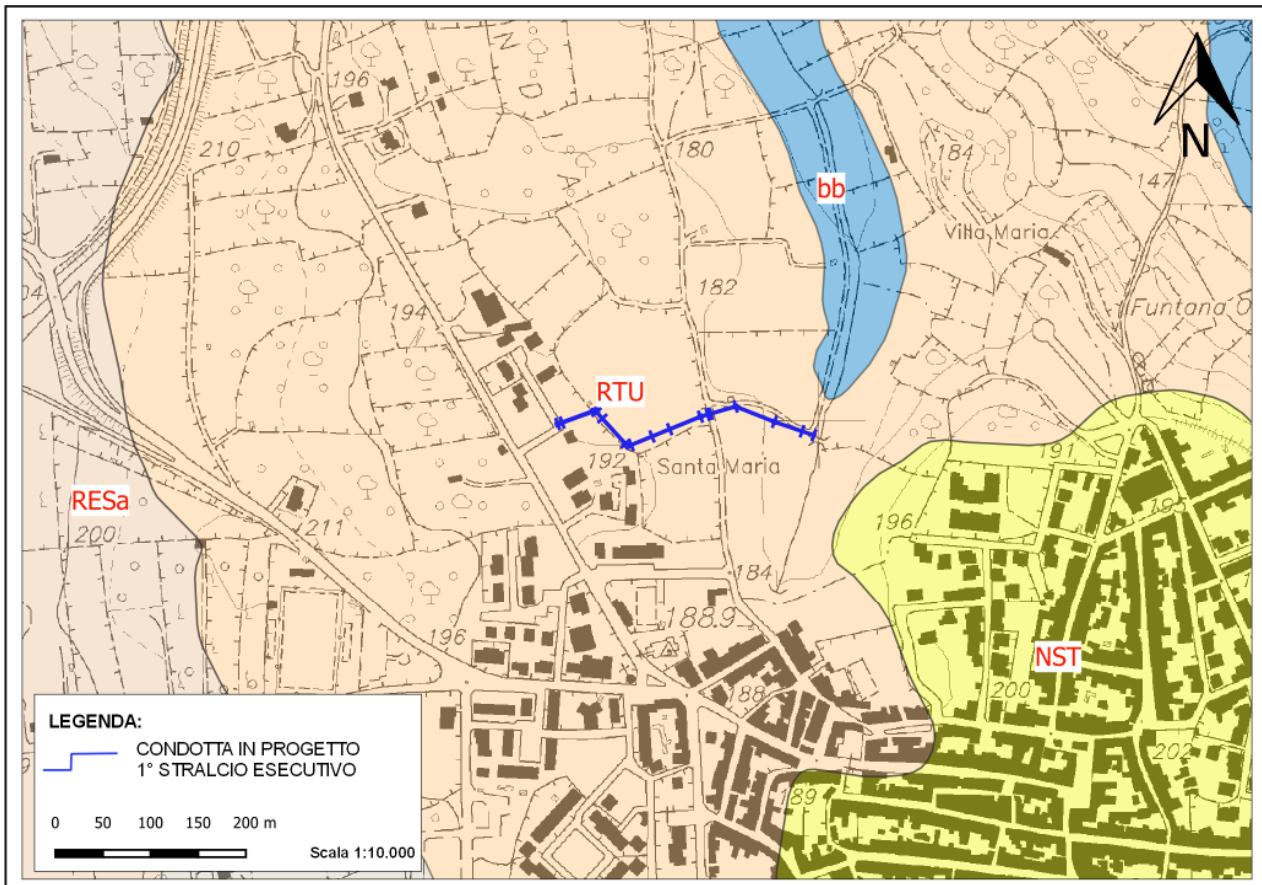
La giacitura degli strati è pressoché orizzontale con locali discordanze angolari dovute a perturbamenti nella sedimentazione.

## **DEPOSITI QUATERNARI DELL'AREA CONTINENTALE**

## Depositi Olocenici dell'area Continentale

**ba** – Depositi alluvionali. Ghiaie da grossolane a medie. OLOCENE

I sedimenti quaternari rilevati fuori dal contesto specifico comprendono depositi alluvionali sciolti attuali, prevalentemente sabbioso limo-argillosi, con una componente ghiaiosa, localizzati lungo il corso d'acqua denominato “Fiume 72868”, che rappresenta il recapito finale delle acque provenienti dal nuovo tratto di condotta.



**Figura 15 – Inquadramento geologico**

### 7.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

La morfologia in esame è contraddistinta da assetti sub-pianeggiante contestualizzati in un ambito parzialmente antropizzato. Coerentemente con i livelli di pericolosità inquadrati dal PAI, nell'area in esame non si evidenziano indizi morfodinamici in atto o incipienti o fenomeni strutturali importanti. Quest'ultimo dato è confermato anche dall'osservazioni delle foto aeree e da quanto emerso dal rilievo geologico di dettaglio del settore oggetto di studio.

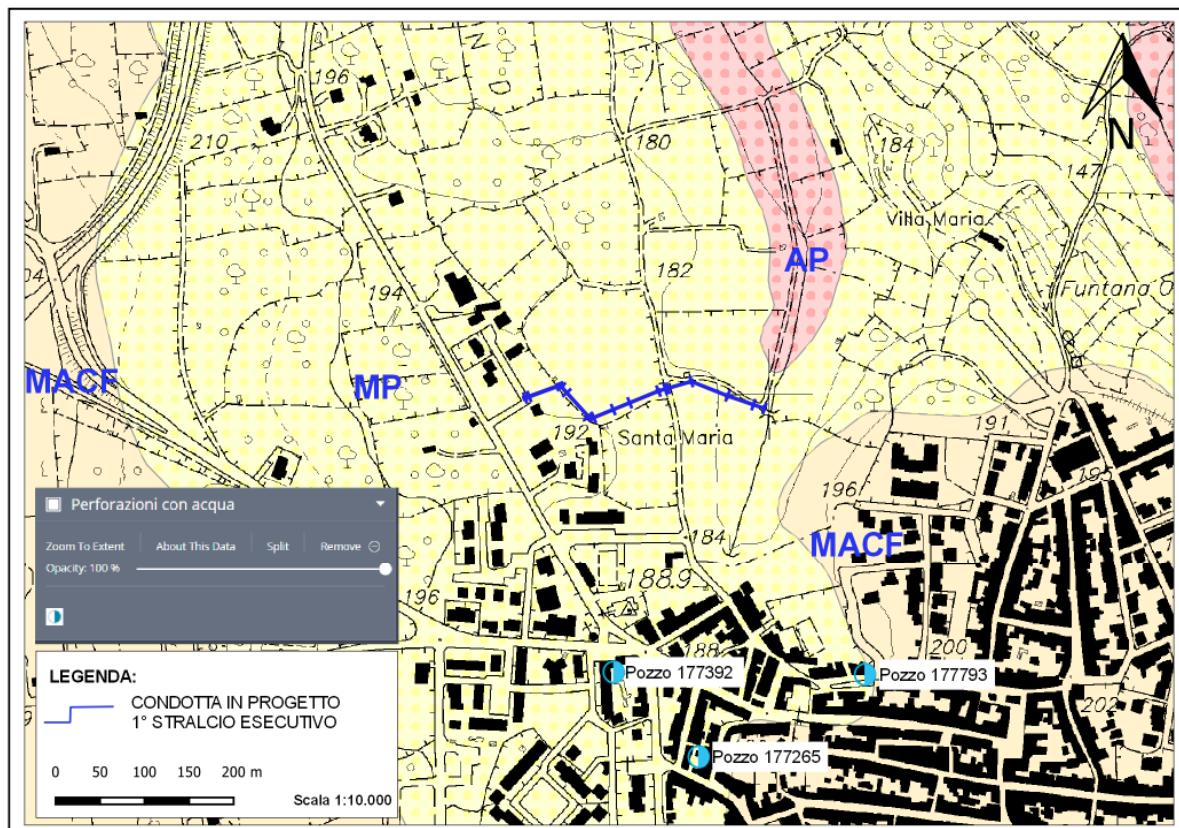
Dall'analisi della cartografia tematica legata ai fenomeni franosi sia dell'IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani) che dell'AVI (Aree Vulnerate Italiane) non sono emerse criticità nelle aree interessate dal progetto.

#### 7.4 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Dal punto di vista della circolazione sotterranea, al complesso sedimentario miocenico può essere assegnato un grado di permeabilità complessivamente medio-basso. Risulta chiaro però che, al di là delle variazioni delle permeabilità all'interno dello stesso complesso in funzione delle continue variazioni che modificano, anche notevolmente, le condizioni di circolazione idrica, tali litotipi, generalmente sede di falde profonde, escludono la presenza di acquiferi di una certa rilevanza nei primi metri di terreno, soprattutto in presenza di strati di alterazione di spessore limitato e in un contesto parzialmente antropizzato e privo di depositi superficiali e coperture consistenti.

Di seguito si riporta uno stralcio della Carta della Permeabilità, sviluppata e prodotta dal Dipartimento Geologico dell'ARPAS. Tale cartografia è stata costruita a partire dalla Carta Geologica di base della Sardegna.

Le litologie, raggruppate per affinità, sono state suddivise in cinque classi di permeabilità: **B** Bassa, **MB** Medio Bassa, **M** Media, **MA** Medio Alta e **A** Alta. All'interno di ciascuna sottoclasse, sono state distinte inoltre le 3 tipologie di permeabilità: **P** per porosità, **F** per fatturazione, giunti di strato etc. e **CF** per carsismo e fratturazione, giunti di strato etc.



**Figura 16** – Carta della Permeabilità dei substrati della Sardegna – Fonte RAS

L'area oggetto di studio è inserita in un contesto idrogeologico contraddistinto da litologie del substrato caratterizzate da permeabilità medie per porosità. Da un'analisi dei dati a disposizione presenti *nell'Archivio Nazionale delle Indagini del Sottosuolo (L.464/1984)* relativi alle perforazioni (*Codice 177392 e Codice 177512*) si rileva che nei pozzi profondi (>60 metri) più prossimi al sito in esame hanno acquiferi nei calcari e marne calcaree mioceniche con falde che si attestano al di sotto dei 30 metri dal piano campagna.

Il modello litostratigrafico locale non esclude la presenza di una limitata circolazione all'interno degli strati superficiali contraddistinti da depositi antropici e/o suoli di potenza limitata sostanzialmente poco o mediamente addensati, granulari e dotati di discreta porosità efficace. Gli stessi, essendo limitati al letto, dalla formazione miocenica marnosa, possono essere sede, se non di una vera e propria falda acquifera, di locali livelli di saturazione, soprattutto in occasione di intense precipitazioni.

## 7.5 MODELLO GEOLOGICO LOCALE

L'esame attento dei log stratigrafici, riferiti al sondaggio geotecnico e ai pozzi geognostici, unitamente alle prove sismiche in situ, ha permesso di ricostruire un modello geologico di riferimento lungo il tracciato della condotta in progetto.

Dall'alto verso il basso sono state individuate le seguenti unità litostratigrafiche:

- **Da 0,00 a 0,50 m, variabile fino a 0,80m:** Materiali di riporto e/o suolo naturale costituito da sabbie limose con clasti di natura calcarea;
- **Da 0,50 m a oltre 10 m:** Marne alterate tenere, stratificate talvolta leggermente umide, di colore giallastro. Presenza di livelli maggiormente competenti con maggiore frazione carbonatica. (Formazione di Borutta - RTU).

Non è presente la falda superficiale.

## 8 PERICOLOSITÀ GEOLOGICA

L'analisi dei principali fattori e dei processi geologici e ambientali che determinano le condizioni di pericolosità geologica sito specifica ha messo a fuoco principalmente i tematismi ambientali legati agli aspetti geomorfologici e sismici.

### 8.1 PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA

Gli assetti geomorfologici sono la base delle perimetrazioni delle instabilità da frana e, come già menzionato nel presente elaborato, l'area in cui verranno realizzate le opere all'interno dell'area di studio ricade all'interno della classe priva di pericolosità da frana. Localmente non si rilevano indizi morfodinamici potenzialmente o direttamente connessi con movimenti in atto o quiescenti. Tali assetti risultano in linea con le indicazioni delle Linee Guida del PAI per quella specifica classe di pericolosità.

Considerati la particolare morfologia, la geologia e gli assetti litostratigrafici locali e il contesto parzialmente antropizzato, si esclude che l'area di progetto, non essendo localizzata in una zona di versante, possa essere interessata da impatti e seppellimenti in zone di espansione di colate rapide e impatti e seppellimenti imputabili a caduta o rotolamento massi, né altresì sono presenti indizi di cavità.

Al di là delle perimetrazioni del PAI per gli aspetti geomorfologici, **la natura dei terreni di fondazione, le caratteristiche tecniche delle prescrizioni progettuali in fase operativa e i loro relativi carichi di esercizio, restituiscono un quadro di assoluta compatibilità delle opere in progetto con il contesto geologico e litostratigrafico locale** e con le finalità generali del P.A.I. prescritte nell'art. 1 delle "Norme di attuazione", non modificando assolutamente il livello di pericolo o la vulnerabilità degli elementi a rischio.

In particolare, le scelte progettuali proposte, coerentemente con quanto previsto dall'articolo 23 comma 9 delle Norme di attuazione del PAI, sono mirate a:

- b) migliorare in modo significativo o comunque non peggiorare le condizioni di equilibrio statico dei versanti e di stabilità dei suoli attraverso trasformazioni del territorio non compatibili;
- c) non compromettere la riduzione o l'eliminazione delle cause di pericolosità o di danno potenziale né la sistemazione idrogeologica a regime;
- h) non interferire con interventi previsti dagli strumenti di programmazione pianificazione di protezione;
- l) non incrementare le condizioni di rischio specifico da frana degli elementi vulnerabili interessati ad eccezione dell'eventuale incremento sostenibile connesso all'intervento espressamente assentito;

n) garantire condizioni di sicurezza durante l'apertura del cantiere, assicurando che i lavori si svolgano senza creare, neppure temporaneamente, un significativo aumento del livello di rischio o del grado di esposizione al rischio esistente;

o) garantire coerenza con i piani di protezione civile.

Il quadro di assoluta compatibilità dell'opera con il contesto geologico e litostratigrafico locale risulta in linea con le finalità generali del PAI prescritte nell'art. 1 delle "Norme di attuazione", non modificando assolutamente il livello di pericolo o la vulnerabilità degli elementi a rischio.

## **8.2 PERICOLOSITÀ SISMICA**

Dal punto di vista della pericolosità sismica, la definizione degli elementi geologici e geomorfologici ha portato all'esclusione di potenziali elementi che possano apportare amplificazione sismiche o che possono ricadere in ambiti suscettibili di instabilità e l'analisi degli eventuali effetti cosismici locali, sia in termini di amplificazione stratigrafica che di amplificazione topografica. Si rimanda alla relazione sulla pericolosità sismica di base per la determinazione delle azioni sismiche da applicare agli interventi in esame per calcoli strutturali con le azioni sismiche previste.

## **8.3 LIQUEFAZIONE**

Per liquefazione si intende generalmente una somma di fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate. 7.11.3.4.1 NTC 2018).

La perdita di resistenza dei terreni con determinate caratteristiche, sotto sollecitazioni di taglio cicliche o monotoniche, e il conseguente raggiungimento di una condizione di fluidità pari a quella di un liquido viscoso, avviene quando la pressione dell'acqua nei pori aumenta fino ad arrivare al valore della pressione totale di confinamento, fino ad annullare gli sforzi efficaci, da cui dipende la resistenza al taglio. Tali fenomeni di liquefazione dei terreni si verificano soprattutto in presenza di sabbie fini e nei limi saturi di densità da media a bassa e a granulometria piuttosto uniforme, anche se contenenti una frazione fine limoso-argillosa.

Nel caso specifico, in relazione al paragrafo 7.11.3.4.2 delle NTC 2018, la verifica a liquefazione può essere omessa poiché le accelerazioni massime attese al piano di campagna, circa 0,05g, inferiori perciò, a 0,1g.

## 9 RELAZIONE GEOTECNICA

Sulla base di numerosi dati bibliografici a disposizione degli scriventi ricavati o calcolati dalle prove effettuate e sui dati restituiti dalle prove di laboratorio condotte sui materiali prelevati in fase di realizzazione dei sondaggi, è stato ritenuto opportuno restituire un modello geotecnico adeguato alle finalità progettuali, considerando come primo strato geotecnico il substrato calcareo-marnoso in quanto i materiali di copertura sono inferiori al metro. Al di sotto degli stessi la modellazione geotecnica ha restituito gli attributi fisico meccanici della formazione litoide considerata cautelativamente “alterata” accorpando i termini intermedi, in funzione della resistenza alla compressione monoassiale dei materiali lapidei prelevati comunque entro i primi 5 metri dal p.c.. Le evidenze sismiche rilevate in fase d’indagine hanno confermato le caratteristiche dei terreni di sedime interessati dai manufatti.

Orizzonte	Quote da p.c.	Descrizione
1	da 0,50 m a oltre 10,00	Litotipo calcareo marnoso bianco giallastro – rocce tenere

**Tabella 4** – Schema del modello geotecnico

Le elaborazioni delle prove di laboratorio, relative al substrato lapideo marnoso, coerentemente con il modello sismostratigrafico generato dall’andamento delle velocità delle onde P/S rilevate dalle prove sismiche, ha permesso una correlazione con la successiva attribuzione di valori significativamente rappresentativi ai fini di una distribuzione areale degli attributi geotecnici dei volumi interessati. Tali correlazioni sono state necessarie per una ricostruzione del modello geotecnico, utile, quest’ultimo, a dimensionare correttamente le opere progettuali previste.

Per la valutazione delle caratteristiche geomeccaniche dell’ammasso marnoso calcareo, si è fatto riferimento proprio alle succitate prove di laboratorio condotte su spezzoni di roccia e usato la classificazione di Bieniawski che si basa sul rilievo, in campagna, di sei parametri, A1 resistenza a compressione uniassiale, A2 indice RQD (Rock Quality Designation Index), A3 spaziatura delle discontinuità, A4 condizioni delle discontinuità, A5 condizioni idrauliche e A6 orientamento delle discontinuità.

Da questi sei parametri si ricava l’Rock Mass Rating (RMR, Bieniawski).

L’RMR, nella pratica, viene differenziato come:

RMR di base = RMR<sub>b</sub> = A1 + A2 + A3 + A4 + A5

RMR corretto = RMR<sub>c</sub> = (A1 + A2 + A3 + A4 + A5) + A6

**A1 resistenza a compressione uniassiale:**

La resistenza a compressione uniassiale SU, nel nostro caso, è stata ottenuta attraverso prove di laboratorio. Il valore di SU risulta essere di 2 MPa

Il valore di A1 è stato calcolato con la seguente equazione per un SU= (<=44,5 MPa):

$$A1 = \frac{4}{44,5} S_u + 1$$

**Coefficiente A1 = 1**

A2 indice RQD (Rock Quality Designation Index):

Dalla misura diretta degli spezzoni di carota integra all'interno delle cassette catalogatrici relative alle carote estruse, nei primi 5 metri di profondità si ricava un valore di RQD pari a 40 che restituisce, utilizzando la seguente equazione

$$A2 = \frac{7}{37,6} RQD + 0,739$$

**un valore del coefficiente A2 = 8;**

**A3 spaziatura delle discontinuità:**

Una volta stimata cautelativamente la spaziatura media, cioè la distanza media tra due discontinuità adiacenti, è possibile ricavare il valore del coefficiente A3, mediante la seguente relazione:

$$A3 = 10 s + 6$$

SPAZIATURA s (m)= 0,2 ÷ 0,4

per cui abbiamo un valore di **A3 = 7**

**A4 condizioni delle discontinuità:**

Determinare dalle tavole di classificazione di Bieniawski il valore numerico relativo alla condizione delle discontinuità, invece, risulta molto soggettivo. Perciò per valutare correttamente A4 conviene procedere sommando alcuni parametri numerici attribuibili alla persistenza del giunto, all'apertura del giunto, alla rugosità dello stesso, all'alterazione delle pareti, e al materiale di riempimento:

**V1 – Persistenza del giunto 3÷10 m=2**

**V2 – Apertura del giunto 1÷5 mm=1**

**V3 – Rugosità del giunto leggermente rugosa=3**

**V4 – Alterazione delle pareti. Mediamente alterate=3**

**V5 – Riempimento delle discontinuità < 5mm compatto=4**

**A4 = V1 + V2 + V3 + V4 + V5 = 13**

**A5 condizioni idrauliche:**

Questo valore viene derivato dalle condizioni idrauliche riferite a un fronte di 10 m. Dalle tabelle fornite da Bieniawski si ottiene, a favore di sicurezza:

**Condizione= asciutta**

**Coefficiente A5 = 10**

**Per cui si ha RMR b= 44,0**

**A6 orientamento delle discontinuità:**

Per l'orientamento delle discontinuità si applica un coefficiente di correzione A6, a seconda che si tratti di gallerie o fondazioni:

Fondazioni = Favorevole

**A6= -2**

Attribuiti tutti i coefficienti, sulla base del valore RMRC calcolato si identificano 5 intervalli a cui corrispondono 5 classi di ammasso roccioso e altrettante valutazioni di qualità della roccia:

RMRC	100 - 81	80 – 61	<b>60 - 41</b>	40 - 21	<= 20
Classe	I	II	<b>III</b>	IV	V
Descrizione	Molto buono	Buono	<b>Mediocre</b>	Scadente	Molto scadente

**Tabella 5 – Classificazione qualità della roccia RMR**

Il valore totale RMR = 42,0 che definisce dalla classificazione tecnica un ammasso **mediocre**.

Sulla base dell'RMR si possono ricavare i parametri di resistenza dell'ammasso:

$$\text{coesione } c \text{ (kPa)} = 3,625 \text{ RMRC}$$

$$\text{angolo di attrito } \phi' = 25 (1 + 0,01 \text{ RMRC}) \text{ per RMRC} > 20$$

$$\text{angolo di attrito } \phi' = 1,5 \text{ RMRC} \text{ per RMRC} < 20$$

Tipologia	Valori
$\gamma$	19,50 kN/m <sup>3</sup> (1,98 g/cm <sup>3</sup> )
$\gamma_{\text{Sat}}$	20,10 kN/m <sup>3</sup> (2,05 g/cm <sup>3</sup> )
$\phi'$	35°
$C'$	152 kN/m <sup>2</sup> (1,55 kg/cm <sup>2</sup> )
Poisson	0,30
E	12500 MPa

**Tabella 6 – parametri geotecnici del litotipo calcareo-marnoso**

## 10 CONCLUSIONI

Attraverso le indagini geologiche, geotecniche, sismiche e idrogeologiche effettuate e le considerazioni emerse sono stati possibili determinare le caratteristiche stratigrafiche e strutturali dei terreni interessati dagli interventi previsti nell'ambito del progetto *“INTERVENTI URGENTI DI RACCOLTA E SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE DEL QUARTIERE SANTA MARIA - 1° STRALCIO FUNZIONALE”*.

La situazione geologica emersa dalle considerazioni espresse ha evidenziato, per il sito in oggetto, un modello stratigrafico caratterizzato dalla presenza di materiali di riporto granulari superficiali di spessore inferiore al metro, che sormontano un substrato lapideo marnoso-arenaceo riferibile alla vasta Formazione di Borutta (RTU). I dettagli e le quote dei diversi orizzonti sono esplicitati nel modello geologico e geotecnico di riferimento.

Per quanto concerne l'assetto idrogeologico locale, le indagini condotte non hanno palesato la presenza della falda nei primi metri di profondità al di sotto dell'opera pertanto si escludono circolazioni d'acqua importanti nel volume significativo interessato dall'opera lineare. La soggiacenza della falda, misurata nei pozzi presenti nell'area vasta, si attesta a circa – 30,00 m dal piano campagna.

La categoria di sottosuolo emersa è la **B** mentre la categoria topografica è la **T1**.

Nel dettaglio dei capitoli precedenti sono esplicitate le caratteristiche litostratigrafiche, sismostratigrafiche dei singoli orizzonti.

La particolare morfologia della zona e la natura dei terreni di fondazione restituiscono, in linea generale, un quadro di assoluta compatibilità con i futuri inserimenti progettuali.

Qualora durante l'esecuzione delle opere si rinvenissero condizioni differenti e non previste in tale contesto o comunque dubbi sulla effettiva natura dei litotipi descritti, si raccomanda di richiedere la tempestiva ispezione del cantiere da parte del geologo.

Si tenga presente che la tipologia, l'ampiezza dell'indagine e le relative considerazioni sono strettamente subordinate al tipo e alle dimensioni delle opere in progetto, e pertanto non devono essere generalizzate per interventi di altra natura.

Sassari, novembre 2025

Geol. Alessandro Muscas



# Comune di Usini

(Città Metropolitana di Sassari)

## INTERVENTI URGENTI DI RACCOLTA E SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE DEL QUARTIERE SANTA MARIA

Lithos S.r.l. - Via Municipale, 92 - Tissi (SS) - cell. 3463514050 - e-mail: alessandro.muscas@lithos.srl - PEC: lithos@pec.geolithos.it

Tavola:

A\_01

Revisione:

---

Elaborato:

Relazione sulle indagini  
geognostiche e geofisiche

Pratica:

---

Data:

02/09/25

Consulenza:

*Lithos S.r.l.*  
*Dott. Geol. Alessandro Muscas*

Il Committente:

*Amministrazione Comunale di Usini*



## SOMMARIO

1	PREMESSA .....	2
2	DESCRIZIONE INDAGINI ESEGUITE .....	3
2.1	Sondaggio geognostico .....	3
2.2	Prove penetrometriche SPT .....	4
2.3	Pozzetti geognostici .....	4
2.4	Analisi chimiche di laboratorio .....	5
2.5	Indagini geofisiche .....	7

## ALLEGATI ALLA PRESENTE

- Ubicazione indagini scala 1:2.000
- Stratigrafia sondaggio e foto cassetta catalogatrice
- Stratigrafie e foto pozzi geognostici
- Certificati di laboratorio chimico
- Report geofisico

## 1 PREMESSA

Su commissione dell'Amministrazione Comunale di Usini, è stata eseguita una campagna d'indagini in seno al progetto *“INTERVENTI URGENTI DI RACCOLTA E SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE DEL QUARTIERE SANTA MARIA – USINI (SS)”*.

In particolare il focus delle indagini è stato quello di accettare le caratteristiche stratigrafiche, geotecniche e idrogeologiche dei terreni interessati dalle opere e le caratteristiche dei materiali di copertura nell'ottica di un riutilizzo come terre e rocce da scavo così come previsto dal DPR 120/2017.

A tale fine sono stati realizzati pozzetti geognostici, sondaggio verticale, prove in situ, analisi chimiche di laboratorio e stendimenti geofisici in sismica a rifrazione.

## 2 DESCRIZIONE INDAGINI ESEGUITE

### 2.1 SONDAGGIO GEOGNOSTICO

Prima di procedere con l'esecuzione dei sondaggi si è provveduto ad una preventiva ricerca dei sottoservizi, con l'ausilio di mappe di dettaglio.

Il sondaggio, identificato con la sigla S\_01 e ubicato come da planimetria allegata, è stato spinto sino a profondità di 5,00 m dal p.c. in considerazione del rinvenimento del substrato marnoso miocenico.

Per le operazioni di trivellazione è stata impiegata una sonda idraulica cingolata modello Beretta T44 con le seguenti dotazioni tecniche:

- carotiere semplice con corone in widia di diametro Ø 101 mm
- aste di perforazione con filettatura tronco-conica di diametro Ø 76 mm,
- rivestimenti provvisori di diametro Ø 127 mm

L'avanzamento è avvenuto a rotazione con carotaggio continuo procedendo a basse velocità di rotazione del campionatore per evitare fenomeni di surriscaldamento, senza perdite di oli, lubrificanti ed altre sostanze dai macchinari e da tutte le strumentazioni utilizzate durante le diverse fasi di lavoro.



**Figura 1 – Esecuzione sondaggio**

Progressivamente all'avanzamento dei sondaggi è stata acquisita la documentazione e proceduto nell'immediato all'esame dei terreni estratti compilando appositi logs stratigrafici ove sono state riportate le seguenti informazioni:

- denominazione del cantiere;
- data inizio e fine perforazione;

- metodo di perforazione;
- sequenza litologica e relativa descrizione;
- presenza di eventuale falda acquifera e relativa profondità;

Le carote estratte sono state riposte in apposite cassette catalogatrici, contrassegnate con la sigla del sondaggio, la denominazione del cantiere e la data di esecuzione.



Figura 2 – cassetta catalogatrice sondaggio

## 2.2 PROVE PENETROMETRICHE SPT

Durante la perforazione è stata eseguita una prova penetrometrica SPT alla quota di -1,00 m che ha fornito come esito “rifiuto strumentale” confermando la natura litoide o semi/litoide del substrato marnoso miocenico già nelle porzioni più superficiali:

ID	Prof inizio	N1	N2	N3	Tipologia terreno
SPT1	-1,00 m	32	50x10cm	--	Marne alterate

Tabella 1 – tabella esiti prove SPT

## 2.3 POZZETTI GEOGNOSTICI

Sono stati realizzati tre pozzetti geognostici, per mezzo di un escavatore con benna, ubicati in corrispondenza del tracciato in progetto

Le perforazioni hanno raggiunto profondità di circa 2,00 m dal piano campagna e hanno consentito il prelievo di campioni per analisi chimiche.



**Figura 3 – esecuzione pozzetti geognostici**

## 2.4 ANALISI CHIMICHE DI LABORATORIO

Nel corso della realizzazione dei pozzetti geognostici sono stati prelevati 6 campioni di terreno nell'ambito dell'eventuale riutilizzo di terre e rocce da scavo così come previsto dal DPR 120/2017. I campioni sono stati composti dalla miscelazione delle diverse aliquote di terreno provenienti dai tratti 0÷1m e 1÷2m di profondità di ogni pozzetto.

Ogni campione è stato contenuto in idonei contenitori etichettati e sigillati ed il trasporto al laboratorio è avvenuto in ambiente refrigerato.

Secondo quanto riportato nell'Allegato 4 del DPR n°120 del 2017 “*Il set di parametri analitici da ricercare è definito in base alle possibili sostanze ricollegabili alle attività antropiche svolte sul sito o nelle sue vicinanze, ai parametri caratteristici di eventuali pregresse contaminazioni, di potenziali anomalie del fondo naturale, di inquinamento diffuso, nonché di possibili apporti antropici legati all'esecuzione dell'opera. Il set analitico minimale da considerare è quello riportato in Tabella 4.1, fermo restando che la lista delle sostanze da ricercare deve essere modificata ed estesa in considerazione delle attività antropiche pregresse.*”

Data la sostanziale assenza di attività pregresse potenzialmente inquinanti nel sito in oggetto si è ritenuto ampiamente sufficiente applicare un pacchetto analitico limitato ai metalli, agli idrocarburi e all'amianto, di seguito elencati:

<b>Metalli</b>	Arsenico, cadmio, cobalto, nichel, piombo, rame, zinco, mercurio, cromo totale, cromo VI
<b>Idrocarburi</b>	Idrocarburi C>12
<b>IPA</b>	Idrocarburi Policiclici Aromatici
<b>Amianto</b>	Amianto

**Tabella 2 - Set analitico campioni di terreno**

I risultati delle analisi sui campioni sono stati confrontati con le Concentrazioni Soglia di Contaminazione di cui alle colonne A (siti ad uso verde Pubblico e Residenziale), Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.

Le analisi chimico-fisiche sono state condotte dal laboratorio accreditato *Laboratorio Leonardi S.A.S.* di Porto Torres mediante metodologie ufficialmente riconosciute per tutto il territorio nazionale, tali da garantire l'ottenimento di valori 10 volte inferiori rispetto ai valori di concentrazione limite.

Tutti i valori dei parametri analizzati sono risultati ben al di sotto dei limiti di legge così come evidenziato nella tabella seguente.

Codice Attività	CSC - Colonna 1-A Allegato 5, Titolo V, Parte IV D.Lgs n.152/2006	LITRL25/892	LITRL25/893	LITRL25/894	LITRL25/895	LITRL25/896	LITRL25/897
		Terreni	Terreni	Terreni	Terreni	Terreni	Terreni
Punto di prelievo	P_01	P_02			P_03		
	P_01C1	P_01C2	P_02C1	P_02C2	P_03C1	P_03C2	
Data prelievo	08/04/2025	08/04/2025	08/04/2025	08/04/2025	08/04/2025	08/04/2025	
<b>METALLI</b>							
arsenico (mg/kg s.s.)	20	3,2	2,3	< 2	< 2	2,8	< 2
cadmio (mg/kg s.s.)	2	0,7	0,6	0,4	0,4	0,5	0,5
cobalto (mg/kg s.s.)	20	4,4	4,4	3,8	4,7	3,6	3,0
nichel (mg/kg s.s.)	120	18,3	18,8	15,3	18,9	16,7	17,1
piombo (mg/kg s.s.)	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
rame (mg/kg s.s.)	120	< 12	< 12	< 12	< 12	< 12	< 12
zinc (mg/kg s.s.)	150	37,3	33,9	29,3	36,8	29,3	24,1
mercurio (mg/kg s.s.)	1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
cromo totale (mg/kg s.s.)	150	28,5	31,8	20,9	25,9	28,5	28,2
cromo esavalente (mg/kg s.s.)	2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
<b>AROMATICI</b>							
benzene (mg/kg s.s.)	0,1	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
etilbenzene [20] (mg/kg s.s.)	0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
stirene [21] (mg/kg s.s.)	0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
toluene [22] (mg/kg s.s.)	0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
meta-xilene [23] (mg/kg s.s.)	0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
sommatoria organici aromatici [da 20 a 23] (mg/kg s.s.)	1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
<b>IDROCARBURI</b>							
idrocarburi pesanti C superiore a 12 (mg/kg s.s.)	50	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
<b>IPA</b>							
benzo (a) antracene [25] (mg/kg s.s.)	0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
benzo (a) pirene [26] (mg/kg s.s.)	0,1	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
benzo (b) fluorantene [27] (mg/kg s.s.)	0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
benzo (k) fluorantene [28] (mg/kg s.s.)	0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
benzo (g, h, i) perilene [29] (mg/kg s.s.)	0,1	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
crisene [30] (mg/kg s.s.)	5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
dibenzo(a,e)pirene (mg/kg s.s.)	0,1	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
dibenzo(a,l)pirene (mg/kg s.s.)	0,1	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
dibenzo(a,i)pirene (mg/kg s.s.)	0,1	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
dibenzo(a,h)pirene (mg/kg s.s.)	0,1	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
dibenzo(a,h)antracene (mg/kg s.s.)	0,1	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
indeno(1,2,3-c,d)pirene (mg/kg s.s.)	0,1	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
pirene (mg/kg s.s.)	5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
sommatoria policiclici aromatici (mg/kg s.s.)	10	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
<b>AMIANTO</b>							
amianto (SEM) (mg/kg s.s.)	1.000	< 1.000	< 1.000	< 1.000	< 1.000	< 1.000	< 1.000

**Tabella 3 - Esiti analisi chimiche di laboratorio su campioni di terreno**

## 2.5 INDAGINI GEOFISICHE

Sono state effettuate delle indagini geofisiche finalizzate alla caratterizzazione sismica del sito di progetto tramite la ricostruzione dei modelli sismo-stratigrafici del sottosuolo e la determinazione della Categoria di Sottosuolo definita dal valore di  $V_s, eq$ , secondo quanto stabilito nelle “Norme tecniche per le costruzioni” del D.M. del 17 gennaio 2018. (vedi report geofisico allegato).

Le prove sismiche sono state effettuate all’interno di un’area cortilizia privata, in asse con il tracciato in microtunneling previsto.

Nello specifico sono state svolte le seguenti indagini sismiche:

- N. 1 profilo sismico bidimensionale a rifrazione in tecnica tomografica con acquisizione in onde P di lunghezza pari a 24 m;
- N. 1 profilo sismico Masw (Multi-channel Analysis of Surface Waves) monodimensionali con elaborazione profilo in onde S.



**Figura 4 – Stendimento in sismica a rifrazione eseguito**

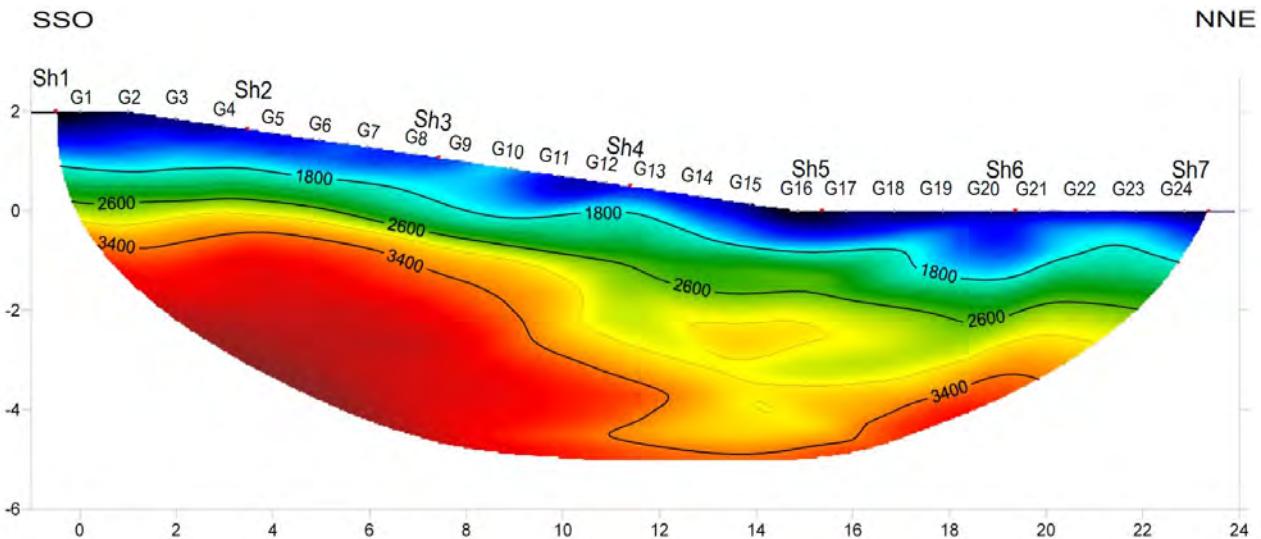


Figura 5 – Profilo 2D sismica a rifrazione

Vs.eq (Vs30) = 676 m/s

Categoria di Sottosuolo = B

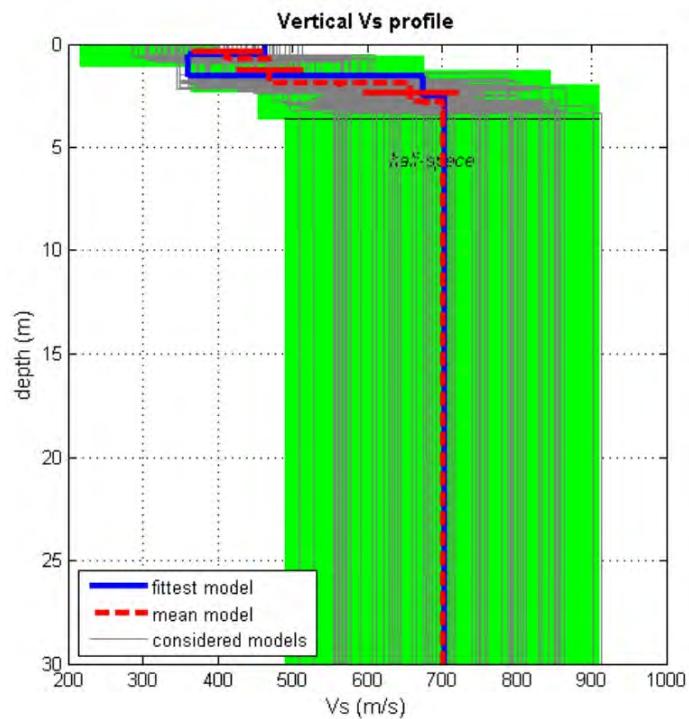


Figura 6 – Profilo verticale MASW

(vedi report allegato)

TAV. 01 - UBICAZIONE INDAGINI



LEGENDA:

Stendimento sismico in tecnica Tomografica e MASW

Pozzetti geognostici

Sondaggio geognostico

Condotta in progetto

## **STRATIGRAFIA SONDAGGIO E FOTO CASSETTA CATALOGATRICE**

**INTERVENTI URGENTI DI RACCOLTA E SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE DEL QUARTIERE SANTA MARIA – USINI (SS)**

Committente Comune di Usini	Cantiere Realizzazione condotta	Sondaggio S_01	Data 04/04/2025
Geologo assistente alle indagini geol. Lorenzo Falzoi	Tipo Carotaggio Continuo - Geotecnico	Quota P.C. 187,00	Coordinate Geografiche WGS 84 40°40'4.64" N – 8°32'7.81" E

Scala	Litologia	Descrizione	Quota	RQD	S.P.T.	Campioni	Carotiere	Piezometro	Falda
		Suolo sabbioso limoso con radici, asciutto, colore bruno	0.40						
1									
2		Marne alterate tenere, stratificate, leggermente umide, di colore giallastro. presenza di livelli maggiormente competenti con maggiore frazione carbonatica. (Formazione di Borutta - RTU)			N.D.				S
3			3.50						
4		Come sopra ma con grado di cementazione leggermente superiore. Presenza sulla parte finale di maggiore componente carbonatica			N.D.				
			5.00						

Quota stabilizzazione falda dal p.c. (m): ND

Altezza boccapozzo dal p.c.(m): /

Diametro piezometro (pollici): /

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato, Rs-Rimaneggiato da SPT  
 Perforazione:CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua  
 Prove SPT:PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa

## **STRATIGRAFIE E FOTO POZZETTI GEOGNOSTICI**

INTERVENTI URGENTI DI RACCOLTA E SMALTIMENTO ACQUE  
METEORICHE DEL QUARTIERE SANTA MARIA – USINI (SS)

Committente Comune di Usini	Cantiere REALIZZAZIONE CONDOTTA - USINI	Pozzetto P_01	Data 08/04/2025
Geologo rilevatore Lorenzo Falzoi	Metodo perforazione Escavatore con benna	Quota P.C. 193,20	Coordinate Geografiche 40° 40.0935'N - 8° 32.0320'E

Scala	Litologia	Descrizione	Quota	Campioni	Falda
		Suolo sabbioso limoso con sporadici clasti di natura calcarea colore marrone nocciola, asciutto.			
1		Sabbie argillose con presenza di carbonati che formano aggregati poliedrici decimetrici, asciutte, colore grigio-marrone.	0.80	P_01_C1 1.00 1.00	
2			2.00	P_01_C2	2.00
3					

Quota stabilizzazione falda dal p.c. (m): Non Rilevata

Note:

## Pozzetto P\_01



**INTERVENTI URGENTI DI RACCOLTA E SMALTIMENTO ACQUE  
METEORICHE DEL QUARTIERE SANTA MARIA – USINI (SS)**

Committente Comune di Usini	Cantiere REALIZZAZIONE CONDOTTA - USINI	Pozzetto P_02	Data 08/04/2025
Geologo rilevatore Lorenzo Falzoi	Metodo perforazione Escavatore con benna	Quota P.C. 187,46	Coordinate Geografiche 40° 40.0580'N - 8° 32.1586'E



Quota stabilizzazione falda dal p.c. (m): Non Rilevata

Note:

## Pozzetto P\_02



**INTERVENTI URGENTI DI RACCOLTA E SMALTIMENTO ACQUE  
METEORICHE DEL QUARTIERE SANTA MARIA – USINI (SS)**

Committente Comune di Usini	Cantiere REALIZZAZIONE CONDOTTA - USINI	Pozzetto P_03	Data 08/04/2025
Geologo rilevatore Lorenzo Falzoi	Metodo perforazione Escavatore con benna	Quota P.C. 180,79	Coordinate Geografiche 40° 40.0749'N - 8° 32.2555'E



Quota stabilizzazione falda dal p.c. (m): Non Rilevata

Note:

## Pozzetto P\_03



## **CERTIFICATI LABORATORIO CHIMICO**



Prot. 25R N°: 712

Data : 16/04/2025

Rapporto di prova n.

712

COMMITTENTE: **LITHOS SRL**ID: **LITRL25/892**

DATA RICEVIMENTO: 08/04/2025

INIZIO PROVE: 08/04/2025

FINE PROVE: 15/04/2025

I risultati contenuti nel presente Rapporto di prova si riferiscono esclusivamente al campione sottoposto ad analisi. Il presente Rapporto di prova puo' essere riprodotto soltanto per intero. Il presente Rapporto di prova non puo' essere alterato o riprodotto a scopo pubblicitario senza l'autorizzazione scritta del Laboratorio Leonardi s.a.s..

DESCRIZIONE CAMPIONE: **TERRE E ROCCE DA SCAVO**MATRICE: **TERRENO**LUOGO CAMPIONAMENTO: **INTERVENTI URGENTI DI RACCOLTA E SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE DEL QUARTIERE SANTA MARIA – USINI (SS)**PUNTO DI CAMPIONAMENTO: **P\_01C1**METRO DI CAMPIONAMENTO: **N.D.**

QUANTITA' CAMPIONE Kg: 0,5

PREVENTIVO/CONTRATTO N°: TARIFFARIO IN USO

PROCEDURA CAMPIONAMENTO: A CURA DEL COMMITTENTE

CAMPIONAMENTO ESEGUITO DA: A CURA DEL COMMITTENTE

NOTE: //

inizio analisi	fine analisi	PROVA	METODO ANALITICO	LDR	U.D.M.	VALORE	IM	Limiti TAB 1 colonna A ALL.5 D.Lgs 152/06 - Siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale	Limiti TAB 1 colonna B ALL.5 D.Lgs 152/06 - Siti ad uso Commerciale e Industriale
<b>METALLI</b>									
15/4/25	15/4/25	Arsenico	EPA 3051 + EPA 6010	2	mg/Kg	3,2		20	50
15/4/25	15/4/25	Cadmio	EPA 3051 + EPA 6010	0,2	mg/Kg	0,7		2	15
15/4/25	15/4/25	Cobalto	EPA 3051 + EPA 6010	2	mg/Kg	4,4		20	250
15/4/25	15/4/25	Nichel	EPA 3051 + EPA 6010	12	mg/Kg	18,3		120	500
15/4/25	15/4/25	Piombo	EPA 3051 + EPA 6010	10	mg/Kg	< 10,0		100	1000
15/4/25	15/4/25	Rame	EPA 3051 + EPA 6010	12	mg/Kg	< 12,0		120	600
15/4/25	15/4/25	Zinco	EPA 3051 + EPA 6010	15	mg/Kg	37,3		150	1500
15/4/25	15/4/25	Mercurio	EPA 3051 + EPA 6010	0,1	mg/Kg	< 0,1		1	5
15/4/25	15/4/25	Cromo totale	EPA 3051 + EPA 6010	15	mg/Kg	28,5		150	800
15/4/25	15/4/25	Cromo VI	EPA 3060 + EPA 7196	0,2	mg/Kg	< 0,2		2	15
<b>AROMATICI</b>									
8/4/25	8/4/25	Benzene	EPA 5021 + EPA 8260	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	2
8/4/25	8/4/25	Etilbenzene	EPA 5021 + EPA 8260	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,5	50
8/4/25	8/4/25	Stirene	EPA 5021 + EPA 8260	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,5	50
8/4/25	8/4/25	Toluene	EPA 5021 + EPA 8260	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,5	50
8/4/25	8/4/25	meta-Xilene	EPA 5021 + EPA 8260	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,5	50
8/4/25	8/4/25	Sommatoria Aromatici	EPA 5021 + EPA 8260	0,1	mg/Kg	< 0,10		1,0	100
<b>IDROCARBUTI TOTALI</b>									
15/4/25	15/4/25	Idrocarburi C>12	EPA 3540 + EPA 8270	10	mg/Kg	< 10,0		50	750
<b>AROMATICI POLICICLICI (IPA)</b>									
15/4/25	15/4/25	Benzo(a)antracene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,5	10
15/4/25	15/4/25	Benzo(a)pirene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	10
15/4/25	15/4/25	Benzo(b)fluorantene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,5	10
15/4/25	15/4/25	Benzo(k)fluorantene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,5	10
15/4/25	15/4/25	Benzo(g,h,i)perilene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	10
15/4/25	15/4/25	Crisene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		5,0	50
15/4/25	15/4/25	Dibenzo(a,e)pirene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	10
15/4/25	15/4/25	Dibenzo(a,l)pirene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	10



Prot. 25R N°: 712

Data : 16/04/2025

Rapporto di prova n.

712

COMMITTENTE: **LITHOS SRL**

ID: **LITRL25/892**

DATA RICEVIMENTO: 08/04/2025

INIZIO PROVE: 08/04/2025

FINE PROVE: 15/04/2025

inizio analisi	fine analisi	PROVA	METODO ANALITICO	LDR	U.D.M.	VALORE	IM	Limiti TAB 1 colonna A ALL.5 D.Lgs 152/06 - Siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale	Limiti TAB 1 colonna B ALL.5 D.Lgs 152/06 - Siti ad uso Commerciale e Industriale
15/4/25	15/4/25	Dibenzo(a,i)pirene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	10
15/4/25	15/4/25	Dibenzo(a,h)pirene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	10
15/4/25	15/4/25	Dibenzo(a,h)antracene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	10
15/4/25	15/4/25	Indeno(1,2,3,c,d)pirene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	5
15/4/25	15/4/25	Pirene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		5,0	50
15/4/25	15/4/25	Sommatoria Polaciclici Aromatici	EPA 3540 + EPA 8270	1	mg/Kg	< 1,0		10,0	100
<b>AMIANTO</b>									
15/4/25	15/4/25	Amianto	D.M. 6/09/1994 - FTIR	1000	mg/Kg	< 1000		1000	1000

**Giudizio:** il campione di terreno sottoposto ad analisi non presenta nessun superamento delle CSC indicate nella tabella 1 colonna A dell'allegato 5 del D.Lgs 152/06 e s.m.i., e pertanto risulta idoneo ad attivita' di recupero e riutilizzo previste dalla normativa vigente fatte salve il rispetto delle disposizioni e autorizzazioni disposte dalle autorita' competenti.

*Il Chimico Analista*

  
*Alberto Leonardi*



Prot. 25R N°: 713

Data : 16/04/2025

Rapporto di prova n.

713

COMMITTENTE: **LITHOS SRL**

INIZIO PROVE: 08/04/2025

ID: **LITRL25/893**

DATA RICEVIMENTO: 08/04/2025

FINE PROVE: 15/04/2025

I risultati contenuti nel presente Rapporto di prova si riferiscono esclusivamente al campione sottoposto ad analisi. Il presente Rapporto di prova puo' essere riprodotto soltanto per intero. Il presente Rapporto di prova non puo' essere alterato o riprodotto a scopo pubblicitario senza l'autorizzazione scritta del Laboratorio Leonardi s.a.s..

DESCRIZIONE CAMPIONE: **TERRE E ROCCE DA SCAVO**MATRICE: **TERRENO**LUOGO CAMPIONAMENTO: **INTERVENTI URGENTI DI RACCOLTA E SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE DEL QUARTIERE SANTA MARIA – USINI (SS)**PUNTO DI CAMPIONAMENTO: **P\_01C2**METRO DI CAMPIONAMENTO: **N.D.**

QUANTITA' CAMPIONE Kg: 0,5

PREVENTIVO/CONTRATTO N°: TARIFFARIO IN USO

PROCEDURA CAMPIONAMENTO: A CURA DEL COMMITTENTE

CAMPIONAMENTO ESEGUITO DA: A CURA DEL COMMITTENTE

NOTE: //

inizio analisi	fine analisi	PROVA	METODO ANALITICO	LDR	U.D.M.	VALORE	IM	Limiti TAB 1 colonna A ALL.5 D.Lgs 152/06 - Siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale	Limiti TAB 1 colonna B ALL.5 D.Lgs 152/06 - Siti ad uso Commerciale e Industriale
<b>METALLI</b>									
15/4/25	15/4/25	Arsenico	EPA 3051 + EPA 6010	2	mg/Kg	2,3		20	50
15/4/25	15/4/25	Cadmio	EPA 3051 + EPA 6010	0,2	mg/Kg	0,6		2	15
15/4/25	15/4/25	Cobalto	EPA 3051 + EPA 6010	2	mg/Kg	4,4		20	250
15/4/25	15/4/25	Nichel	EPA 3051 + EPA 6010	12	mg/Kg	18,7		120	500
15/4/25	15/4/25	Piombo	EPA 3051 + EPA 6010	10	mg/Kg	< 10,0		100	1000
15/4/25	15/4/25	Rame	EPA 3051 + EPA 6010	12	mg/Kg	< 12,0		120	600
15/4/25	15/4/25	Zinco	EPA 3051 + EPA 6010	15	mg/Kg	33,9		150	1500
15/4/25	15/4/25	Mercurio	EPA 3051 + EPA 6010	0,1	mg/Kg	< 0,1		1	5
15/4/25	15/4/25	Cromo totale	EPA 3051 + EPA 6010	15	mg/Kg	31,8		150	800
15/4/25	15/4/25	Cromo VI	EPA 3060 + EPA 7196	0,2	mg/Kg	< 0,2		2	15
<b>AROMATICI</b>									
8/4/25	8/4/25	Benzene	EPA 5021 + EPA 8260	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	2
8/4/25	8/4/25	Etilbenzene	EPA 5021 + EPA 8260	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,5	50
8/4/25	8/4/25	Stirene	EPA 5021 + EPA 8260	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,5	50
8/4/25	8/4/25	Toluene	EPA 5021 + EPA 8260	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,5	50
8/4/25	8/4/25	meta-Xilene	EPA 5021 + EPA 8260	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,5	50
8/4/25	8/4/25	Sommatoria Aromatici	EPA 5021 + EPA 8260	0,1	mg/Kg	< 0,10		1,0	100
<b>IDROCARBUTI TOTALI</b>									
15/4/25	15/4/25	Idrocarburi C>12	EPA 3540 + EPA 8270	10	mg/Kg	< 10,0		50	750
<b>AROMATICI POLICICLICI (IPA)</b>									
15/4/25	15/4/25	Benzo(a)antracene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,5	10
15/4/25	15/4/25	Benzo(a)pirene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	10
15/4/25	15/4/25	Benzo(b)fluorantene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,5	10
15/4/25	15/4/25	Benzo(k)fluorantene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,5	10
15/4/25	15/4/25	Benzo(g,h,i)perilene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	10
15/4/25	15/4/25	Crisene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		5,0	50
15/4/25	15/4/25	Dibenzo(a,e)pirene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	10
15/4/25	15/4/25	Dibenzo(a,l)pirene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	10



Prot. 25R N°: 713

Data : 16/04/2025

Rapporto di prova n.

713

COMMITTENTE: **LITHOS SRL**

ID: **LITRL25/893**

DATA RICEVIMENTO: 08/04/2025

INIZIO PROVE: 08/04/2025

FINE PROVE: 15/04/2025

inizio analisi	fine analisi	PROVA	METODO ANALITICO	LDR	U.D.M.	VALORE	IM	Limiti TAB 1 colonna A ALL.5 D.Lgs 152/06 - Siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale	Limiti TAB 1 colonna B ALL.5 D.Lgs 152/06 - Siti ad uso Commerciale e Industriale
15/4/25	15/4/25	Dibenzo(a,i)pirene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	10
15/4/25	15/4/25	Dibenzo(a,h)pirene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	10
15/4/25	15/4/25	Dibenzo(a,h)antracene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	10
15/4/25	15/4/25	Indeno(1,2,3,c,d)pirene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	5
15/4/25	15/4/25	Pirene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		5,0	50
15/4/25	15/4/25	Sommatoria Polaciclici Aromatici	EPA 3540 + EPA 8270	1	mg/Kg	< 1,0		10,0	100
<b>AMIANTO</b>									
15/4/25	15/4/25	Amianto	D.M. 6/09/1994 - FTIR	1000	mg/Kg	< 1000		1000	1000

**Giudizio:** il campione di terreno sottoposto ad analisi non presenta nessun superamento delle CSC indicate nella tabella 1 colonna A dell'allegato 5 del D.Lgs 152/06 e s.m.i., e pertanto risulta idoneo ad attivita' di recupero e riutilizzo previste dalla normativa vigente fatte salve il rispetto delle disposizioni e autorizzazioni disposte dalle autorita' competenti.

*Il Chimico Analista*

  
Alberto Leonardi



Prot. 25R N°: 714

Data : 16/04/2025

Rapporto di prova n.

714

COMMITTENTE: **LITHOS SRL**

INIZIO PROVE: 08/04/2025

ID: **LITRL25/894**

DATA RICEVIMENTO: 08/04/2025

FINE PROVE: 15/04/2025

I risultati contenuti nel presente Rapporto di prova si riferiscono esclusivamente al campione sottoposto ad analisi. Il presente Rapporto di prova puo' essere riprodotto soltanto per intero. Il presente Rapporto di prova non puo' essere alterato o riprodotto a scopo pubblicitario senza l'autorizzazione scritta del Laboratorio Leonardi s.a.s..

DESCRIZIONE CAMPIONE: **TERRE E ROCCE DA SCAVO**MATRICE: **TERRENO**LUOGO CAMPIONAMENTO: **INTERVENTI URGENTI DI RACCOLTA E SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE DEL QUARTIERE SANTA MARIA – USINI (SS)**PUNTO DI CAMPIONAMENTO: **P\_02C1**METRO DI CAMPIONAMENTO: **N.D.**

QUANTITA' CAMPIONE Kg: 0,5

PREVENTIVO/CONTRATTO N°: TARIFFARIO IN USO

PROCEDURA CAMPIONAMENTO: A CURA DEL COMMITTENTE

CAMPIONAMENTO ESEGUITO DA: A CURA DEL COMMITTENTE

NOTE: 0

inizio analisi	fine analisi	PROVA	METODO ANALITICO	LDR	U.D.M.	VALORE	IM	Limiti TAB 1 colonna A ALL.5 D.Lgs 152/06 - Siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale	Limiti TAB 1 colonna B ALL.5 D.Lgs 152/06 - Siti ad uso Commerciale e Industriale
<b>METALLI</b>									
15/4/25	15/4/25	Arsenico	EPA 3051 + EPA 6010	2	mg/Kg	< 2,0		20	50
15/4/25	15/4/25	Cadmio	EPA 3051 + EPA 6010	0,2	mg/Kg	0,4		2	15
15/4/25	15/4/25	Cobalto	EPA 3051 + EPA 6010	2	mg/Kg	3,8		20	250
15/4/25	15/4/25	Nichel	EPA 3051 + EPA 6010	12	mg/Kg	15,3		120	500
15/4/25	15/4/25	Piombo	EPA 3051 + EPA 6010	10	mg/Kg	< 10,0		100	1000
15/4/25	15/4/25	Rame	EPA 3051 + EPA 6010	12	mg/Kg	< 12,0		120	600
15/4/25	15/4/25	Zinco	EPA 3051 + EPA 6010	15	mg/Kg	29,3		150	1500
15/4/25	15/4/25	Mercurio	EPA 3051 + EPA 6010	0,1	mg/Kg	< 0,1		1	5
15/4/25	15/4/25	Cromo totale	EPA 3051 + EPA 6010	15	mg/Kg	20,9		150	800
15/4/25	15/4/25	Cromo VI	EPA 3060 + EPA 7196	0,2	mg/Kg	< 0,2		2	15
<b>AROMATICI</b>									
8/4/25	8/4/25	Benzene	EPA 5021 + EPA 8260	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	2
8/4/25	8/4/25	Etilbenzene	EPA 5021 + EPA 8260	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,5	50
8/4/25	8/4/25	Stirene	EPA 5021 + EPA 8260	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,5	50
8/4/25	8/4/25	Toluene	EPA 5021 + EPA 8260	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,5	50
8/4/25	8/4/25	meta-Xilene	EPA 5021 + EPA 8260	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,5	50
8/4/25	8/4/25	Sommatoria Aromatici	EPA 5021 + EPA 8260	0,1	mg/Kg	< 0,10		1,0	100
<b>IDROCARBUTI TOTALI</b>									
15/4/25	15/4/25	Idrocarburi C>12	EPA 3540 +EPA 8270	10	mg/Kg	< 10,0		50	750
<b>AROMATICI POLICICLICI (IPA)</b>									
15/4/25	15/4/25	Benzo(a)antracene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,5	10
15/4/25	15/4/25	Benzo(a)pirene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	10
15/4/25	15/4/25	Benzo(b)fluorantene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,5	10
15/4/25	15/4/25	Benzo(k)fluorantene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,5	10
15/4/25	15/4/25	Benzo(g,h,i)perilene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	10
15/4/25	15/4/25	Crisene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		5,0	50
15/4/25	15/4/25	Dibenzo(a,e)pirene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	10
15/4/25	15/4/25	Dibenzo(a,l)pirene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	10



Prot. 25R N°: 714

Data : 16/04/2025

Rapporto di prova n.

714

COMMITTENTE: **LITHOS SRL**

ID: **LITRL25/894**

DATA RICEVIMENTO: 08/04/2025

INIZIO PROVE: 08/04/2025

FINE PROVE: 15/04/2025

inizio analisi	fine analisi	PROVA	METODO ANALITICO	LDR	U.D.M.	VALORE	IM	Limiti TAB 1 colonna A ALL.5 D.Lgs 152/06 - Siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale	Limiti TAB 1 colonna B ALL.5 D.Lgs 152/06 - Siti ad uso Commerciale e Industriale
15/4/25	15/4/25	Dibenzo(a,i)pirene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	10
15/4/25	15/4/25	Dibenzo(a,h)pirene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	10
15/4/25	15/4/25	Dibenzo(a,h)antracene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	10
15/4/25	15/4/25	Indeno(1,2,3,c,d)pirene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	5
15/4/25	15/4/25	Pirene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		5,0	50
15/4/25	15/4/25	Sommatoria Polaciclici Aromatici	EPA 3540 + EPA 8270	1	mg/Kg	< 1,0		10,0	100
<b>AMIANTO</b>									
15/4/25	15/4/25	Amianto	D.M. 6/09/1994 - FTIR	1000	mg/Kg	< 1000		1000	1000

**Giudizio:** il campione di terreno sottoposto ad analisi non presenta nessun superamento delle CSC indicate nella tabella 1 colonna A dell'allegato 5 del D.Lgs 152/06 e s.m.i., e pertanto risulta idoneo ad attivita' di recupero e riutilizzo previste dalla normativa vigente fatte salve il rispetto delle disposizioni e autorizzazioni disposte dalle autorita' competenti.

*Il Chimico Analista*

  
*Alberto Leonardi*



Prot. 25R N°: 715

Data : 16/04/2025

Rapporto di prova n. 715

COMMITTENTE: LITHOS SRL

INIZIO PROVE: 08/04/2025

ID: LITRL25/895

DATA RICEVIMENTO: 08/04/2025

FINE PROVE: 15/04/2025

I risultati contenuti nel presente Rapporto di prova si riferiscono esclusivamente al campione sottoposto ad analisi. Il presente Rapporto di prova puo' essere riprodotto soltanto per intero. Il presente Rapporto di prova non puo' essere alterato o riprodotto a scopo pubblicitario senza l'autorizzazione scritta del Laboratorio Leonardi s.a.s..

DESCRIZIONE CAMPIONE: TERRE E ROCCE DA SCAVO

MATRICE: TERRENO

LUOGO CAMPIONAMENTO: INTERVENTI URGENTI DI RACCOLTA E SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE DEL QUARTIERE SANTA MARIA – USINI (SS)

PUNTO DI CAMPIONAMENTO: P\_02C2

METRO DI CAMPIONAMENTO: N.D.

QUANTITA' CAMPIONE Kg: 0,5

PREVENTIVO/CONTRATTO N°: TARIFFARIO IN USO

PROCEDURA CAMPIONAMENTO: A CURA DEL COMMITTENTE

CAMPIONAMENTO ESEGUITO DA: A CURA DEL COMMITTENTE

NOTE: 0

inizio analisi	fine analisi	PROVA	METODO ANALITICO	LDR	U.D.M.	VALORE	IM	Limiti TAB 1 colonna A ALL.5 D.Lgs 152/06 - Siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale	Limiti TAB 1 colonna B ALL.5 D.Lgs 152/06 - Siti ad uso Commerciale e Industriale
<b>METALLI</b>									
15/4/25	15/4/25	Arsenico	EPA 3051 + EPA 6010	2	mg/Kg	< 2,0		20	50
15/4/25	15/4/25	Cadmio	EPA 3051 + EPA 6010	0,2	mg/Kg	0,4		2	15
15/4/25	15/4/25	Cobalto	EPA 3051 + EPA 6010	2	mg/Kg	4,7		20	250
15/4/25	15/4/25	Nichel	EPA 3051 + EPA 6010	12	mg/Kg	18,9		120	500
15/4/25	15/4/25	Piombo	EPA 3051 + EPA 6010	10	mg/Kg	< 10,0		100	1000
15/4/25	15/4/25	Rame	EPA 3051 + EPA 6010	12	mg/Kg	< 12,0		120	600
15/4/25	15/4/25	Zinco	EPA 3051 + EPA 6010	15	mg/Kg	36,8		150	1500
15/4/25	15/4/25	Mercurio	EPA 3051 + EPA 6010	0,1	mg/Kg	< 0,1		1	5
15/4/25	15/4/25	Cromo totale	EPA 3051 + EPA 6010	15	mg/Kg	25,9		150	800
15/4/25	15/4/25	Cromo VI	EPA 3060 + EPA 7196	0,2	mg/Kg	< 0,2		2	15
<b>AROMATICI</b>									
8/4/25	8/4/25	Benzene	EPA 5021 + EPA 8260	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	2
8/4/25	8/4/25	Etilbenzene	EPA 5021 + EPA 8260	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,5	50
8/4/25	8/4/25	Stirene	EPA 5021 + EPA 8260	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,5	50
8/4/25	8/4/25	Toluene	EPA 5021 + EPA 8260	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,5	50
8/4/25	8/4/25	meta-Xilene	EPA 5021 + EPA 8260	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,5	50
8/4/25	8/4/25	Sommatoria Aromatici	EPA 5021 + EPA 8260	0,1	mg/Kg	< 0,10		1,0	100
<b>IDROCARBUTI TOTALI</b>									
15/4/25	15/4/25	Idrocarburi C>12	EPA 3540 +EPA 8270	10	mg/Kg	< 10,0		50	750
<b>AROMATICI POLICICLICI (IPA)</b>									
15/4/25	15/4/25	Benzo(a)antracene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,5	10
15/4/25	15/4/25	Benzo(a)pirene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	10
15/4/25	15/4/25	Benzo(b)fluorantene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,5	10
15/4/25	15/4/25	Benzo(k)fluorantene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,5	10
15/4/25	15/4/25	Benzo(g,h,i)perilene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	10
15/4/25	15/4/25	Crisene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		5,0	50
15/4/25	15/4/25	Dibenzo(a,e)pirene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	10
15/4/25	15/4/25	Dibenzo(a,l)pirene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	10



Prot. 25R N°: 715

Data : 16/04/2025

Rapporto di prova n.

715

COMMITTENTE: **LITHOS SRL**

ID: **LITRL25/895**

DATA RICEVIMENTO: 08/04/2025

INIZIO PROVE: 08/04/2025

FINE PROVE: 15/04/2025

inizio analisi	fine analisi	PROVA	METODO ANALITICO	LDR	U.D.M.	VALORE	IM	Limiti TAB 1 colonna A ALL.5 D.Lgs 152/06 - Siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale	Limiti TAB 1 colonna B ALL.5 D.Lgs 152/06 - Siti ad uso Commerciale e Industriale
15/4/25	15/4/25	Dibenzo(a,i)pirene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	10
15/4/25	15/4/25	Dibenzo(a,h)pirene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	10
15/4/25	15/4/25	Dibenzo(a,h)antracene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	10
15/4/25	15/4/25	Indeno(1,2,3,c,d)pirene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	5
15/4/25	15/4/25	Pirene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		5,0	50
15/4/25	15/4/25	Sommatoria Polaciclici Aromatici	EPA 3540 + EPA 8270	1	mg/Kg	< 1,0		10,0	100
<b>AMIANTO</b>									
15/4/25	15/4/25	Amianto	D.M. 6/09/1994 - FTIR	1000	mg/Kg	< 1000		1000	1000

**Giudizio:** il campione di terreno sottoposto ad analisi non presenta nessun superamento delle CSC indicate nella tabella 1 colonna A dell'allegato 5 del D.Lgs 152/06 e s.m.i., e pertanto risulta idoneo ad attivita' di recupero e riutilizzo previste dalla normativa vigente fatte salve il rispetto delle disposizioni e autorizzazioni disposte dalle autorita' competenti.

*Il Chimico Analista*

  
Alberto Leonardi  
SASSARI



Prot. 25R N°: 716

Data : 16/04/2025

Rapporto di prova n.

716

COMMITTENTE: **LITHOS SRL**ID: **LITRL25/896**

DATA RICEVIMENTO: 08/04/2025

INIZIO PROVE: 08/04/2025

FINE PROVE: 15/04/2025

I risultati contenuti nel presente Rapporto di prova si riferiscono esclusivamente al campione sottoposto ad analisi. Il presente Rapporto di prova puo' essere riprodotto soltanto per intero. Il presente Rapporto di prova non puo' essere alterato o riprodotto a scopo pubblicitario senza l'autorizzazione scritta del Laboratorio Leonardi s.a.s..

DESCRIZIONE CAMPIONE: **TERRE E ROCCE DA SCAVO**MATRICE: **TERRENO**LUOGO CAMPIONAMENTO: **INTERVENTI URGENTI DI RACCOLTA E SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE DEL QUARTIERE SANTA MARIA – USINI (SS)**PUNTO DI CAMPIONAMENTO: **P\_03C1**METRO DI CAMPIONAMENTO: **N.D.**

QUANTITA' CAMPIONE Kg: 0,5

PREVENTIVO/CONTRATTO N°: TARIFFARIO IN USO

PROCEDURA CAMPIONAMENTO: A CURA DEL COMMITTENTE

CAMPIONAMENTO ESEGUITO DA: A CURA DEL COMMITTENTE

NOTE: 0

inizio analisi	fine analisi	PROVA	METODO ANALITICO	LDR	U.D.M.	VALORE	IM	Limiti TAB 1 colonna A ALL.5 D.Lgs 152/06 - Siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale	Limiti TAB 1 colonna B ALL.5 D.Lgs 152/06 - Siti ad uso Commerciale e Industriale
<b>METALLI</b>									
15/4/25	15/4/25	Arsenico	EPA 3051 + EPA 6010	2	mg/Kg	2,8		20	50
15/4/25	15/4/25	Cadmio	EPA 3051 + EPA 6010	0,2	mg/Kg	0,5		2	15
15/4/25	15/4/25	Cobalto	EPA 3051 + EPA 6010	2	mg/Kg	3,6		20	250
15/4/25	15/4/25	Nichel	EPA 3051 + EPA 6010	12	mg/Kg	16,7		120	500
15/4/25	15/4/25	Piombo	EPA 3051 + EPA 6010	10	mg/Kg	< 10,0		100	1000
15/4/25	15/4/25	Rame	EPA 3051 + EPA 6010	12	mg/Kg	< 12,0		120	600
15/4/25	15/4/25	Zinco	EPA 3051 + EPA 6010	15	mg/Kg	29,3		150	1500
15/4/25	15/4/25	Mercurio	EPA 3051 + EPA 6010	0,1	mg/Kg	< 0,1		1	5
15/4/25	15/4/25	Cromo totale	EPA 3051 + EPA 6010	15	mg/Kg	28,5		150	800
15/4/25	15/4/25	Cromo VI	EPA 3060 + EPA 7196	0,2	mg/Kg	< 0,2		2	15
<b>AROMATICI</b>									
8/4/25	8/4/25	Benzene	EPA 5021 + EPA 8260	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	2
8/4/25	8/4/25	Etilbenzene	EPA 5021 + EPA 8260	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,5	50
8/4/25	8/4/25	Stirene	EPA 5021 + EPA 8260	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,5	50
8/4/25	8/4/25	Toluene	EPA 5021 + EPA 8260	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,5	50
8/4/25	8/4/25	meta-Xilene	EPA 5021 + EPA 8260	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,5	50
8/4/25	8/4/25	Sommatoria Aromatici	EPA 5021 + EPA 8260	0,1	mg/Kg	< 0,10		1,0	100
<b>IDROCARBUTI TOTALI</b>									
15/4/25	15/4/25	Idrocarburi C>12	EPA 3540 + EPA 8270	10	mg/Kg	< 10,0		50	750
<b>AROMATICI POLICICLICI (IPA)</b>									
15/4/25	15/4/25	Benzo(a)antracene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,5	10
15/4/25	15/4/25	Benzo(a)pirene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	10
15/4/25	15/4/25	Benzo(b)fluorantene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,5	10
15/4/25	15/4/25	Benzo(k)fluorantene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,5	10
15/4/25	15/4/25	Benzo(g,h,i)perilene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	10
15/4/25	15/4/25	Crisene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		5,0	50
15/4/25	15/4/25	Dibenzo(a,e)pirene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	10
15/4/25	15/4/25	Dibenzo(a,J)pirene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	10



Prot. 25R N°: 716

Data : 16/04/2025

Rapporto di prova n.

716

COMMITTENTE: **LITHOS SRL**

ID: **LITRL25/896**

DATA RICEVIMENTO: 08/04/2025

INIZIO PROVE: 08/04/2025

FINE PROVE: 15/04/2025

inizio analisi	fine analisi	PROVA	METODO ANALITICO	LDR	U.D.M.	VALORE	IM	Limiti TAB 1 colonna A ALL.5 D.Lgs 152/06 - Siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale	Limiti TAB 1 colonna B ALL.5 D.Lgs 152/06 - Siti ad uso Commerciale e Industriale
15/4/25	15/4/25	Dibenzo(a,i)pirene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	10
15/4/25	15/4/25	Dibenzo(a,h)pirene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	10
15/4/25	15/4/25	Dibenzo(a,h)antracene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	10
15/4/25	15/4/25	Indeno(1,2,3,c,d)pirene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	5
15/4/25	15/4/25	Pirene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		5,0	50
15/4/25	15/4/25	Sommatoria Polaciclici Aromatici	EPA 3540 + EPA 8270	1	mg/Kg	< 1,0		10,0	100
<b>AMIANTO</b>									
15/4/25	15/4/25	Amianto	D.M. 6/09/1994 - FTIR	1000	mg/Kg	< 1000		1000	1000

**Giudizio:** il campione di terreno sottoposto ad analisi non presenta nessun superamento delle CSC indicate nella tabella 1 colonna A dell'allegato 5 del D.Lgs 152/06 e s.m.i., e pertanto risulta idoneo ad attivita' di recupero e riutilizzo previste dalla normativa vigente fatte salve il rispetto delle disposizioni e autorizzazioni disposte dalle autorita' competenti.

*Il Chimico Analista*

  
*Alberto Leonardi*



Prot. 25R N°: 717

Data : 16/04/2025

Rapporto di prova n.

717

COMMITTENTE: LITHOS SRL

INIZIO PROVE: 08/04/2025

ID: LITRL25/897

DATA RICEVIMENTO: 08/04/2025

FINE PROVE: 15/04/2025

I risultati contenuti nel presente Rapporto di prova si riferiscono esclusivamente al campione sottoposto ad analisi. Il presente Rapporto di prova puo' essere riprodotto soltanto per intero. Il presente Rapporto di prova non puo' essere alterato o riprodotto a scopo pubblicitario senza l'autorizzazione scritta del Laboratorio Leonardi s.a.s..

DESCRIZIONE CAMPIONE: TERRE E ROCCE DA SCAVO

MATRICE: TERRENO

LUOGO CAMPIONAMENTO: INTERVENTI URGENTI DI RACCOLTA E SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE DEL QUARTIERE SANTA MARIA – USINI (SS)

PUNTO DI CAMPIONAMENTO: P\_03C2

METRO DI CAMPIONAMENTO: N.D.

QUANTITA' CAMPIONE Kg: 0,5

PREVENTIVO/CONTRATTO N°: TARIFFARIO IN USO

PROCEDURA CAMPIONAMENTO: A CURA DEL COMMITTENTE

CAMPIONAMENTO ESEGUITO DA: A CURA DEL COMMITTENTE

NOTE: 0

inizio analisi	fine analisi	PROVA	METODO ANALITICO	LDR	U.D.M.	VALORE	IM	Limiti TAB 1 colonna A ALL.5 DLgs 152/06 - Siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale	Limiti TAB 1 colonna B ALL.5 DLgs 152/06 - Siti ad uso Commerciale e Industriale
<b>METALLI</b>									
15/4/25	15/4/25	Arsenico	EPA 3051 + EPA 6010	2	mg/Kg	< 2,0		20	50
15/4/25	15/4/25	Cadmio	EPA 3051 + EPA 6010	0,2	mg/Kg	0,5		2	15
15/4/25	15/4/25	Cobalto	EPA 3051 + EPA 6010	2	mg/Kg	3,0		20	250
15/4/25	15/4/25	Nichel	EPA 3051 + EPA 6010	12	mg/Kg	17,1		120	500
15/4/25	15/4/25	Piombo	EPA 3051 + EPA 6010	10	mg/Kg	< 10,0		100	1000
15/4/25	15/4/25	Rame	EPA 3051 + EPA 6010	12	mg/Kg	< 12,0		120	600
15/4/25	15/4/25	Zinco	EPA 3051 + EPA 6010	15	mg/Kg	24,1		150	1500
15/4/25	15/4/25	Mercurio	EPA 3051 + EPA 6010	0,1	mg/Kg	< 0,1		1	5
15/4/25	15/4/25	Cromo totale	EPA 3051 + EPA 6010	15	mg/Kg	28,2		150	800
15/4/25	15/4/25	Cromo VI	EPA 3060 + EPA 7196	0,2	mg/Kg	< 0,2		2	15
<b>AROMATICI</b>									
8/4/25	8/4/25	Benzene	EPA 5021 + EPA 8260	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	2
8/4/25	8/4/25	Etilbenzene	EPA 5021 + EPA 8260	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,5	50
8/4/25	8/4/25	Stirene	EPA 5021 + EPA 8260	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,5	50
8/4/25	8/4/25	Toluene	EPA 5021 + EPA 8260	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,5	50
8/4/25	8/4/25	meta-Xilene	EPA 5021 + EPA 8260	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,5	50
8/4/25	8/4/25	Sommatoria Aromatici	EPA 5021 + EPA 8260	0,1	mg/Kg	< 0,10		1,0	100
<b>IDROCARBUTI TOTALI</b>									
15/4/25	15/4/25	Idrocarburi C>12	EPA 3540 + EPA 8270	10	mg/Kg	< 10,0		50	750
<b>AROMATICI POLICICLICI (IPA)</b>									
15/4/25	15/4/25	Benzo(a)antracene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,5	10
15/4/25	15/4/25	Benzo(a)pirene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	10
15/4/25	15/4/25	Benzo(b)fluorantene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,5	10
15/4/25	15/4/25	Benzo(k)fluorantene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,5	10
15/4/25	15/4/25	Benzo(g,h,i)perilene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	10
15/4/25	15/4/25	Crisene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		5,0	50
15/4/25	15/4/25	Dibenzo(a,e)pirene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	10
15/4/25	15/4/25	Dibenzo(a,l)pirene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	10



Prot. 25R N°: 717

Data : 16/04/2025

Rapporto di prova n.

717

COMMITTENTE: **LITHOS SRL**

ID: **LITRL25/897**

DATA RICEVIMENTO: 08/04/2025

INIZIO PROVE: 08/04/2025

FINE PROVE: 15/04/2025

inizio analisi	fine analisi	PROVA	METODO ANALITICO	LDR	U.D.M.	VALORE	IM	Limiti TAB 1 colonna A ALL.5 D.Lgs 152/06 - Siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale	Limiti TAB 1 colonna B ALL.5 D.Lgs 152/06 - Siti ad uso Commerciale e Industriale
15/4/25	15/4/25	Dibenzo(a,i)pirene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	10
15/4/25	15/4/25	Dibenzo(a,h)pirene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	10
15/4/25	15/4/25	Dibenzo(a,h)antracene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	10
15/4/25	15/4/25	Indeno(1,2,3,c,d)pirene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		0,1	5
15/4/25	15/4/25	Pirene	EPA 3540 + EPA 8270	0,01	mg/Kg	< 0,01		5,0	50
15/4/25	15/4/25	Sommatoria Polaciclici Aromatici	EPA 3540 + EPA 8270	1	mg/Kg	< 1,0		10,0	100
<b>AMIANTO</b>									
15/4/25	15/4/25	Amianto	D.M. 6/09/1994 - FTIR	1000	mg/Kg	< 1000		1000	1000

**Giudizio:** il campione di terreno sottoposto ad analisi non presenta nessun superamento delle CSC indicate nella tabella 1 colonna A dell'allegato 5 del D.Lgs 152/06 e s.m.i., e pertanto risulta idoneo ad attivita' di recupero e riutilizzo previste dalla normativa vigente fatte salve il rispetto delle disposizioni e autorizzazioni disposte dalle autorita' competenti.

*Il Chimico Analista*

*Alberto Leonardi*

## **REPORT GEOFISICO**



## REGIONE SARDEGNA

### COMUNE DI USINI

#### INTERVENTI URGENTI DI RACCOLTA E SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE DEL QUARTIERE SANTA MARIA – USINI

Codice Pratica GS_15_2025	Committente <b>Lithos S.r.l.</b>	Data Luglio 2025
Pagine 9		
Tavole 3		
Allegati 1		

#### TOMOGRAFIA SISMICA IN ONDE P E PROFILO IN ONDE S CON METODO MASW,

##### DIRETTORE TECNICO

*Dott. Geol. Stefano Bellaveglia*



##### TECNICI Sperimentatori

*Dott. Geol. Lorenzo Falzoi*

*Dott. Geol. Mario Alberto Antonini*

GEOFISICA SARDEGNA s.r.l.s.

Via Cavour, 59 - 07100 Sassari

Codice Fiscale - Partita IVA 02778270906

Cell. 347 5238011 - 320 5712144 - 339 2349655 - 349 5858305

email: [info@geofisicasardegna.it](mailto:info@geofisicasardegna.it) - PEC: [geofisicasardegna@pec.it](mailto:geofisicasardegna@pec.it)

## INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. METODOLOGIA INDAGINE SISMICA.....	3
2.1 Specifiche tecniche di acquisizione e schema delle prove sismiche .....	3
2.1.1 Sismica attiva .....	3
2.2 Tecniche di indagine .....	4
2.2.1 Sismica a rifrazione.....	4
2.2.2 Tecnica Masw .....	5
2.3 Approccio analitico .....	5
2.3.1 Analisi tomografia sismica.....	5
2.3.2 Analisi Masw .....	6
3. ELABORAZIONE PROVE SISMICHE.....	7
3.1 Elaborazione prove sismica attiva.....	7
4. AZIONI SISMICHE DI PROGETTO .....	8
4.1 Categoria di sottosuolo.....	8

### Tavole:

Tavola 1 .....	<b>Ubicazione delle indagini</b> Foto satellitare Google Earth scala 1:500
Tavola 2 .....	<b>Certificati indagini sismica a rifrazione</b>
Tavola 3 .....	<b>Certificati indagini MASW</b>

### Allegati:

Allegato 1 .....	<b>Specifiche tecniche strumentazione</b>
------------------	---

## **1. PREMESSA**

Su commissione di Lithos S.r.l., nell'ambito del progetto di “INTERVENTI URGENTI DI RACCOLTA E SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE DEL QUARTIERE SANTA MARIA – USINI (SS)”, è stata eseguita una campagna di indagini geofisiche finalizzata alla caratterizzazione sismica del sito di progetto tramite la ricostruzione dei modelli sismostratigrafici del sottosuolo, secondo quanto stabilito nelle “Norme tecniche per le costruzioni” del D.M. del 17 gennaio 2018

Nello specifico sono state svolte le seguenti indagini sismiche:

- N. 1 profilo sismico a rifrazione in tecnica tomografica con acquisizione in onde P;
- N. 1 profilo Masw (Multi-channel Analysis of Surface Waves);

## 2. METODOLOGIA INDAGINE SISMICA

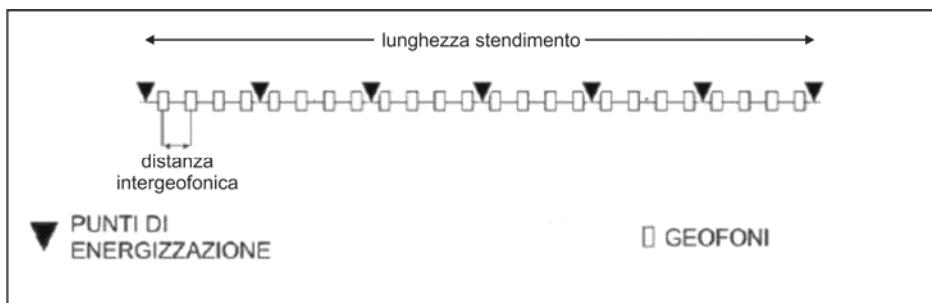
Le prospezioni sismiche vengono utilizzate nell'ambito dell'esplorazione del sottosuolo tramite lo studio della propagazione di onde elastiche generate o artificialmente mediante esplosioni controllate, vibrazioni indotte sul terreno con intensità e frequenza note, masse battenti di vario peso e tipologia o con sorgenti naturali. Nel caso di sorgenti artificiali si parlerà di sismica attiva e rientrano in questa categoria le indagini di sismica a rifrazione, a riflessione le indagini Masw, le Sasw e tutte le prove eseguite in foro (down-hole, cross-hole, up-hole) mentre nel caso di sorgenti naturali (*noise*) si parlerà di sismica passiva che comprendono le prove sismiche ReMi, Nakamura, Spac, Esac.

### 2.1 Specifiche tecniche di acquisizione e schema delle prove sismiche

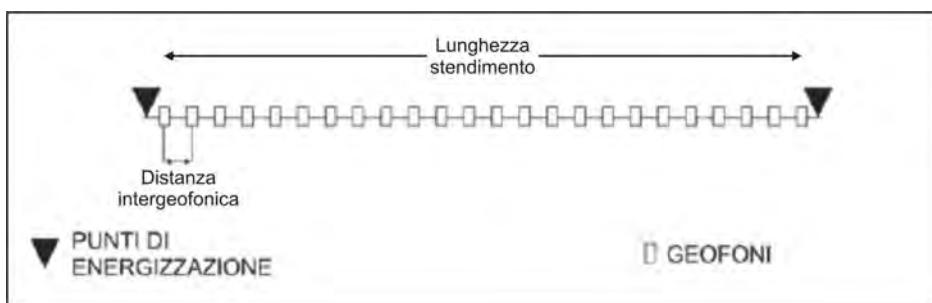
#### 2.1.1 Sismica attiva

I sismogrammi sono stati acquisiti con un sismografo PASI 16S24 (mod.2007) con risoluzione di acquisizione 16bit (24bit con sovraccampionamento e post processing) collegato tramite cavo a 24 geofoni verticali di tipo elettromagnetico a bobina mobile, con frequenza propria di 4.5 Hz, utilizzati sia per il profilo sismico a rifrazione in onde P che per il profilo sismico con tecnica MASW.

Per il profilo a rifrazione sono stati eseguiti 7 punti di energizzazione (due agli estremi, posti ad una distanza pari alla metà della distanza intergeofonica, e cinque all'interno del profilo), mentre per il profilo Masw è stata eseguita una serie di punti di energizzazione (shot) a distanze variabili dai geofoni G1 e G24, selezionando poi, in fase di elaborazione, lo shot che presentava la migliore qualità del segnale. Come sistema di energizzazione è stata utilizzata una mazza da 8 Kg che si è dimostrata in grado di fornire energia sufficiente allo scopo prefissato (Fig. 2.1/A e Fig.2.1/B).



**Fig.2.1/A - schema sismica a rifrazione**



**Fig.2.1/B - schema sismica MASW**

Come sistema di trigger per fornire il tempo zero all'acquisitore, è stato utilizzato un geofono starter posto in corrispondenza della piastra di battuta.

PROFILO	Tecnica di indagine	lunghezza stendimento (m)	distanza intergeofonica (m)	orientazione stendimento	durata acquisizione (s)	tempo di campionamento (ms)
<b>SRP_01</b>	Tomografia sismica in onde P	24.0	1.0	SSO - NNE	1.0	0.250
<b>SM_01</b>	Sismica in tecnica MASW	23.0	1.0	SSO - NNE	1.0	0.250

## 2.2 Tecniche di indagine

### 2.2.1 Sismica a rifrazione

La metodologia di indagine a rifrazione consiste nel produrre una perturbazione elastica (*shot*) in un punto della superficie del terreno e nel rilevare e registrare in più punti distanti il tempo intercorso tra l'istante dell'energizzazione (*tempo zero*) e l'arrivo di un suo impulso rifratto dalle superfici di discontinuità presenti nel sottosuolo. Le registrazioni avvengono tramite l'utilizzo di sensori detti *geofoni*, allineati lungo uno stendimento a distanze reciproche (distanza intergeofonica) variabili in funzione dell'obiettivo e delle specifiche condizioni di sito.

I segnali più importanti che vengono registrati sono relativi a tre tipi di onde, di seguito indicati nel loro ordine di arrivo: onde di compressione o primarie (onde P), onde di taglio o secondarie (onde S) e onde di Rayleigh o superficiali. Le registrazioni a distanze crescenti dal punto di energizzazione vengono quindi riportate su di un grafico distanze/tempi di arrivo per ogni tipologia di onda che si propaga nel mezzo elastico, ottenendo così una retta di inclinazione variabile rispetto all'asse delle ascisse detta *dromocrona* (Fig.2.2.1).

I tempi di arrivo dei raggi rifratti si disporranno nel diagramma tempi-distanze secondo una serie di rette di pendenza diversa tra loro e inferiore a quella delle onde dirette; dal calcolo dei coefficienti angolari delle rette così individuate si è in grado quindi di determinare la velocità di propagazione dell'onda negli orizzonti attraversati e di conseguenza, noto il tempo intercetto, anche il loro spessore.

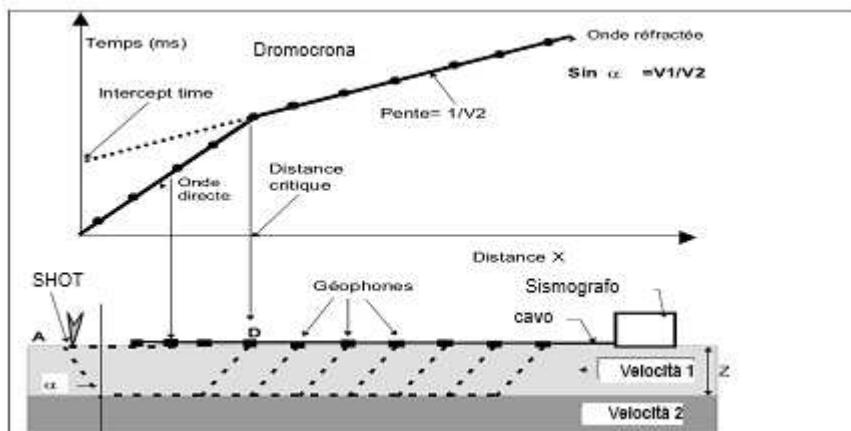


Fig.2.2.1 - Indagine sismica a rifrazione

## 2.2.2 Tecnica Masw

L'indagine MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves) è una tecnica investigativa che consente una ricostruzione della distribuzione della velocità delle onde S nel sottosuolo, permettendo di ricavare il parametro  $V_s, eq$  necessario per la classificazione dei suoli in base alle NTC 2018 che stabiliscono le nuove norme tecniche in materia di progettazione antismistica.

Per quanto concerne la fase di acquisizione del dato di campo, l'indagine MASW non è troppo diversa da una comune acquisizione per un'indagine di sismica a rifrazione, in quanto le onde di superficie sono facilmente generabili da una qualsiasi sorgente sismica quale ad esempio una mazza. L'acquisizione del dato prevede di effettuare uno stendimento di 24 geofoni (preferibilmente da 4,5 Hz) allineati con la sorgente ad una distanza intergeofonica variabile in base alle condizioni di sito e di energizzare in un solo punto (offset) con una sorgente ad impatto verticale, ad una distanza dal geofono più esterno anch'essa variabile in un range prestabilito. I sismogrammi così ottenuti vengono poi selezionati in fase di elaborazione, utilizzando solamente lo shoot che presenta la migliore qualità del segnale.

## 2.3 Approccio analitico

### 2.3.1 Analisi tomografia sismica

Il software di elaborazione tomografico utilizzato (*Rayfract v 3.18*), elabora un modello teorico compiendo alcune migliaia di iterazioni sulla base dei primi arrivi delle onde sismiche. Tale modello viene affinato automaticamente fino a che i dati teorici coincidono il più possibile con quelli acquisiti direttamente nella campagna di indagini sismiche. Attraverso questo tipo di elaborazioni si riducono sensibilmente gli eventuali errori dovuti a fattori soggettivi di interpretazione. L'elaborato finale fornisce la velocità relativa a singole celle unitarie di piccole dimensioni, in maniera tale da individuare e discriminare le anomalie laterali di velocità.

### 2.3.2 Analisi Masw

Il profilo  $V_s, eq$  con il metodo MASW viene ricavato tramite l'inversione delle curve di dispersione delle onde di superficie Rayleigh, che costituiscono un particolare tipo di onde di superficie che si trasmettono sulla superficie libera di un mezzo isotropo e omogeneo e sono il risultato dell'interferenza tra onde di pressione P e onde di taglio verticali S<sub>v</sub>. In un mezzo stratificato queste onde sono di tipo guidato e dispersivo e vengono definite pseudo-Rayleigh; la dispersione è una deformazione di un treno di onde dovuta ad una variazione di propagazione di velocità con la frequenza, le componenti a frequenza minore penetrano più in profondità rispetto a quelle a frequenza maggiore, per un dato modo e presentano normalmente più elevate velocità di fase. Il calcolo del profilo di velocità delle onde di Rayleigh,  $V(\text{fase})/\text{Frequenza}$ , viene quindi convertito nel profilo di  $V_s/\text{profondità}$ . La procedura utilizzata per la determinazione del profilo prevede quattro operazioni svolte in successione:

1. acquisizione delle onde superficiali (dati di campo);
2. determinazione dello spettro di velocità;
3. individuazione della curva di dispersione sullo spettro di velocità;
4. inversione della curva di dispersione attraverso l'utilizzo di algoritmi genetici.

Gli algoritmi evolutivi rappresentano un tipo di procedura di ottimizzazione appartenente alla classe degli algoritmi euristici (soft computing) e rispetto ai comuni metodi di inversione lineare basati su metodi del gradiente (matrice Jacobiana), queste tecniche di inversione offrono un'affidabilità del risultato di gran lunga superiore per precisione e completezza.

Resta comunque sottinteso che il calcolo algoritmico non prevede un risultato univoco ma una serie di risultati attendibili in un range di modelli validi e per tale motivo i dati finali possono presentare discordanze rispetto ai modelli ottenuti con altre tecniche di indagine sismica (down hole, cross hole, ecc. Il fit tra il modello calcolato con tecnica MASW e il modello ottenuto con altri metodi di indagine sismica è quindi funzione delle conoscenze geologiche di sito e per tale motivo la presenza di dati ricavati da indagini integrative (sondaggi, penetrometrie, ecc) permette di restringere il campo di incertezza, ottimizzando il modello finale.

### 3. ELABORAZIONE PROVE SISMICHE

#### 3.1 Elaborazione prove sismica attiva

L'elaborazione del profilo sismico a rifrazione SRP\_01, integrato con i dati ottenuti dalla prova Masw SM\_01, ha permesso di ricostruire il seguente modello sismostratigrafico interpretativo valido per i terreni investigati:

STRATO	SPESSORE min-max	VELOCITA' Vp min -max	VELOCITA' Vs media	LITOLOGIA	CARATTERISTICHE FISICHE
1	0.6-1.4 m	600-1800 m/s	413 m/s	Terreno di riporto e/o suolo superficiale	Mediamente addensato
2	0.6-1.2 m	1800-2600 m/s	470 m/s	Substrato marnoso calcareo	Da molto a mediamente alterato
3	0.6-3.2 m	2600-3400 m/s	658 m/s		
4	n.d.	>3400 m/s	702 m/s		

#### 4. AZIONI SISMICHE DI PROGETTO

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) adottano un approccio prestazionale alla progettazione delle strutture nuove e alla verifica di quelle esistenti. Nei riguardi dell'azione sismica l'obiettivo è il controllo del livello di danneggiamento della costruzione a fronte dei terremoti che possono verificarsi nel sito di costruzione. L'azione sismica sulle costruzioni è quindi valutata da una “pericolosità sismica di base”, in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A nelle NTC). L'azione sismica così individuata viene poi variata per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale.

##### 4.1 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

In base a quanto attualmente esposto delle “Norme tecniche per le costruzioni” del D.M. 17 gennaio 2018, che aggiornano e sostituiscono il precedente D.M. del 14 gennaio 2008, è necessario determinare le azioni sismiche di progetto tramite specifiche analisi di sito o mediante un approccio semplificato che si basa sul calcolo della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio ( $V_{s,eq}$ ) partendo dal piano di posa delle fondazioni.

Il valore di  $V_{s,eq}$  (in m/s) viene calcolato secondo la seguente espressione:

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

dove  $h_i$  e  $V_s$ , indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio  $Y < 10^{-6}$ ) dello strato  $i$ -esimo, per un totale di  $N$  strati presenti al disopra del substrato sismico (con  $V_s > 800$ m/s), fino ad un  $H$  massimo di 30 m ( $V_{s30}$ ).

L'indagine sismica ha permesso quindi di ricostruire il seguente profilo sismostratigrafico necessario per il calcolo delle  $V_{s,eq}$ :

STRATO	SPESSORE medio ( $h_i$ )	VELOCITA' media ( $V_s$ )
1	0.70 m	413 m/s
2	1.20 m	470 m/s
3	0.90 m	658 m/s
4	27.20 m	702 m/s

Dai dati sopra elencati si evince l'assenza di un substrato sismico ( $V_s > 800$  m/s) affiorante entro i primi 30.0 m di profondità e quindi, considerando in via cautelativa il piano di posa delle fondazioni coincidente con il piano campagna, sono stati ricavati i seguenti valori di velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio riferiti ai primi 30 m di profondità ( $H = 30$  nella precedente espressione) e la relativa CATEGORIA DI SOTTOSUOLO:

PROFILO	$V_s, eq$	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO
SM_01	$V_s,30 = 676$ m/s	B

Pertanto, sulla base di questo valore e secondo quanto stabilito dal DM del 17 gennaio 2018, è possibile assegnare al terreno di progetto la seguente categoria di profilo stratigrafico del suolo di fondazione:

**Categoria di sottosuolo B** : 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.

Sassari, Luglio 2025

GEOFISICA SARDEGNA s.r.l.s.

Il Direttore Tecnico

Dott. Geol. Stefano Bellaveglia



COMUNE DI  
USINI

PROVINCIA DI SASSARI

INTERVENTI URGENTI DI RACCOLTA E SMALTIMENTO  
ACQUE METEORICHE DEL QUARTIERE SANTA MARIA – USINI

OGGETTO: UBICAZIONE DELLE INDAGINI  
Foto satellitare

TAVOLA N°

1

SCALA

500

**GEOFISICA SARDEGNA s.r.l.s.**

Via Cavour,59 - Sassari C.F.-P.I.: 02778270906

DIRETTORE TECNICO:

Dott. Geol. Bellaveglia Stefano

# UBICAZIONE INDAGINI

Tav. 1



## LEGENDA:

— Stendimenti sismici in tecnica Tomografica e MASW

● ShX Shot iniziale/finale

COMUNE DI  
USINI

PROVINCIA DI SASSARI

INTERVENTI URGENTI DI RACCOLTA E SMALTIMENTO  
ACQUE METEORICHE DEL QUARTIERE SANTA MARIA – USINI

OGGETTO: CERTIFICATI INDAGINI SISMICA A RIFRAZIONE

TAVOLA N°

N° PROFILI

**2**

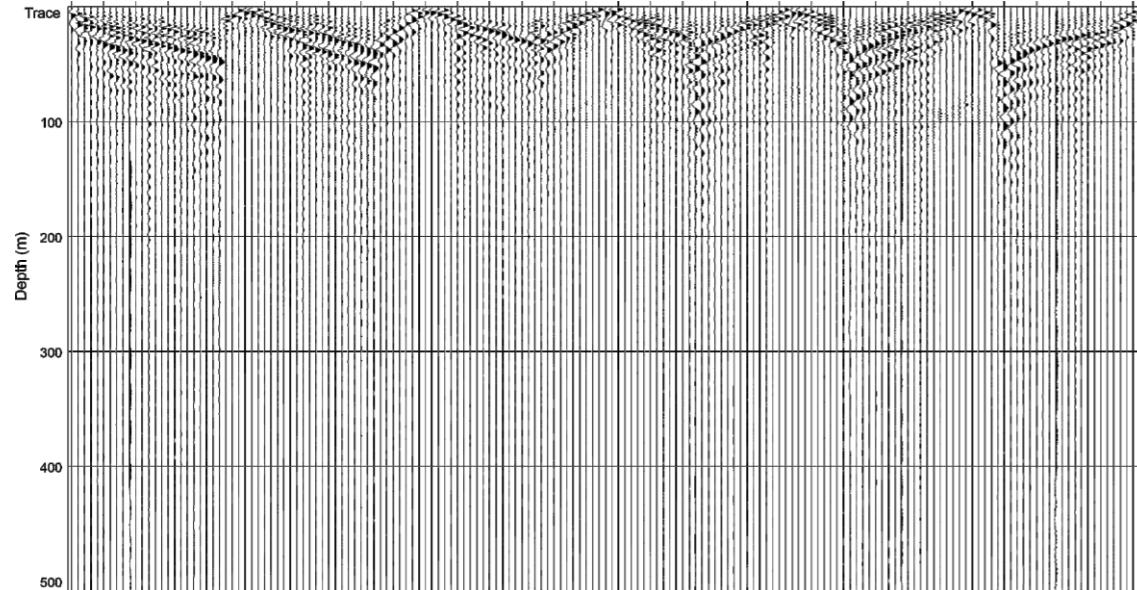
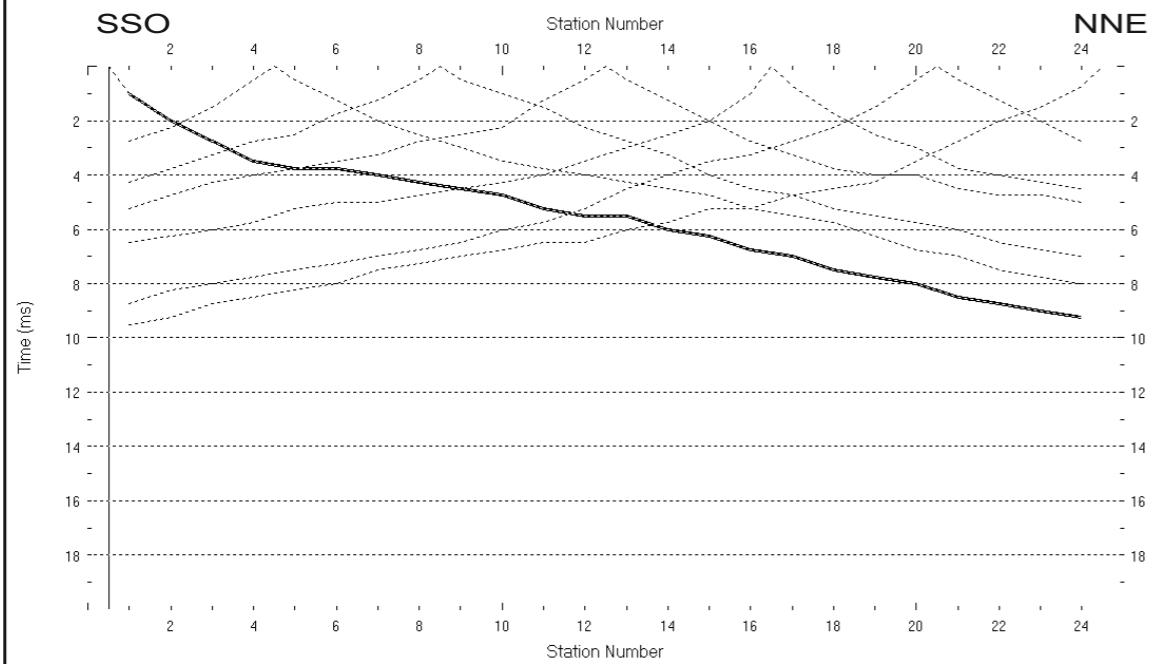
**1**

**GEOFISICA SARDEGNA s.r.l.s.**

Via Cavour,59 - Sassari C.F.-P.I.: 02778270906

**DIRETTORE TECNICO:**

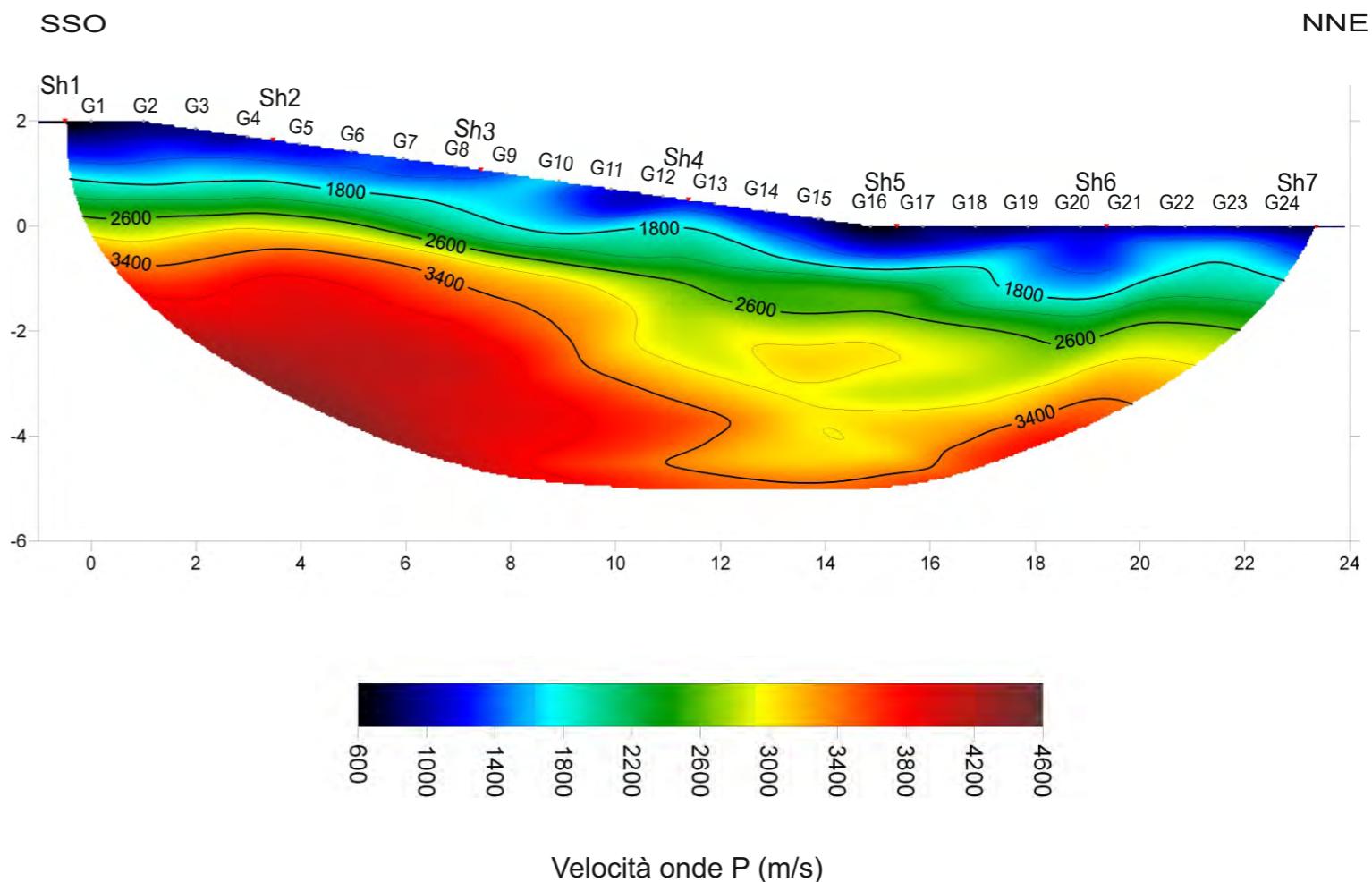
Dott. Geol. Bellaveglia Stefano

**SISMOGRAMMI**
**SSO**

**NNE**
**DROMOCRONE**

**Codice Certificato di prova: GS\_15\_2025\_SR0\_01**

Committente: Lithos S.r.l. - Data Esecuzione: 28/05/2025 - Località: Via E.Loi - Comune: Usini (SS)

**SPECIFICHE TECNICHE DI ACQUISIZIONE**

Tipo geofoni	verticali
Frequenza geofoni	4.5 Hz
N° geofoni	24
N° scoppi	7
Lunghezza stendimento	24.0 m
Distanza intergeofonica	1.0 m
Orientazione stendimento	SSO - NNE
Coordinate estremi (WGS UTM 32 N)	Sh1: N 4501983; E 460702 Sh7: N 4501995; E 460724
Durata acquisizione	1 s
Tempo di campionamento	0.250 ms


**PROFILO SISMICO 2D**


COMUNE DI  
USINI

PROVINCIA DI SASSARI

INTERVENTI URGENTI DI RACCOLTA E SMALTIMENTO  
ACQUE METEORICHE DEL QUARTIERE SANTA MARIA – USINI

OGGETTO: CERTIFICATI INDAGINI MASW

TAVOLA N°

N° PROFILI

**3**

**1**

**GEOFISICA SARDEGNA s.r.l.s.**

Via Cavour,59 - Sassari C.F.-P.I.: 02778270906

**DIRETTORE TECNICO:**

Dott. Geol. Bellaveglia Stefano

# CERTIFICATO DI PROVA INDAGINE SISMICA MASW

GEOFISICA SARDEGNA s.r.l.s.  
Società di Servizi indagini geologiche, geofisiche, geotecniche e ambientali  
Via Cavour n°59, 07100 Sassari - C.F. e P.I. 02778270906  
Cell. 347 5238011 - 320 5712144 - 339 2349655 - 349 5858305  
email: info@geofisicasardegna.it - PEC: geofisicasardegna@pec.it

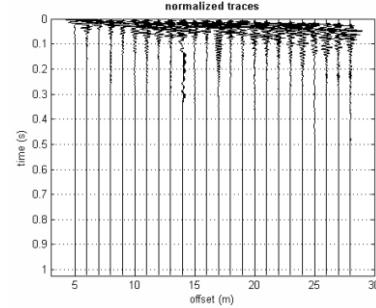
Codice Certificato di prova: GS\_15\_2025\_SM\_01

Committente: Lithos S.r.l. - Data Esecuzione: 28/05/2025 -  
Località: Via E.Loi - Comune: Usini (SS)

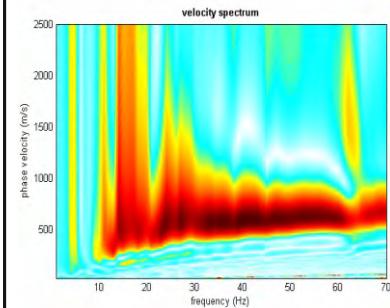
SPECIFICHE TECNICHE DI ACQUISIZIONE	
Profilo	SM_01
Tipo geofoni	verticali
Frequenza geofoni	4.5 Hz
N° geofoni	24
N° scoppi	7
Lunghezza stendimento	23.0 m
Distanza intergeofonica	1.0 m
Orientazione stendimento	SSO - NNE
Coordinate estremi (WGS 84 UTM 32N)	Sh1: N 4501983; E 460702 Sh7: N 4501995; E 460724
Durata acquisizione	1 s
Tempo di campionamento	0.250 ms
Superficie di esecuzione	Terreno



## SISMOGRAMMI



## SPETTRO



## DATI NUMERICI

### Rayleigh wave analysis

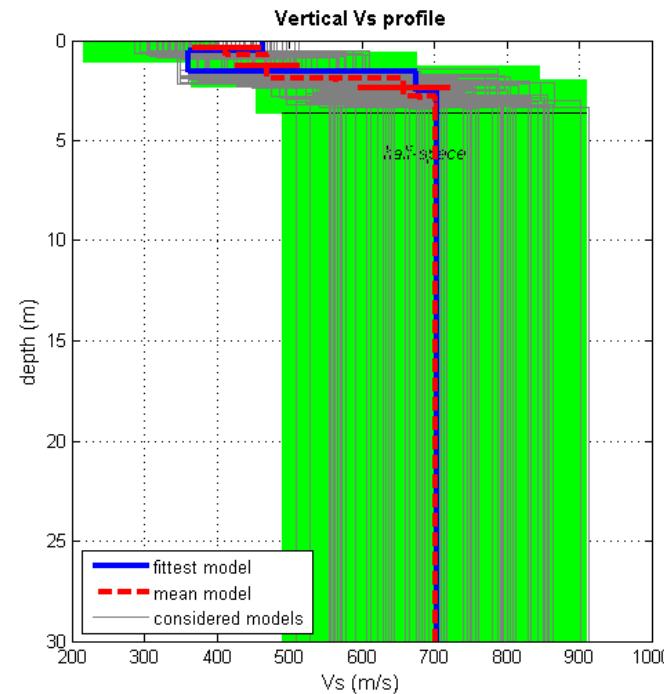
Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -33.8499 -3.88073  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -34.6545 -3.88073  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -30.7122 -3.88073  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -25.4098 -3.88073  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -20.9255 -3.88073  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -18.6865 -3.88073  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -14.2383 -3.72428  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -19.0928 -3.72428  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -26.9809 -3.72428  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -24.4676 -3.63684  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -22.8606 -3.5311  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -20.3562 -3.5311  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -19.1539 -3.5311  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -21.4692 -3.5311  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -19.2189 -3.5311  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -20.3241 -3.51722  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -24.0276 -3.51722  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -28.6722 -3.51722  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -26.052 -3.51722  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -26.0002 -3.51722  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -27.4702 -3.51722  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: -27.0266 -3.51722  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: -28.4268 -3.51722  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: -22.9026 -3.51722  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: -19.6377 -3.51722  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: -20.8973 -3.51722  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits: -14.53 -3.51722  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits: -18.3773 -3.51722  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits: -17.9091 -3.51722  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits: -14.5024 -3.51722  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits: -15.3576 -3.50293

Now a finer search around the most promising search space area

### Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -52.9046 -3.50293  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -36.3905 -3.50293  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -35.3125 -3.50293  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -24.2146 -3.50293  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -24.2482 -3.47377  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -17.5393 -3.47377

## PROFILO DI VELOCITA' 1D Vs.eq (Vs30) = 676 m/s



COMUNE DI  
USINI

PROVINCIA DI SASSARI

INTERVENTI URGENTI DI RACCOLTA E SMALTIMENTO  
ACQUE METEORICHE DEL QUARTIERE SANTA MARIA – USINI

OGGETTO: SPECIFICHE TECNICHE STRUMENTAZIONE

ALLEGATO N°

1

**GEOFISICA SARDEGNA s.r.l.s.**

Via Cavour,59 - Sassari C.F.-P.I.: 02778270906

DIRETTORE TECNICO:

Dott. Geol. Bellaveglia Stefano

## SPECIFICHE TECNICHE DELLA STRUMENTAZIONE

### SISMOGRAFO PASI mod. 16S24

Processore	Pentium 233MMX Intel
Trattamento dati	Floating Point 32-bit
Ambiente operativo	Windows 3.11
Interfaccia multilingue	Italiano, Inglese Francese Spagnolo, ecc...
Numero canali	<b>24</b>
Puntamento	VersaPoint Mouse
Display	VGA a colori in LCD-TFT 10.4"
Supporto di memorizzazione	<b>Hard-Disk 4.3 Gb</b>
Risoluzione di acquisizione	<b>16 bit (24 bit con sovracampionamento e post Processing)</b>
Stampante (opzionale)	Seiko DPU-411 thermal printer
Porte dati esterne	Rs232, stampante, tastiera
Sonde ambiente interne	Temperatura e umidità relativa
Protezioni interne	Termiche prevenzione e controllo surriscaldamenti (Warning sul display e blocco)
Compatibilità dati acquisiti	SEG-2
Connettori geofoni 1 o 2	Standard NK-27-21C
Alimentazione	12Vdc (batteria o alimentatore, opz.)
Allarme	Di batteria scarica
Temperatura Funzionamento	0°C - 55°C
Immagazzinaggio	- 55°C - 150°C
Umidità	5% - 90% non condensante
Dimensioni fisiche	(482.6 x 355.6 x 196.8 mm)
Peso	da 14 a 20 Kg
Durata acquisizione	32, 64, 128, 256, 512, 1024, 2048 .... <b>16000,00 ms</b>
Tempi di campionamento	31, 62, 125, 250, 500, 1000, 2000 $\mu$ s
Filtri in acquisizione e uscita:	
- Passo alto	25, 35, 50, 70, 100, 140, 200, 280, 400 Hz
- Passo basso	250, 500, 1000 Hz
- Notch	50, 60, 150, 180 Hz

### **FUNZIONI SPECIALI**

- Enhancement con/senza preview totale/parziale
- Marker per determinare posizione nel tempo dei punti video
- A.G.C.
- Delay
- Pre-trigger: 0 - 100 ms (step di 1 ms)
- Post-trigger: 0 - 16.000 ms (step di 1 ms)
- **Inversione di polarità**
- Noise-monitor con visualizzazione real time a cascata
- Visualizzazione vecchie acquisizioni (ordinate per ora e data)
- Visualizzazione in wiggle-trace o variable-area
- Funzione di determinazione risorse disponibili sullo strumento in funzione dello spazio libero su disco
- Trace-size automatica o manuale per ogni canale
- Le acquisizioni sono automaticamente registrate sullo strumento
- Massima acquisizione: 1.024.000 campioni/acquisizione
- Calibrazioni automatiche
- Doppia auto-taratura offset
- Taratura ingressi su tensioni di riferimento
- Taratura guadagno
- Massimo range di tensione in ingresso: +/- 5V

## SPECIFICHE DI ACQUISIZIONE

Risoluzione	16 Bit reali
Guadagno = 1	97 dB
Guadagno = 5	101 dB
Guadagno = 10	105 dB
Guadagno = 20	105 dB
Guadagno = 50	105 dB
Guadagno = 100	105 dB
Larghezza di Banda	5KHz (qualunque guadagno)
<b>Rumore di sistema</b>	
GUADAGNO	RUMORE DI SISTEMA (Compreso quello di quantizzazione)
- da 2 a 10	0.6 LSBrms
- 20	0.7 LSBrms
- 50	1.1 LSBrms
- 100	2.0 LSBrms

## GEOFONI

**Sonde geofoniche da foro** n. 2 Geofoni triassiali 10 Hz collegati rigidamente a distanza di 1.0 m  
n. 1 geofono triassiale mod. GEOSTUFF. BHG-3  
orientazione automatica

### **Geofoni verticali**

Quantità n. 25  
Marca OYO-Geospace  
Frequenza **14Hz**

### **Geofoni verticali**

Quantità n. 25  
Marca PASI CDJ - Z 4.5  
Frequenza **4.5 Hz**

### **Geofoni orizzontali**

Quantità n. 25  
Marca MARK  
Frequenza **14Hz**

### **Geofono starter**

## ENERGIZATORI

### **Per onde P - SH**

Mazza da 8 Kg  
Sistema a caduta libera con massa da 100 Kg  
Sistema idraulico con massa accelerata semovente