



PROGETTO DEFINITIVO

COLD IRONING

PORTOFERRAIO



Titolo Elaborato:

RELAZIONE GEOLOGICA

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO:
02			
01	Marzo 2023	Seconda emissione	
00	Dicembre 2022	Prima emissione	
<u>Progettista:</u> Ing. Davide Sciutto		<u>Gruppo di progettazione:</u> Ing. Giorgio Mainardi Ing. Barbara Bottoni Ing. David Zanobetti Geol. Dario D'Avino Progetec s.n.c.	
Coordinatore della progettazione:		Organismo di verifica	IL RUP
Ing. Davide Sciutto		Malvezzi & Partners	Ing. Sandra Muccetti
			IL DIRIGENTE
			Ing. Sandra Muccetti

Sommario

1. PREMESSA	3
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	3
3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	4
4. INDAGINI GEOGNOSTICHE	5
5. VINCOLI E VERIFICA DELLE PERICOLOSITÀ E FATTIBILITÀ GEOLOGICA	5
6. GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA, SISMICITÀ E QUADRO GEOTECNICO DELL'AREA	9
6.1. GEOLOGIA DELL'AREA DI STUDIO E DESCRIZIONE DELLE LITOLOGIE AFFIORANTI	9
6.2. IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA DELL'AREA	10
6.3. CAMPAGNA GEOGNOSTICA GEOELETTICA E SISMICA ESEGUITA	11
6.3.1 - Indagini geofisiche di superficie eseguite congiuntamente mediante tomografia elettrica 3D e georadar stream c con sistema multi array da 600 mhz	11
6.3.2. - Prove penetrometriche dinamiche DPSH	14
6.3.3. - Sondaggio	15
6.3.4. - Prove SPT	19
6.4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI	20
6.5. SISMICITÀ DELL'AREA	22
6.5.1 - Zonazione sismica	23
6.5.2 - Pericolosità sismica	24
6.5.3 - Determinazione della categoria di suolo e caratteristiche topografiche ai fini della risposta sismica	28
6.6. INQUADRAMENTO LITOSTRATIGRAFICO E MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA	33
7. FATTIBILITÀ DEGLI INTERVENTI DI PROGETTO	35
8. VALUTAZIONI CONCLUSIVE	37

1.PREMESSA

Il presente studio, è stato realizzato su incarico dell'Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Settentrionale, a supporto della progettazione di una cabina di distribuzione di energia elettrica all'interno del progetto denominato COLD IRONING.

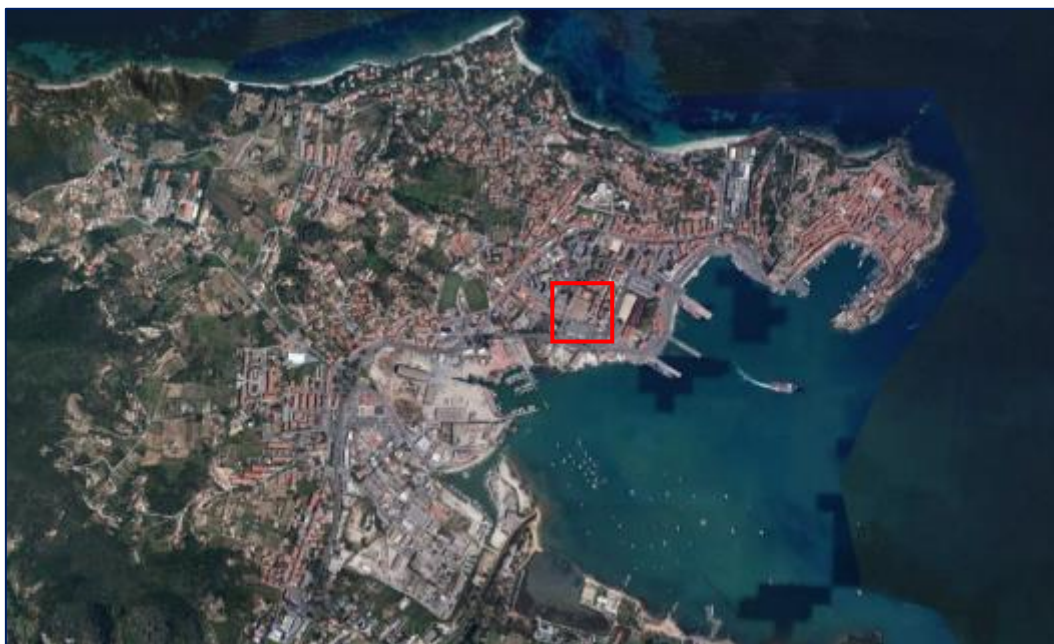
Per la definizione del modello geologico/stratigrafico dell'area e per la caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione è stata eseguita una campagna d'indagine, nell'ambito della quale sono state eseguite:

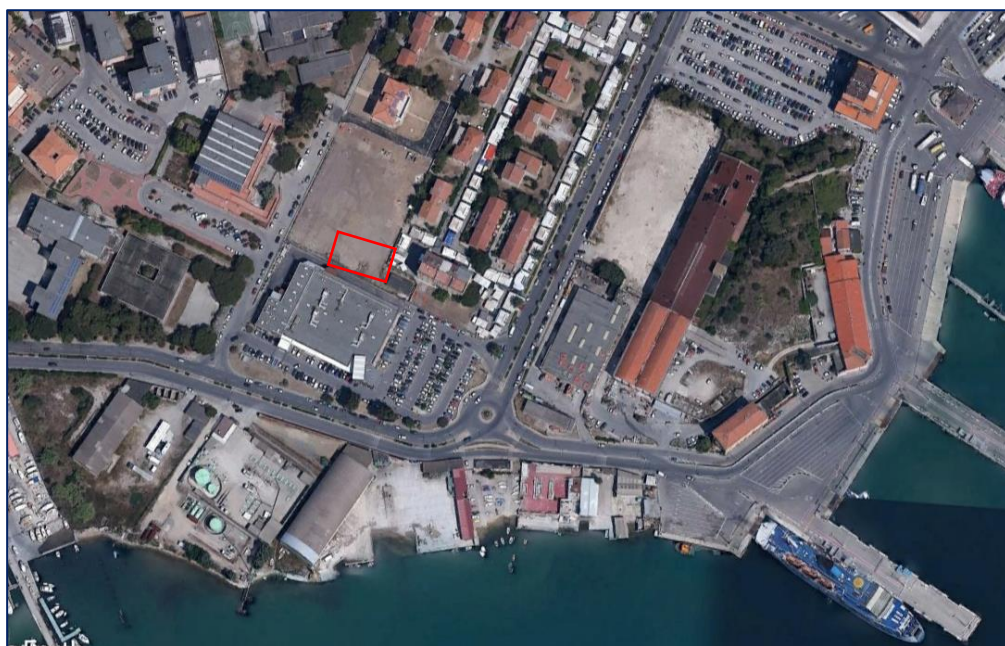
- due prove penetrometriche DPSH spinte sino al rifiuto strumentale raggiunto rispettivamente a 0.8 m e 1.6 m di profondità dal p.c.;
- un carotaggio continuo che ha raggiunto la profondità di 18 m, durante il quale sono state eseguite 4 prove SPT e prelevato un campione indisturbato per le analisi di laboratorio.

Preventivamente è stata inoltre eseguita un'indagine geoelettrica e ed una utilizzando il georadar.

2.INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area in studio si colloca a tergo di quella portuale di Portoferraio, in adiacenza al punto vendita della COOP. Il nuovo edificio verrà realizzato in corrispondenza di un vecchio campo di calcio ormai abbandonato, come osservabile nelle immagini di seguito riportate.



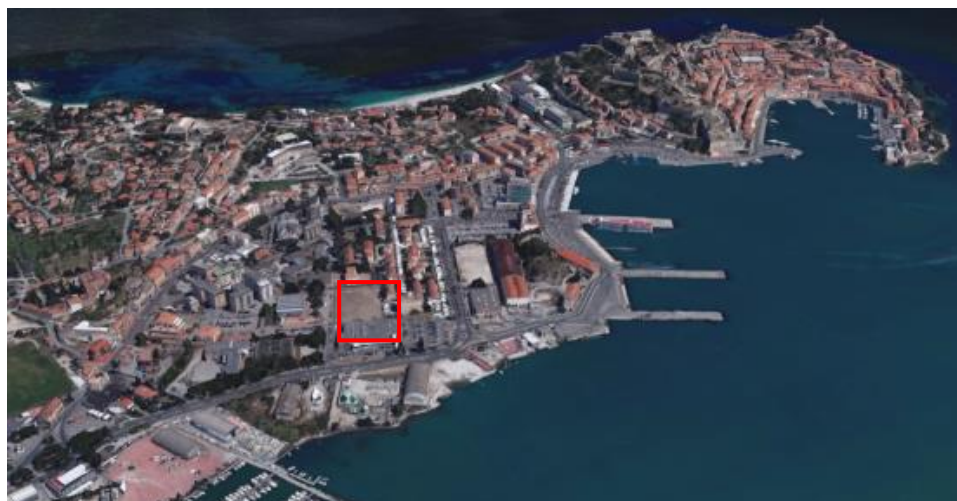


3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'area d'indagine, posta ad una quota di 3 m sul l.m.m. risulta geomorfologicamente in gran parte modificata dall'intensa urbanizzazione, che ha determinato in particolar modo la realizzazione di reinterri per realizzare le banchine, soprattutto lungo l'area portuale.

Dal punto di vista clivometrico la zona si presenta pianeggiante; per tale motivo non sono stati rilevati fenomeni di erosione sia a carattere diffuso che incanalato così come processi morfogenetici di particolare rilevanza.

Possiamo pertanto asserire che l'area di progetto appare in equilibrio sotto il profilo morfologico.



4. INDAGINI GEOGNOSTICHE

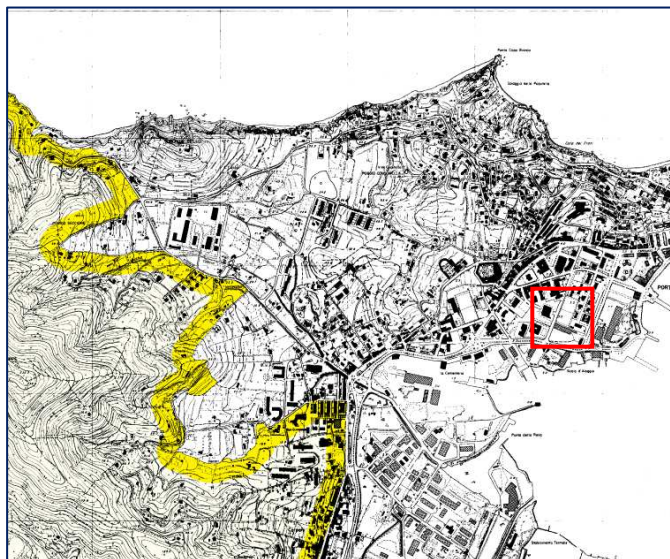
Per la caratterizzazione geologica e geotecnica dell'area interessata all'intervento, si è provveduto in una prima fase alla raccolta bibliografica di dati appartenenti a studi pregressi realizzati in adiacenza all'area d'intervento. In relazione alla carenza dei dati individuati e la classe di indagine dell'intervento, abbiamo eseguito una campagna di indagini costituita da:

- due prove penetrometriche DPSH spinte sino al rifiuto strumentale;
- un carotaggio continuo che ha raggiunto la profondità di 18 m durante il quale sono state eseguite 4 prove SPT e prelevato un campione indisturbato per le analisi di laboratorio;

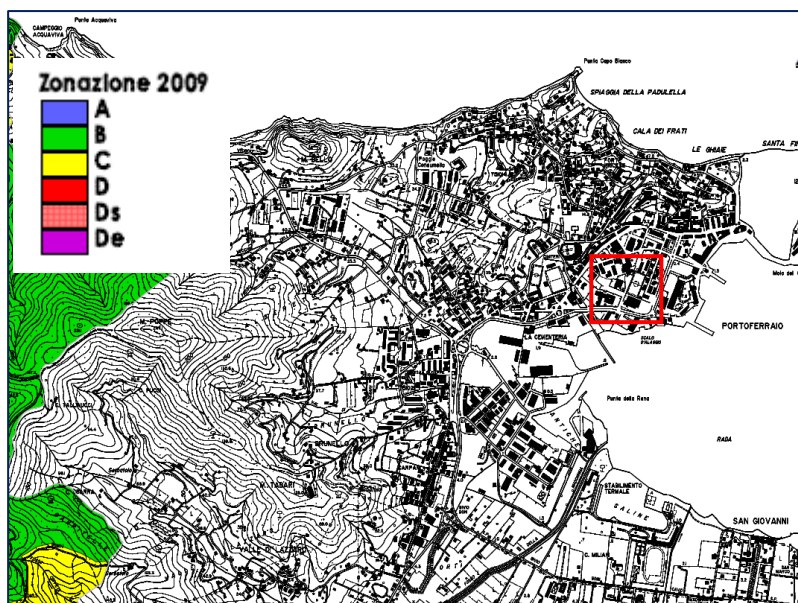
Tale campagna è stata inoltre preceduta da un'indagine geoelettrica ed una utilizzando il georadar per valutare l'eventuale presenza di sottoservizi. Per le specifiche di tali indagini si rimanda alla lettura degli elaborati redatti dalla TRI-GEO, non ricompresi nella presente relazione.

5. VINCOLI E VERIFICA DELLE PERICOLOSITÀ E FATTIBILITÀ GEOLOGICA

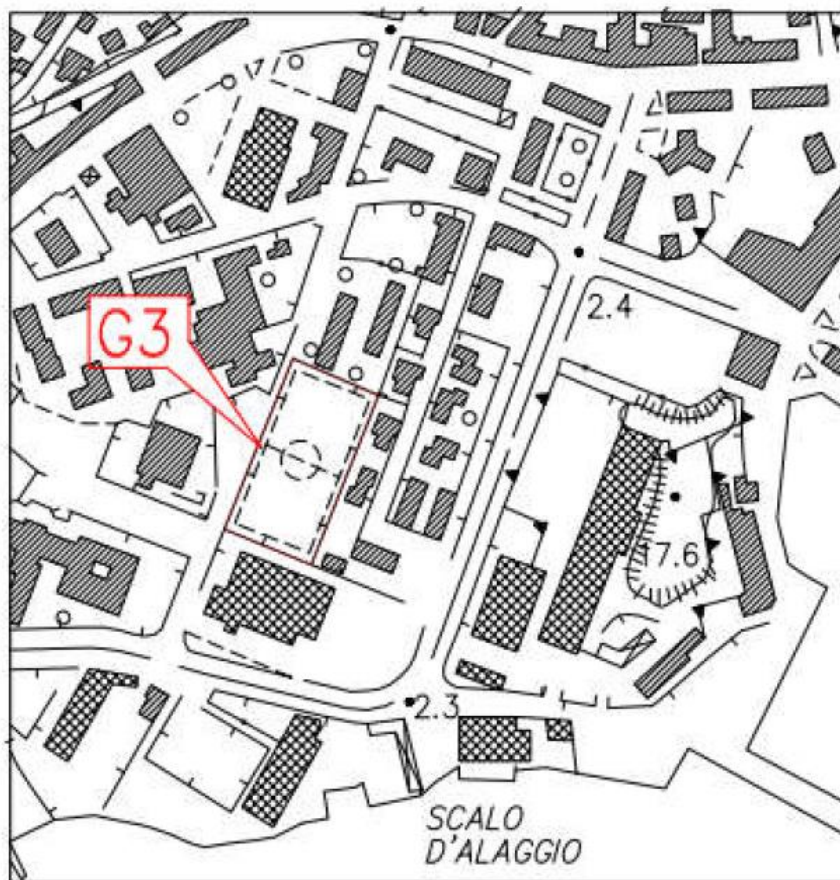
L'area in studio non risulta sottoposta a tutela del Vincolo Idrogeologico (R.D. n.3267/1923).



L'area in studio non rientra nel territorio del Parco Nazionale dell'Arcipelago Toscano.



Per quanto concerne la pericolosità geologica e idraulica abbiamo fatto riferimento alla cartografia ed alla relazione geologica relative al quadro conoscitivo della Variante al RU denominata Ambito 22 Bricchetteria, redatte dal Geol. Mauro Ceccherelli:

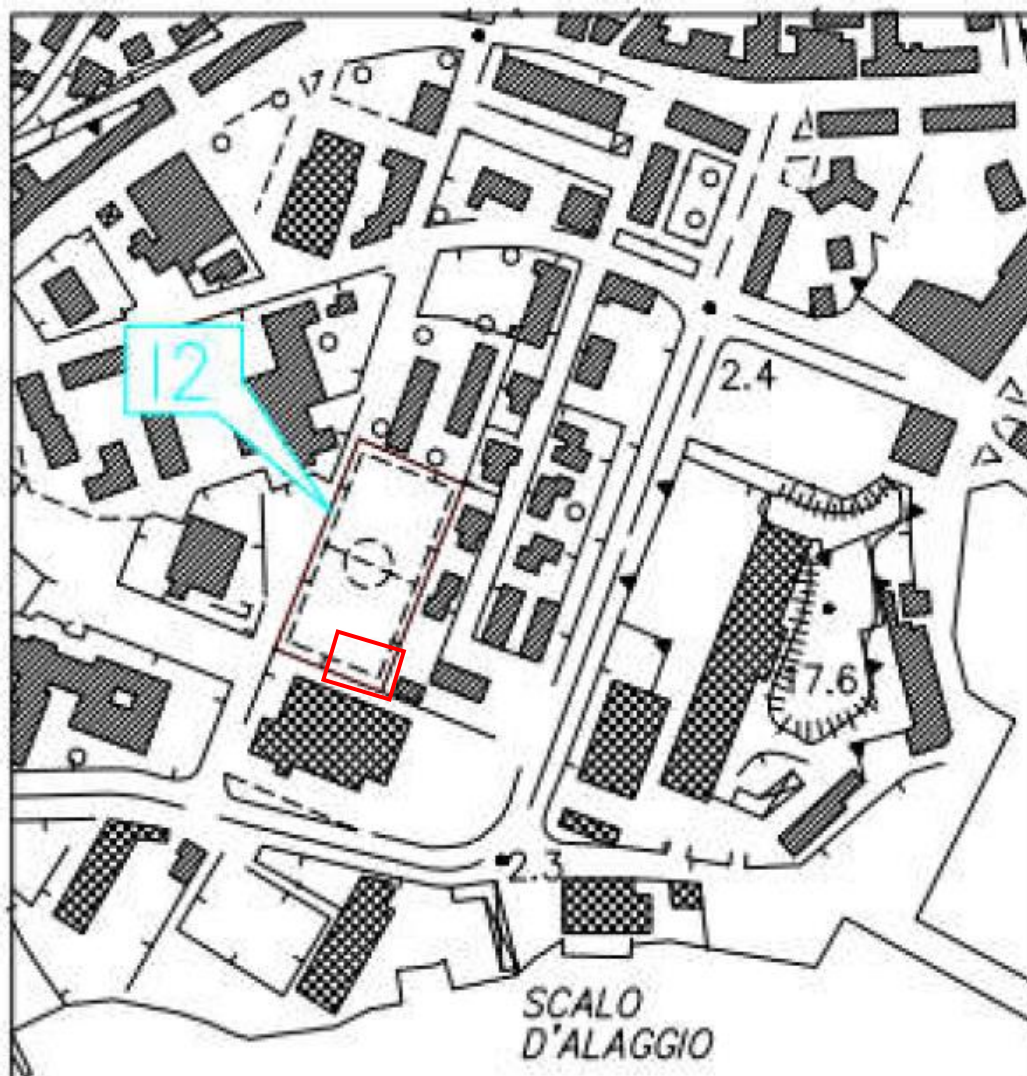


Ubicazione area di progetto



Classe di pericolosità Geologica

G3 – Pericolosità geologica media - area di fondovalle con copertura di depositi eterogenei al di sopra del substrato roccioso stabile. La pericolosità è legata alla natura e alla eterogeneità dei depositi che sono stati utilizzati per realizzare la colmata, dei quali al momento non è possibile fare ipotesi.



Ubicazione area di progetto

12

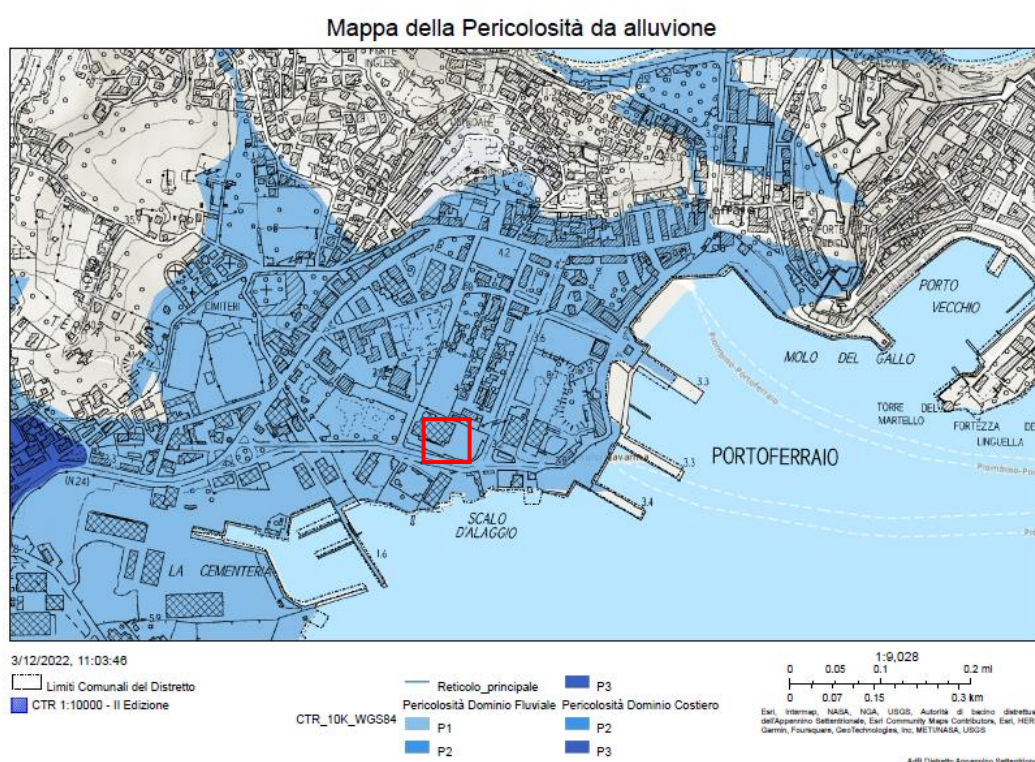
Classe di pericolosità Idraulica

Pericolosità idraulica media (I.2): aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra $200 < TR \leq 500$ anni.

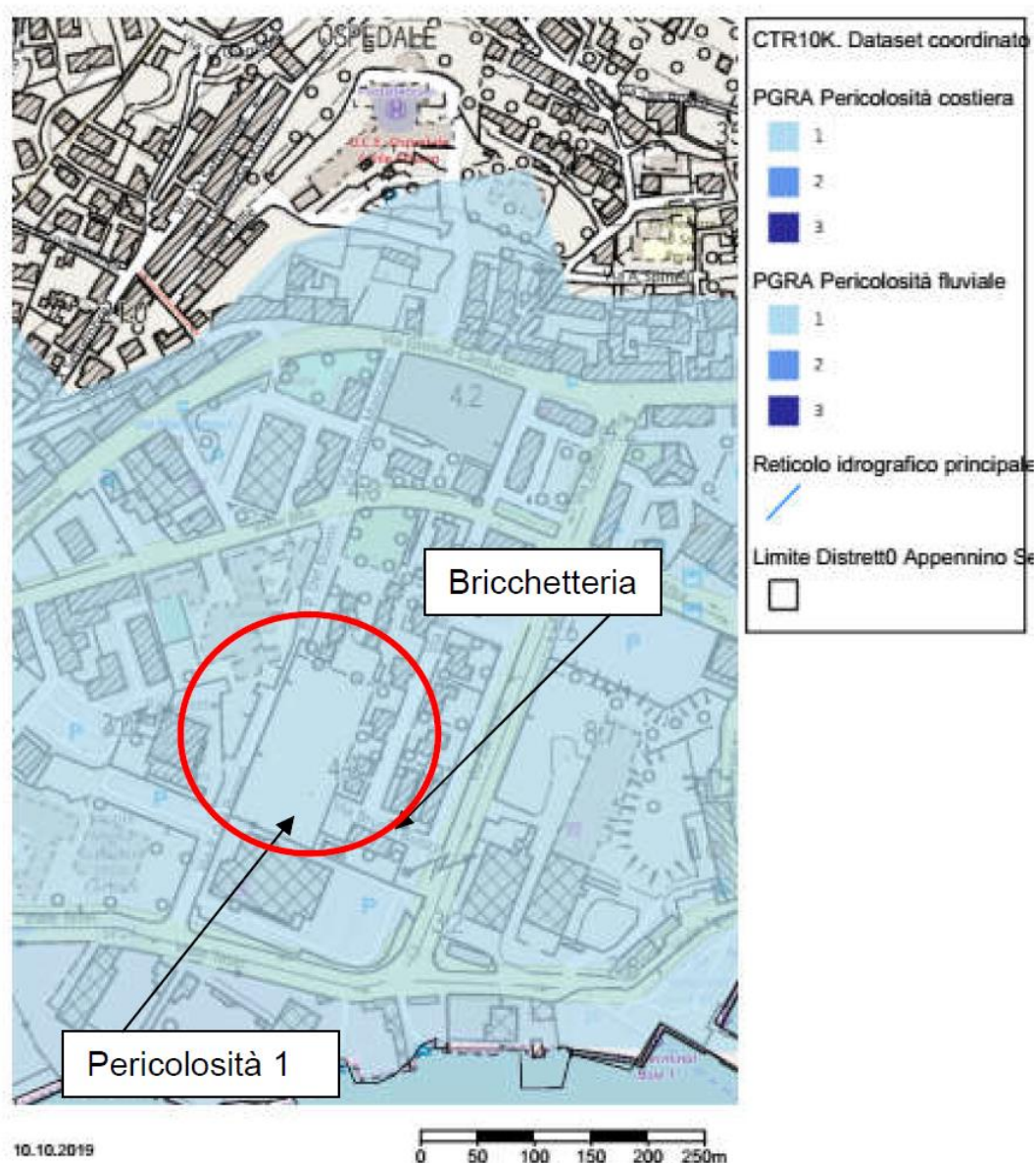
Fuori dalle UTOE potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici e idraulici rientrano in classe di pericolosità media le aree di fondovalle per le quali ricorrano le seguenti condizioni:

- non vi sono notizie storiche di inondazioni;
- sono in situazione di alto morfologico rispetto alla piana alluvionale adiacente, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.

Secondo il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni, adottato con Delibera n. 231 del 17/12/2015 dal Comitato Istituzionale Integrato (ex art. 4 comma 3 del D.lgs 219/2010) ed approvato con Decreto n.294 del 25 Ottobre 2016 dal Ministero dell'Ambiente e Tutela del Territorio e del Mare (entrato in vigore in data 17/02/2017) e finalizzato alla gestione del rischio di alluvioni nel territorio delle U.O.M. Arno, Toscana Nord, Toscana Costa ed Ombrone, l'area di studio ricade in aree a "**Pericolosità da alluvione bassa – P1 (alluvioni rare e di estrema intensità)**".



Nella Variante al RU denominata AMBITO 22 Bricchetteria, della quella si riporta di seguito uno stralcio, viene confermata la classe di pericolosità idraulica P1 (bassa) di P.G.R.A.

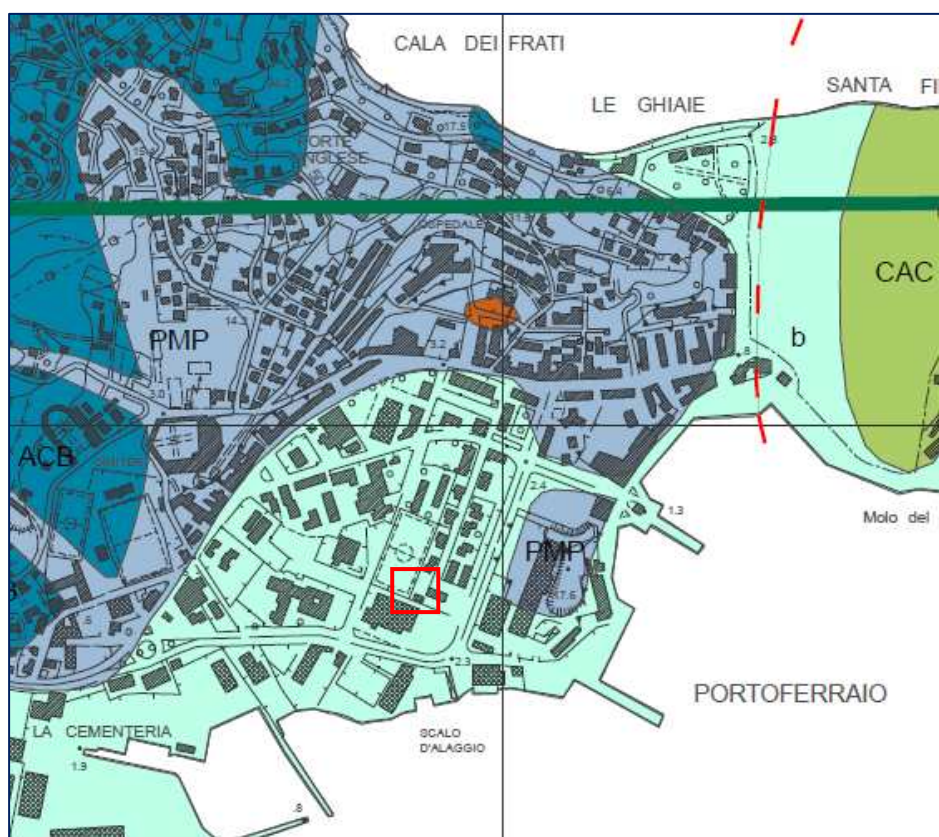


La figura, estratta dalla carta della pericolosità da alluvione del Piano di Gestione Rischio Alluvioni dell'Autorità di Distretto Appennino Settentrionale, individua una pericolosità da alluvione CLASSE 1 paragonabile, ai sensi del LR 41/2018, con una Pericolosità Idraulica media I2 del D.P.G.R. 53/R/2011.

6. GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA, SISMICITA' E QUADRO GEOTECNICO DELL'AREA

6.1. GEOLOGIA DELL'AREA DI STUDIO E DESCRIZIONE DELLE LITOLOGIE AFFIORANTI

La nomenclatura che andremo a descrivere è ricavata dalla **"nuova carta geologica regionale"** rilevata in scala 1:10000 a cura della Regione Toscana (Progetto CARG).



Deposti olocenici e pleistocenici

	Frana, stato indeterminato- a1		Coperture detritiche indifferenziate- a3		Affioramento
	Depositi alluvionali recenti - b		Depositi eluvio colluviali - b2		Depositi antropici- h
	Depositi alluvionali terrazzati- bna		Deposito di spiaggia- g2		Specchio d'acqua
	Sabbie eoliche poco cementate- d				

In corrispondenza dell'area di progetto e di quelle limitrofe affiora la Formazione dei *Depositi alluvioni recenti - b*. Si tratta di alternanze di sedimenti di *natura argillosa, argilloso sabbiosa e sabbie più o meno limose*, come descritto nel dettaglio nella stratigrafia del sondaggio riportata nei paragrafi successivi.

In corrispondenza dell'area di progetto è presente un riporto superficiale di natura antropica dello spessore di circa 6 m, come rilevato nel sondaggio a carotaggio continuo.

6.2. IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA DELL'AREA

Nei pressi dell'area d'intervento non sono presenti corsi d'acqua di una qualche rilevanza. Le acque meteoriche scorrono superficialmente lungo i versanti posti a nord dell'area di progetto mentre nella fascia pianeggiante urbanizzata le piogge sono regimate da fossette e canalette presenti oltre che dalle opere di urbanizzazione.

Dal punto di vista della permeabilità i sedimenti presenti possiedono una permeabilità primaria per porosità variabile da buona, in corrispondenza degli orizzonti sabbiosi, a irrilevante nei livelli argillosi e limosi.

Al termine del sondaggio è stata effettuata la misura del livello saturo, individuato alla profondità di circa 4 m dal piano campagna. Nel preforo è stato inserito un piezometro che potrà essere utilizzato per il monitoraggio della falda.

6.3 CAMPAGNA GEOGNOSTICA GEOELETRICA E SISMICA ESEGUITA

Ai fine di caratterizzare l'area d'intervento in modo mirato al perimetro di fondazione, si è provveduto ad una campagna geognostica caratterizzata da:

- Indagini geofisiche di superficie eseguite congiuntamente mediante tomografia elettrica 3D e georadar stream c con sistema multi array da 600 mhz, finalizzata alla verifica di alcune caratteristiche dello strato di riporto più superficiale;
- N. 1 Sondaggio geognostico spinto fino alla profondità di 18 m dal p.c. comprensivo di n. 4 prove SPT e prelievo di campione indisturbato per le indagini di laboratorio;
- N. 2 prove penetrometriche dinamiche DPSH spinte fino al rifiuto strumentale raggiunto rispettivamente alla profondità di 0.8 m e 1.6 m dal p.c..

6.3.1 - Indagini geofisiche di superficie eseguite congiuntamente mediante tomografia elettrica 3D e georadar stream c con sistema multi array da 600 mhz

Al fine di indagare lo stato, le caratteristiche e la presenza di eventuali anomalie dello strato di terreno di riporto superficiale si è provveduto alla realizzazione di un'indagine geoelettrica ed una indagine mediante georadar. L'indagine è stata realizzata dalla ditta TRI-GEO di Andrea Nencetti e Benedetto Burchini, con sede a Soci (AR).

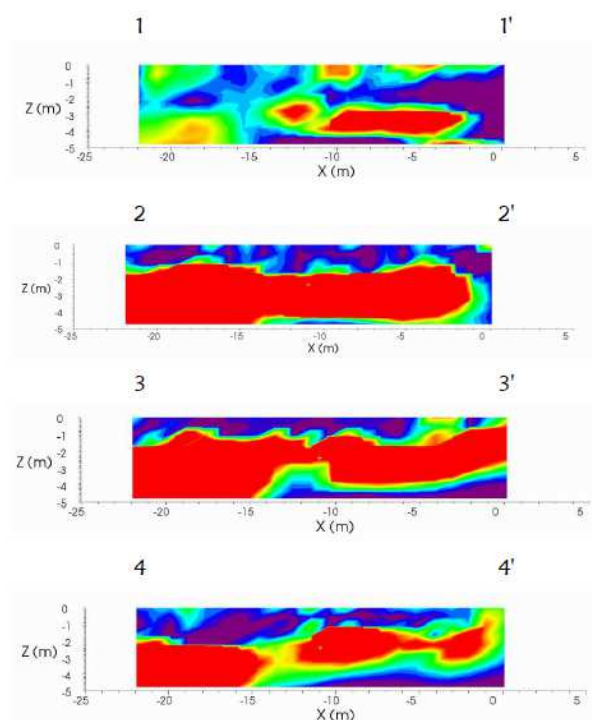
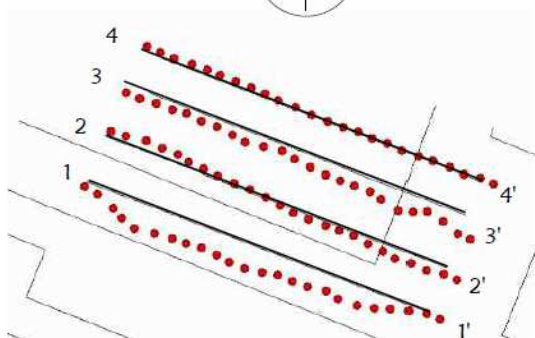
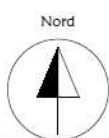
Il metodo geoelettrico nelle indagini geofisiche sfrutta le proprietà di rocce, sedimenti (terre) di condurre in modo diverso la corrente elettrica. Il parametro che viene misurato è la resistività elettrica che dipende dalla porosità, dalla permeabilità e dal contenuto ionico dei fluidi di ritenzione.

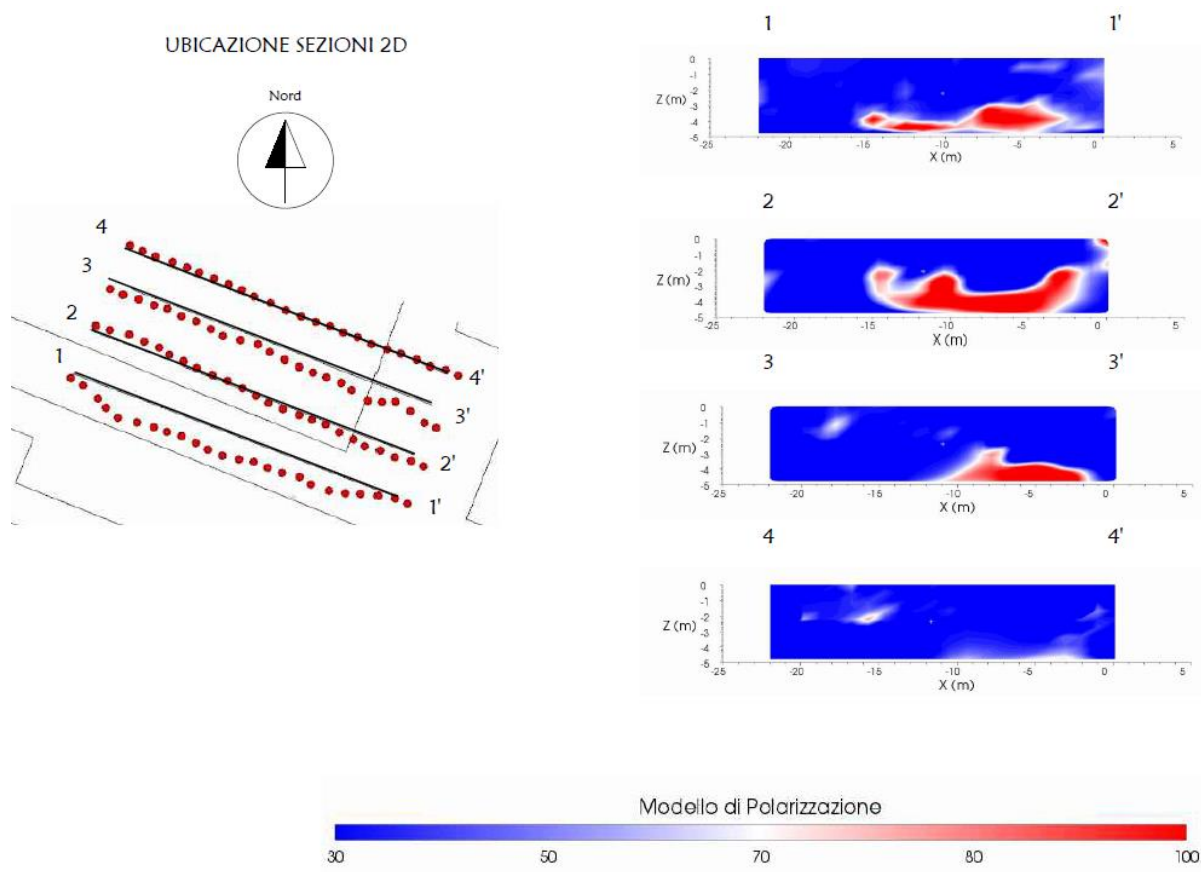
Dall'analisi delle *slice* e delle sezioni di maggiore interesse, si può notare come i valori ad alta resistività **> 50 Ohm.m (in rosso)**, si concentrino principalmente entro i primi **1.0/1.50 m** dal piano campagna, con spessori leggermente maggiori nella porzione Nord/Nord-Ovest dell'area indagata; tali valori sono ascrivibili al rilevato stradale ed ai materiali di riporto superficiali.

A partire da circa **1 m** di profondità dal piano campagna è evidente il passaggio a condizioni altamente resistive, con valori di **2000 Ohm.m (in rosso)**, dovuti alla presenza del materiale di riporto.



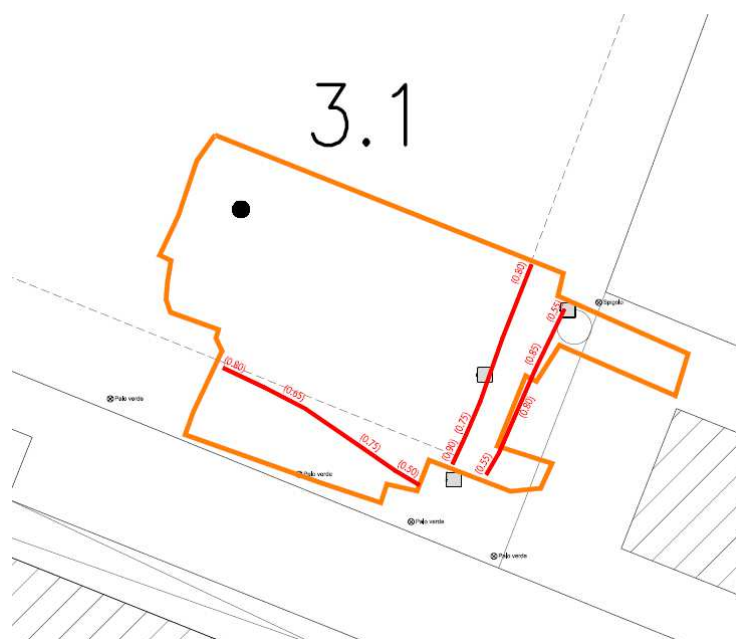
UBICAZIONE SEZIONI 2D





L'indagine georadar non ha evidenziato anomalie generiche. In rosso vengono evidenziate le tubazioni.

Per quel che concerne l'ubicazione esatta e le profondità rilevate e la descrizione più dettagliata delle indagini, si rimanda tutto alla consultazione della relazione di TRIGEO.

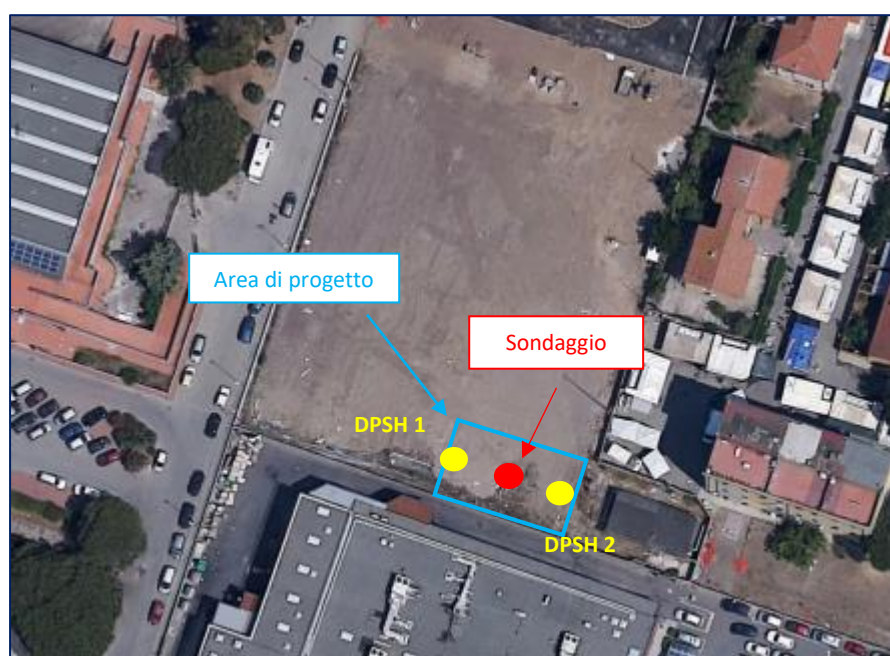


6.3.2. – Prove penetrometriche dinamiche DPSH

All'interno dell'ingombro del fabbricato di progetto sono state eseguite due prove penetrometriche spinte sino al rifiuto strumentale, raggiunto rispettivamente alla profondità di 0.8 m e 1.6 m dal piano campagna, a testimonianza della presenza di materiale di riporto molto compatto.

Tale affermazione è stata confermata dal sondaggio, che ha evidenziato la presenza di materiale di riporto grossolano sino alla profondità di 3.5 m dal p.c.. Anche la prova SPT eseguita in fondo foro alla profondità di 2.5 m è andata subito a rifiuto.

L'ubicazione delle indagini è la seguente:



DPSH 1



DPSH 2



6.3.3. – Sondaggio

In posizione centrale rispetto all'ingombro in pianta del futuro fabbricato è stato eseguito un sondaggio a carotaggio continuo, spinto sino alla profondità di 18 m dal p.c.. Tale indagine ha evidenziato la presenza di un riporto sino alla profondità di 6.5 m; per i primi 3.5 m il riporto è costituito da materiale eterogeno proveniente dagli scarti della lavorazione del ferro (loppa). Tra la profondità di 3.5 m e 6.5 m è presente ancora materiale di natura antropica composto da porfido misto a loppa in matrice limoso sabbiosa. A partire dalla profondità di 6.5 m si rinviene il terreno naturale costituito dai depositi alluvionali recenti.

Il livello saturo è stato rinvenuto a – **4,00 m dalla quota piano di campagna**.

La stratigrafia del sondaggio è risultata la seguente:



Stratigrafia Ex Campo Sportivo

Committente: Autorità di Sistema Portuale Tirreno Settentrionale										Scala: 1:100
Oggetto Lavori: Realizzazione cabina elettrica - COLD IRONING										Data: 30/11/2022
Località: Portoferraio										Coordinate:
Impresa esecutrice: TECNA Arezzo										Quota:
Attrezzatura:										Redattore:
R v	A r s	metri	Litologia	Campioni	RP	VT	SPT	N	Prof. m	DESCRIZIONE
									0,60	Terreno vegetale prevalentemente limoso di colore ocra
		1	+++++							Materiale di riporto: loppa di lavorazione industriale color dal grigio chiaro al nero
		2	+++++							
		3	+++++				50/5-0	Ra		
		4	+++++						3,50	Terreno di riporto costituito da detrito di porfido in matrice limosa e sabbiosa talvolta misto a loppa ed a laterizi
		5	+++++							
		6	+++++						6,50	
		7	+++++		0,7	4,2				Limi da argillosi a sabbiosi di colore grigio. Presenti rizomi di posidonia e sporadici resti conchigliari. Generalmente consistenti
		8	+++++							
		9	+++++							
		10	+++++				5-4-5	12		Sabbie argillose grigie
		11	+++++							
		12	+++++				6-5-5	22	12,30	
		13	+++++							Argille e limi argillosi talvolta sabbiosi di color nocciola molto consistenti
		14	+++++						14,30	
		15	+++++				6-10-14	14		
		16	+++++						16,30	Limi sabbiosi molto consistenti di colore nocciola, sfumanti nella parte terminale in sabbie limose compatte di colore ocra, con inclusi piccoli clasti di porfido.
		17	+++++							
		18	+++++						18,00	



Cassetta 1: 0.0 m – 5.0 m



Cassetta 2: 5.0 m – 10 m



Cassetta 3: 10 m – 15 m



Cassetta 4: 15 m – 20 m

6.3.4. – Prove SPT

Durante l'esecuzione del sondaggio sono state eseguite quattro prove SPT in fondo foro con punta chiusa. Nella tabella seguente si riportano i risultati ottenuti con le singole prove.

Prova	Profondità	N colpi	Totale infissione 30 cm
SPT1 (riporto)	2,5	rifiuto	0
SPT2 (argille limose)	9,3	5-4-5	9
SPT3 (sabbie argillose)	12	6-5-5	10
SPT4 (argille)	15	6-10-14	24

6.3.5. – Indagini di laboratorio

COMMITTENTE: TECNA srl
RIFERIMENTO: Elba
SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 8.7-9.3

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	85,6	%
Peso di volume	15,2	kN/m ³
Peso di volume secco	9,2	kN/m ³
Peso di volume saturo	15,6	kN/m ³
Peso specifico	26,5	kN/m ³
Indice dei vuoti	1,878	
Porosità	85,2	%
Grado di saturazione	94,3	%
Limite di liquidità	53,3	%
Limite di plasticità	N.D.	%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		
Passante al set. n° 42	SI	
Limite di ritiro	40,4	%
CNR-UNI 10006/00		

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	10,2	%
Sabbia	47,9	%
Limo	38,0	%
Argilla	3,9	%
D 10	0,005227	mm
D 50	0,089019	mm
D 60	0,143858	mm
D 90	2,057868	mm
Passante set. 10	89,8	%
Passante set. 42	75,2	%
Passante set. 200	46,4	%

PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

COMPRESSIONE

$\bar{\sigma}$	kPa
c_u	kPa
$\bar{\sigma}_{Rim}$	kPa
$c_{u Rim}$	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta	
C^*	13,2 kPa
ϕ^*	29,0 °
C^*_{Res}	kPa
ϕ^*_{Res}	°

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	C_d	kPa	ϕ_d	°
C.U.	C'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu}	°
	C_{cu}	kPa	ϕ_{cu}	°
U.U.	C_u	38 kPa	ϕ_u	0,0 °

PROVA EDEMETRICA

$\bar{\sigma}$ kPa	E kPa	Cv cm ² /sec	k cm/sec
24,6 ÷ 49,2	694	0,000458	6,48E-08
49,2 ÷ 98,4	1314	0,000287	2,14E-08
98,4 ÷ 196,8	2216	0,000361	1,60E-08
196,8 ÷ 393,6	3182	0,000751	2,32E-08
393,6 ÷ 787,2	6845	0,000432	6,19E-09
787,2 ÷ 1574,4	13702	0,000467	3,34E-09

FOTOGRAFIA



OSSERVAZIONI

Tipo di campione: Cilindrico	Qualità del campione: Q 5
------------------------------	---------------------------

Posizione delle prove CF GR TD ED TX	cm	Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
	0				Sabbia con limo, con abbondante materiale organico e conchiglie MUNSELL SOIL COLOR: 5YR 5/3 Reddish brown
	10				
	20				
	30				
	40				
	50				
				52	

Le prove sono state eseguite presso il Laboratorio **LABOTER Srl** (Lab. Geotecnico - C.S.LL.PP. Decr. 2436/13) di Pistoia.

E' stata eseguita l'indagine su un solo campione indisturbato alla profondità compresa tra 8,7 m e 9,3 m dal p.c.

Di fianco riportiamo uno schema riassuntivo dei risultati delle indagini. La documentazione completa delle indagini è allegata alla presente relazione e ne costituisce parte integrante e determinante.

6.4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

Alla luce dei risultati desunti dalla elaborazione di tutte le indagini eseguite, possiamo definire la seguente caratterizzazione geotecnica dei livelli definiti.

Litotipo Riporto

Costituito, per uno spessore di circa 6.5 m, da materiale di riporto costituito più superficialmente (entro i 3.5 m di profondità) prevalentemente da scarti della lavorazione industriale del ferro (loppa) e, nell'intervallo di profondità compreso tra 3.5 m e 6.1 m, da detrito di porfido misto a loppa.

Non essendo stato possibile caratterizzare tale orizzonte prelevando campioni indisturbati per la natura granulare dei materiali che lo caratterizzano, è stata eseguita una prova SPT alla profondità di 2.5 m, che ha raggiunto subito il rifiuto strumentale.

Abbiamo assunto per questo terreno un comportamento prevalentemente granulare, utilizzando parametri cautelativi nei riguardi della sicurezza dell'opera.

Litotipo	Spessore (m)	γ (kN/mc)	C' (kPa)	Φ' (°)	cu kg/cm²	Ed kg/cm²
Riporto livello 1	2,9	16-18	0	32°-35°

Litotipo	Spessore (m)	γ (kN/mc)	C' (kPa)	Φ' (°)	cu kg/cm²	Ed kg/cm²
Riporto livello 2	3,0	16-18	0	28°-30°

Litotipo Limi da sabbiosi ad argillosi

La caratterizzazione meccanica dei litotipi presenti si è basata sui risultati delle prove SPT eseguite alla profondità di 9.3 m e 12,0 m che ha dato i seguenti numeri dei colpi 5-4-5 e 6-5-5.

Inoltre si sono presi come riferimento i risultati delle analisi di laboratorio eseguite su un campione indisturbato alla profondità compresa tra 8,7 e 9,3 m dal p.c.

Il comportamento prevalente è coesivo seppur sia presente una frazione sabbiosa apprezzabile.

Litotipo	Spessore (m)	γ (kN/mc)	C' (kPa)	Φ' (°)	cu kg/cm ²	Ed kg/cm ² da correlaz con SPT	Ed da prova edom.
Limi da sabbiosi a argillosi	5,8	19 - 20	13,2 kPa (laboratorio)	28°-29° (da SPT) 29° (da laboratorio)	0.38 (da laboratorio) 0.40 (da SPT)	100	Vedi schema sottostante

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	Cv cm ² /sec	k cm/sec
24,6 ÷ 49,2	694	0,000458	6,48E-08
49,2 ÷ 98,4	1314	0,000287	2,14E-08
98,4 ÷ 196,8	2216	0,000361	1,60E-08
196,8 ÷ 393,6	3182	0,000751	2,32E-08
393,6 ÷ 787,2	6845	0,000432	6,19E-09
787,2 ÷ 1574,4	13702	0,000467	3,34E-09

Litotipo Sabbie argillose grigie

La caratterizzazione meccanica dei litotipi presenti si è basata sui risultati della prova SPT eseguita a partire dalla profondità di 12 m che ha dato la seguente sequenza del numero dei colpi 6-5-5.

Litotipo	Spessore (m)	γ (kN/mc)	C' (kPa)	Φ' (°)	cu kg/cm ²	Ed kg/cm ²
Sabbie argillose grigie	2,0	17 - 18	0	28°-30°	...	35 - 70

Litotipo argille e limi argillosi talvolta sfumanti nella parte terminale in sabbie limose compatte

La caratterizzazione meccanica dei litotipi presenti si è basata sui risultati della prova SPT eseguita alla profondità di 15 m che ha dato la seguente sequenza del numero dei colpi 6-10-14.

Litotipo	Spessore (m)	γ (kN/mc)	C' (kPa)	Φ' (°)	cu kg/cm ²	Ed kg/cm ²
Limi da argillosi a sabbiosi	3,7	17-18	0	...	1,2 -1.5	200

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva con indicati i parametri geotecnici principali dei singoli orizzonti geotecnici individuati.

Strato	Strato (0,0 – 0,6 m)	Strato 1 (0,6 m – 3,5 m)	Strato 2 (3,5 m – 6,5 m)	Strato 3 (6,5 m – 12,3 m)
Descrizione	Terreno vegetale prevalentemente limoso di color ocra	Materiale di riporto: loppa di lavorazione industriale color dal grigio chiaro al nero	Terreno di riporto costituito da detrito di porfido in matrice limosa e sabbiosa talvolta misto a loppa ed a laterizi	Limi da argillosi a sabbiosi di colore grigio. Presenti rizomi di posidonia e sporadici resti di conchigliari. Generalmente consistenti
γ	---	1,6 – 1,8 t/mc	1,6 – 1,7 t/mc	1-9 - 2,0 t/mc
Φ	---	32°-35°	28°-30°	28°-29°
C'	---	---	0 kg/cmq	0,1
Cu	---	---	---	0.38 - 0.40 kg/cmq
Ed	---	---	---	100 kg/cmq

Strato	Strato 4 (12.3 – 14.3 m)	Strato 4 (14.3 – 18.0 m)
Descrizione	Sabbie argillose grigie	Argille e limi argillosi talvolta sabbiosi di color nocciola molto consistenti sfumanti nella parte terminale in sabbie limose compatte di colore ocra, con inclusi piccoli clasti di porfido.
γ	1,7 – 1,8 t/mc	2.0 t/mc
Φ	28°-30°	---
C'	---	---
Cu	---	1,2 – 1.5 kg/cmq
Ed	35-50 kg/cmq	200 kg/cmq

Sintesi parametri geotecnici. γ peso di volume, Φ angolo di attrito interno, C coesione, Modulo Edom. Ed.

6.5. SISMICITÀ DELL'AREA

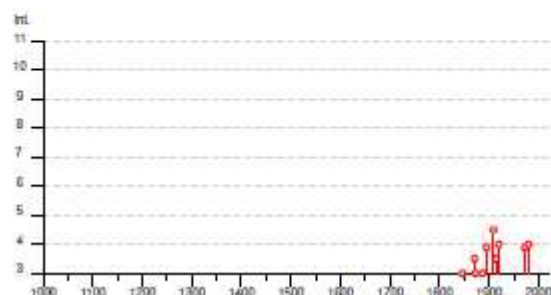
Gli annali storici relativi agli eventi sismici registrati nella regione costiera prossima a Portoferraio non segnalano una particolare attività sismica; tutti gli eventi documentati appaiono esterni alle aree di pertinenza progettuale, con eventi maggiori nei Comuni della Provincia di Livorno posti nell'interno o più a Nord, tra Bibbona e Rosignano.

Con riferimento alla sismicità storica, di seguito sono analizzati i dati riportati nel database macrosismico DBMI11 (INGV 2011) consultato per il Comune di Portoferraio.

Dall'analisi dei dati risulta che l'intensità degli effetti riscontrati nei pressi del sito di studio (prima colonna a sinistra) è comunque molto limitata.

Portoferraio

PlaceID IT_46031
 Coordinates (lat, lon) 42.814, 10.319
 Municipality (ISTAT 2015) Portoferraio
 Province Livorno
 Region Toscana
 No. of reported earthquakes 21



Effects										Reported earthquakes			
Int.	Year	Mo	Da	No	Mi	Se	Episentral area	1900	Io	Mw			
3	1846	08	14	12			Colline Pisane	120	3	4.04			
3-4	1871	07	29	20	45		Val di Cecina	14	7-8	5.15			
3	1873	09	17				Appennino toscano-liguro	64	6-7	5.26			
3	1887	02	23	05	21	5	Liguria occidentale	1511	9	6.27			
F	1895	08	07	19	49	3	Appennino toscano-emiliano	84	5	4.67			
NF	1902	07	27	03	46		Imperia	79	7-8	5.19			
NF	1904	11	17	05	02		Pistoiese	204	7	5.18			
NF	1905	02	13	08	38		Monte Amiata	61	6	4.55			
NF	1909	01	13	06	45		Emilia Romagna orientale	887	6-7	5.36			
4-5	1909	08	25	00	22		Crete Senesi	228	7-8	5.34			
NF	1911	09	13	22	29	0	Chianti	115	7	5.08			
3-4	1914	10	27	09	22		Lucchese	680	7	5.03			
NF	1915	01	13	06	52	4	Marsica	1041	11	7.08			
NF	1919	06	29	15	04	1	Medio	565	10	6.38			
NF	1919	09	10	16	37		Val di Paglia	67	7-8	5.36			
4	1920	09	07	05	55	4	Garfagnana	750	10	6.53			
F	1972	10	25	21	54	1	Appennino settentrionale	198	5	4.87			
4	1980	09	08	19	41	1	Costa Grossetana	55	5-6	4.44			
NF	1984	04	29	05	02	5	Umbria settentrionale	709	7	5.62			
NF	1987	01	22	05	10	5	Costa pisano-livornese	157	5-6	4.15			
NF	1998	03	26	16	34	1	Appennino umbro-marchigiano	409		5.26			

Legenda interpretativa dei dati: **I** intensità al sito d'interesse; **Np**: numero di osservazioni; **Io**: intensità massima; **Mw**: magnitudo

6.5.1 – Zonazione sismica

Il territorio nazionale è caratterizzato da una sismicità che si distribuisce lungo fasce (zone sismogenetiche) con caratteristiche sismiche omogenee, variamente orientate

La zonazione ZS9,(INGV, 2004), già evoluzione di zonazioni precedenti (ZS4, 2000), mette in risalto la disposizione di tali fasce ed è stata elaborata in modo da soddisfare alcuni requisiti fondamentali, tra i quali è opportuno citare:

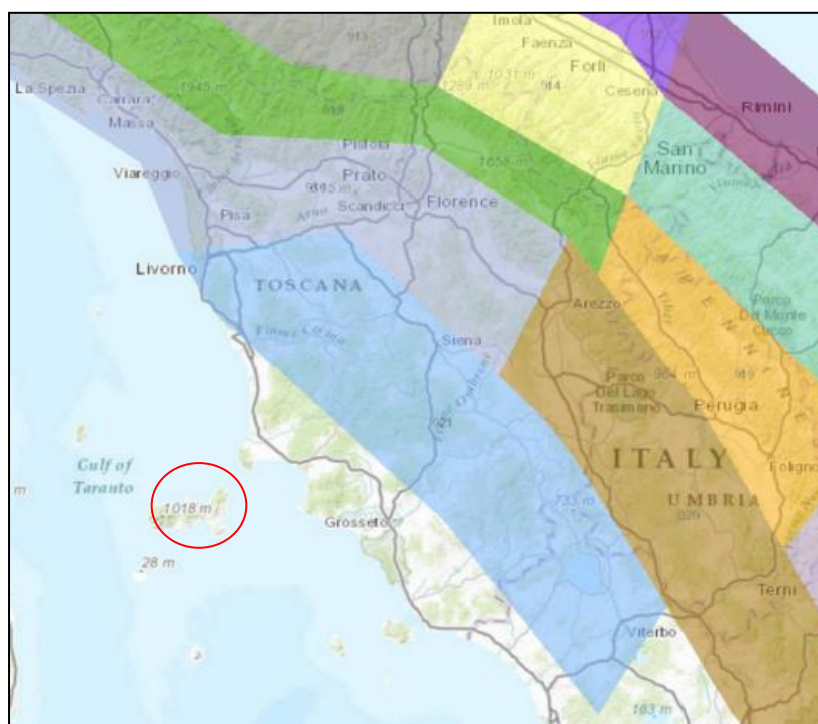
- la possibilità di fornire, per ogni ZS, una stima di profondità dei terremoti utilizzabile in combinazione con le relazioni di attenuazione determinate su base regionale;

- fornire per ogni ZS, un meccanismo di fagliazione prevalente utilizzabile in combinazione con le relazioni di attenuazione modulate su tale meccanismo, mediante i coefficienti proposti tramite appositi algoritmi.

I dati di sismicità, ottenuti dai database di riferimento, sono stati gestiti in associazione agli elementi descritti attraverso la zonazione ZS9, allo scopo di predisporre gli elementi di ingresso per il calcolo della pericolosità sismica sull'intero territorio nazionale.

La Toscana è attraversata da fasce allungate di preferenza in direzione NW-SE, nella direzione della costa tirrenica e della catena appenninica. Lungo queste fasce la sismicità si distribuisce in modo omogeneo e gradualmente crescente dalla costa verso l'Appennino.

Il territorio di Piombino ricade all'esterno del margine occidentale della Zona Sismogenetica 921 (azzurra nella figura sottostante).



Stralcio della carta di zonizzazione sismogenetica (INGV, 2004),

6.5.2 – Pericolosità sismica

La pericolosità sismica è da intendersi come "grado di probabilità che si verifichi, in una determinata area ed in un determinato periodo di tempo, un evento sismico dannoso con l'insieme degli effetti geologici e geofisici ad esso connessi, senza alcun riguardo per le attività umane".

L'analisi del livello di pericolosità distingue quindi due fasi:

1. la definizione della *pericolosità sismica di base*, in condizioni di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), in assenza di discontinuità stratigrafiche e/o morfologiche;
2. l'analisi della *pericolosità locale*, ossia della modificazione locale dello scuotimento sismico prodotta dalle reali caratteristiche del terreno, dalla successione litostratigrafica locale, dalle condizioni morfologiche, unitamente alla possibilità di sviluppo di effetti cosismici: fogliazione superficiale, fenomeni di densificazione, fenomeni di liquefazione, cedimenti differenziali, instabilità dei pendii e frane indotte dal sisma, movimenti gravitativi profondi, tsunami, ecc.

Negli ultimi anni si sono succeduti provvedimenti normativi ed amministrativi per la definizione delle caratteristiche di pericolosità sismica locale.

Fino al 2003, la classificazione sismica del territorio nazionale era riconducibile alla mappa di classificazione sismica prodotta dal Gruppo di Lavoro (1999), istituito dal Servizio Sismico Nazionale su indicazione della Commissione Grandi Rischi della Protezione Civile.

L'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri OPCM 3274/2003 rappresenta una prima risposta alla necessità di aggiornare gli strumenti normativi per la riduzione del rischio sismico. Con tale strumento si stabiliscono i criteri per l'individuazione delle zone sismiche e la nuova classificazione sismica dei comuni italiani, successivamente integrati e aggiornati dall'OPCM 3519/2006.

L'intero territorio nazionale è stato suddiviso in 4 zone sulla base di un differente valore dell'accelerazione di picco a_g su terreno a comportamento rigido, derivante da studi predisposti dall'INGV-DPC. Gli intervalli di accelerazione (a_g) con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, sono stati rapportati alle 4 zone sismiche indicate dall'OPCM 3519/2006. Tale classificazione è basata su un'approssimazione dei valori e della distribuzione del parametro a_g secondo i limiti amministrativi (criterio "zona indipendente").

Nel rispetto degli indirizzi e criteri stabiliti a livello nazionale, alcune Regioni hanno successivamente classificato il territorio nelle quattro zone proposte, altre Regioni hanno classificato diversamente il proprio territorio, ad esempio adottando solo tre zone (zona 1, 2 e 3) e introducendo, in alcuni casi, delle sottozone per meglio adattare le norme alle caratteristiche di sismicità.

Qualunque sia stata la scelta regionale, a ciascuna zona o sottozona è attribuito un valore di pericolosità di base, espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido (a_g). Tale valore di pericolosità di base non ha però influenza sulla progettazione. Infatti, con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, la stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto (accelerazione del moto del suolo, intensità al sito, spettro di sito) viene effettuata

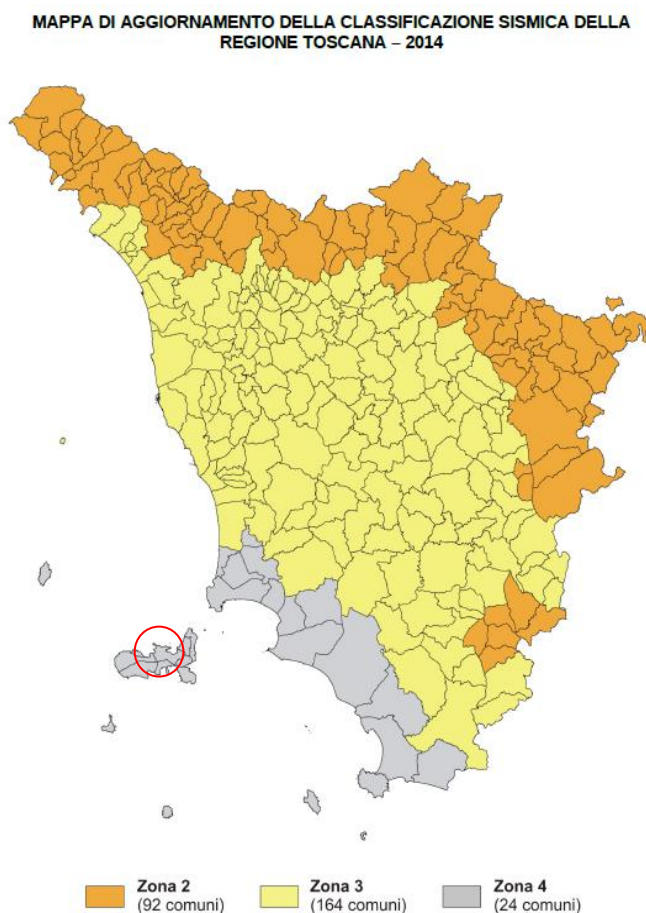
calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (riportato nella tabella 1 dell'Allegato B del D.M. 14 gennaio 2008).

L'approccio "sito dipendente" della nuova norma permette di riferirsi, per ogni costruzione, ad un'accelerazione di riferimento propria in relazione sia alle coordinate geografiche dell'area di progetto, sia alla vita nominale dell'opera stessa. In quest'ottica la classificazione sismica del territorio rimane utile, dal punto amministrativo, per la gestione di pianificazione e di controllo dello stesso.

Il Comune di Portoferraio, nel cui territorio ricade l'intervento di progetto, era stato inizialmente inserito in categoria N.C. secondo la proposta di classificazione GdL (1999). E' stato poi dichiarato appartenente alla **Zona 4** secondo l'OPCM 3274/2003.

Successivamente la Regione Toscana, considerato che i criteri per la stima dell'azione sismica di base non sono più vincolati alla zona sismica di appartenenza del comune, ma basati su un approccio definito "sito-dipendente", ha provveduto ad aggiornare, in varie fasi, la classificazione sismica regionale.

Di seguito si riporta la mappa aggiornata al maggio 2014 (*Deliberazione GRT n. 421 del 26/05/2014, pubblicata sul BURT Parte Seconda n. 22 del 04.06.2014*).

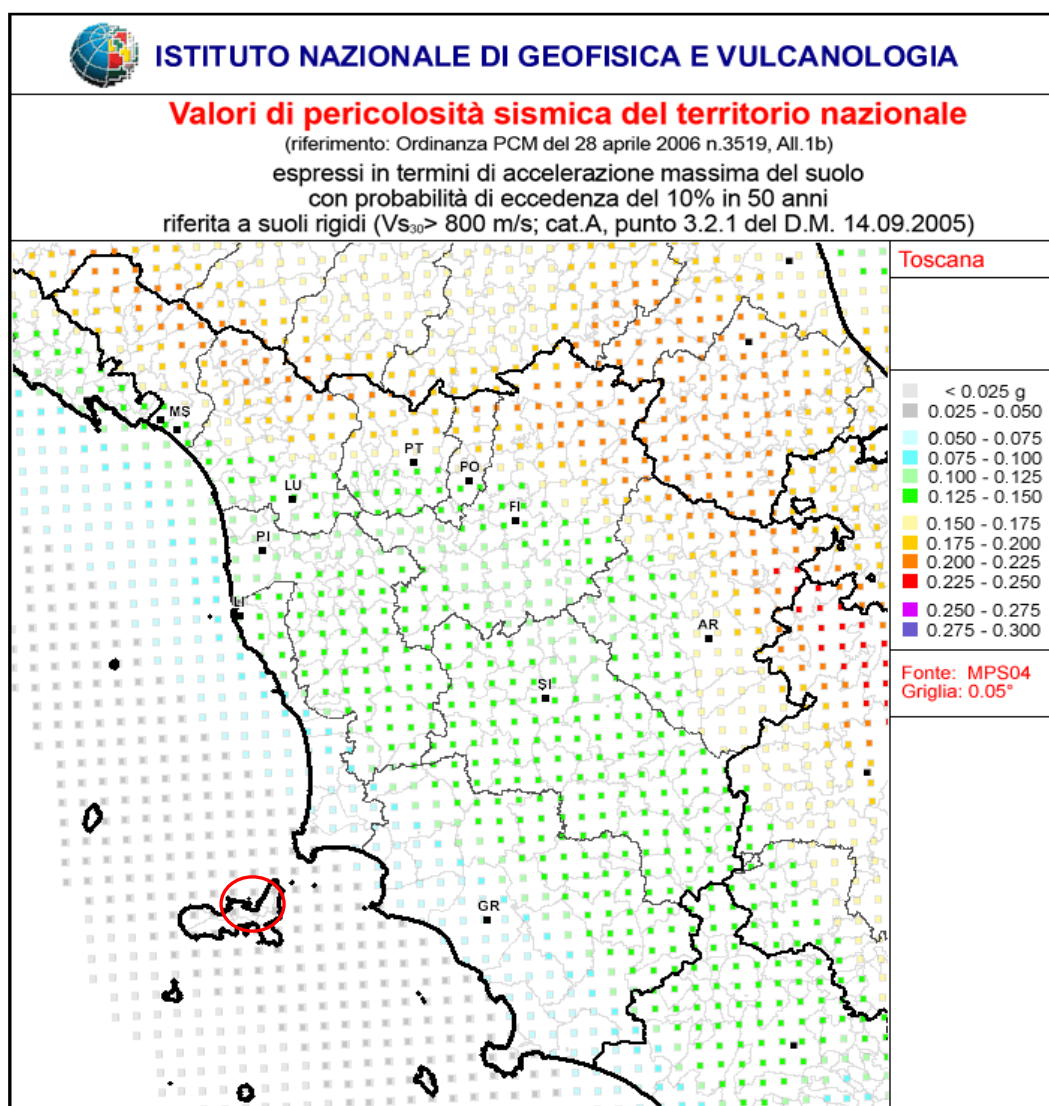


La figura successiva descrive i valori di pericolosità sismica del territorio nazionale espressi in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s).

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ha suddiviso il territorio nazionale in 12 sottozone distinte; il Comune di Portoferraio è stato inserito in classe 4.1 di rischio sismico.

Si ipotizza pertanto che i valori dell'accelerazione che abbiamo una probabilità pari al 10% di superamento in 50 anni siano compresi tra:

$$0.025 < \mathbf{ag} < 0.050$$



Valori di pericolosità sismica del territorio toscano

6.5.3 – Determinazione della categoria di suolo e caratteristiche topografiche ai fini della risposta sismica

La risposta sismica è condizionata dalle caratteristiche stratigrafiche e topografiche specifiche del sito. In questa ottica la normativa prevede l'introduzione del fattore di sito S definito come:

$$S = S_s * S_T$$

Dove S_s tiene conto della categoria di suolo, e S_T dell'andamento della superficie topografica.

Il primo termine è ricavabile dalla misura della velocità delle onde di taglio mediata su 30 m di profondità V_{Seq} .

Al fine di una prima caratterizzazione sismica dei terreni, abbiamo eseguito un'indagine sismica MASW.



Il valore delle V_{seq} , pari a **295 m/s** essendo il bedrock sismico ad una profondità di circa 29 m dal piano di campagna.

Alla luce dell'indagine svolta, si identifica la **categoria di sottosuolo E** (Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m./s).

L'indagine MASW è stata eseguita per la determinazione della velocità delle onde Sh, al fine di definire il parametro VSeq (velocità equivalente) necessario per la classificazione del suolo di fondazione, come richiesto dalle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni".

L'interpretazione dei dati acquisiti in situ ha consentito di ricavare, relativamente all'area di indagine, una sequenza sismo-stratigrafica con suddivisione in strati aventi analoghe caratteristiche delle velocità di propagazione delle onde sismiche trasversali. E' stato possibile, per ottimizzare l'interpretazione, riferirsi al locale assetto geolitologico-geotecnico.

Le onde sismiche che si propagano in un mezzo si dividono, principalmente, in onde di corpo e onde di superficie. Fra queste ultime si hanno le onde di Rayleigh, le onde di Love e le onde di Lamb.

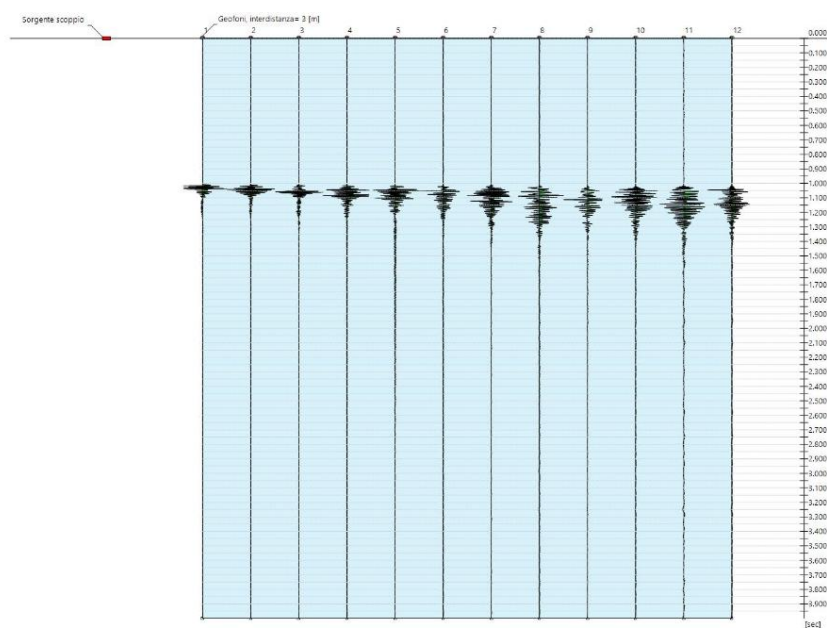
Le onde di Rayleigh, in particolare, sono originate dall'interazione fra le onde di pressione e le onde di taglio verticali quando esista una superficie libera in un mezzo omogeneo e isotropo.

Il moto delle particelle è di tipo ellittico retrogrado, il quale si inverte a una profondità di $l/2p$. L'ampiezza dello spostamento decresce secondo una legge esponenziale.

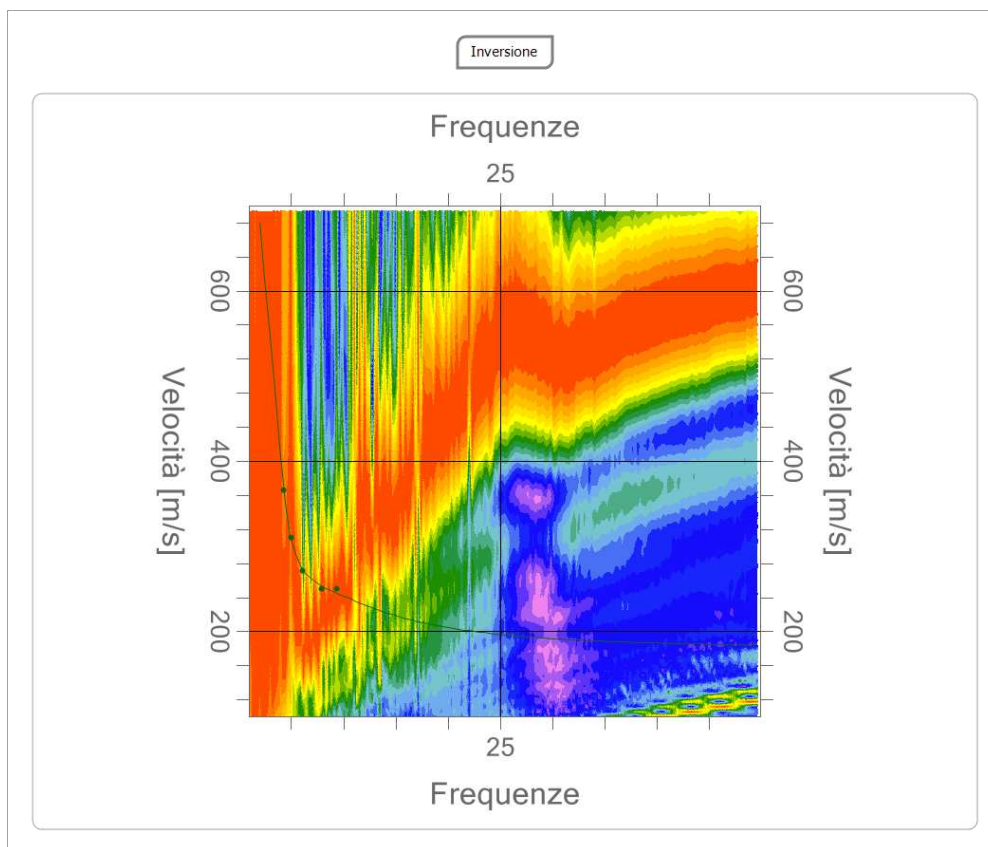
L'energia convertita in onde di Rayleigh è, in percentuale, molto maggiore rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P ed S. Inoltre, l'ampiezza delle onde di superficie varia con la radice quadrata di r , e non con r come avviene per le onde di corpo. Le onde di Rayleigh presentano una velocità del 90% circa rispetto a quella delle onde di taglio.

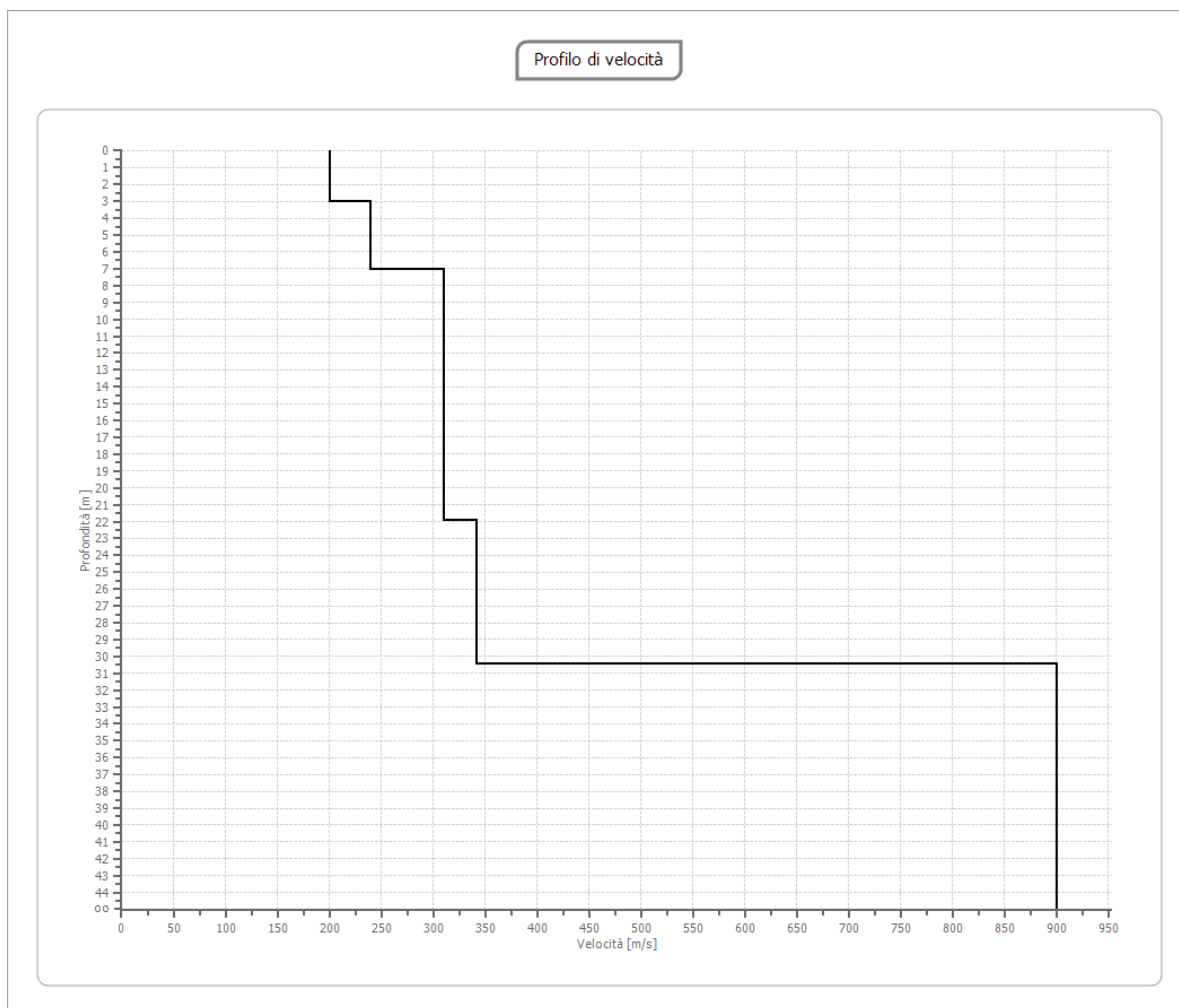
In presenza di un semispazio omogeneo, la velocità di tali onde non varia in funzione della frequenza, non si ha cioè dispersione, la deformazione di un treno di onde dovuta alla variazione della velocità di propagazione in funzione della frequenza.

Questa deformazione si manifesta invece quando il terreno presenti una stratificazione; la velocità di propagazione per una certa lunghezza d'onda viene influenzata dalle proprietà che il mezzo possiede fino a una profondità dell'ordine di $\lambda/2$ circa.



Analisi spettrale





Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	50
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	100
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	700
Intervallo velocità [m/sec]	1

Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	4.3	365.8	0
2	5.0	310.1	0
3	9.4	249.7	0
4	6.1	271.8	0
5	7.9	249.7	0

Inversione

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		3.03	3.03	1800.0	0.20	No	326.6	200.0
2		7.06	4.04	1800.0	0.20	No	392.0	240.0
3		13.96	6.89	1800.0	0.20	No	506.3	310.0
4		21.95	7.99	1800.0	0.20	No	506.5	310.2
5		30.42	8.47	1800.0	0.20	No	558.1	341.8
6		oo	oo	1800.0	0.20	No	1470.2	900.3

Percentuale di errore

0.011 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.012

Risultati

Profondità piano di posa [m]	1.00
Vs,eq [m/sec] (H=29.42 m)	294.98
Categoria del suolo	E

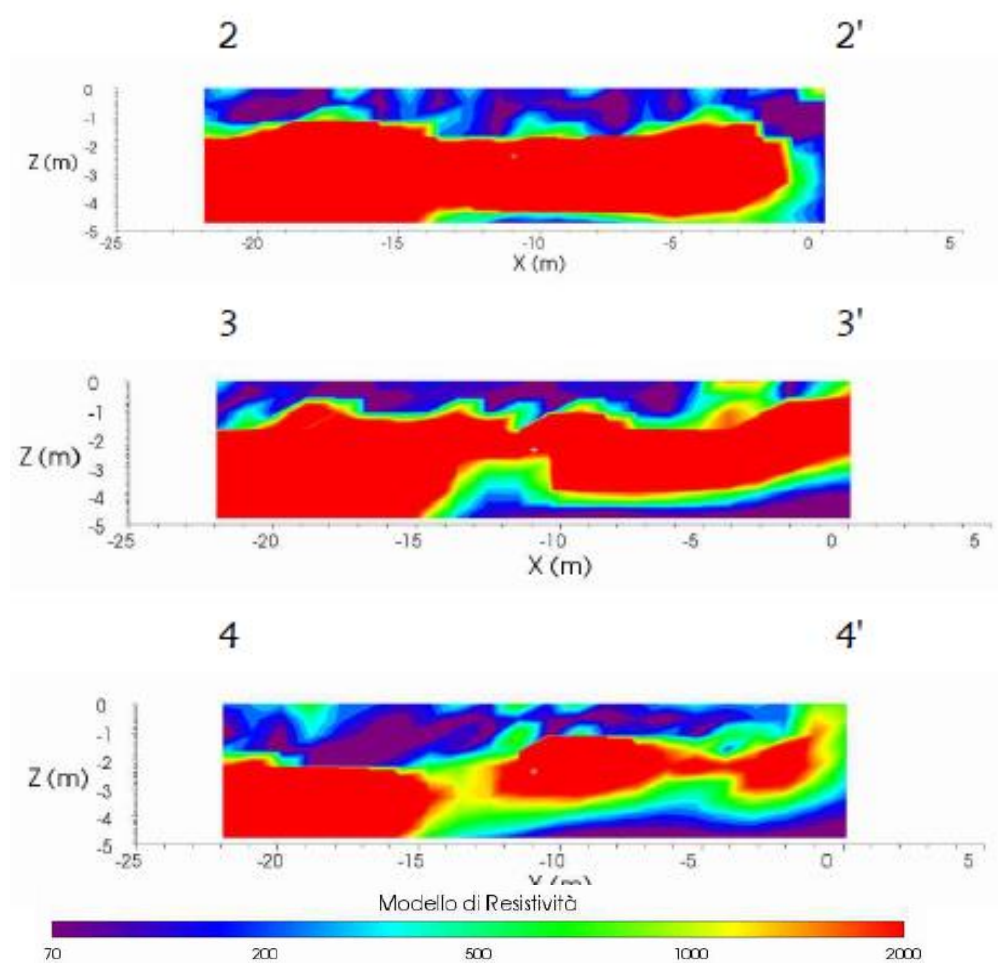
Dalla verifica dell'indagine, si può determinare, per l'area d'interesse, la **categoria di sottosuolo E**: *Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.*

Per le caratteristiche geometriche del fondale che interessa l'area d'intervento, si assume la **categoria topografica T1**.

6.6. INQUADRAMENTO LITOSTRATIGRAFICO E MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA

L'analisi fa riferimento ad indagini dirette (sondaggio) ed indirette (prove penetrometriche, prove SPT, georadar e geoelettrica) eseguite in corrispondenza dell'ingombro in pianta del futuro edificio.

Attraverso l'elaborazione di tutte le indagini eseguite è stato possibile appurare la presenza di un orizzonte sufficientemente continuo, costituito da materiale di riporto molto compatto, almeno entro i primi 3.5 m di profondità.



Tale affermazione è possibile desumerla dalla relazione della TRIGEO snc, con particolare riferimento alla sezione n. 2 – 3 - 4, nella quale si apprezza una continuità spaziale sia in senso verticale che orizzontale del riporto (area colorata in rosso nella figura seguente), caratterizzato da valori della resistività superiori agli 800 ohm/m.

In fase di cantiere dovrà essere verificata l'omogeneità spaziale del riporto al fine di confermare le risultanze emerse sulla base dell'indagine indiretta e dal sondaggio geognostico. Tale verifica ricopre un ruolo importante al fine di impostare le fondazioni su terreni aventi le medesime caratteristiche geotecniche medie.

Al di sotto dello strato superficiale di riporto sono presenti i *depositi alluvionali recenti*, costituiti da alternanze di sedimenti argillosi, limosi e sabbiosi con prevalenza di quelli a componente coesiva. Sulla base delle indagini eseguite abbiamo suddiviso il sottosuolo in cinque orizzonti rappresentativi, di seguito descritti nel dettaglio.

- 1) **Terreno vegetale** (spessore variabile intorno ai 0.6 m).
- 2) **Terreni di riporto**, costituiti principalmente da scarti della lavorazione del ferro (loppa) aventi spessore di circa 3.0 m e da detrito di porfido in matrice limosa e sabbiosa, talvolta misto a laterizio e loppa, di spessore di circa 3.0 m.
- 3) **Limi da argillosi a sabbiosi** con inclusi resti di rizomi di posidonia (spessore di circa **6 m**): si presentano generalmente consistenti.
- 4) **Sabbie argillose grigie** (spessore di circa 2 m).
- 5) **Argille e limi argillosi** talvolta sabbiosi di color nocciola molto consistenti sfumanti nella parte terminale in sabbie limose compatte di color ocra, con inclusi piccoli clasti di porfido (spessore di circa 3.7 m).

Seppur non individuato con le indagini dirette, al di sotto dei sedimenti alluvionali si trova il basamento litoide costituito dalla formazione del porfido. Già nella parte terminale del sondaggio è stato rilevato un cambio netto, soprattutto a livello cromatico, dei terreni, palesando la presenza della coltre d'alterazione della formazione litoide già presente in clasti eterometrici.

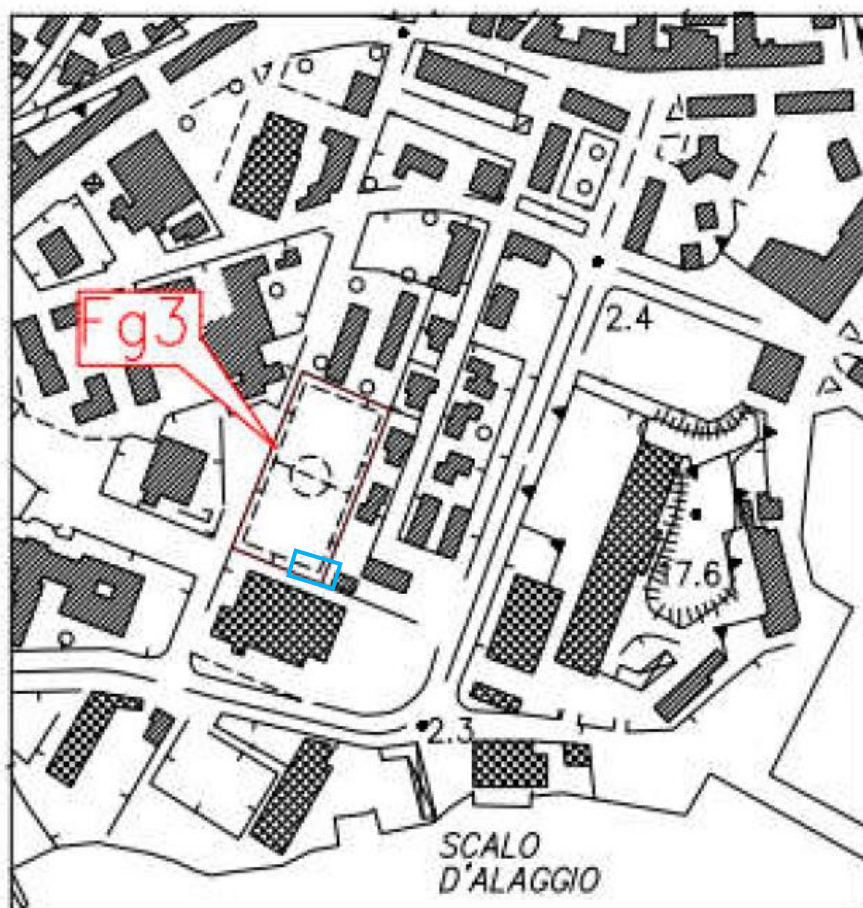
Pertanto, in estrema sintesi è possibile ricostruire un modello geologico dell'area suddividendo il sottosuolo in tre orizzonti ben definiti:

- un orizzonte superficiale costituito da materiale di riporto;
- un orizzonte costituito dai depositi alluvionali recenti;
- un basamento litoide costituito dalla formazione del porfido.

7. FATTIBILITA' DEGLI INTERVENTI DI PROGETTO

Per la definizione delle classi di fattibilità geologica e idraulica dell'intervento abbiamo fatto riferimento al quadro conoscitivo della Variante.

Relativamente alla classe di fattibilità geologica l'area è inserita in classe 3. Per tale motivo abbiamo predisposto ed eseguito gli "*approfondimenti di indagine*" mediante campagne geognostiche, sismiche, geoelettriche e con georadar. Tali indagini sono state mirate a definire le caratteristiche stratigrafiche e geotecniche del sottosuolo, con particolare riferimento alla porzione più superficiale costituita da terreni di riporto.



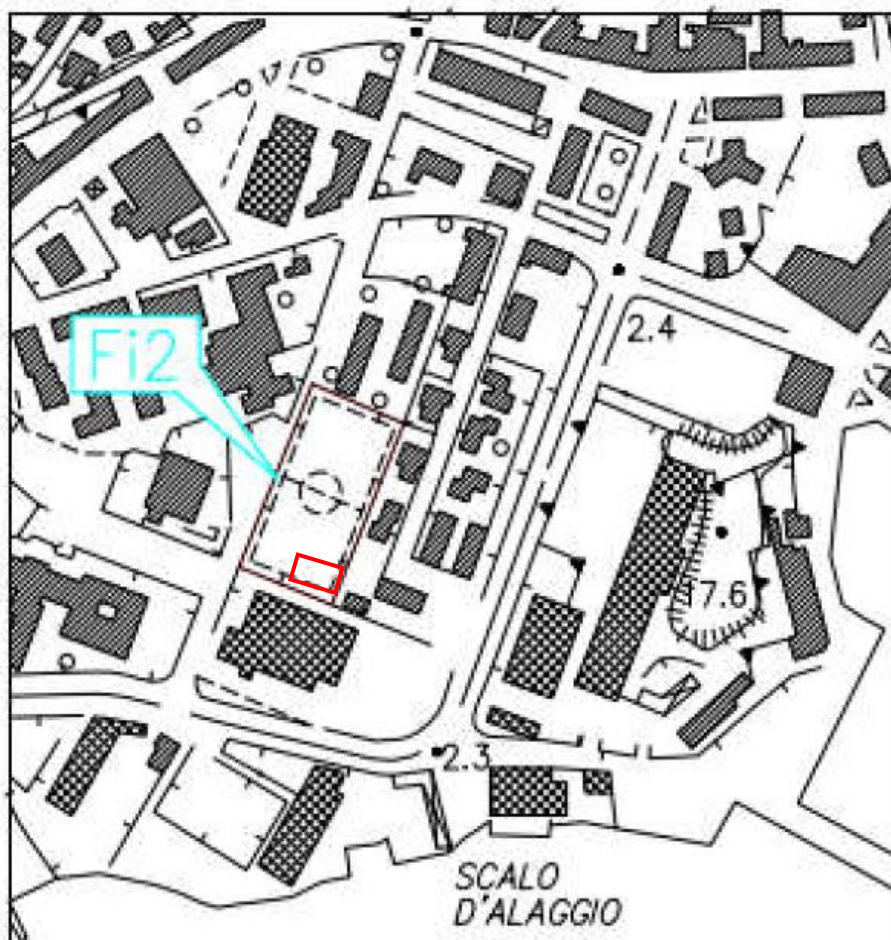
Fg3

Classe di Fattibilità Geologica

Fg3 - Fattibilità condizionata – si riferisce a previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali, ai fini della individuazione delle condizioni di compatibilità degli interventi con le situazioni di pericolosità riscontrate, è necessario definire la tipologia degli approfondimenti di indagine da svolgersi in sede di predisposizione dei piani attuativi o, in loro assenza, dei progetti edilizi per gli interventi edilizi diretti.

Relativamente alla fattibilità idraulica, l'area di progetto si trova in classe 2. L'area pertanto sarà interessata a fenomeni esondativi per tempi di ritorno superiori a 200 anni. Una valutazione qualitativa dell'assetto idraulico conferma la pericolosità bassa in considerazione:

- della distanza del Fosso della Concia, posto ad una distanza prossima a 900 m dall'area d'intervento;
- dall'assetto morfologico dell'area che esclude la presenza di una lama d'acqua per un tempo di ritorno duecentennale.



Fi2

Classe di fattibilità Idraulica

Fattibilità Idraulica con normali vincoli (Fi2) : sono necessarie normali verifiche, anche a livello qualitativo, che dimostrino il non incremento del rischio idraulico nell'area .



Ubicazione area di progetto

8. VALUTAZIONI CONCLUSIVE

Si è provveduto ad una verifica della fattibilità geologica idraulica e sismica dell'intervento di progetto. Inoltre si è provveduto ad una caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione. Alla luce di ciò si ritiene che in considerazione delle risultanze emerse, i progettisti strutturali potranno definire la adeguata tipologia di fondazione da adottare.

Alla luce di tutte le indagini dirette ed indirette eseguite, il sottosuolo è stato suddiviso in 3 strati principali;

- un riporto superficiale, che raggiunge la profondità di 6.5 m dal piano campagna;
- un livello costituito dai depositi alluvionali compreso nell'intervallo di profondità che va da 6.5 m fino a 18 m (profondità raggiunta dal sondaggio);
- un basamento litoide costituito dal porfido, posto a maggior profondità, non intercettato direttamente dal sondaggio. La presenza del bedrock è ipotizzabile sulla base dell'indagine sismica e dalla porzione terminale del sondaggio, dove è stata rilevata la sua coltre d'alterazione costituita da sabbie limosi con abbondante presenza di clasti di porfido.

Pur rilevando che la presenza del riporto è stata verificata con il sondaggio e con le prove penetrometriche DPSH, per un riscontro circa la sua continuità spaziale si rimanda alla visione della relazione della TRIGEO snc. In tale relazione si evidenzia infatti un orizzonte continuo, sia orizzontalmente che verticalmente, che è stato assimilato alla presenza di materiale di natura antropica costituito principalmente da scarti della lavorazione del ferro (loppa)

Per quanto concerne la definizione della pericolosità geologica e idraulica abbiamo fatto riferimento al quadro conoscitivo della variante al RU denominata AMBITO 22 Bricchetteria. Le indagini geologiche di supporto alla variante hanno assegnato all'area di progetto, inserita all'interno di quella di variante, le seguenti classi di pericolosità:

classe 3 di pericolosità geologica (G3)

classe 2 di pericolosità idraulica (I2)

Sono state poi individuate le classi di fattibilità geologica e idraulica dell'intervento.

In funzione della classe 3 di fattibilità geologica abbiamo predisposto ed eseguito gli "*approfondimenti di indagine*" mediante campagne geognostiche, sismiche, geoelettriche e con georadar. Tali indagini sono state mirate a definire le caratteristiche stratigrafiche e geotecniche del sottosuolo, con particolare riferimento alla porzione più superficiale costituita da terreni di riporto.

Per ciò che concerne la fattibilità idraulica (classe 2) non sono richieste verifiche idrauliche per l'individuazione di una eventuale lama d'acqua con tempo di ritorno duecentennale. Tuttavia

abbiamo effettuato delle *“normali verifiche a livello qualitativo”* dalle quali emerge che l'intervento di progetto non determinerà incremento del rischio idraulico dell'area. Tale affermazione trova la sua argomentazione nel fatto che l'unico fosso inserito nel reticolo idrografico che può determinare fenomeni esondativi significativi è costituito dal Fosso della Concia, il cui tratto più vicino al sito di progetto ha una distanza prossima ai 900 m.

Inoltre, l'area di progetto si trova in una situazione morfologica favorevole e rassicurante rispetto al rischio di un fenomeno esondativo del suddetto corso d'acqua.

Piombino 03/02/2023

IL GEOLOGO

Dario D'AVINO

A circular blue ink stamp from the "ORDINE DEI GEOLOGI DELLA TOSCANA". The text inside the stamp reads "DOTT. GEOL. DARIO D'AVINO N° 735". Below the stamp is a handwritten signature in blue ink.

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

COMMITTENTE: TECNA srl				
RIFERIMENTO: Elba				
SONDAGGIO: 1		CAMPIONE: 1		PROFONDITA': m 8.7-9.3

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	65,6	%
Peso di volume	15,2	kN/m ³
Peso di volume secco	9,2	kN/m ³
Peso di volume saturo	15,6	kN/m ³
Peso specifico	26,5	kN/m ³
Indice dei vuoti	1,878	
Porosità	65,2	%
Grado di saturazione	94,3	%
Limite di liquidità	53,3	%
Limite di plasticità	N.D.	%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		
Passante al set. n° 42	SI	
Limite di ritiro	40,4	%
CNR-UNI 10006/00		

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	10,2	%
Sabbia	47,9	%
Limo	38,0	%
Argilla	3,9	%
D 10	0,005227	mm
D 50	0,089019	mm
D 60	0,143858	mm
D 90	2,057868	mm
Passante set. 10	89,8	%
Passante set. 42	75,2	%
Passante set. 200	46,4	%

COMPRESSIONE

σ	kPa
c_u	kPa
σ_{Rim}	kPa
$c_{u\ Rim}$	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
c'	13,2	kPa	
ϕ'	29,0	°	
c'_{Res}		kPa	
ϕ'_{Res}		°	

PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	C_d	kPa	ϕ_d	°
C.U.	C'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu}	°
	C_{cu}	kPa	ϕ_{cu}	°
U.U.	C_u	38 kPa	ϕ_u	0,0 °

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	C_v cm ² /sec	k cm/sec
24,6 ÷ 49,2	694	0,000458	6,48E-08
49,2 ÷ 98,4	1314	0,000287	2,14E-08
98,4 ÷ 196,8	2216	0,000361	1,60E-08
196,8 ÷ 393,6	3182	0,000751	2,32E-08
393,6 ÷ 787,2	6845	0,000432	6,19E-09
787,2 ÷ 1574,4	13702	0,000467	3,34E-09

FOTOGRAFIA**OSSERVAZIONI**

Tipo di campione: Cilindrico		Qualità del campione: Q 5	
------------------------------	--	---------------------------	--

Posizione delle prove					cm	Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
CF	GR	TD	ED	TX	0				Sabbia con limo, con abbondante materiale organico e conchiglie MUNSELL SOIL COLOR: 5YR 5/3 Reddish brown
					10				
					20				
					30				
					40				
					50				
								52	

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 06079	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 23/12/22	Inizio analisi: 09/12/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 565 del 07/12/22		Apertura campione: 09/12/22	Fine analisi: 10/12/22

COMMITTENTE: TECNA srl				
RIFERIMENTO: Elba				
SONDAGGIO: 1		CAMPIONE: 1		PROFONDITA': m 8.7-9.3

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 65,6 %

Struttura del materiale:

☐ Omogeneo

☐ Stratificato

☒ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 06080	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 23/12/22	Inizio analisi: 09/12/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 565 del 07/12/22		Apertura campione: 09/12/22	Fine analisi: 09/12/22

COMMITTENTE: TECNA srl				
RIFERIMENTO: Elba				
SONDAGGIO: 1		CAMPIONE: 1		PROFONDITA': m 8.7-9.3

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 15,2 kN/m³

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 06081 Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 565 del 07/12/22

DATA DI EMISSIONE: 23/12/22 Inizio analisi: 13/12/22

Apertura campione: 09/12/22 Fine analisi: 14/12/22

COMMITTENTE: TECNA srl

RIFERIMENTO: Elba

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 8.7-9.3

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318-10

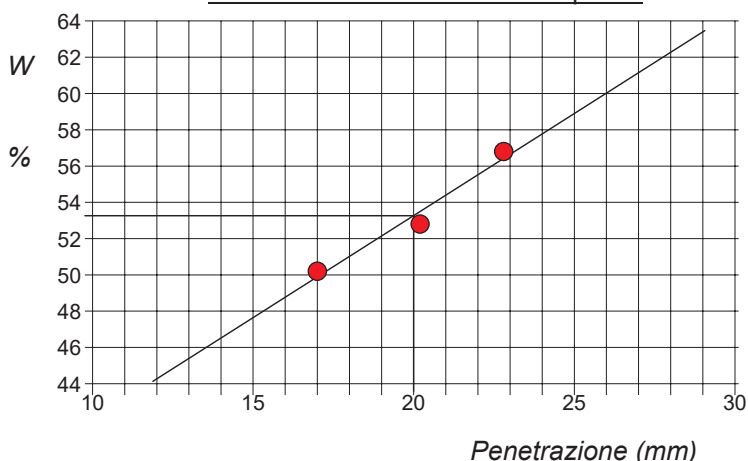
Limite di liquidità	53,3	%
Limite di plasticità	N.D.	%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		
Passante al set. n° 42	SI	

C - Argille inorganiche

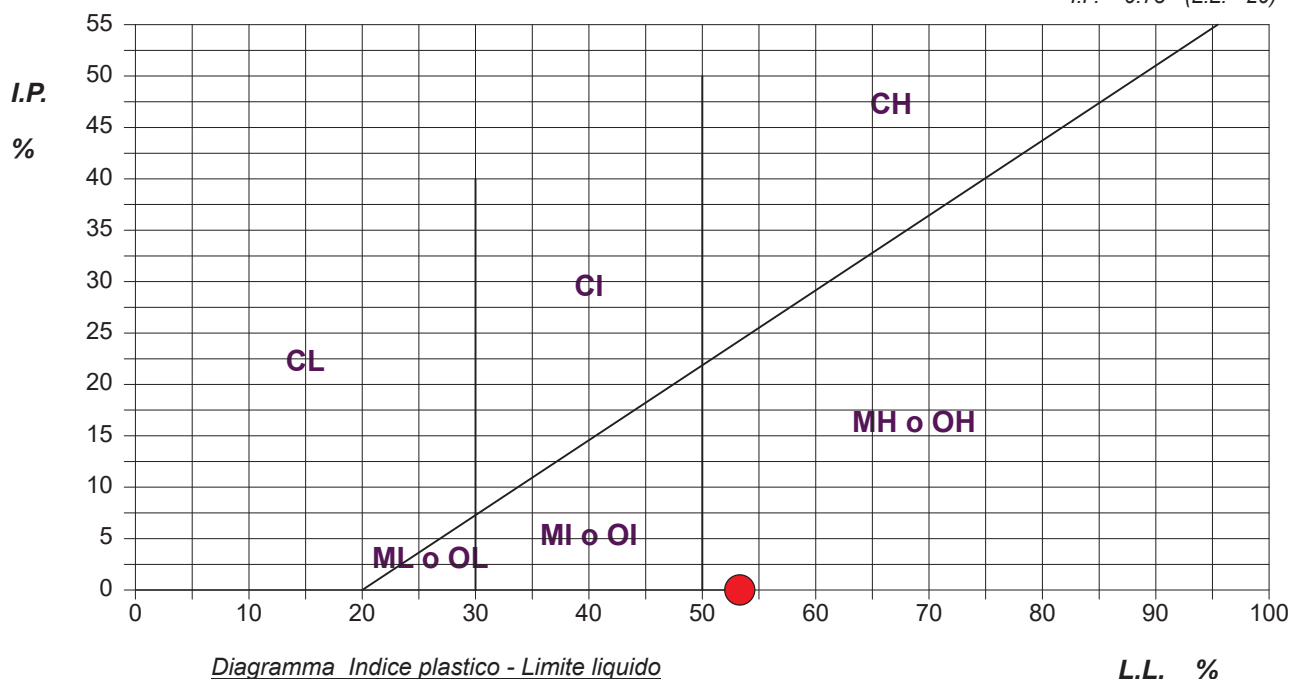
L - Bassa plasticità

M - Limi inorganici

I - Media plasticità

O - Argille e limi organiciH - Alta plasticitàDeterminazione del Limite di liquiditàABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE

I.P. = 0.73 · (L.L. - 20)



**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 06082	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 23/12/22	Inizio analisi: 13/12/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 565 del 07/12/22		Apertura campione: 09/12/22	Fine analisi: 14/12/22
COMMITTENTE: TECNA srl			
RIFERIMENTO: Elba			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 8.7-9.3	
<u>LIMITE DI RITIRO</u>			
Modalità di prova: Norma ASTM D 427-04			

Materiale passante al setaccio n° 42 (0.400 mm): 75 %

Limite di ritiro = 40,4 %

Coefficiente di ritiro = 1,24

Ritiro di volume = 22,32

Ritiro lineare = 6,50

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 06083 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 565 del 07/12/22

DATA DI EMISSIONE: 23/12/22 Inizio analisi: 14/12/22

Apertura campione: 09/12/22 Fine analisi: 17/12/22

COMMITTENTE: TECNA srl

RIFERIMENTO: Elba

SONDAGGIO: 1

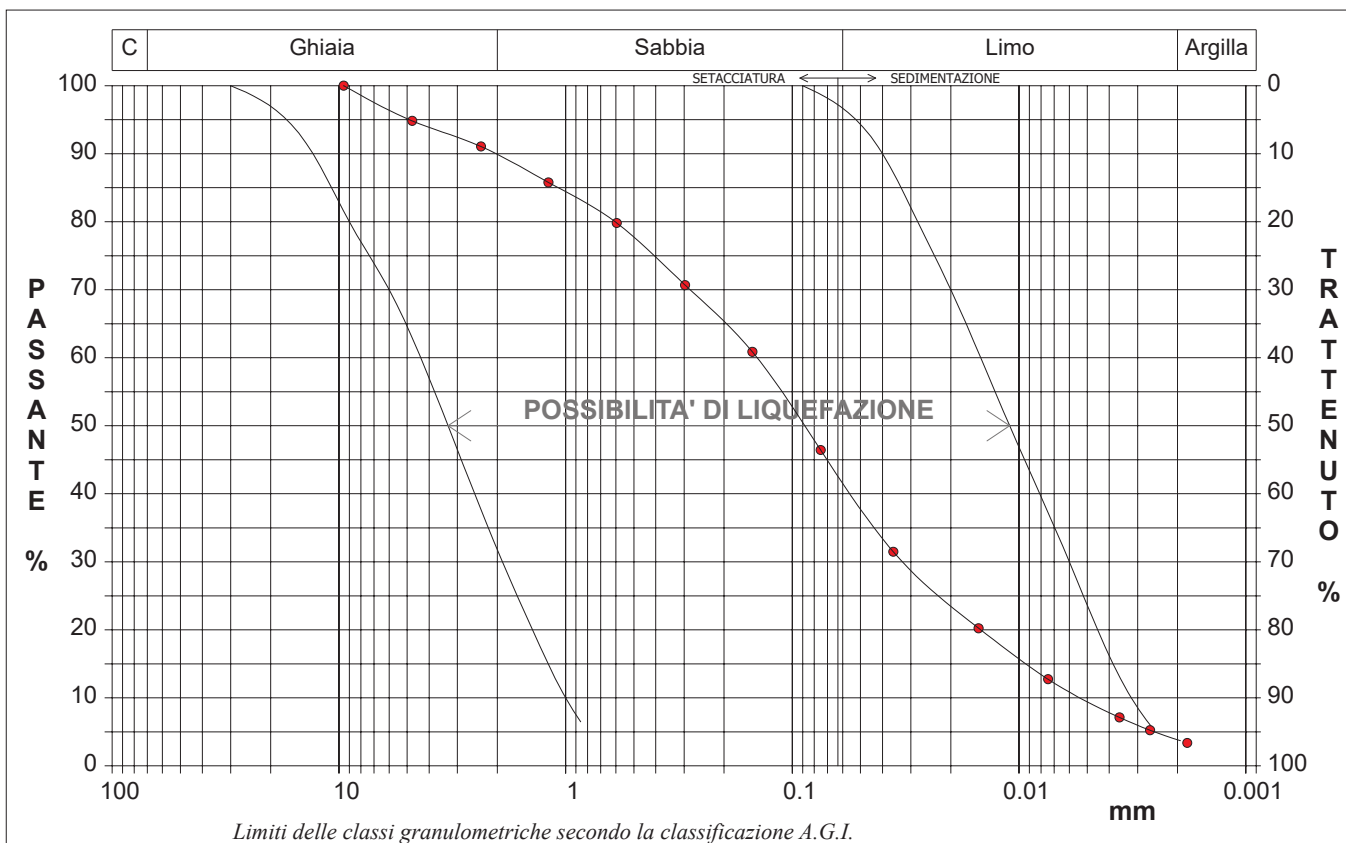
CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 8.7-9.3

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma A.G.I. 1977

Ghiaia	10,2 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	89,8 %	D10	0,00523 mm	
Sabbia	47,9 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	75,2 %	D30	0,03197 mm	
Limo	38,0 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	46,4 %	D50	0,08902 mm	
Argilla	3,9 %			D60	0,14386 mm	
Coefficiente di uniformità		27,52	Coefficiente di curvatura	1,36	D90	2,05787 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
9,5200	100,00	0,2970	70,69	0,0074	12,74				
4,7500	94,83	0,1500	60,87	0,0036	7,12				
2,3600	91,06	0,0750	46,43	0,0026	5,25				
1,1900	85,78	0,0358	31,48	0,0018	3,37			Setacci	7
0,5950	79,82	0,0151	20,24					Punti sediment.	6

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 06084 Pagina 1/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 565 del 07/12/22

DATA DI EMISSIONE: 23/12/22 Inizio analisi: 09/12/22

Apertura campione: 09/12/22 Fine analisi: 20/12/22

COMMITTENTE: TECNA srl

RIFERIMENTO: Elba

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

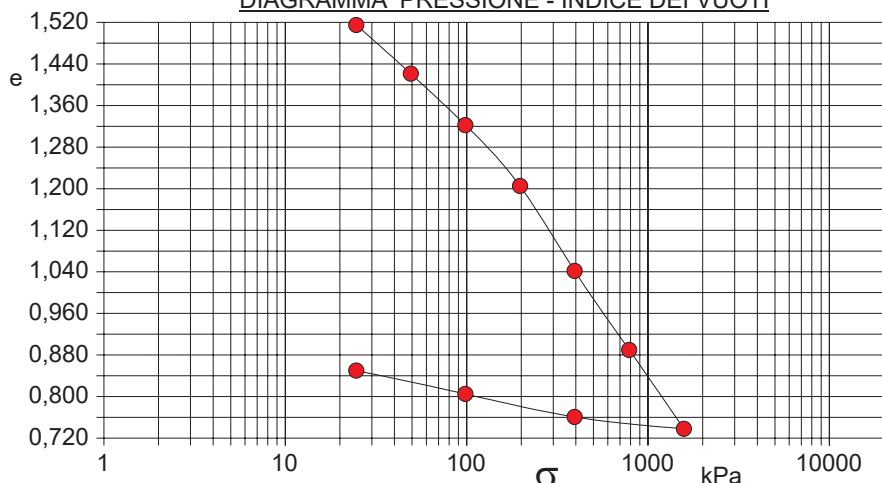
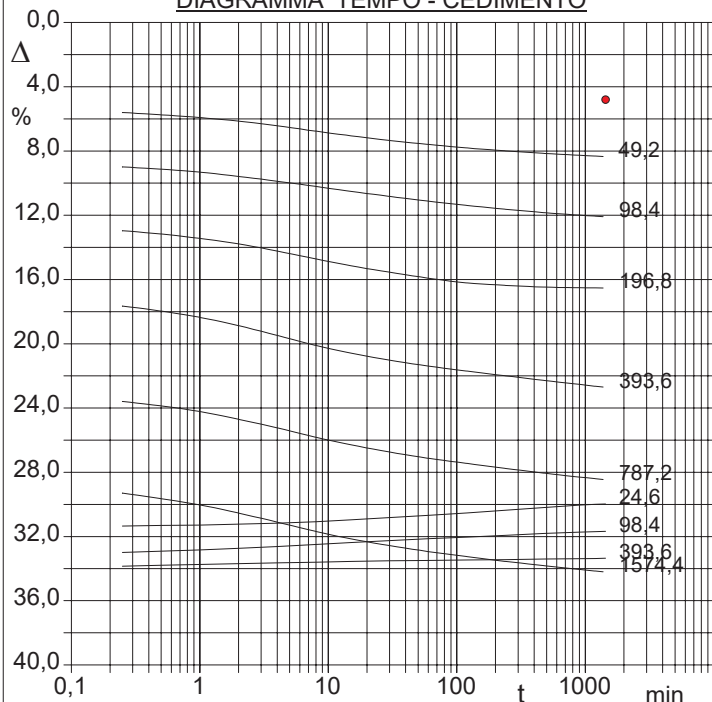
PROFONDITA': m 8.7-9.3

PROVA EDOMETRICA

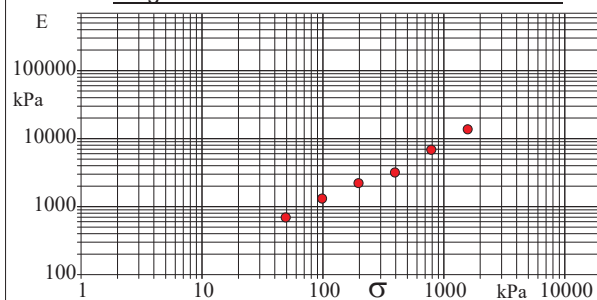
Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11

Caratteristiche del campione

Peso di volume (kN/m³)	16,03
Umidità (%)	60,0
Peso specifico (kN/m³)	26,47
Altezza provino (cm)	2,00
Diametro provino (cm)	5,00
Sezione provino (cm²)	19,63
Volume provino (cm³)	39,27
Volume dei vuoti (cm³)	24,40
Indice dei vuoti	1,64
Porosità (%)	62,15
Saturazione (%)	98,7

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI**DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO**

Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
24,6	96,0	1,515				
49,2	166,9	1,421	0,311	694	0,000458	6,48E-08
98,4	241,8	1,322	0,329	1314	0,000287	2,14E-08
196,8	330,6	1,205	0,390	2216	0,000361	1,60E-08
393,6	454,3	1,042	0,543	3182	0,000751	2,32E-08
787,2	569,3	0,890	0,505	6845	0,000432	6,19E-09
1574,4	684,2	0,738	0,504	13702	0,000467	3,34E-09
393,6	667,1	0,761				
98,4	633,6	0,805				
24,6	599,5	0,850				

Diagramma Pressione - Modulo edometrico

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 06084 Pagina 2/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 565 del 07/12/22

DATA DI EMISSIONE: 23/12/22 **Inizio analisi:** 09/12/22

Apertura campione: 09/12/22 **Fine analisi:** 20/12/22

COMMITTENTE: TECNA srl

RIFERIMENTO: Elba

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 8.7-9.3

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 49,2 kPa				Pressione 98,4 kPa				Pressione 196,8 kPa				Pressione 393,6 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	96,0			0,02	166,9			0,02	241,8			0,02	330,6		
0,25	112,0			0,25	179,7			0,25	259,2			0,25	353,0		
0,50	114,9			0,50	182,6			0,50	263,3			0,50	359,3		
1,00	118,3			1,00	186,3			1,00	268,8			1,00	367,1		
2,00	122,8			2,00	191,6			2,00	275,6			2,00	377,4		
4,00	128,5			4,00	197,6			4,00	284,6			4,00	389,6		
8,00	135,3			8,00	204,1			8,00	294,3			8,00	402,1		
15,00	141,0			15,00	210,2			15,00	302,9			15,00	411,6		
30,00	146,8			30,00	216,5			30,00	310,9			30,00	420,4		
60,00	151,7			60,00	222,4			60,00	318,3			60,00	427,8		
120,00	156,2			120,00	227,6			120,00	324,2			120,00	434,1		
240,00	159,7			240,00	232,5			240,00	327,2			240,00	439,9		
480,00	162,9			480,00	236,7			480,00	329,4			480,00	445,7		
900,00	165,2			900,00	239,9			900,00	330,2			900,00	450,5		
1200,00	166,3			1200,00	241,1			1200,00	330,4			1200,00	452,9		
1430,10	166,9			1440,00	241,8			1440,00	330,6			1440,00	454,3		

Pressione 787,2 kPa				Pressione 1574,4 kPa				Pressione 393,6 kPa				Pressione 98,4 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	454,3			0,02	569,3			0,02	684,2			0,02	667,1		
0,25	471,9			0,25	586,0			0,25	677,0			0,25	659,9		
0,50	477,4			0,50	592,9			0,50	675,8			0,50	658,4		
1,00	484,4			1,00	600,7			1,00	674,7			1,00	656,6		
2,00	494,1			2,00	610,8			2,00	673,8			2,00	654,7		
4,00	504,7			4,00	622,1			4,00	672,8			4,00	652,6		
8,00	516,4			8,00	633,7			8,00	671,9			8,00	649,9		
15,00	525,8			15,00	642,9			15,00	671,1			15,00	647,5		
30,00	534,8			30,00	651,4			30,00	670,3			30,00	645,1		
60,00	542,6			60,00	658,7			60,00	669,8			60,00	642,8		
120,00	549,0			120,00	665,0			120,00	669,3			120,00	640,8		
240,00	555,3			240,00	671,0			240,00	668,8			240,00	638,6		
480,00	561,1			480,00	676,4			480,00	668,2			480,00	636,2		
900,00	566,0			900,00	681,0			900,00	667,7			900,00	634,6		
1200,00	568,0			1200,00	683,0			1200,00	667,5			1200,00	634,0		
1440,00	569,3			1440,00	684,2			1440,00	667,1			1440,00	633,6		

Pressione 24,6 kPa				Pressione -- kPa				Pressione -- kPa				Pressione -- kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	633,6														
0,25	627,0														
0,50	626,1														
1,00	625,8														
2,00	624,7														
4,00	623,4														
8,00	621,6														
15,00	619,3														
30,00	616,5														
60,00	613,7														
120,00	610,7														
240,00	607,4														
480,00	603,8														
900,00	600,9														
1200,00	599,9														
1440,00	599,5														

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 06085 Pagina 1/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 565 del 07/12/22

DATA DI EMISSIONE: 23/12/22 Inizio analisi: 12/12/22

Apertura campione: 09/12/22 Fine analisi: 15/12/22

COMMITTENTE: TECNA srl

RIFERIMENTO: Elba

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 8.7-9.3

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

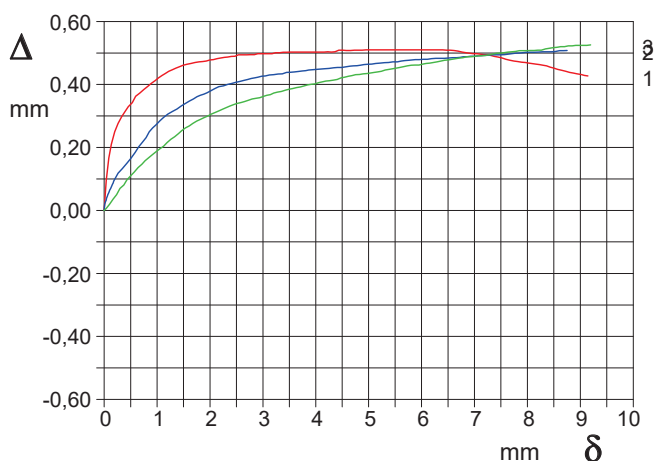
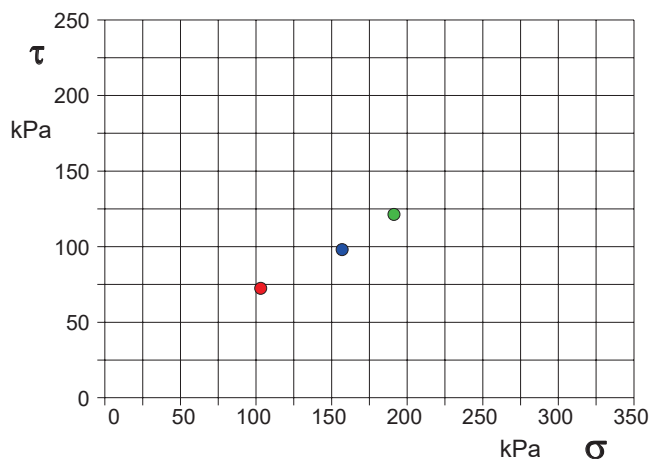
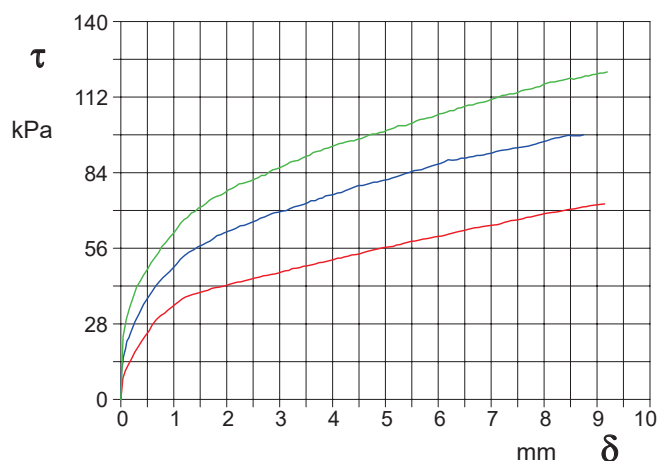
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	103	157	191
Tensione a rottura (kPa):	72	98	121
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	9,14	8,75	9,19
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,43	0,51	0,53
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 60,0	--- 54,0	--- 48,6
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	15,5 30,9	14,6 26,5	14,3 25,7

DIAGRAMMATensione - Pressione verticale

Tipo di prova: Consolidata - lenta

Velocità di deformazione: 0,010 mm / min

Tempo di consolidazione (ore): 24

DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 06085	Pagina 0/4	DATA DI EMISSIONE: 23/12/22	Inizio analisi: 12/12/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 565 del 07/12/22		Apertura campione: 09/12/22	Fine analisi: 15/12/22

COMMITTENTE: TECNA srl			
RIFERIMENTO: Elba			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	8.7-9.3

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
0,037	7,9	0,10	0,005	6,5	0,01	0,042	23,2	0,01
0,198	14,9	0,25	0,013	10,1	0,02	0,236	38,2	0,05
0,390	21,5	0,31	0,046	15,4	0,04	0,429	46,0	0,10
0,595	27,7	0,36	0,085	18,6	0,06	0,640	52,5	0,14
0,824	31,9	0,39	0,121	21,8	0,07	0,847	58,1	0,17
1,029	35,2	0,42	0,169	23,9	0,09	1,056	63,0	0,20
1,223	37,9	0,44	0,344	31,7	0,13	1,260	67,4	0,23
1,427	39,2	0,46	0,587	39,8	0,18	1,466	70,9	0,25
1,643	40,4	0,47	0,790	45,1	0,23	1,676	73,8	0,28
1,862	41,6	0,47	0,980	48,5	0,27	1,892	75,7	0,30
2,067	42,8	0,48	1,206	53,4	0,31	2,101	78,2	0,31
2,269	43,6	0,49	1,460	56,6	0,33	2,300	80,0	0,33
2,472	44,6	0,49	1,685	58,6	0,35	2,512	81,5	0,34
2,695	45,8	0,49	1,885	61,1	0,37	2,727	82,9	0,35
2,906	46,5	0,50	2,090	62,7	0,39	2,944	85,4	0,36
3,112	47,6	0,50	2,332	64,5	0,40	3,143	87,1	0,37
3,315	48,6	0,50	2,571	66,3	0,41	3,350	88,5	0,38
3,520	49,5	0,50	2,779	68,1	0,42	3,564	90,4	0,39
3,750	50,6	0,50	2,976	69,3	0,43	3,775	92,1	0,40
3,966	51,5	0,50	3,205	70,8	0,43	3,987	93,7	0,40
4,158	52,3	0,50	3,447	72,2	0,44	4,191	95,0	0,41
4,361	53,5	0,50	3,674	73,6	0,44	4,405	95,8	0,42
4,579	54,3	0,51	3,868	75,4	0,45	4,616	97,2	0,43
4,804	55,5	0,51	4,093	76,4	0,45	4,826	98,3	0,43
5,017	56,3	0,51	4,338	78,0	0,45	5,030	99,7	0,44
5,213	57,2	0,51	4,568	79,3	0,46	5,241	101,4	0,44
5,421	58,2	0,51	4,780	80,5	0,46	5,455	102,0	0,45
5,638	59,0	0,51	4,981	81,3	0,46	5,660	103,7	0,46
5,859	59,9	0,51	5,210	82,5	0,47	5,879	104,5	0,46
6,066	60,5	0,51	5,458	84,1	0,47	6,086	106,0	0,47
6,264	61,5	0,51	5,685	85,1	0,48	6,293	107,0	0,47
6,470	62,6	0,51	5,881	86,5	0,48	6,504	108,7	0,48
6,690	63,6	0,51	6,110	87,9	0,48	6,719	109,7	0,48
6,909	64,2	0,50	6,354	88,8	0,48	6,929	110,5	0,49
7,112	64,7	0,50	6,589	89,8	0,49	7,140	112,0	0,49
7,311	65,9	0,49	6,790	90,4	0,49	7,352	113,2	0,50
7,521	66,6	0,48	7,006	91,2	0,49	7,558	114,2	0,50
7,746	67,6	0,47	7,241	92,4	0,49	7,774	115,1	0,51
7,961	68,6	0,47	7,486	93,2	0,49	7,992	116,7	0,51
8,160	69,3	0,47	7,700	93,8	0,50	8,196	117,6	0,51
8,362	69,9	0,46	7,908	95,0	0,50	8,418	118,6	0,52
8,572	70,6	0,45	8,136	96,4	0,50	8,631	119,0	0,52
8,798	71,4	0,44	8,377	97,4	0,50	8,846	119,8	0,52
9,016	72,1	0,43	8,608	97,7	0,51	9,059	120,9	0,52

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 06085 Pagina 3/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 565 del 07/12/22

DATA DI EMISSIONE: 23/12/22 Inizio analisi: 12/12/22

Apertura campione: 09/12/22 Fine analisi: 15/12/22

COMMITTENTE: TECNA srl

RIFERIMENTO: Elba

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 8.7-9.3

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 1

Pressione (kPa)	103
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,610
Sezione (cm²):	36,00
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

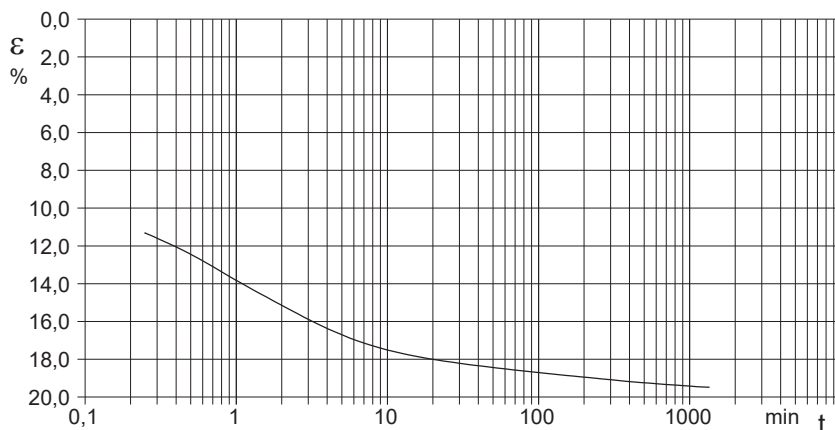


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2

Pressione (kPa)	157
Altezza iniziale (cm)	1,970
Altezza finale (cm)	1,676
Sezione (cm²):	36,24
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

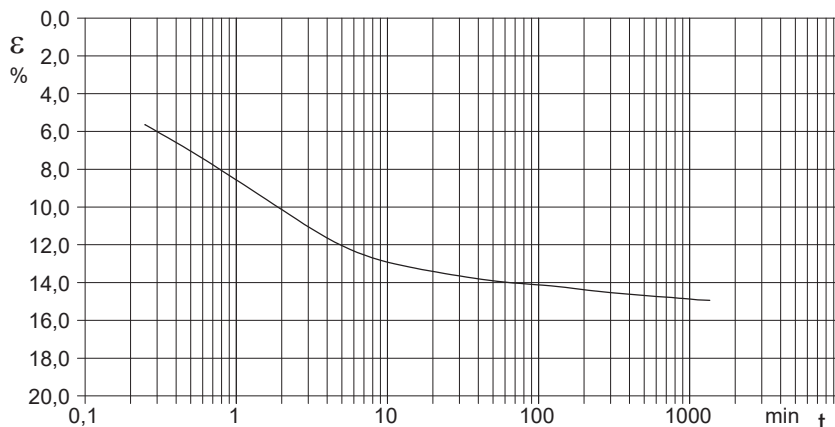
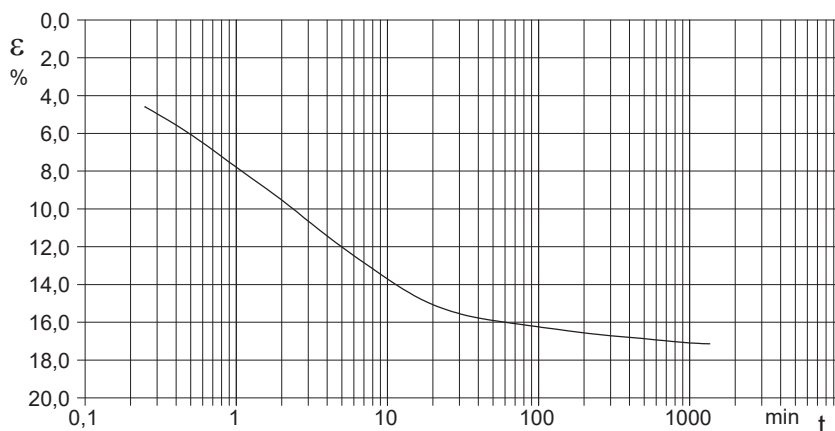


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 3

Pressione (kPa)	191
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,657
Sezione (cm²):	36,00
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000



Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata

tf = 50 x T₅₀

Vs = Df / tf

CERTIFICATO DI PROVA N°: 06085	Pagina 4/4	DATA DI EMISSIONE: 23/12/22	Inizio analisi: 12/12/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 565 del 07/12/22		Apertura campione: 09/12/22	Fine analisi: 15/12/22

COMMITTENTE: TECNA srl			
RIFERIMENTO: Elba			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	8.7-9.3

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

[illegible]

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 06086	Pagina 0/2	DATA DI EMISSIONE: 23/12/22	Inizio analisi: 13/12/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 565 del 07/12/22		Apertura campione: 09/12/22	Fine analisi: 14/12/22

COMMITTENTE: TECNA srl				
RIFERIMENTO: Elba				
SONDAGGIO: 1		CAMPIONE: 1		PROFONDITA': m 8.7-9.3

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE U.U.

Modalità di prova: Norma ASTM D 2850-03a

TABELLA RIASSUNTIVA DEI DATI DELLA PROVA

PROVINO	1	2	3	PROVINO	1	2	3
Condizioni	Indisturbato	Indisturbato		Pressioni iniziali			
Caratteristiche iniziali dei provini				Pressione di cella (kPa)	150	250	
Massa (g)	136,93	133,28		Back pressure (kPa)			
Altezza (cm)	7,62	7,60		Pressione efficace (kPa)	150	250	
Diametro (cm)	3,84	3,79		Valori finali o a rottura			
Sezione (cm²):	11,58	11,28		Deformazione verticale (%)	11,8	10,3	
Volume (cm³)	88,25	85,74		$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	99	52	
Peso di volume (kN/m³)	15,2	15,2		Pressione interstiziale (kPa)	-	-	
Umidità (%)	58,7	57,3		$(\sigma_1 + \sigma_3) / 2$ (kPa)	199	276	
Peso specifico	26,5	26,5		$(\sigma_1 - \sigma_3) / 2$ (kPa)	49	26	
Peso di volume secco (kN/m³)	9,6	9,7					
Grado di saturazione (%)	90,0	89,3					

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 06086 Pagina 1/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 565 del 07/12/22

DATA DI EMISSIONE: 23/12/22 Inizio analisi: 13/12/22

Apertura campione: 09/12/22 Fine analisi: 14/12/22

COMMITTENTE: TECNA srl

RIFERIMENTO: Elba

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 8.7-9.3

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE U.U.

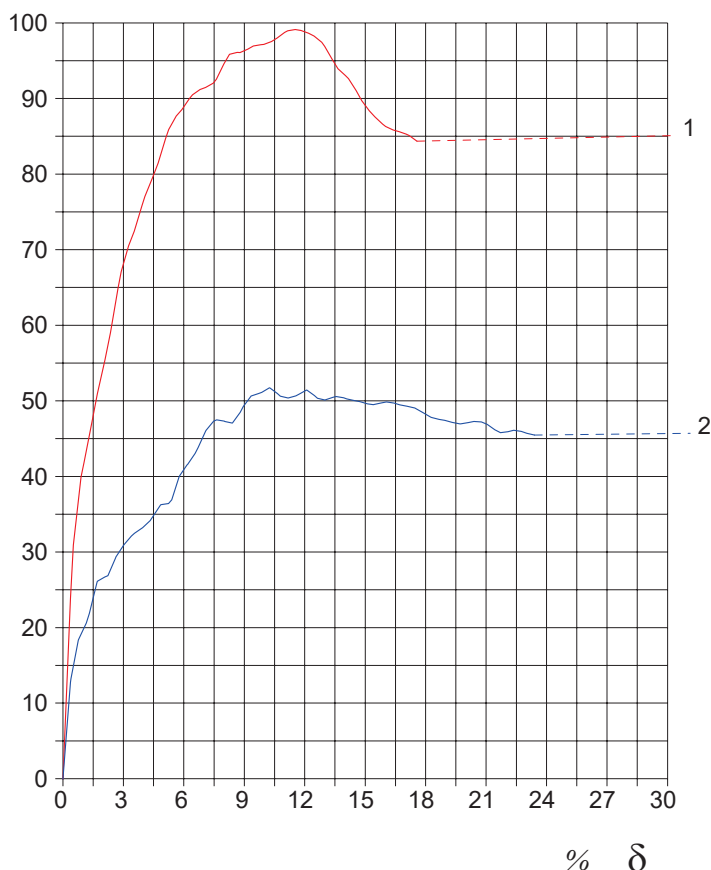
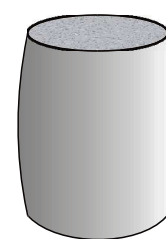
Modalità di prova: Norma ASTM D 2850-03a

P	Dimensioni		Caratteristiche fisiche				Pressione			Valori finali o a rottura			
n	H _o cm	φ cm	γ kN/m ³	γ _s kN/m ³	w %	S _o %	σ ₃ kPa	u _o kPa	σ' ₃ kPa	δ _f %	σ ₁ -σ ₃ kPa	$\frac{\sigma_1+\sigma_3}{2}$ kPa	$\frac{\sigma_1-\sigma_3}{2}$ kPa
1	7,62	3,84	15,2	26,5	58,7	90,0	150	0	150	11,8	99	199	49
2	7,60	3,79	15,2	26,5	57,3	89,3	250	0	250	10,3	52	276	26

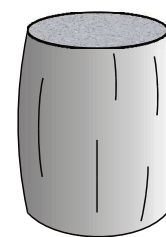
H _o φ - Altezza e diametro provini w - Umidità dei provini	γ γ _s - Peso di volume e peso specifico S _o - Grado di saturazione iniziale	σ ₃ - Pressione di cella u _o - Back pressure	δ _f - Deformazione a rottura σ ₁ σ ₃ - Tensioni totali
--	--	---	--

 $\sigma_1 - \sigma_3$
kPa

Diagramma
Tensione totale -
- Deformazione

**Tipo di rottura**

Provino 1



Provino 2

Provino 3

Velocità di deformazione: 0,700 mm/min

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 06086	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 23/12/22	Inizio analisi: 13/12/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 565 del 07/12/22		Apertura campione: 09/12/22	Fine analisi: 14/12/22

COMMITTENTE: TECNA srl				
RIFERIMENTO: Elba				
SONDAGGIO: 1		CAMPIONE: 1		PROFONDITA': m 8.7-9.3

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE U.U.

Modalità di prova: Norma ASTM D 2850-03a

PROVINO 1				PROVINO 2				PROVINO 3			
δ mm	δ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa	Δu kPa	δ mm	δ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa	Δu kPa	δ mm	δ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa	Δu kPa
0,40	0,52	30,9		0,30	0,39	13,2					
0,80	1,05	41,9		0,60	0,79	18,5					
1,30	1,71	50,9		1,00	1,32	21,9					
1,80	2,36	59,0		1,30	1,71	26,1					
2,20	2,89	67,1		1,70	2,24	26,9					
2,70	3,54	72,5		2,00	2,63	29,3					
3,10	4,07	77,0		2,30	3,03	30,9					
3,60	4,72	81,4		2,70	3,55	32,5					
4,00	5,25	85,9		3,00	3,95	33,2					
4,50	5,91	88,6		3,40	4,47	34,7					
4,90	6,43	90,5		3,70	4,87	36,3					
5,40	7,09	91,5		4,10	5,39	36,9					
5,80	7,61	92,5		4,40	5,79	40,1					
6,30	8,27	95,8		4,70	6,18	41,6					
6,70	8,79	96,1		5,10	6,71	43,8					
7,20	9,45	97,0		5,40	7,11	46,1					
7,60	9,97	97,2		5,80	7,63	47,5					
8,10	10,63	98,0		6,10	8,03	47,3					
8,50	11,15	99,0		6,40	8,42	47,1					
9,00	11,81	99,0		6,80	8,95	49,2					
9,50	12,47	98,3		7,10	9,34	50,6					
9,90	12,99	96,9		7,50	9,87	51,1					
10,40	13,65	93,9		7,80	10,26	51,7					
10,80	14,17	92,6		8,20	10,79	50,6					
11,30	14,83	89,7		8,50	11,18	50,4					
11,80	15,49	87,6		8,90	11,71	50,9					
12,20	16,01	86,3		9,20	12,11	51,4					
12,70	16,67	85,6		9,60	12,63	50,3					
13,10	17,19	85,1		9,90	13,03	50,1					
13,60	17,85	83,7		10,30	13,55	50,6					
				10,70	14,08	50,3					
				11,20	14,74	49,9					
				11,70	15,39	49,5					
				12,20	16,05	49,9					
				12,70	16,71	49,5					
				13,30	17,50	49,0					
				13,90	18,29	47,8					
				14,40	18,95	47,4					
				15,00	19,74	47,0					
				15,50	20,39	47,3					
				16,00	21,05	46,9					
				16,50	21,71	45,8					
				17,00	22,37	46,1					
				17,50	23,03	45,7					
				17,90	23,55	45,4					

COMMITTENTE:	TECNA srl		
RIFERIMENTO:	Elba		
SONDAGGIO:	1	CAMPIONE:	1
		PROFONDITA': m	8.7-9.3

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	103	157	191
Tensione a rottura (kPa):	72	98	121
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	9,14	8,75	9,19
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,43	0,51	0,53
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 60,0	--- 54,0	--- 48,6
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	15,5 30,9	14,6 26,5	14,3 25,7

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 13,2 kPa
Angolo di attrito interno: 29,0 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta
Velocità di deformazione: 0,010 mm / min
Tempo di consolidazione (ore): 24

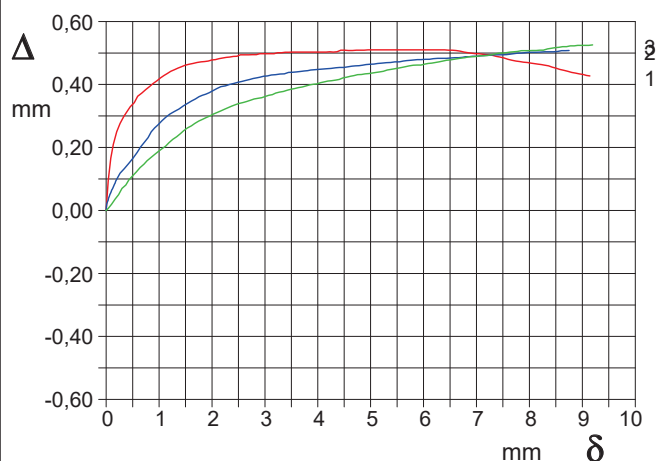
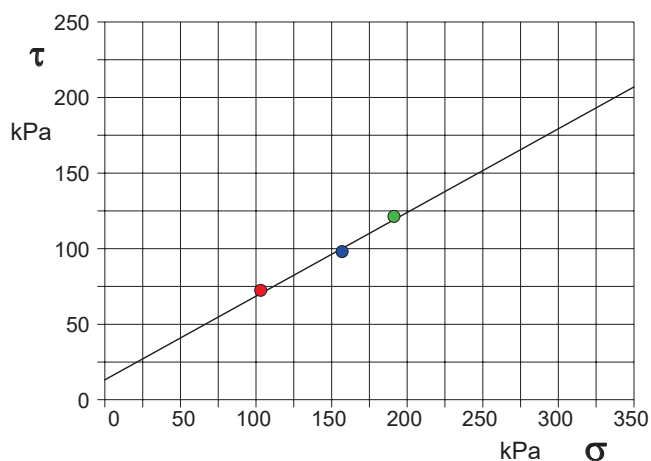


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

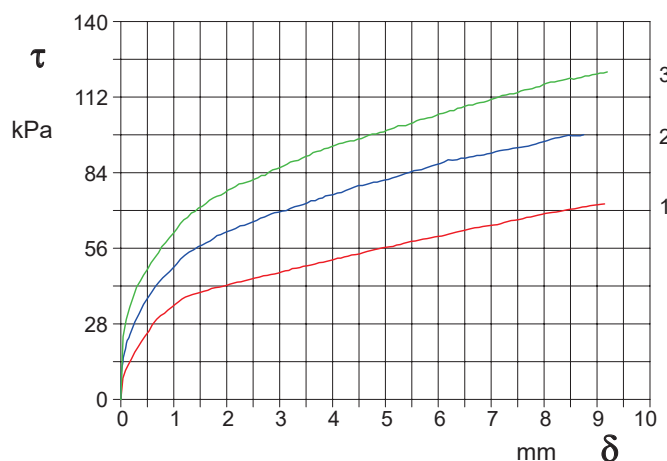


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

COMMITTENTE: TECNA srl				
RIFERIMENTO: Elba				
SONDAGGIO: 1		CAMPIONE: 1		PROFONDITA': m 8.7-9.3

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE U.U.

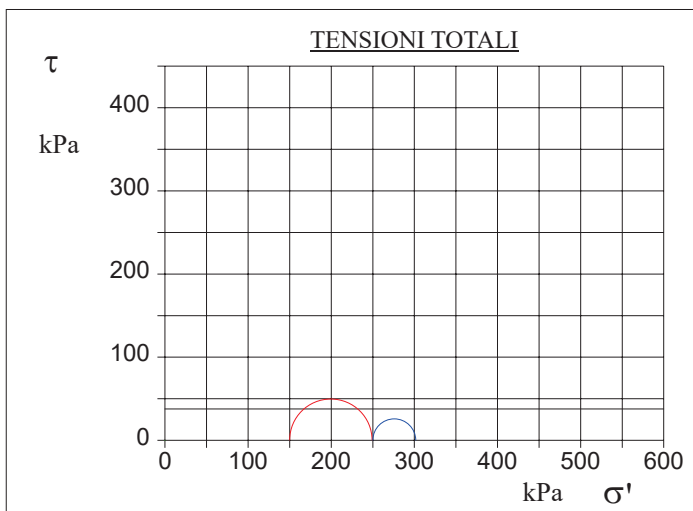
Modalità di prova: Norma ASTM D 2850-03a

Pr.	Dimensioni		Caratteristiche fisiche				Consolidazione			Valori finali o a rottura			
n°	H _o cm	φ cm	γ kN/m³	γ _s kN/m³	w %	S _o %	σ ₃ kPa	u _o kPa	σ' ₃ kPa	δ _f %	σ ₁ -σ ₃ kPa	$\frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}$ kPa	$\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$ kPa
1	7,62	3,84	15,2	26,5	58,7	90,0	150	0	150	11,8	99	199	49
2	7,60	3,79	15,2	26,5	57,3	89,3	250	0	250	10,3	52	276	26
3	0,00	0,00	0,0	26,5	0,0	0,0	0	0	0	0,0	0	0	0

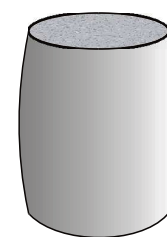
H _o φ - Altezza e diametro provini w - Umidità dei provini	γ γ _s - Peso di volume e peso specifico S - Grado di saturazione	σ ₃ - Pressione di cella u _o - Back pressure	δ _f - Deformazione a rottura σ ₁ σ ₃ - Tensioni totali
--	--	---	--

Velocità di deformazione:
0,700 mm/min

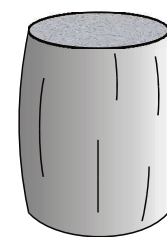
cu = 38 kPa



Tipo di rottura



Provino 1



Provino 2



Provino 3

σ₁-σ₃
kPa

Diagramma

Tensione totale -
- Deformazione

