

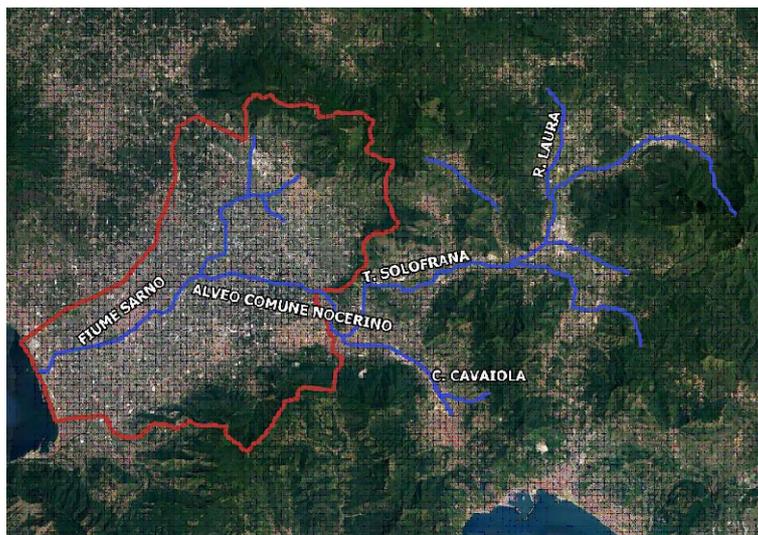


Ufficio Speciale Grandi Opere
U.O.D.

Risanamento Ambientale del Bacino
Idrografico del fiume Sarno

“PROGRAMMA DEGLI INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO DI
INTERESSE REGIONALE AFFERENTI IL BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME SARNO”

CIG: 765766590F - CUP: B66C15000010006



ACCORDO QUADRO PROGETTAZIONE "LOTTO I"
CONTRATTO ATTUATIVO COD. AQ1_2

Intervento G_1 - "Barriera sito sifone Piccolo Sarno"
Intervento G_2 - "Barriera sito foce Sarno"

Il Responsabile Unico del Procedimento
Dott. Ing Roberto Vacca



Revisione	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
1	Dicembre 2021	REVISIONE A SEGUITO DI INDAGINI GEOLOGICHE	F. Grosso	L. Fresia	I. Fresia
0	Ottobre 2021	REVISIONE A SEGUITO DI CONFERENZA DEI SERVIZI	F. Grosso	L. Fresia	I. Fresia

TITOLO :

Intervento G_2 - "Barriera sito foce Sarno"

Relazione geologica

Mandataria



Mandanti



PROGETTAZIONE
GRANDI
INFRASTRUTTURE
PROGIN s.p.a.

Archeologo
Dott. Domenico Ferraro

Codice Commessa

I_02

Codice Elaborato

A.17.00

Revisione:

0

Scala:



INDICE

1. PREMESSA	1
2. DESCRIZIONE SINTETICA DEGLI INTERVENTI DA REALIZZARE	1
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	2
4. STATO DI DISSESTO - PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA	4
5. IDROGEOLOGIA	6
6. ASSETTO GEOLOGICO DELL'AREA DI INTERVENTO	8
7. PARAMETRI SISMICI	11
7.1 Risultati prove MASW - REMI	11
7.2 Calcolo azione sismica	12
8. STIMA DELLE CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI INTERESSATI DALLA REALIZZAZIONE DELLE OPERE	14

ALLEGATO 1 – PROVA DI PERMEABILITÀ TIPO “LEFRANC”

ALLEGATO 2 – STRATIGRAFIA SONDAGGIO S2

ALLEGATO 3 – INDAGINE SISMICA MASW – REMI

ALLEGATO 4 – RISULTATI DELLE PROVE DI LABORATORIO

ALLEGATO 5 – VERIFICHE A LIQUEFAZIONE METODO BOULANGER – IDRIS 2014

1. PREMESSA

La presente relazione geologica supporta lo sviluppo della progettazione esecutiva inerente la realizzazione di una barriera di contenimento dei rifiuti sul fiume Sarno alla foce in corrispondenza del confine tra i Comuni di Torre Annunziata e Castellamare di Stabia.

In coerenza con il quadro normativo attuale il presente elaborato tratta gli aspetti geologico – geomorfologici, idrogeologici e gli aspetti di inquadramento generale geotecnici e concernenti la pericolosità sismica.

2. DESCRIZIONE SINTETICA DEGLI INTERVENTI DA REALIZZARE

L'intervento in progetto si sviluppa sull'area non edificata presso la foce del Sarno (Figura 1) ed è finalizzato a ridurre l'inquinamento delle acque prima della dispersione in mare; la posizione è stata individuata in corrispondenza della foce, sulla sponda destra del Sarno, in area demaniale e libera da fabbricati.

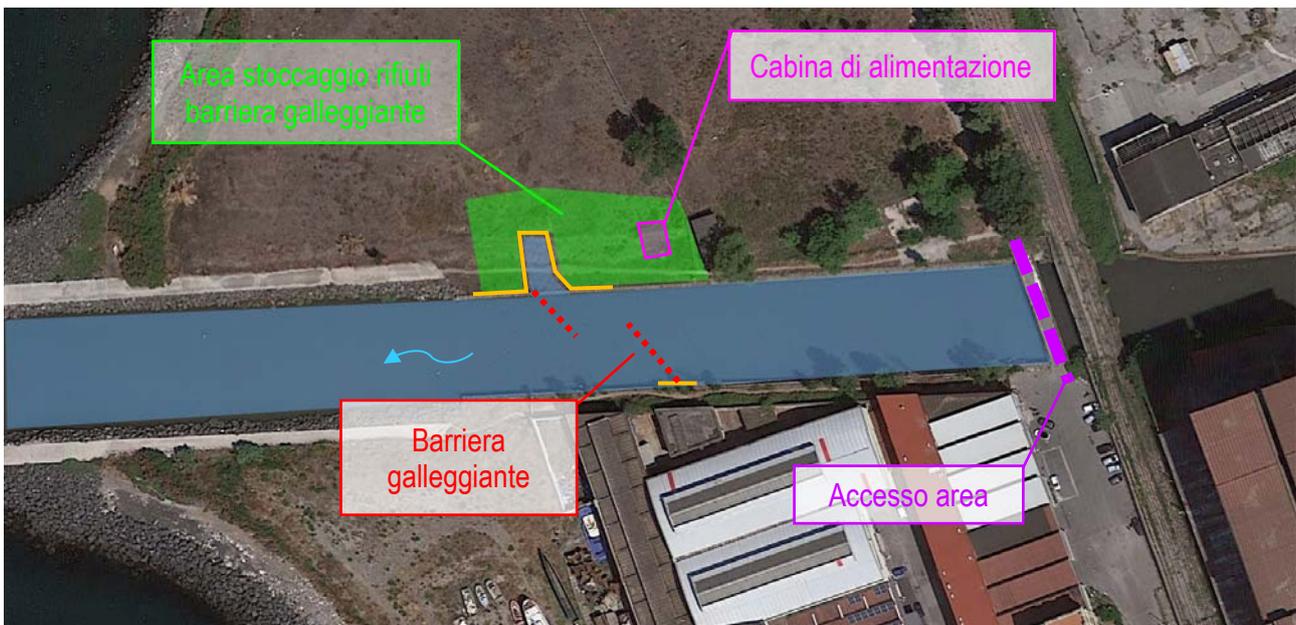


Figura 1 – Trasformazione delle aree

Le opere si suddividono in tre parti:

- la vasca di raccolta dei rifiuti;
- la barriera galleggiante orizzontale;
- la cabina di alimentazione e controllo.

Gli interventi di interesse geologico sono rappresentati principalmente dalla realizzazione del manufatto di raccolta rifiuti che avverrà tramite infissione di palancole e scavo dell'area interessata fino a profondità di circa 4 m dall'attuale piano campagna.



Il manufatto in c.a. avrà dimensioni interne 7,70x3,40 m. Successivamente alla fase di scavo verranno posati i casseri a perdere e verrà gettata una platea di fondo da 0,80 m e le pareti verticali in c.a. da 0,60 m (Figura 2).

Infine si prevede la realizzazione di due muri d'ala con invito all'immissione dal lato di monte, gli stessi dovranno essere bolzonati alla muratura esistente.

Il manufatto così realizzato avrà dimensioni pari a 10,00x4,60 m. L'accesso all'area verrà garantito dal ponte esistente. Per la cabina di controllo non è prevista la realizzazione di un edificio in muratura in quanto sarà costituita da una struttura prefabbricata.

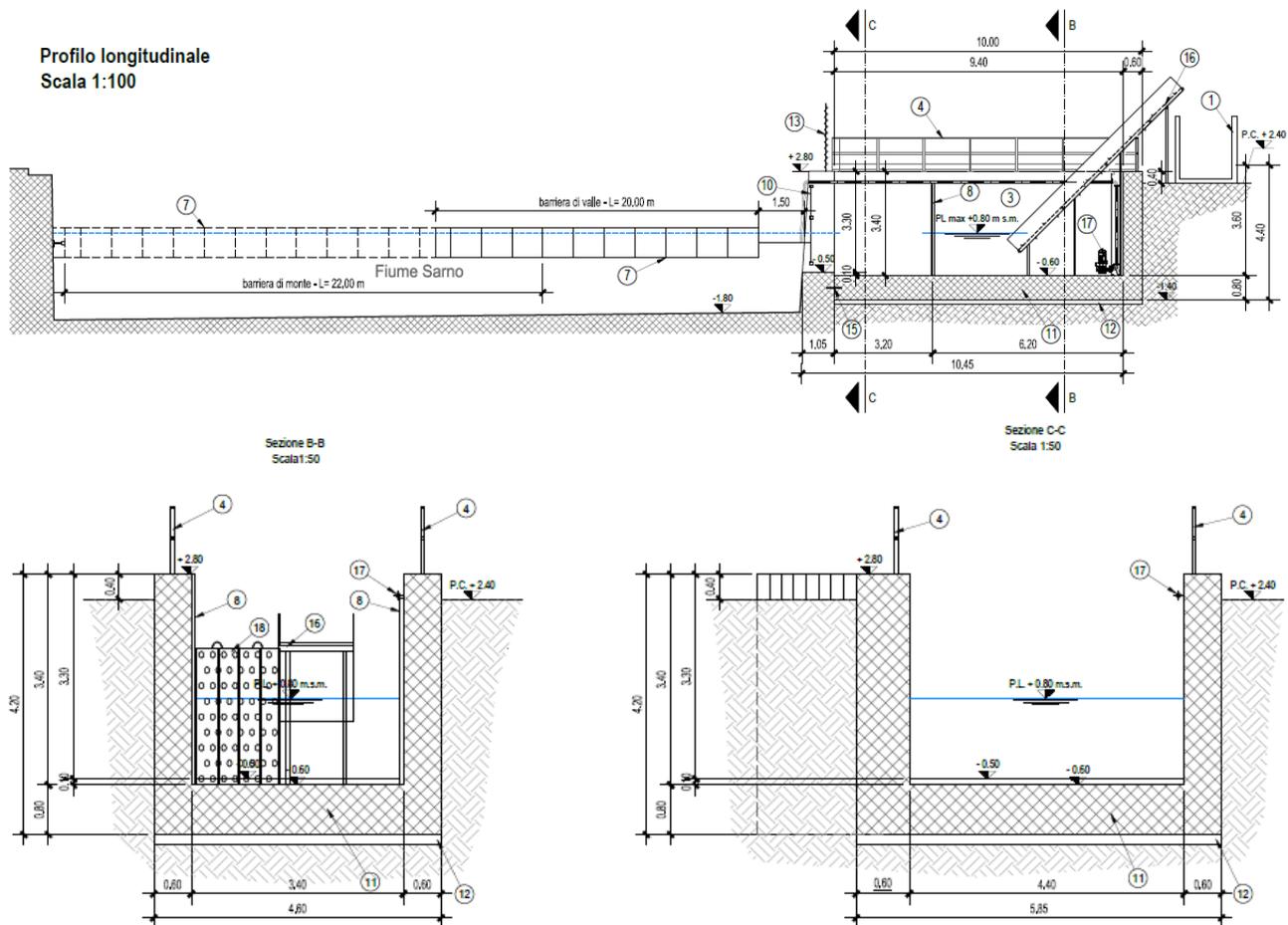


Figura 2 – Sezioni di progetto

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area di intervento si colloca nella piana campana ed in particolare in corrispondenza della foce del fiume Sarno, il cui bacino è delimitato a Nord dall'edificio vulcanico Somma – Vesuvio e a Sud dai rilievi carbonatici dei Monti Lattari (Figura 3 e Figura 4).



Ufficio Speciale Grandi Opere U.O.D.
Risanamento Ambientale
Bacino Idrografico del fiume Sarno

Accordo quadro quadriennale per l'affidamento di servizi di ingegneria e architettura per progettazione di fattibilità tecnica economica e/o la progettazione definitiva e/o progettazione esecutiva di opere di architettura e ingegneria per la realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno in Regione Campania

CIG: 765766590F - CUP: B66C15000010006.

**CONTRATTO
ATTUATIVO
COD. AQ1_2**

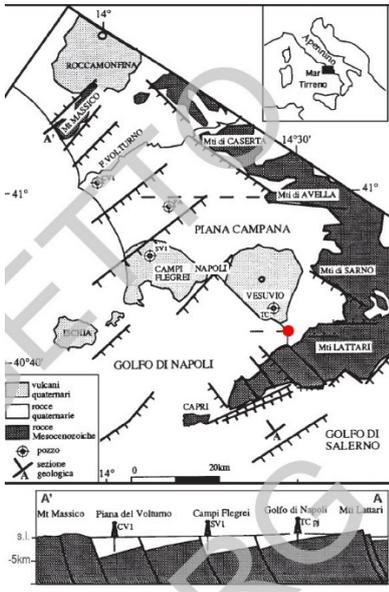


Figura 3 – Schema geologico del margine peri tirrenico campano e sezione interpretativa trasversale alle master faults regionali ad andamento NW-SE. Da Milia (1999), Milia & Torrente (1999).

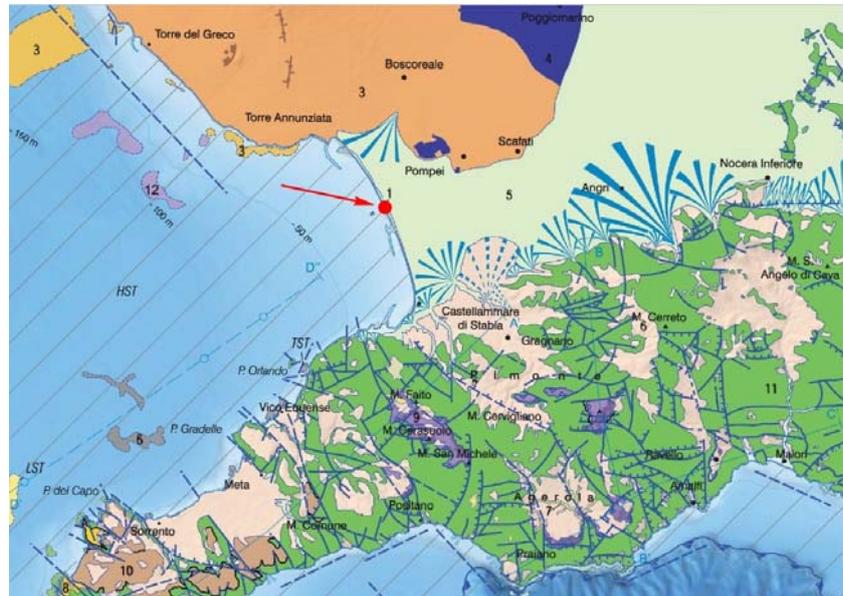


Figura 4 – Schema tettonico del settore meridionale della piana campana; tratto da Note illustrative Foglio nr. 466 - 485 “Sorrento - Termini”. Il punto rosso evidenziato dalla freccia identifica l’area interessata dalle opere in progetto.

La piana del bacino del fiume Sarno ha un andamento circa NE – SW ed è il risultato della tettonica estensionale che ha profondamente influenzato l’evoluzione morfologica e sedimentaria dell’area peritirrenica durante il Quaternario formando una serie di alti e bassi strutturali (Bartole et alii, 1994).

La Piana del Sarno rappresenta la porzione meno profonda della Piana Campana raggiungendo valori massimi di circa 2 km a fronte dei circa 5 km della parte centro settentrionale. Si presenta come una pianura di aggradazione a debole gradiente longitudinale, dal momento che la sua zona più interna, alla base dei Monti di Sarno, a circa 20 km dal mare, raggiunge quote che non superano la ventina di metri. Lo scarso gradiente è correlabile sia ad una generale tendenza alla subsidenza, protratta fino a tempi storici (Sigurdsson et alii, 1985, Cinque, 1991), sia alla caduta piroclastica e al rimaneggiamento fluviale delle piroclastiti più fini, avvenuto in tempi più recenti.

L’area di intervento si trova immediatamente a monte della foce in mare del fiume Sarno. Sulla cartografia CARG 1:50.000 dell’ISPRA (foglio 466-485 “Sorrento - Termini” - Figura 5) viene riportata, nell’area in oggetto, la presenza del Subsistema di Ponte Persica, facies “g”, costituita da “sabbie limose alluvionali e riporti terrosi colmanti alvei del F. Sarno di poco anteriori agli interventi di rettifica del secolo XIX”.

Tali depositi alluvionali, sostanzialmente di colmata, possono essere associati a livelli sabbiosi ben classati di origine eolica (o dunali) o di spiaggia costituiti da sabbie nerastre (ricche in femici) tipiche della costa vesuviano – stabiese.

Mandataria



Mandanti



Archeologo
Dott. Domenico Ferraro



Figura 5 – Stralcio tratto dalla cartografia CARG 1:50.000 dell'ISPRA (foglio nr. 466 - 485 "Sorrento - Termini"). L'area di intervento è identificata dal riquadro rosso.

4. STATO DI DISSESTO - PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA

Obiettivo dell'analisi dello stato dei dissesti è identificare l'eventuale presenza di settori in evoluzione dinamica nelle aree oggetto di intervento, al fine di evitare le possibili interferenze o valutare idonee soluzioni progettuali per la compatibilità ottimale degli interventi dal punto di vista del rischio idrogeologico.

Per tale scopo è stata analizzata la cartografia tematica tratta dalle seguenti fonti:

- Geoportale Nazionale del Ministero dell'Ambiente tematismi PAI in relazione a pericolosità e rischio idrogeologico;
- Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale:
 - Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico - Rischio idraulico [PSAI-RI] - agg. 2021;
- Provincia di Salerno; PTCP - Carta dei Vincoli e della Pianificazione Territoriale;

La zona di intervento interessa un'area priva di rilievi, pertanto è assente qualsiasi dinamica di versante. Viceversa, l'area, adiacenza al fiume Sarno, è soggetta a rischio idraulico moderato R1 (Figura 6), mentre la vulnerabilità idraulica è massima (V4 - Figura 7), ma è bassa la pericolosità (P1) per esondazione (Figura 8).



LEGENDA

- R4 - Rischio molto elevato
- R3 - Rischio elevato
- R2 - Rischio medio
- R1 - Rischio moderato

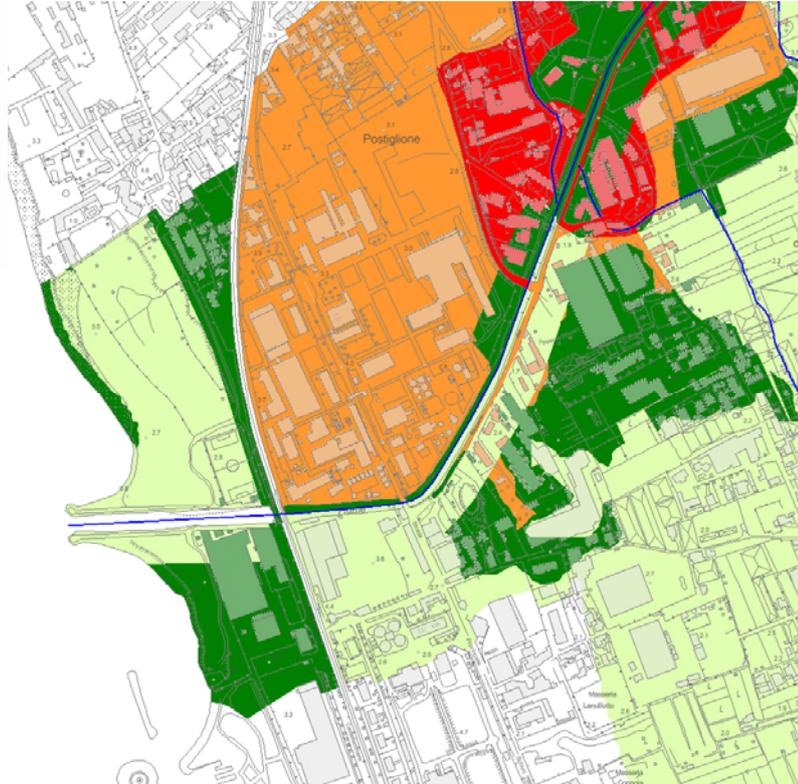


Figura 6 – Carta del Rischio Idraulico.

LEGENDA

- Vulnerabilità massima (V4)
- Vulnerabilità alta (V3)
- Vulnerabilità media (V2)
- Vulnerabilità bassa (V1)
- Limite di bacino

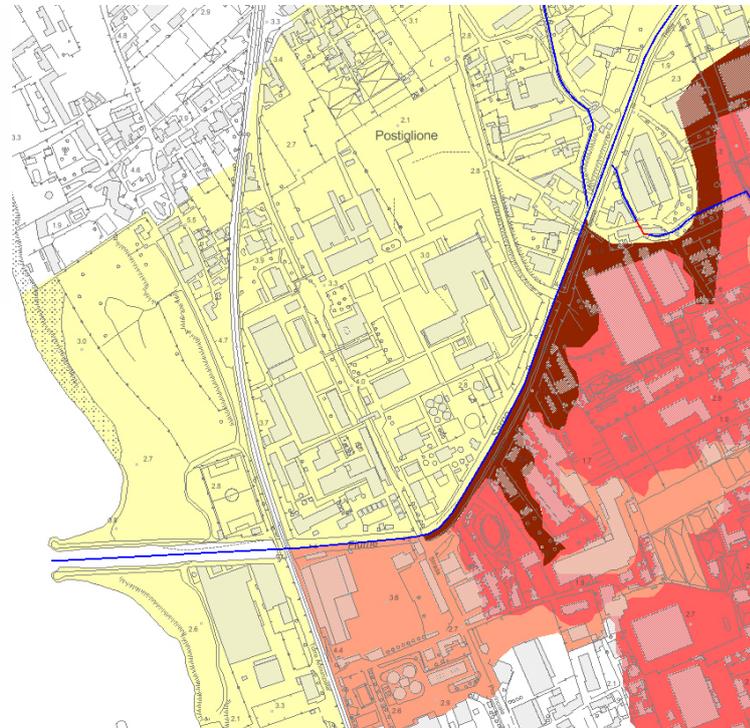
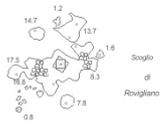


Figura 7 – Carta della vulnerabilità idraulica.

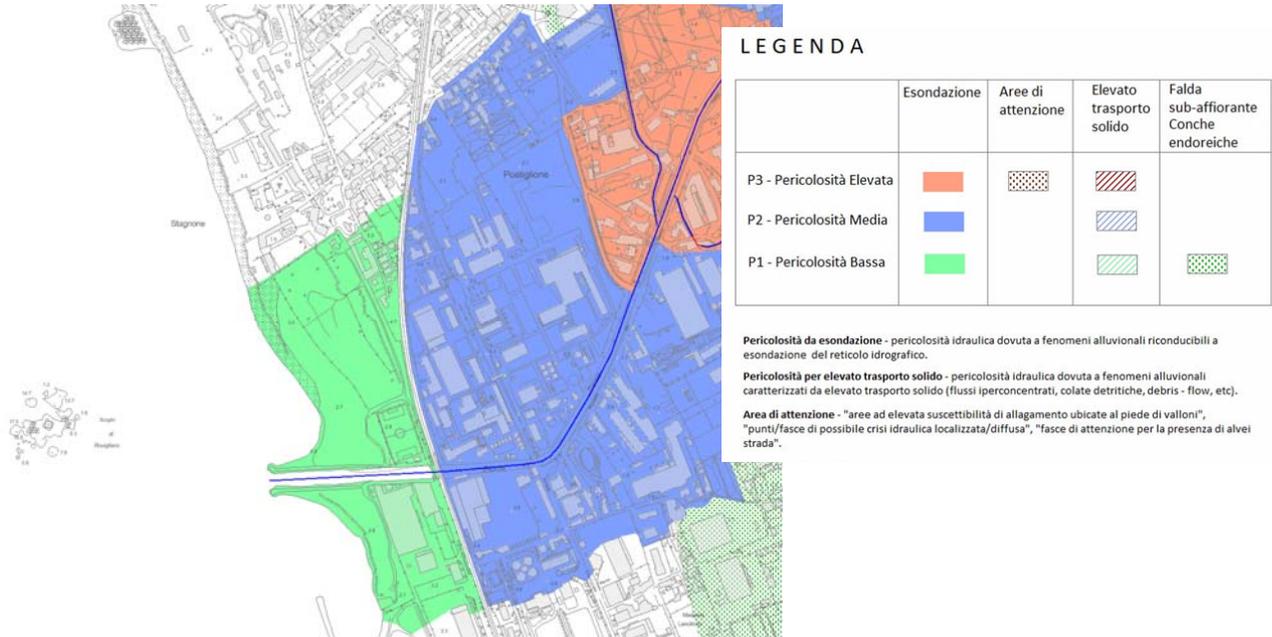


Figura 8 – Carta del Pericolo Idraulico.

5. IDROGEOLOGIA

Il corpo idrico sotterraneo della piana del Sarno (Figura 9) risulta idrogeologicamente delimitato:

- a Est ed a Sud, rispettivamente, dal contatto con le rocce carbonatiche dei Monti di Avella -Partenio-Pizzo d'Alvano e dei Monti Lattari; tale contatto costituisce un limite di alimentazione "per soglia di permeabilità sovrainposta", tale per cui sono significativi gli interscambi idrici sotterranei verso l'acquifero di piana;
- a NW, dall'edificio vulcanico del Somma-Vesuvio; un limite che tuttavia non ostacola i travasi idrici sotterranei esistenti verso la piana;
- a Nord, con la congiungente Ottaviano – Palma Campania; uno spartiacque sotterraneo "mobile" individuato da ricostruzioni piezometriche;
- SW, dal mare; lungo tale limite, "a potenziale imposto", si hanno interscambi idrici sotterranei che, in condizioni idrodinamiche indisturbate, sono diretti verso mare.



Figura 9 - Schema Idrogeologico della Piana del Fiume Sarno (da CELICO et alii, 1990). Legenda: AP complesso alluvionale-piroclastico; CD Complesso calcareo, calcareo dolomitico e dolomitico; (A) (E) Ubicazione sorgenti. - Hydrogeological map of F. Sarno Plain (from CELICO et alii, 1990). Legend: AP alluvial-pyroclastic complex; CD calcareous and calcareous dolomitic complex; (A) (E) Spring ubication.

La circolazione idrica del sottosuolo nell'area di interesse è molto complessa sia per l'estrema variabilità granulometrica a cui è legata la conducibilità idraulica, sia per le eteropie orizzontali e verticali dei terreni interessati che variano dalla roccia fratturata (lave) alle piroclastiti addensate, fino ai termini più fini rappresentati da facies fluvio – palustri con argille e limi.

La porosità presenta un campo di variazioni molto ampio a cui si accompagna un sistema multi falda interdigitato e sovrapposto che, tuttavia, può essere descritto come un unico grande acquifero freatico con situazioni di locale semi artesianità derivanti dalla presenza di trappole sedimentarie.

Differenze sostanziali sussistono anche in merito alle modalità di ricarica delle suddette falde: quella relativamente "superficiale" viene alimentata essenzialmente dagli apporti idrici diretti e, in maniera subordinata, dai flussi di drenanza provenienti dall'orizzonte acquifero sottoposto al semipermeabile tufaceo; quella relativamente profonda risulta alimentata prevalentemente dai travasi idrici sotterranei provenienti dalle idrostrutture carbonatiche e vulcaniche limitrofe.

Tuttavia, a grande scala, i diversi flussi idrici sotterranei sono fra loro intercomunicanti, sia per fenomeni di drenanza, che per la presenza di soluzioni di continuità negli orizzonti relativamente impermeabili, nonché per l'esistenza di un elevatissimo numero di pozzi che, essendo mal condizionati, consentono la diretta interazione tra i diversi livelli piezometrici. Infatti, sulla base delle ricostruzioni piezometriche disponibili è possibile far riferimento ad un'unica circolazione idrica sotterranea avente un deflusso radiale, convergente verso il fiume Sarno o la relativa subalvea (Figura 9).

Le principali direttrici di flusso sono orientate da N/NE verso SW; esse vengono in parte intercettate da importanti assi sotterranei di drenaggio preferenziale, il cui recapito ultimo è rappresentato dal mare, lungo il tratto di costa



compreso tra la foce del Sarno e l'abitato di Castellammare di Stabia. In particolare, gli assi di drenaggio ubicati in sinistra del fiume Sarno intercettano principalmente le acque sotterranee provenienti dai massicci carbonatici, mentre quelli del settore di destra, incanalano le acque sotterranee provenienti dal Somma- Vesuvio.

Nella zona costiera invece le quote piezometriche si livellano al di sopra della quota del mare; resta, quindi, esclusa la possibilità che, in condizioni idrodinamiche indisturbate, si abbiano fenomeni di ingressione di acqua marina.

L'analisi dei rapporti di interscambio falda-fiume ha evidenziato l'esistenza di una cospicua alimentazione dalla falda verso il fiume Sarno, nel tratto compreso più a monte del bacino. Nella restante parte della piana, l'entità degli interscambi è nettamente inferiore; sono stati comunque riscontrati tratti del corso d'acqua principale (presso Scafati) e lungo alcuni canali tributari (Alveo Comune), dove è il fiume ad alimentare la falda.

Le principali informazioni relative alle caratteristiche idrodinamiche della piana del Sarno evidenziano la presenza di un acquifero avente valori di permeabilità e di trasmissività assai variabili; ciò è legato all'estrema eterogeneità ed anisotropia dei depositi che costituiscono il sottosuolo di piana. Infatti, i valori di trasmissività più elevati (dell'ordine di 10^{-2} m²/s) sono stati riscontrati, sia alle pendici del Somma- Vesuvio, laddove tra l'altro sono presenti diversi assi di drenaggio preferenziale che intercettano le acque sotterranee provenienti dal vulcano, sia lungo la fascia pedemontana dei Monti Lattari, dove sono presenti consistenti spessori di depositi detritico-conglomeratici, che agevolano il drenaggio della falda di base del massiccio carbonatico. Valori di trasmissività medi (dell'ordine di 10^{-2} ÷ 10^{-3} m²/s) caratterizzano invece il settore centrale della piana dove si rinvencono, a parità di spessore acquifero, litotipi a più alta permeabilità (sabbie, pomice, scorie vulcaniche, etc.). Infine, valori relativamente più bassi (dell'ordine di 10^{-3} ÷ 10^{-4} m²/s) sono stati individuati immediatamente a valle dei Monti di Sarno, dove l'acquifero comprende anche considerevoli spessori di orizzonti relativamente poco permeabili (limi, depositi organici, paleosuoli, tufi, etc.).

Nel complesso l'ammasso risulta filtrante con permeabilità media variabile da zona a zona, ma che in ogni caso consente che la portata filtrata attraverso di esso sia sensibile anche con gradienti idraulici modesti.

Nell'area di indagine è stato realizzato un sondaggio in cui è stata eseguita una prova di permeabilità tipo Lefranc a carico variabile, i cui risultati sono riepilogati nella Tabella 1 e illustrati per esteso in Allegato 1. Il livello di falda corrisponde al livello del mare a circa 2.50 m dal pc.

Profondità prova (m)	litologia prevalente	K (m/s)
2.25 - 2.50	sabbia limosa	3.96E-06

Tabella 1 – Risultato della prova di permeabilità tipo “Lefranc”.

6. ASSETTO GEOLOGICO DELL'AREA DI INTERVENTO

L'area di intervento interesserà un'area pianeggiante in sommità alla sponda destra del fiume Sarno, appena prima della foce in mare (Figura 10).



Figura 10 – Foce del fiume Sarno, la freccia rossa indica l'area di intervento.

La caratterizzazione litostratigrafica del sito verrà eseguita mediante l'esecuzione di specifiche indagini dirette corredate da prove di laboratorio per la definizione delle caratteristiche dei terreni.

Di seguito si riportano, tratti da studi pregressi, i caratteri generali dell'intera piana del Sarno. I primi 20 – 30 m dell'attuale piana sarnese sono caratterizzati da un marker basale costituito dalla formazione del tufo grigio (ignimbrite campana) su cui si sono disposti, oltre ai depositi piroclastici dell'attività del complesso vulcanico del Monte Somma – Vesuvio, alluvioni antiche e formazioni di facies fluvio – palustre, depositi di travertino.

A questi vanno aggiunti, in prossimità della foce del Sarno, sabbie eoliche nerastre legate a cordoni costieri di età moderna che nel sottosuolo passano a depositi litorali di analoga tessitura e composizione. alluvioni di conoide a prevalente componente vulcanoclastica fine, che, a luoghi, fa da matrice a lenti di ghiaie calcaree e depositi fluviali per lo più sabbiosi della fascia assiale della piana.

La stratigrafia, nell'ambito di uno spessore di 30 m dal piano campagna attuale, è schematizzabile come riportato in Tabella 2.

livello	spessore	descrizione
a	1.5-2.0	Piroclastiti sabbioso limose, depositi alluvionali limo argillosi suoli agricoli. Terreni detritici di riporto, di scumulo antropico e di colmata legati a bonifica
b	3.0-4.0	Prodotti dell'eruzione Somma-vesuviana del 79 d.C. con cineriti che seguono l'accumulo di pomici
c	1.5	Paleosuolo che rappresenta la superficie topografica di circa 2000 anni fa, torboso, con opere antropiche di epoca romana e pre romana
d	5	Prodotti piroclastici dell'attività eruttiva protostorica (ceneri addensate e pomici minute)
e	18-24	Piroclastiti rimaneggiate, depositi limno-palustri, torba e sottili livelli alluvionali sabbioso - ghiaiosi, locali ammassi travertinosi. In profondità i depositi sono di facies palustre con lenti di torba di spessore anche metrico, fino a passare a depositi litorali o infralitorali - lagunari.
f	12	Scorie laviche in matrice arenitica riferibili ad attività preistorica
g		Ignimbrite campana (tufo grigio) di consistenza litoide localmente alterato e degradato a tufo terroso, più o meno argillificato, con diffuse variazioni di facies e scadenti caatteristiche meccaniche.

Tabella 2 – Schematizzazione della stratigrafia nei primi 30 m di spessore.

La caratterizzazione litostratigrafica locale è stata eseguita sulla base delle informazioni derivanti da un sondaggio a carotaggio continuo realizzato in corrispondenza del sito di intervento (Figura 11). La relativa stratigrafia è riportata in Allegato 2.



Figura 11 – Ubicazione del sondaggio S2 presso il sito di intervento.



L'analisi della stratigrafia riscontrata evidenzia la presenza di tipici depositi costieri a prevalenza sabbioso limosa. Infatti, al di sotto di circa 1 m di materiale di riporto e terreno vegetale, sono state osservate prevalenti sabbie limose ed un livello, tra 4 e 5 m dal piano campagna, costituito da limi sabbiosi.

7. PARAMETRI SISMICI

7.1 Risultati prove MASW - REMI

Le indagini geofisiche eseguite hanno avuto lo scopo di investigare i terreni per le profondità di interesse geotecnico al fine di fornire una caratterizzazione sismica degli stessi. L'indagine effettuata ha permesso di ricostruire la velocità media delle onde di taglio nel sottosuolo fino ad una profondità di 30 m circa.

I risultati delle prove sono riportati nell'Allegato 3.

La normativa in materia di costruzione NTC 2018 prevede il calcolo del parametro $V_{s,eq}$, ottenuto attraverso la seguente formula:

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

h_i = Spessore in metri dello strato i-esimo

$V_{s,i}$ = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato

N = Numero di strati

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita

da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/sec

Sulla base delle indagini sismiche svolte (Tabella 3) è stato calcolato il valore di $V_{s,eq}$, che è risultato 218.0 m/sec.

profondità, m	Peso naturale g/cc	V_p , m/s	V_s , m/s
0.00 - 4.50	1.50	273.5	136.8
4.50 - 11.40	1.70	446.2	223.1
11.40 - 30.00	1.90	504.3	252.1

$$V_{s,eq} = H / \sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}} = 218,0 \text{ m/sec}$$

Tabella 3 – Calcolo del valore di $V_{s,eq}$.

Da tale valutazione il sottosuolo investigato rientra nella categoria di suolo "C" che viene così definita:

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

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
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.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
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 tener conto delle condizioni topografiche, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella Tabella 4 (Tab. 3.2.VI – NTC). Per la valutazione dei parametri sismici si è fatto quindi riferimento alla classe T1.

Categoria	Ubicazione	S_T
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con incl. media $i < 15^\circ$	1.0
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	1.2
T3	Cresta del rilievo con $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1.3
T4	Cresta del rilievo con $i > 30^\circ$	1.4

Tabella 4 - Espressioni di S_T sec. tabella 3.2.V (NTC2018).

7.2 Calcolo azione sismica

A livello di inquadramento sismico locale, il Comune di Scafati si trova compreso in Zona 2 (Tabella 5), quindi sono attesi valori di accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni $0,15 < a_g \leq 0,25$ g.

Zona sismica	Fenomeni riscontrati	Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni
1	Zona con pericolosità sismica alta . Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.	$a_g \geq 0,25$ g
2	Zona con pericolosità sismica media , dove possono verificarsi terremoti abbastanza forti.	$0,15 \leq a_g < 0,25$ g
3	Zona con pericolosità sismica bassa , che può essere soggetta a scuotimenti modesti.	$0,05 \leq a_g < 0,15$ g
4	Zona con pericolosità sismica molto bassa . È la zona meno pericolosa, dove le possibilità di danni sismici sono basse.	$a_g < 0,05$ g

Tabella 5 – zone sismiche suddivise in base al valore dell'accelerazione orizzontale massima (a_g) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

Nella Figura 12 sono riportate le mappe interattive di pericolosità sismica del territorio comunale di Scafati con riferimento al valore di PGA per una probabilità di eccedenza in 50 anni del 10%.



Ufficio Speciale Grandi Opere U.O.D.
Risanamento Ambientale
Bacino Idrografico del fiume Sarno

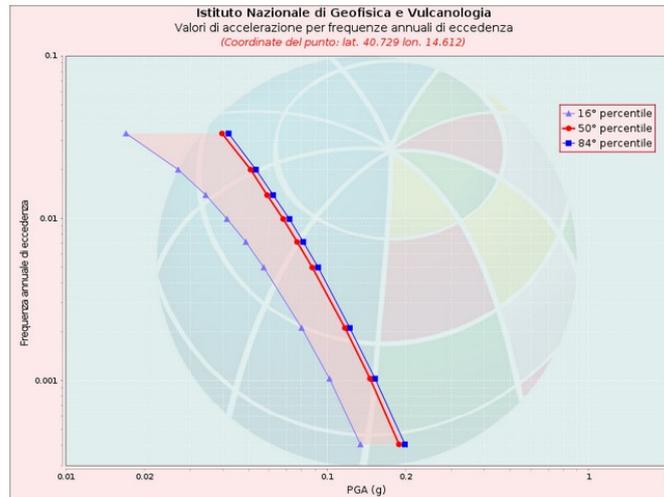
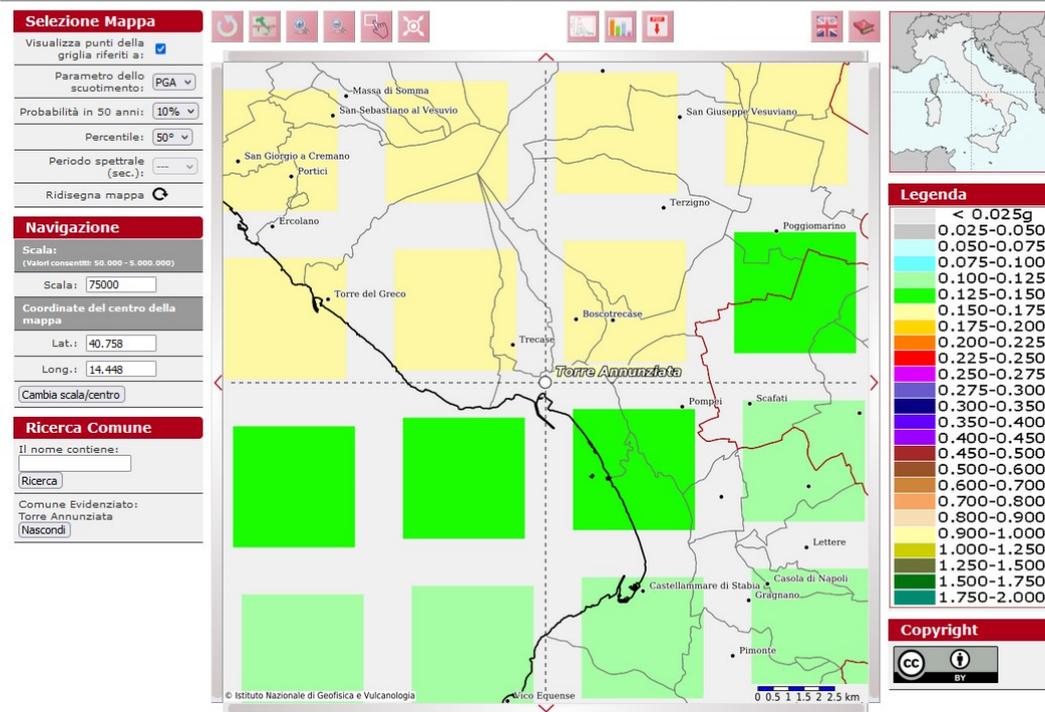
Accordo quadro quadriennale per l'affidamento di servizi di ingegneria e architettura per progettazione di fattibilità tecnica economica e/o la progettazione definitiva e/o progettazione esecutiva di opere di architettura e ingegneria per la realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno in Regione Campania

CIG: 765766590F - CUP: B66C15000010006.

**CONTRATTO
ATTUATIVO
COD. AQ1_2**

ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Modello di pericolosità sismica MPS04-S1



Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza
(Coordinate del punto: lat. 40.729 lon. 14.612)

Frequenza annuale di eccedenza	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.1341	0.1884	0.1985
0.0010	0.1021	0.1460	0.1525
0.0021	0.0799	0.1170	0.1221
0.0050	0.0572	0.0878	0.0925
0.0071	0.0489	0.0768	0.0811
0.0099	0.0414	0.0679	0.0717
0.0139	0.0344	0.0590	0.0622
0.0199	0.0270	0.0510	0.0534
0.0332	0.0170	0.0397	0.0420

Figura 12 - Mappa interattiva di pericolosità sismica del territorio comunale di Torre Annunziata. I punti della griglia visualizzati si riferiscono al parametro dello scuotimento ag con probabilità di superamento del 10% in 50 anni

Mandataria



Mandanti



Archeologo
Dott. Domenico Ferraro



In Figura 13 sono derivati i parametri sismici per le opere in progetto, valutate in riferimento ai valori massimi sito specifici riscontrati per le differenti opere con sottosuolo interessato dagli effetti di amplificazione di superficie.

Per un'analisi allo SLV del sito in oggetto è stata pertanto determinata un'accelerazione orizzontale di base di 0,19 [ag/g], un'accelerazione massima sul sito di 1,836 m/s², nonché i coefficienti sismici orizzontali e verticali kh=0,045 e kv=0,022.

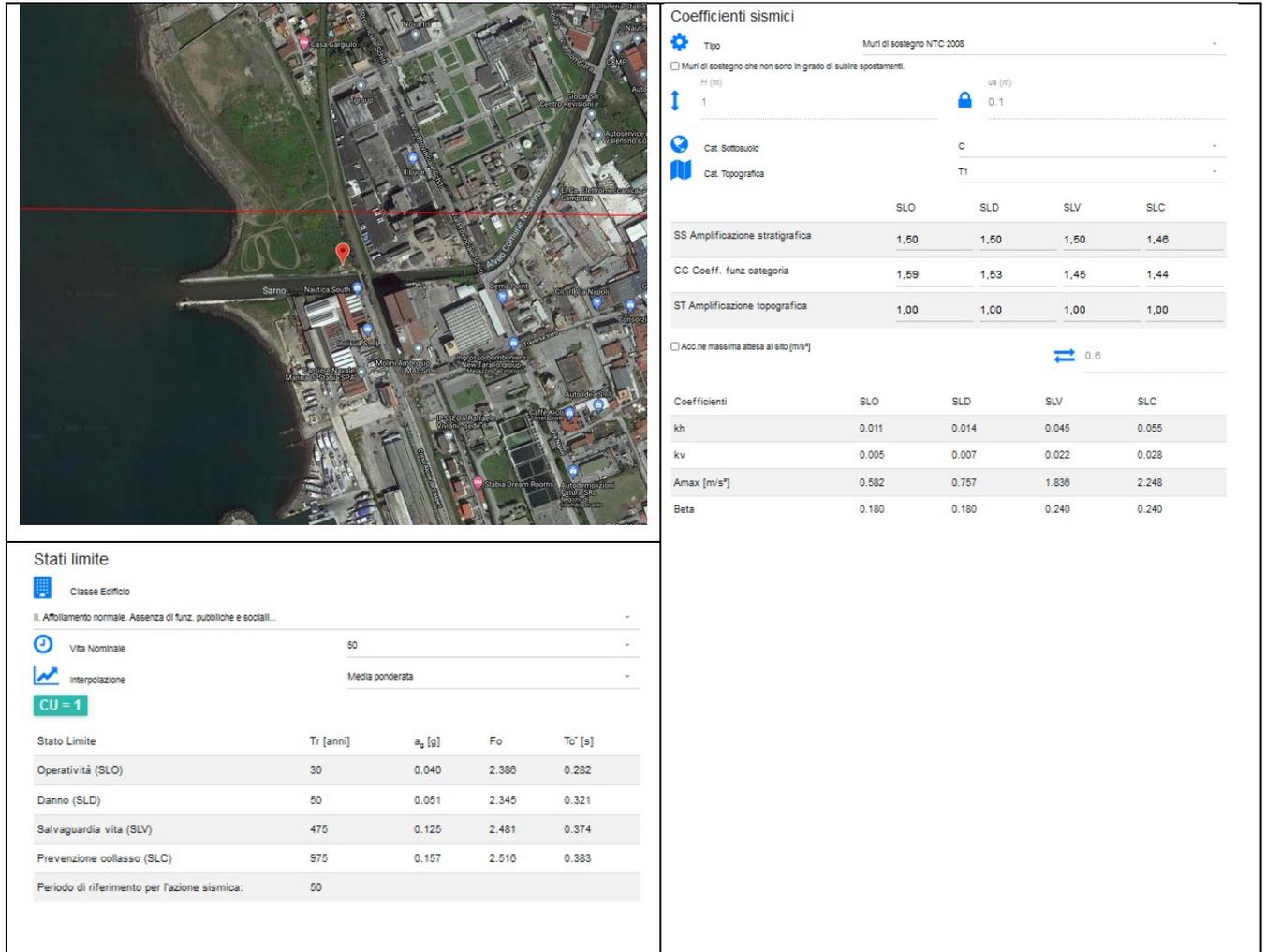


Figura 13 – Parametri sismici di riferimento ai sensi delle NTC2018

8. STIMA DELLE CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI INTERESSATI DALLA REALIZZAZIONE DELLE OPERE

Il modello geotecnico di riferimento verrà compiutamente definito sulla base di specifiche indagini geognostiche e di prove di laboratorio sui terreni che verranno interessati dalle opere in progetto.



Nel corso della realizzazione del sondaggio sono state realizzate 3 prove penetrometriche dinamiche tipo SPT a 3.50, 8.00 e 12.00 m di profondità da piano campagna, al fine di caratterizzare i terreni attraversati. Nella Tabella 6 sono riportati i risultati ottenuti. Si osservano dati confrontabili sulle prove 2 e 3, caratterizzate da terreni limosi con un grado medio di addensamento, mentre la prova più superficiale interessa depositi praticamente sciolti.

Sondaggio S2							
Nr. prova	da m	a m	Litologia	N1	N2	N3	NSPT
1	3.00	3.50	limo argilloso e sabbia	1	1	2	3
2	7.50	8.00	sabbie limose debolmente argillose	13	14	14	28
3	11.50	12.00	sabbie limose debolmente argillose	14	20	18	38

Tabella 6 – Sondaggio S2, sintesi risultati prove SPT.

Nella Tabella 7 vengono schematizzate le caratteristiche delle unità litotecniche individuate dal sondaggio. Le opere in progetto interesseranno il livello "B" costituito in prevalenza da sabbia limosa.

Codice livello	Profondità (m)	Tipologia unità litologica	Caratteristiche
A	0.00 – 1.00	Terreno di riporto	Materiali di riporto di varia natura e terreno vegetale.
B	1.00 – 12.00	sabbia limosa con livello limoso sabbioso	Prevalente sabbia limosa tipica di ambiente costiero.

Tabella 7 – caratteristiche delle unità litotecniche individuate.

Nella Tabella 8 sono riportati i principali dati delle prove di laboratorio eseguite sui terreni a differenti profondità del livello B. Tutte le prove ed i relativi certificati sono riportati in Allegato 4.

Codice campione	Profondità (m)	litologia (da analisi granulometrica)	Wn (%)	gn (kN/mc)	gd (kN/mc)	gsat (kN/mc)	Gs (kN/mc)
S2 C1	3.00 - 3.50	limo argilloso e sabbia	40.42	16.62	11.83	17.32	26.19
S2 C2	7.50 - 8.00	sabbie limose debolmente argillose	16.14	18.25	15.71	19.91	27.07
S2 C3	8.50 - 9.00	sabbie con limi	17.55	21.16	18	21.27	26.74

- Wn: Contenuto d'acqua naturale
 γ_n : Peso di volume naturale
 γ_d : Peso di volume secco
 γ_{sat} : Peso di volume saturo
Gs: Peso specifico grani

Tabella 8 – Riepilogo prove di laboratorio eseguite su terreni livello "B".

Nella Tabella 9 sono presentati i dati di sintesi della prova di taglio diretto consolidata eseguita sui vari campioni prelevati alle differenti profondità.



Codice campione	Profondità	litologia (da analisi granulometrica)	c' (kPa)	φ (°)
S1 C2	3.00 - 3.50	limo argilloso e sabbia	6.2	32.3
S1 C3	7.50 - 8.00	sabbia limosa debolmente argillosa	3.1	37.8
Dato medio			4.7	35.1

c': coesione drenata

φ : angolo di resistenza al taglio

Tabella 9 – Riepilogo dati prova di taglio diretto consolidata.

A seguito della perdita di resistenza dei terreni saturi, sottoposti a sollecitazioni di taglio cicliche o monotoniche, si può generare il fenomeno cosiddetto della "liquefazione" per cui il terreno assume le caratteristiche di un fluido viscoso. Tale fenomeno è tipico delle sabbie fini e dei limi saturi di densità da media a bassa, con granulometria piuttosto omogenea confrontabile con quella dei campioni prelevati in situ. Pertanto, considerato anche che i valori delle accelerazioni massime attese di progetto al piano campagna sono maggiori di 0,1g e la falda è a pochi m dal piano campagna, sono state eseguite le verifiche a liquefazione con metodo semplificato, basato sul rapporto che intercorre fra le sollecitazioni di taglio che producono liquefazione e quelle indotte dal terremoto.

Tale metodo deve valutare i parametri relativi sia all'evento sismico sia al deposito, determinati, questi ultimi, con modalità basate su correlazioni della resistenza alla liquefazione con parametri desunti da prove in situ. La resistenza del deposito alla liquefazione viene quindi valutata in termini di fattore di resistenza alla liquefazione (1.0) $FS = CCR / CSR$ dove CRR (Cyclic Resistance Ratio) indica la resistenza del terreno agli sforzi di taglio ciclico e CSR (Cyclic Stress Ratio) la sollecitazione di taglio massima indotta dal sisma.

Le verifiche sono state eseguite basandosi sui dati disponibili delle prove SPT per i livelli alle profondità di progetto ovvero a 8.00 e 12.00 m dal piano campagna. Il calcolo è stato eseguito con una specifica applicazione del software Geostru utilizzando il metodo di Boulanger & Idriss 2014.

Le verifiche eseguite hanno evidenziato la presenza di depositi non liquefacibili. I risultati delle sono riportati in Allegato 5.



Ufficio Speciale Grandi Opere U.O.D.
Risanamento Ambientale
Bacino Idrografico del fiume Sarno

Accordo quadro quadriennale per l'affidamento di servizi di ingegneria e architettura per progettazione di fattibilità tecnica economica e/o la progettazione definitiva e/o progettazione esecutiva di opere di architettura e ingegneria per la realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno in Regione Campania

CIG: 765766590F - CUP: B66C15000010006.

**CONTRATTO
ATTUATIVO
COD. AQ1_2**

Allegato 1 – Prova di permeabilità tipo “Lefranc”

Mandataria



Mandanti



Archeologo
Dott. Domenico Ferraro



Ufficio Speciale Grandi Opere U.O.D.
Risanamento Ambientale
Bacino Idrografico del fiume Sarno

Accordo quadro quadriennale per l'affidamento di servizi di ingegneria e architettura per progettazione di fattibilità tecnica economica e/o la progettazione definitiva e/o progettazione esecutiva di opere di architettura e ingegneria per la realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno in Regione Campania

CIG: 765766590F - CUP: B66C15000010006.

**CONTRATTO
ATTUATIVO
COD. AQ1_2**

Via Nicola Romano 33, 82011 Airola (BN)
Tel. +39 0623431045
+39 3401810704 * +39 3401810226
Mail: geotest@geotestsannio.com - pec.geotestsannio@pec.it
P.IVA: 00933780629 - CD IGURRTW



PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC A CARICO VARIABILE

- Committente:	SMA Campania S.p.a	- Data prova:	15-ott-21
- Cantiere:	Programma degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno . Intervento G2	- Certificato:	LEF002/21
- Località:	Barriera sito Foce Sarno - Torre Annunziata (NA)		

DATI GENERALI

- Sondaggio:	S01
- Profondità prova:	2,5 m

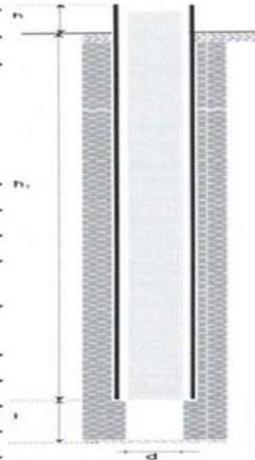
$$k = \frac{A}{C(t_2 - t_1)} \cdot \ln \frac{h_1}{h_2}$$

LEGENDA FORMULA

K	Coefficiente di permeabilità in m/sec
A	Area di base del foro di sondaggio in m ²
h1 e h2	Altezza dei livelli rispetto all'altezza della falda, o al fondo del foro, negli istanti t1 e t2
C	Coefficiente dipendente dal diametro del sondaggio e dalla lunghezza del tratto indagato: per L > D C = L per L ≤ D C = 2πD + L

DATI GEOMETRICI

D	= Diametro del foro in mm	127
h ₁	= Profondità del rivestimento (m)	2,25
l	= Spessore del tratto di prova (m)	0,25
h ₁ + l	= Profondità del foro (m)	2,50



Planimetria con ubicazione della prova



Documentazione fotografica



Intervento G_2 "Barriera sito foce Sarno"

Mandataria



Mandanti



Archeologo
Dott. Domenico Ferraro



Ufficio Speciale Grandi Opere U.O.D.
Risanamento Ambientale
Bacino Idrografico del fiume Sarno

Accordo quadro quadriennale per l'affidamento di servizi di ingegneria e architettura per progettazione di fattibilità tecnica economica e/o la progettazione definitiva e/o progettazione esecutiva di opere di architettura e ingegneria per la realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno in Regione Campania

CIG: 765766590F - CUP: B66C15000010006.

**CONTRATTO
ATTUATIVO
COD. AQ1_2**



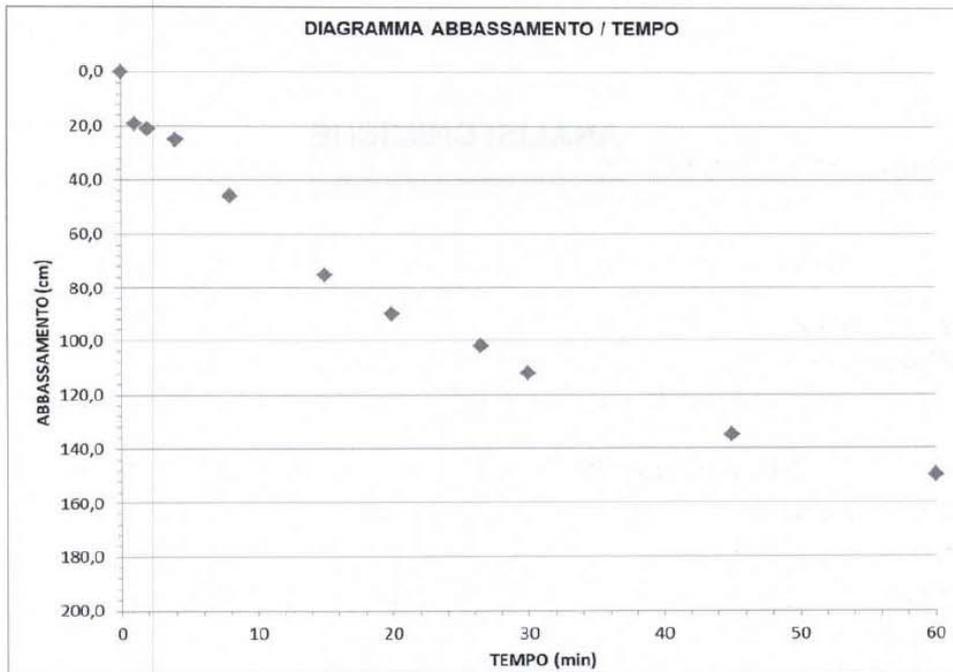
Via Nicola Romano 33, 82011 Airola (BN)
Tel. +39 0823431045
+39 3401810704 * +39 3401810226
Mail: geotest@geotestsannio.com - pec:geotestsannio@pec.it
P.IVA: 00933780629 - CD J6URRTW



PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC A CARICO VARIABILE

Tabella misure degli abbassamenti e coefficienti di permeabilità parziali

T min	H cm	dH cm	k cm/sec
0,0	315,0	0,0	
1,0	296,0	19,0	5,25398E-03
2,0	294,0	21,0	5,21895E-03
4,0	290,0	25,0	3,30206E-03
8,0	269,0	46,0	1,96501E-03
15,0	240,0	75,0	1,09318E-03
20,0	225,0	90,0	8,31424E-04
26,5	213,0	102,0	6,40734E-04
30,0	203,0	112,0	5,71509E-04
45,0	180,0	135,0	3,96041E-04
60,0	165,0	150,0	3,03223E-04



k (m/sec) Coefficiente di permeabilità 3,96041E-06

k (cm/sec) Coefficiente di permeabilità 3,96041E-04

Lo Sperimentatore
Dr. Geol. Domenico Ferrara

Il Direttore Tecnico
Dr. Geol. Domenico Ferrara

Intervento G_2 "Barriera sito foce Sarno

Mandataria



Mandanti



Archeologo
Dott. Domenico Ferrara



Ufficio Speciale Grandi Opere U.O.D.
Risanamento Ambientale
Bacino Idrografico del fiume Sarno

Accordo quadro quadriennale per l'affidamento di servizi di ingegneria e architettura per progettazione di fattibilità tecnica economica e/o la progettazione definitiva e/o progettazione esecutiva di opere di architettura e ingegneria per la realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno in Regione Campania

CIG: 765766590F - CUP: B66C15000010006.

**CONTRATTO
ATTUATIVO
COD. AQ1_2**

Allegato 2 – Stratigrafia sondaggio S2

Mandataria



Mandanti



Archeologo
Dott. Domenico Ferraro



Ufficio Speciale Grandi Opere U.O.D.
Risanamento Ambientale
Bacino Idrografico del fiume Sarno

Accordo quadro quadriennale per l'affidamento di servizi di ingegneria e architettura per progettazione di fattibilità tecnica economica e/o la progettazione definitiva e/o progettazione esecutiva di opere di architettura e ingegneria per la realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno in Regione Campania

CIG: 765766590F - CUP: B66C15000010006.

**CONTRATTO
ATTUATIVO
COD. AQ1_2**

Scala (m)		Litologia	Descrizione	Quota	% Carot. R.Q.D.	S.P.T. (n° Colpi)	Pocket Test kg/cm ²	Vane Test kg/cm ²	Campioni	Falda	Piezometri / D-Hole
-1			Cemento (5 cm), Terreno di riporto e terreno vegetale sabbioso limoso di colore grigiastro	-1.00							
-2			Sabbia limosa di colore grigio scuro, con linuti elementi clastici di colore biancastro							2,50	
-3				-4.00		1 - 1 - 2 -3.50 PC			-3.00 S		
-4			Limo sabbioso di colore grigio-marrone	-5.00							
-5			Sabbia limosa di colore grigio scuro con ciottoli eterometrici ed arrotondati di colore grigio chiaro e grigio scuro di nature vulcanica								
-6				-8.00		13-14-14 -8.00 PC			-7.50 S		
-7											
-8			Sabbia limosa di colore grigio scuro, con minuti elementi biancastri e rari ciottoli arrotondati						-8,50 R		
-9				-12.00		14-20-18 -12.00 PC			-9.00		
-10											
-11											
-12											
-13											
-14											
-15											
-16											
-17											
-18											
-19											

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato, Rs-Rimaneggiato da SPT
Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande
Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
Carotaggio: continuo a rotazione
Sonda: CMV MK 600
Condizionamento foro:

L: Prova Lefranc

Intervento G_2 "Barriera sito foce Sarno"

Mandataria



Mandanti



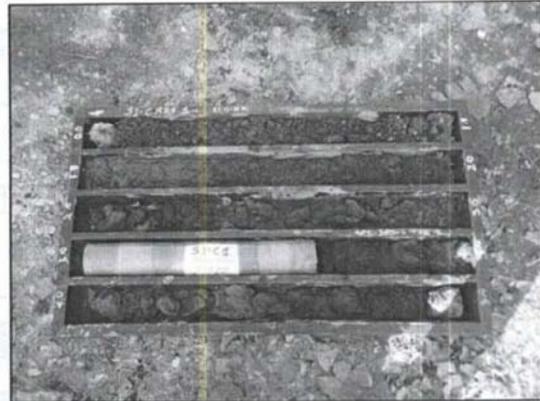
Archeologo
Dott. Domenico Ferraro



- **SONDAGGIO:** S1
- **Committente:** SMA Campania S.p.a.
- **Lavoro:** Programma degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno . Intervento G2
- **Località:** Barriera sito Foce Sarno - Torre Annunziata (NA)
- **Certificato:** S244- 21
- **Data:** 15 Novembre 2021
- **Commessa:** W256a - 21



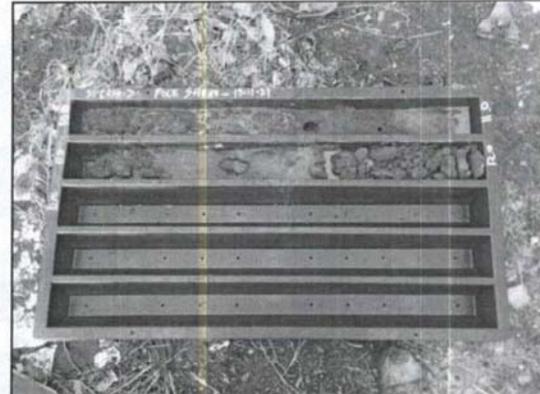
Postazione



Cassetta 1; da m 0,0 a m 5,0



Cassetta 2; da m 5,0 a m 10,0



Cassetta 3; da m 10,0 a m 12,0



Esecuzione Prova SPT



Esecuzione Prova di Permeabilità

Intervento G_2 "Barriera sito foce Sarno



Ufficio Speciale Grandi Opere U.O.D.
Risanamento Ambientale
Bacino Idrografico del fiume Sarno

Accordo quadro quadriennale per l'affidamento di servizi di ingegneria e architettura per progettazione di fattibilità tecnica economica e/o la progettazione definitiva e/o progettazione esecutiva di opere di architettura e ingegneria per la realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno in Regione Campania

CIG: 765766590F - CUP: B66C15000010006.

**CONTRATTO
ATTUATIVO
COD. AQ1_2**

Allegato 3 – Indagine sismica MASW – REMI

Mandataria



Mandanti



Archeologo
Dott. Domenico Ferraro



Descrizione delle Indagini Sismiche

- committente:	SMA Campania S.p.a.	- data:	15/11/2021
- lavoro:	Programma degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno . Intervento G2	- Commessa:	W256a
- località:	Barriera sito Foce Sarno - Torre Annunziata (NA)	- Rif:	GM141
- note:			

PREMESSA

Nell'area oggetto di indagine sono state effettuate una indagine con la metodologia dei microtremori, con sorgente attiva, MASW, e una con sorgente passiva, Remi (refraction microtremor), lungo la stessa linea. Queste indagini serviranno per determinare il profilo delle onde S e P fino a 30 metri dal Pc e per avere informazioni sullo stato fisico dei terreni.

Con i microtremori, dall'analisi del modo fondamentale delle onde di Rayleigh, si ottiene la curva di dispersione che sarà una funzione della velocità delle onde S e P e del peso naturale del terreno investigato. Si è utilizzato lo stesso array di 24 geofoni a 8 Hz, cambiando solo il tempo di campionamento, la lunghezza della registrazione.

Il peso di volume naturale utilizzato nell'inversione della curva di dispersione è quello ricavato dalla relazione proposta da Ludwig et al (1970) che correla le onde P al peso naturale del terreno.

Le indagini eseguite hanno le seguenti caratteristiche:

REMI						
Stend	Numero geofoni	N° registrazioni	Lunghezza (m)	Intervallo geof. (m)	Intervallo campion. msec	Lunghezza registrazione sec
micro SS1	24	12	46.0	2.0	2.0	30

MASW							
Stend	Numero sorgenti	Numero geofoni	Lunghez (m)	Intervallo geof. (m)	Intervallo campion. msec	Off1 (m)	Lungh registr msec
MASWSS1	1	24	48.0	2.0	1.0	2.0	1000



Via Nicola Romano 33, 82011 Airola (BN)
Tel. +39 0823431045
+39 3401810704 * +39 3401810226
Mail: geotest@geotestsannio.com - pec:geotestsannio@pec.it
P.IVA: 00933780629 - CD J6URRTW



GENERALITA' INDAGINI SISMICHE

Nella prospezione sismica si registrano le vibrazioni meccaniche prodotte o da una sorgente, di cui si conosce la posizione (metodo attivo), o naturalmente presenti nel sottosuolo (metodo passivo).

Queste vibrazioni, dette onde sismiche, si possono raggruppare in due classi principali:

- Onde di corpo, che si propagano all'interno dei materiali (onde longitudinali, V_p , e trasversali, V_s) e
- Onde di superficie che si propagano solo vicino alle discontinuità (onde di Rayleigh e Love).

Si propagano in tutte le direzioni e passano rapidamente da un mezzo ad un altro dando origine ai fenomeni della rifrazione, della riflessione, della trasformazione, della dissipazione e della dispersione in frequenza della velocità delle onde Rayleigh.

L'osservazione di questi fenomeni mediante un sismografo collegato a dei geofoni ed una sorgente sismica (per i metodi attivi), può fornire utili informazioni sulla stratigrafia.

La sorgente (per i metodi attivi) è o una massa battente o una carica esplosiva

I geofoni sono dei sensori che ricevono l'energia sismica. Possono essere o dei velocimetri o degli accelerometri, ad un solo sensore assiale (orizzontale o verticale) oppure triassiale, che trasformano il movimento del suolo in voltaggio elettrico.

Il sismografo registra il voltaggio inviato dai geofoni come una sequenza temporale su uno o più canali.

Apparecchiatura utilizzata

L'apparecchiatura utilizzata è data dai moduli sismici chiamati "Geode™" della Geometrics collegati tramite una PMCIA ad un computer portatile. Il Geode è controllato dal computer ad esso collegato con un software chiamato Geode Operative Software (GOS). Ad un singolo **geode**, per una indagine, possono essere collegati fino a 24 "geofoni", ossia rilevatori delle vibrazioni indotte nel sottosuolo. Il geode è controllato da un software chiamato Single Geode Operative Software (SGOS).



L'apparecchiatura è dotata di incremento automatico del segnale con algoritmo di sommatoria e consente la visione in simultanea dei dati sullo schermo del computer. Si può, inoltre, manipolare il segnale con appositi di filtri, verificare il livello di rumori generati da sorgenti estranee (vento, rumori naturali, mezzi meccanici, ecc.) e scegliere l'amplificazione più idonea del segnale.

L'energizzazione è fornita da una piccola carica esplosiva o da una massa battente.

La misura del tempo di energizzazione T_0 , vale a dire il momento in cui parte il treno d'onda, è ottenuto mediante un interruttore di starting posto nell'immediata prossimità del punto di energizzazione.

I ricettori sono costituiti da geofoni verticali a 8 Hz, il cui principio di funzionamento è rappresentato da una bobina ed un magnete oscillante coassiali, equipaggiati con dispositivi meccanici per la eliminazione dei moti composti.



DESCRIZIONE INDAGINE SISMICA REFRACTION MICROTREMOR (ReMi)

Generalità sul metodo ReMi

La tecnica di analisi del sottosuolo mediante l'uso dei microtremori prende origine dagli studi e dalle sperimentazioni condotte da J. Louie presso la Nevada University. Il software commerciale (ReMi®) che supporta questo tipo di elaborazione è stato prodotto dalla Optim LLC (Reno, Nevada, USA).

L'analisi dei microtremori viene effettuata utilizzando la strumentazione classica per la prospezione sismica a rifrazione (a geofono singolo) disposta sul terreno con array lineare, da 12 a 48 geofoni; per ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza, oltre ad utilizzare geofoni con bassa frequenza di risonanza (4-14 Hz raccomandati), è indispensabile allungare il tempo di registrazione (15-30s) rispetto alla sismica a rifrazione tradizionale. L'uso di un simografo digitale con elevata dinamica consente di dimezzare la frequenza utile campionabile rispetto a quella nominale dei geofoni impiegati.

Si possono così registrare onde di superficie il cui contenuto in frequenza copre un range da 25-30 Hz fino a 2 Hz che, in condizioni ottimali, offre una dettagliata ricostruzione dell'andamento delle Vs relativamente ai primi cento metri di profondità.

L'elaborazione del segnale consiste nell'operare una trasformata bidimensionale "slowness-frequency" (p-f) che analizza l'energia di propagazione del rumore in entrambe le direzioni della linea sismica e nel rappresentare lo spettro di potenza su un grafico p-f.



In questa immagine risaltano gli andamenti che possiedono sia una spiccata coerenza di fase che una potenza significativa, ed è possibile un riconoscimento visivo delle onde di Rayleigh, che hanno carattere dispersivo, da quelle riconducibili ad altri modi e tipi di onde (onde di Rayleigh di ordine superiore, onde di pressione, suono e rumore incoerente).

A questo punto l'operatore, in maniera arbitraria ed in base all'esperienza, esegue un "picking" attribuendo ad un certo numero di punti una o più slowness (p o 1/velocità di fase) per alcune frequenze. Tali valori vengono in seguito plottati su un diagramma periodo-velocità di fase per l'analisi della curva di dispersione e l'ottimizzazione di un modello diretto 1D.

È possibile, inoltre, creare un modello 2D analizzando le tracce di gruppi di geofoni lungo un allineamento. Per ogni gruppo si ricava un modello 1D che possono essere uniti per creare un modello 2D. Il modello 2D può permettere di individuare variazioni laterali di velocità delle onde di taglio, zone isolate a bassa velocità, l'andamento del bedrock e discontinuità verticali tipo faglie.

Operazioni di campagna

Le metodiche analitiche del sistema rendono possibile operare in ambienti fortemente "inquinati" da rumore urbano e industriale tanto che ogni sito si presta ad essere studiato a patto che ci sia la possibilità di gestire in "sicurezza" uno stendimento complessivo di 50-200 mI.'

Osservate le comuni precauzioni che si adottano in qualsiasi campagna sismica (accoppiamento e verticalità dei geofoni, ad es.) si stabilisce la distanza intergeofonica (che sarà funzionale al target e compatibile con l'area disponibile), si impostano i parametri di acquisizione, intervallo di campionamento



(sample rate, che varia da 2 a 4 ms) e tempo di registrazione (record length, da 15 a 30 s), ripetendo le misure dalle 4 alle 6 volte.

La spaziatura geofonica rappresenta una sorta di filtro in frequenza per il segnale che può arrivare da tutte le direzioni. E' quindi implicito che maggiore è la spaziatura minore è la frequenza del segnale utile campionabile e di conseguenza maggiore è la profondità di investigazione. Questo fattore diventa interessante, e fondamentale, qualora l'oggetto dell'indagine sia la modellazione profonda, mentre può essere trascurabile se la finalità della misura è la definizione del profilo sismico verticale relativo a poche decine di metri.

DESCRIZIONE INDAGINE SISMICA MASW (MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES)

Il MASW analizza la proprietà dispersiva del modo fondamentale delle onde Rayleigh che si propagano orizzontalmente lungo la superficie direttamente dal punto di energizzazione ai ricevitori. L'inversione della curva di dispersione fornisce un accurato profilo delle onde di taglio al centro dell'array fino ad una profondità che in genere è $\frac{1}{2}$ della lunghezza d'onda campionata. Il principale vantaggio di questa tecnica è l'approccio multicanale che permette di discriminare il segnale ricercato da altri tipi in base alla coerenza.

Si sono utilizzati 24 ricevitori a 8.0 Hz collegati ad un sismografo multicanale. Ogni registrazione multicanale consiste di 24 sismogrammi, disposti in ordine e corrispondenti al moto rilevato ad ogni geofono

La sorgente utilizzata è stata una piccola carica esplosiva e, nell'eseguire le singole energizzazioni, si è atteso un momento di relativo silenzio.

Inoltre, si sono ripetute le energizzazioni più volte, sommando successivamente i segnali ottenuti in modo aritmetico, ottenendo così un aumento del rapporto segnale-rumore.

Per ogni registrazione si sono eseguite 3 energizzazioni.

La sorgente è stata sempre posizionata esternamente all'array, e sempre in asse con esso, prima del primo geofono ad una distanza che è stata circa il 10 % dell'array ossia 3 metri dal primo geofono.

Non si sono ripetute le energizzazione anche all'altro estremo dell'array, cioè vicino all'ultimo geofono.

Per un sistema perfetto a strati piani e paralleli questa metodologia non avrebbe nessuna utilità aggiuntiva in fase di analisi, in quanto il sistema sarebbe esattamente simmetrico al caso dell'energizzazione standard (cioè fatta in corrispondenza del primo geofono). Infatti i nuovi dati, a parte il rumore, dovrebbero contenere esattamente lo stesso segnale utile presente negli altri dati.

Sfortunatamente, sarà quasi impossibile trovare un sistema perfetto, cioè sarà sempre presente una minima variazione stratigrafica lungo l'array. La variabilità delle curve velocità di fase-frequenza ottenute assemblando diverse combinazioni di battute indica l'incertezza nella misura e quindi della procedura di inversione.

Acquisiti i dati si procede eseguendo una trasformata bidimensionale frequenza-velocità di fase che permette di individuare il modo fondamentale delle onde di Rayleigh e, quindi, di estrarre la curva di dispersione; l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale



delle Vs (profilo 1-D), al centro del profilo, si ottiene ricercando il modello, con assegnata velocità delle onde P e peso di volume naturale, che meglio fitta la curva di dispersione E' necessario sottolineare che, in tutti i codici che simulano la propagazione delle onde di superficie, i parametri Vp e densità sono estremamente poco influenti ai fini del modello. Ne consegue che:

In nessun caso si può ritenere che il modello dia profili di Vp e densità.

Questo, sottolineiamo ancora, vale per qualsiasi codice basato sulle onde di superficie. L'implicazione diretta è che i valori di Vp e densità da introdurre nel codice possono essere praticamente qualsiasi, seppur ragionevoli, pertanto, per le Vp sono stati ricavati i valori sulla base delle Vs secondo la relazione di Kitsunezaki (1990) che è:

1. Sopra il livello dell'acqua

$$Vp=2*Vs$$

2. Sotto il livello dell'acqua

$$Vp=1.11*Vs + 1290$$

Il peso di volume naturale utilizzato nell'inversione della curva di dispersione è quello ricavato dalla relazione proposta da Ludwig et al (1970) che correla le onde P al peso naturale del terreno

Il modello - *opportunamente applicato* - può invece essere considerato uno stimatore del profilo di Vs con errori confrontabili a quelli di metodi più tradizionali, per lo meno nei primi 30 m di profondità.

Risultati della campagna di indagini effettuata combinando MASW e ReMi

Scopo della presente campagna di indagini geofisiche è stato quello di investigare i terreni per le profondità di interesse geotecnico al fine di fornire una caratterizzazione sismica degli stessi. L'indagine effettuata ha permesso di ricostruire le **velocità medie delle onde di taglio** nel sottosuolo fino ad una profondità di 30 m circa.

I risultati sono sintetizzati nell'allegato chiamato Surface Wave Analysis dove sono rappresentati:

- La geometria dei geofoni a 8 Hz
- Il grafici frequenza - lentezza (inverso della Velocità di fase) rappresentante la trasformata bidimensionale per il ReMi
- la curva della dispersione in frequenza della velocità di fase per il modo fondamentale delle onde Rayleigh per il MASW
- il picking della curva della dispersione in frequenza della velocità di fase per il modo fondamentale delle onde Rayleigh sia per il MASW che per il Remi
- Il picking in formato numerico delle due curve di dispersione
- Il confronto fra il picking del MASW e del ReMi
- Il picking in formato numerico risultante dall'unione delle due curve di dispersione
- Le curve di dispersione sperimentale e teorica
- Il modello e il risultato del calcolo della Vs₃₀



Stima dei parametri elastici dinamici e rigidità sismica

Misurando le V_p con il metodo della rifrazione e le velocità delle onde di taglio S con il metodo ReMi e utilizzando la densità bifase del mezzo (ρ), data dal rapporto fra il peso di volume e l'accelerazione di gravità (g), si ottengono i parametri elastici dinamici dalle seguenti formule:

1. Coefficiente di Poisson	$\nu = \frac{0.5 * \left(\frac{V_p}{V_s} \right)^2 - 1}{\left[\left(\frac{V_p}{V_s} \right)^2 - 1 \right]}$
2. Modulo di deformazione a taglio dei terreni	$G = \rho * V_s^2$
3. Modulo di compressibilità volumetrico	$K = \rho * \left(V_p^2 - \frac{4}{3} V_s^2 \right)$
4. Modulo di Young	$E = \rho * V_s^2 \frac{3 \cdot V_p^2 - 4 \cdot V_s^2}{V_p^2 - V_s^2}$

Stima dei parametri elastici statici.

I moduli elastici dinamici sono misurati per piccole deformazioni ($< 10^{-4}$) e si osserva che i loro valori decrescono con l'aumentare delle deformazioni. I moduli elastici statici misurati in laboratorio sono pertanto più piccoli di quelli misurati in sito e delle correlazioni empiriche permettono di ottenerli partendo da quelli elastici dinamici.

Nelle misure di laboratorio il rapporto E_d/E_s (E_d modulo di young o elastico dinamico - E_s modulo di young o elastico statico) è comunemente 2.0 [Cheng and Johnston, 1981], ma per misure in sito questo rapporto varia fra 1.5 e 9.1 [Gudmundsson, 1990; Link, 1968].

Le correlazioni empiriche da noi proposte vanno comunque sempre provate.

Rzhevsky e Novic hanno proposto la seguente relazione:

$$E_{din} = 8.3 E_{stat} + 0.97 \quad E_{stat} = (E_{din} - 0.97) / 8.3$$

Massarch (1984) ha proposto la seguente relazione per passare dal modulo di taglio dinamico a quello statico:

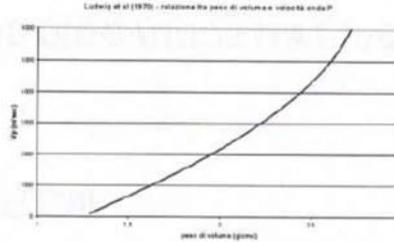
$$G_{stat} = R * G$$

dove R è un parametro che è 0.15 per le sabbie mediamente dense
dai due parametri si ricavano gli altri parametri elastici statici

1. Modulo di Poisson	$\nu = (E - 2G) / (2G)$
2. Modulo di compressibilità volumetrico	$K = G * E / [3(3G - E)]$
3. Modulo edometrico	$E_{ed} = G * (4G - E) / (3G - E)$
4. Modulo di carico su piastra	$M_e = 16G^2 / [\pi(4G - E)]$



E' inoltre possibile correlare le velocità delle onde longitudinali al peso specifico naturale dei terreni con la relazione di Ludwig et al (1970).



Airola, 29 novembre 2021



RISULTATI SONDAGGIO SISMICO SS1 (Surface Wave Analysis)

INTERPRETAZIONE

profondità, m	Peso naturale g/cc	Vp, m/s	Vs, m/s
0.00 - 4.50	1.50	273.5	136.8
4.50 - 11.40	1.70	446.2	223.1
11.40 - 30.00	1.90	504.3	252.1

$$V_{s_{eq}} = h_i / \sum_1^i h_i / V_i = 218,0 \text{ m/sec}$$



Surface Wave Analysis

MASW 01 - ReMi 01

- committente:	SMA Campania S.p.a.	- data:	15/11/2021
- lavoro:	Programma degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno . Intervento G2	- Commessa:	W256a
- località:	Barriera sito Foce Sarno - Torre Annunziata (NA)	- Rif:	GM141
- note:			

POSIZIONE DELLE SORGENTI LUNGO IL PROFILO

SORGENTE	S1	S2		
DISTANZA (m)	0.00	50.0		
Quote (m)	0.00	0.00		

GEOFONI	DISTANZE (m)	QUOTE (m)	MASW		REMI	
			Tempo registrazione msec	Intervallo campionamento ms	Tempo registrazione sec	Intervallo campionamento ms
G1	2.0	0.00	1000	1	30	2
G2	4.0	0.00				
G3	6.0	0.00				
G4	8.0	0.00			Numero registrazioni	Registrazioni usate
G5	10.0	0.00			12	12
G6	12.0	0.00				
G7	14.0	0.00				
G8	16.0	0.00				
G9	18.0	0.00				
G10	20.0	0.00				
G11	22.0	0.00				
G12	24.0	0.00				
G13	26.0	0.00				
G14	28.0	0.00				
G15	30.0	0.00				
G16	32.0	0.00				
G17	34.0	0.00				
G18	36.0	0.00				
G19	38.0	0.00				
G20	40.0	0.00				
G21	42.0	0.00				
G22	44.0	0.00				
G23	46.0	0.00				
G24	48.0	0.00				



Ufficio Speciale Grandi Opere U.O.D.
Risanamento Ambientale
Bacino Idrografico del fiume Sarno

Accordo quadro quadriennale per l'affidamento di servizi di ingegneria e architettura per progettazione di fattibilità tecnica economica e/o la progettazione definitiva e/o progettazione esecutiva di opere di architettura e ingegneria per la realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno in Regione Campania

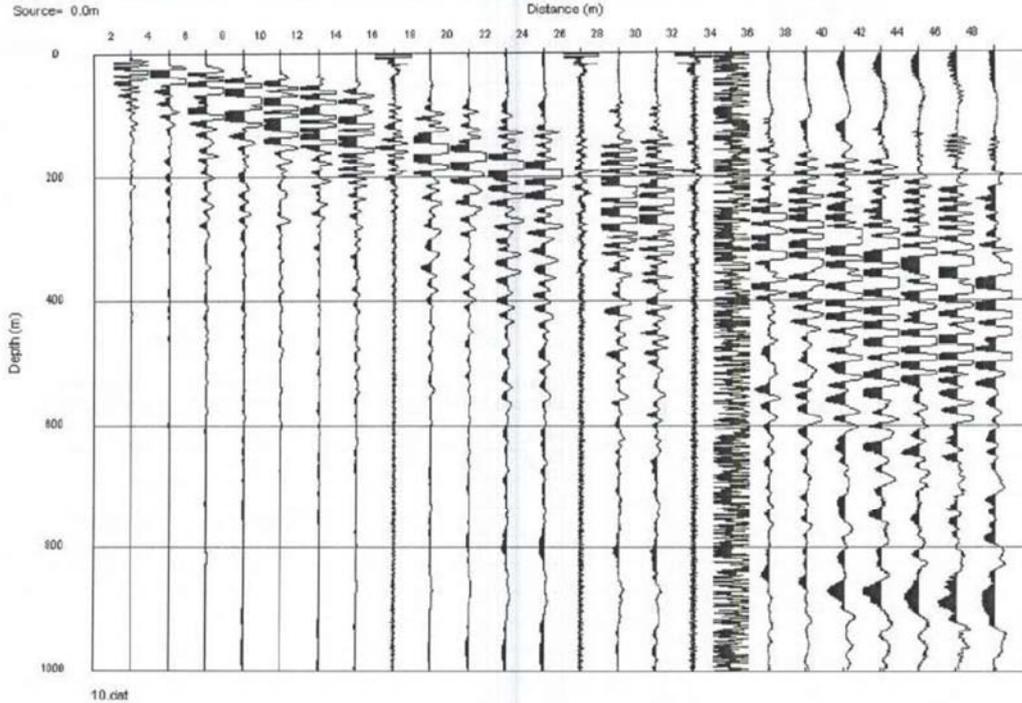
CIG: 765766590F - CUP: B66C15000010006.

**CONTRATTO
ATTUATIVO
COD. AQ1_2**

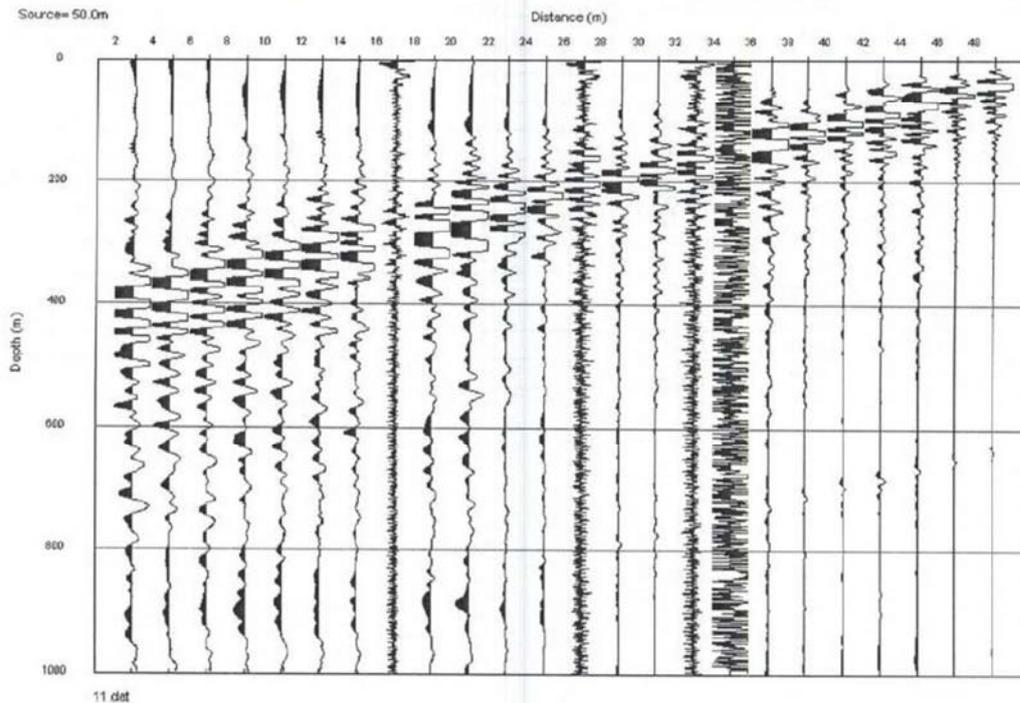
Surface Wave Analysis

MASW 01 - ReMi 01

Sismogrammi registrati a sinistra dell'array per il MASW



Sismogrammi registrati a destra dell'array per il MASW



Via Nicola Romano 33, 82011 Aversa (BN) - Tel. 0823 211616 - Fax 0823 211617 - P.IVA: 00933780629 - CD J6URRTW
* Mail: geotest@geotestsannio.it - PEC: geotestsannio@pec.it;

2/8

Mandataria



Mandanti



Archeologo
Dott. Domenico Ferraro



Surface Wave Analysis

MASW 01 - ReMi 01

Diagramma lentezza(inverso velocità fase)-frequenza con picking della curva di dispersione sperimentale per il MASW con sorgente a sinistra

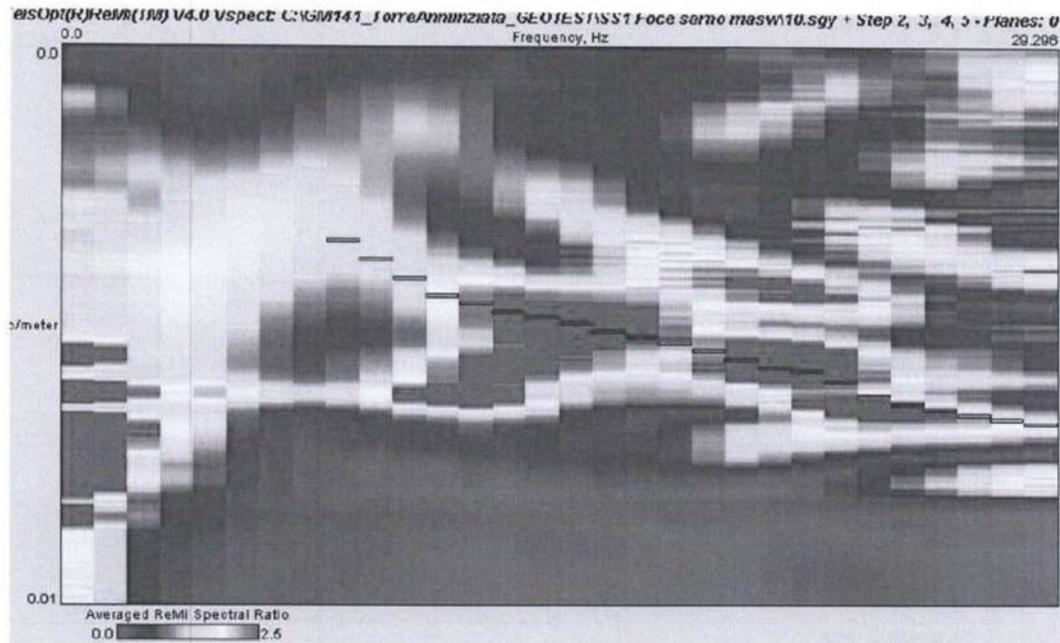
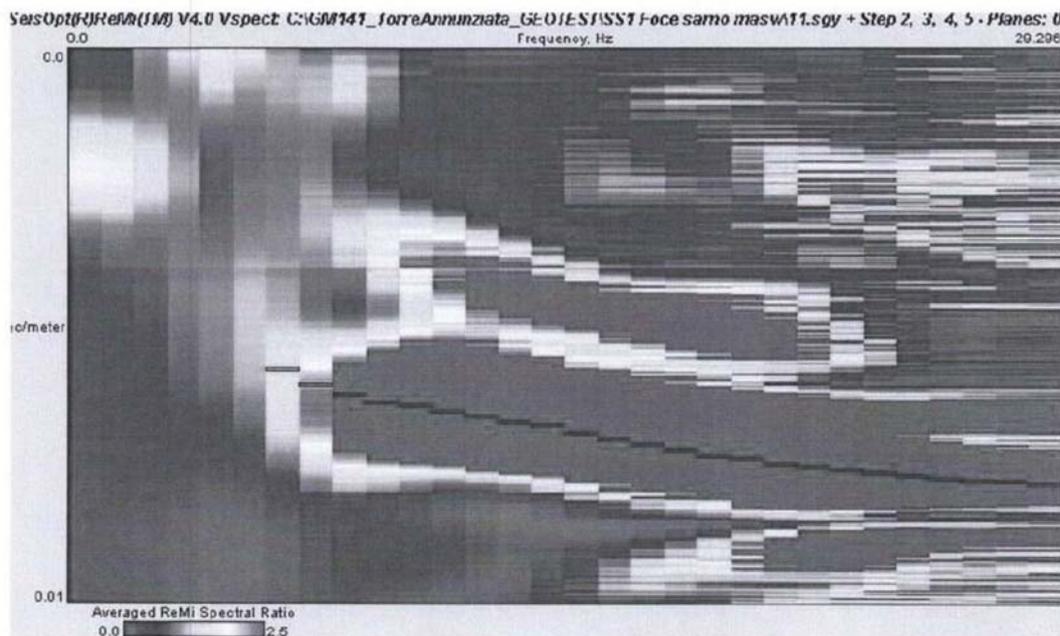


Diagramma lentezza(inverso velocità fase)-frequenza con picking della curva di dispersione sperimentale per il MASW con sorgente a destra



Intervento G_2 *Barriera sito foce Sarno

3/8

Mandataria



Mandanti



Archeologo
Dott. Domenico Ferraro



Ufficio Speciale Grandi Opere U.O.D.
Risanamento Ambientale
Bacino Idrografico del fiume Sarno

Accordo quadro quadriennale per l'affidamento di servizi di ingegneria e architettura per progettazione di fattibilità tecnica economica e/o la progettazione definitiva e/o progettazione esecutiva di opere di architettura e ingegneria per la realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno in Regione Campania

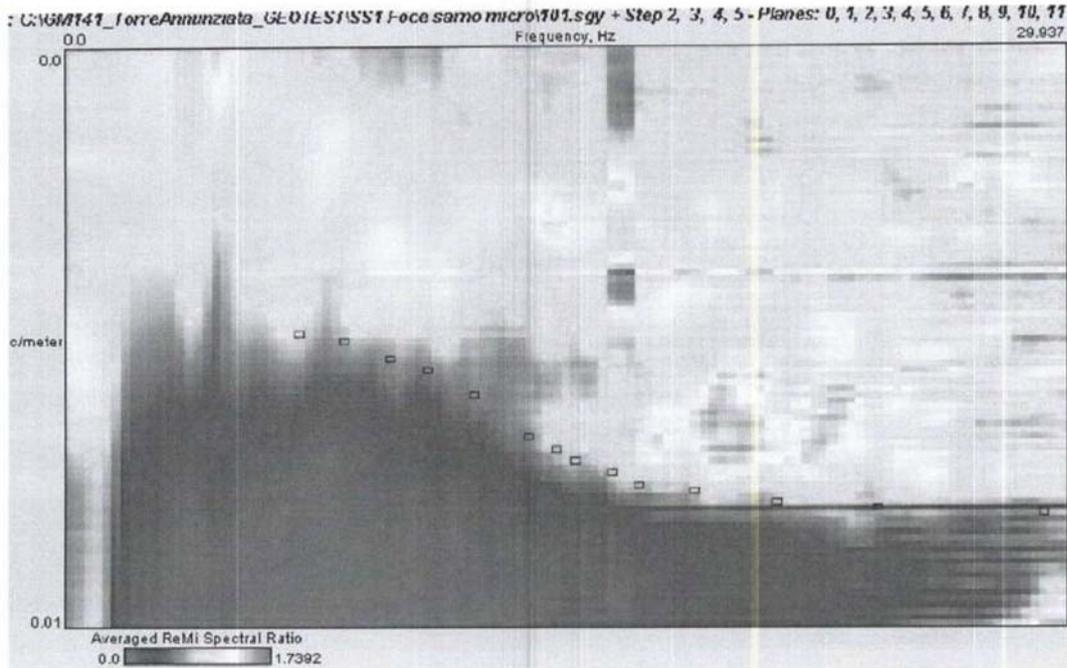
CIG: 765766590F - CUP: B66C15000010006.

**CONTRATTO
ATTUATIVO
COD. AQ1_2**

Surface Wave Analysis

MASW 01 - ReMi 01

Diagramma lentezza(inverso velocità fase)-frequenza con picking della curva di dispersione sperimentale per il ReMi



Intervento G_2 "Barriera sito foce Sarno

4/8

Mandataria



Mandanti



Archeologo
Dott. Domenico Ferraro



Surface Wave Analysis

MASW 01 - ReMi 01

Curva di dispersione sperimentale MASW

SS1	
frequenza, Hz	Velocità di fase,
7.8124	287.3563
8.789	263.1579
9.7656	240.3846
10.742	224.7191
11.718	218.3406
12.695	211.4165
13.671	206.6116
14.648	202.4291
15.624	197.2387
16.601	194.1748
17.578	189.3939
18.554	184.8429
19.531	178.8909
20.507	175.4386
21.484	173.0104
22.46	167.7852
23.437	160.7717
24.414	157.4803
25.39	155.0388
26.367	152.4390
27.343	150.6024
28.32	149.0313

Curva di dispersione sperimentale MASW

SS2	
frequenza, Hz	Velocità di fase,
5.8593	173.9130
6.8359	165.5629
7.8124	160.7717
8.789	157.4803
9.7656	155.5210
10.742	153.1394
11.718	151.2859
12.695	149.0313
13.671	147.2754
14.648	144.5087
15.624	142.2475
16.601	140.2525
17.578	138.3126
18.554	136.2398
19.531	135.3180
20.507	133.8688
21.484	133.3333
22.46	132.4503
23.437	131.0616
24.414	130.2083
25.39	129.3661
26.367	128.8660
27.343	128.5347
28.32	127.7139

Curva di dispersione sperimentale ReMi

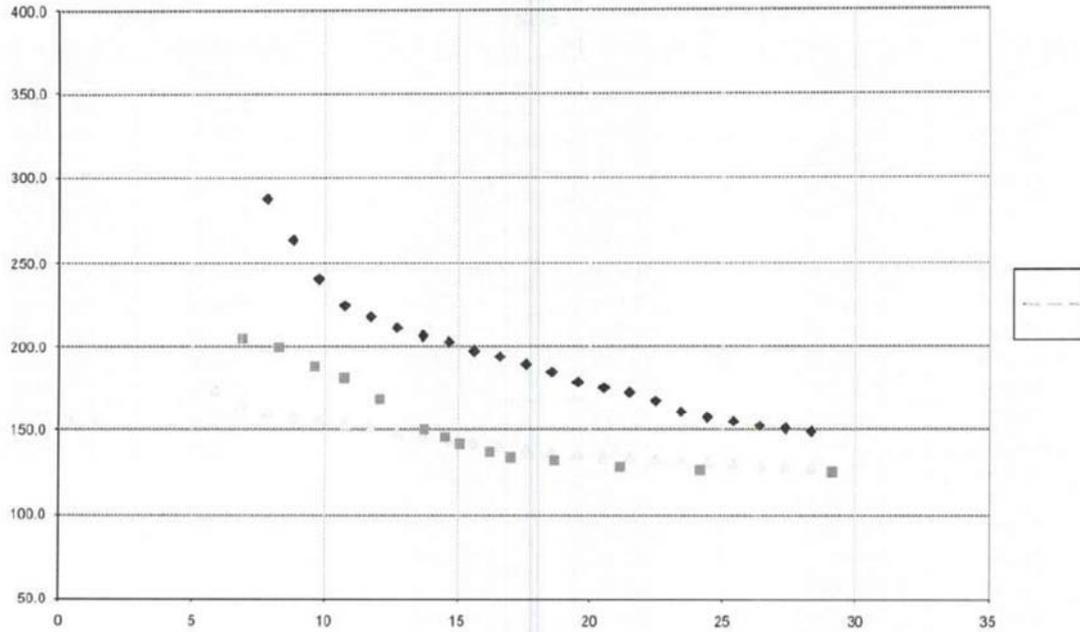
SS1	
frequenza, Hz	Velocità di fase,
6.8664	204.4990
8.2397	200.0000
9.613	188.3239
10.711	181.1594
12.084	168.6341
13.732	150.1502
14.556	145.5604
15.106	141.2429
16.204	137.1742
17.028	133.3333
18.676	131.5789
21.148	128.0410
24.169	126.4223
29.113	124.6883



Surface Wave Analysis

MASW 01 - ReMi 01

Confronto fra Curva di dispersione sperimentale MASW (con sorgente a destra e a sinistra) e REMI



Curva di dispersione sperimentale MASW - ReMi

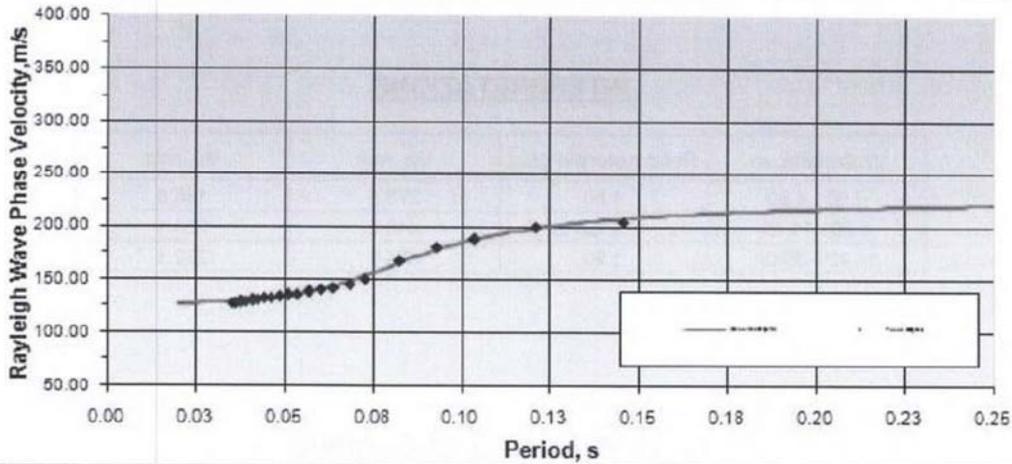
SS01			
frequenza, Hz	Velocità di fase, m/s	frequenza, Hz	Velocità di fase, m/s
6.8664	204.4990	19.531	135.3180
8.2397	200.0000	20.507	133.8688
9.613	188.3239	21.484	133.3333
10.711	181.1594	22.46	132.4503
12.084	168.6341	23.437	131.0616
13.732	150.1502	24.414	130.2083
14.556	145.5604	25.39	129.3661
15.624	142.2475	26.367	128.8660
16.601	140.2525	27.343	128.5347
17.578	138.3126	28.32	127.7139
18.554	136.2398		



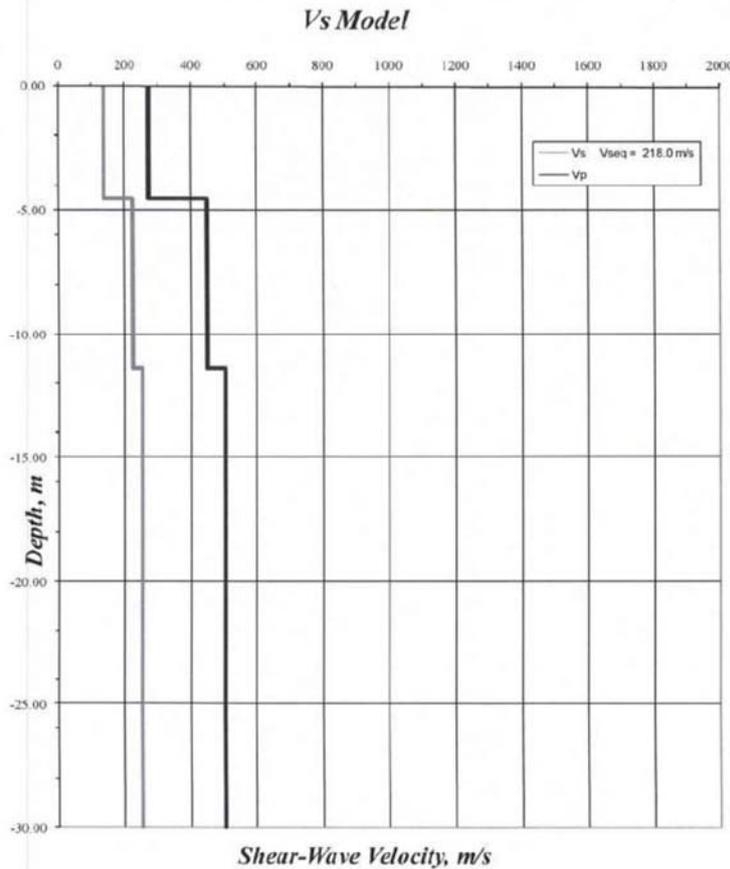
Surface Wave Analysis

MASW 01 - ReMi 01

Curva di dispersione teorica e sperimentale (velocità di fase-periodo)



MODELLO DEL SOTTOSUOLO con indicazione delle P e delle S - RMS = 1.657 m/sec



Intervento G_2 "Barriera sito foce Sarno

7/8

Mandataria



Mandanti



Archeologo
Dott. Domenico Ferraro



Surface Wave Analysis

MASW 01 – ReMi 01

INTERPRETAZIONE

profondità, m	Peso naturale g/cc	Vp, m/s	Vs, m/s
0.00 - 4.50	1.50	273.5	136.8
4.50 - 11.40	1.70	446.2	223.1
11.40 – 30.00	1.90	504.3	252.1

$$V_{s_{eq}} = h_i / \sum_1^i h_i / V_i = 218,0 \text{ m/sec}$$



INDAGINE SISMICA

- **Committente:** SMA Campania S.p.a. - **Data:** 15 Novembre 2021
- **Lavoro:** Programma degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno . Intervento G2 - **Commessa:** W256a - 21
- **Località:** Barriera sito Foce Sarno - Torre Annunziata (NA)



Intervento G_2 "Barriera sito foce Sarno



Ufficio Speciale Grandi Opere U.O.D.
Risanamento Ambientale
Bacino Idrografico del fiume Sarno

Accordo quadro quadriennale per l'affidamento di servizi di ingegneria e architettura per progettazione di fattibilità tecnica economica e/o la progettazione definitiva e/o progettazione esecutiva di opere di architettura e ingegneria per la realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno in Regione Campania

CIG: 765766590F - CUP: B66C15000010006.

**CONTRATTO
ATTUATIVO
COD. AQ1_2**

Allegato 4 – Risultati delle prove di laboratorio

Mandataria



Mandanti



Archeologo
Dott. Domenico Ferraro

S. Giorgio del Sannio li, 29 novembre 2021

Rif. Arch.: Verbale di accettazione n° T0974/21 del 15 novembre 2021

RICHIEDENTE: dott. geol. DOMENICO PALMA (D.re tec. GEOTEST sas)

CANTIERE : *INTERVENTO G2 – BARRIERA FOCE SARNO SPONDA DX FIUME SARNO*
Loc. TORRE ANNUNZIATA (NA)

COMMITTENTE: SMA CAMPANIA

OGGETTO: PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO SU N° 3 CAMPIONI
(n° 2 indisturbati e n° 1 semidisturbato)

PROVE ESEGUITE

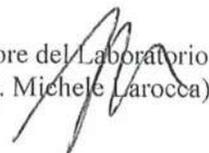
- N° 3 DETERMINAZIONI PROPRIETA' INDICE
- N° 3 ANALISI GRANULOMETRICHE
- N° 3 DETERMINAZIONI LIMITI DI ATTERBERG
- N° 2 PROVE DI TAGLIO DIRETTO

(certificati dal n° 0510T/21 al n° 0519T/21)

Lo Sperimentatore
(Dott. geol. Vito Carbone)



IL Direttore del Laboratorio
(Dott. ing. Michele Larocca)



LABORATORIO TECNOLOGICO SPERIMENTALE PER PROVE SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE

AUTORIZZATO CON D.M. n. 7730 del 02.08.12 - D.P.R. n° 380/2011 - art. 59 Circolare 7618/STC 2010

verb. accett. n° T0974/21

Dati Progetto - Dati Prelievo - Identificazione Visiva - Prove Eseguite

Richiedente: dott. Domenico Palma (DT Geotest sas)
Cantiere: Intervento G2 - Barriera foce Sarno sponda dx - loc. Torre Annunziata (NA)
Committente: SMA Campania

Sondaggio n.	S1	Data Inizio Sondaggio	---	Profondità Sondaggio, m	---
Campione n.	C1	Data Prelievo Campione	15/11/2021	Profondità Campione, m	3,0 - 3,5

Sondaggio a rotazione	<input type="checkbox"/>	Sondaggio a Percussione	<input type="checkbox"/>	Campionatore Manuale	<input type="checkbox"/>
Campione Indisturbato	<input checked="" type="checkbox"/>	Campione Semidisturbato	<input type="checkbox"/>	Campione Rimaneggiato	<input type="checkbox"/>
Fustella, L e φ mm	<input type="checkbox"/>	Campione, L e φ, mm	<input type="checkbox"/>	Contenitore del Campione:	<input checked="" type="checkbox"/> INOX <input type="checkbox"/> FERRO <input type="checkbox"/> PVC

Condizioni del materiale estruso dal campionatore:			Paraffinato	<input type="checkbox"/>	
Buone	<input checked="" type="checkbox"/>	Mediocri	<input type="checkbox"/>	Cattive	<input type="checkbox"/>
Rammolito	<input type="checkbox"/>	Strati Piegali	<input type="checkbox"/>	Rimaneggiato	<input type="checkbox"/>

IDENTIFICAZIONE VISIVA (ASTM D2488/75)

Data Apertura Campione: 17/11/2021
Grana: fine
Consistenza: 0,5 kg/cm^q (media di 5 determinazioni)
Grado di Plasticità: ---
Struttura: ---
Colore: very dark gray (Tav. Munsell 2.5Y 3/1)
Denominazione: *limo argilloso con sabbia (A.G.I.)*
Note: parte bassa prevalentemente ghiaiosa

PROVE ESEGUITE

DESCRIZIONE VISIVA	<input checked="" type="checkbox"/>
DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI	<input checked="" type="checkbox"/>
DETERMINAZIONE DEI LIMITI ED INDICI DI CONSISTENZA	<input checked="" type="checkbox"/>
ANALISI GRANULOMETRICA CON VAGLI ASTM E DENSITOMETRIA	<input checked="" type="checkbox"/>
ANALISI GRANULOMETRICA PER VIA UMIDA CON SOLI VAGLI ASTM	<input type="checkbox"/>
PROVA DI TAGLIO DIRETTO, CONSOLIDATA-DRENATA	<input checked="" type="checkbox"/>
PROVA DI TAGLIO RESIDUO	<input type="checkbox"/>
PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA	<input type="checkbox"/>
PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA (ELL)	<input type="checkbox"/>
PROVA TRIASSIALE (CD - CU - UU)	<input type="checkbox"/>
PROVA DI PERMEABILITA' CON CELLA EDOMETRICA	<input type="checkbox"/>

lo Sperimentatore
(dott. geol Vito Carbone)



il Direttore del Laboratorio
(dott. ing. Michele Larocca)

DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

data prova: 18/11/2021

Contenuto d'Acqua
(ASTM D2216/80)

NATURALE

VALORI
MEDI

Contenitore, n.
Peso del contenitore, g
Peso lordo campione umido, g
Peso lordo campione secco, g
Peso netto campione umido, g
Peso netto campione secco, g
Peso dell'acqua, g
CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (Wn), %

5	10	7
21,91	21,66	21,23
101,29	100,36	92,71
79,21	77,14	71,97
79,38	78,70	71,48
57,30	55,48	50,74
22,08	23,22	20,74
38,53%	41,85%	40,88%

40,42%

Peso di Volume

Determinazione, n.
Peso Volumometro, g
Capacità Volumometro, cc
Peso Volumometro + Terra Umida, g
PESO di VOLUME NATURALE (γ_n), kN/mc
PESO di VOLUME SECCO (γ_d), kN/mc

1	2	3
65,35	65,35	65,35
72,00	72,00	72,00
184,75	185,29	184,93
16,58	16,66	16,61
11,81	11,86	11,83

16,62

11,83

SONDAGGIO S1 CAMPIONE C1

Peso Specifico dei Grani (Gs)
(ASTM D854/79)

Passante al Vaglio # 10

Determinazione, n
Peso Picnometro Vuoto, g
Peso Picnometro + Campione Secco, g
Peso Picnometro + Campione + H₂O a T di prova, g
Temperatura Pesate, °C
Peso Picnometro + H₂O a T di prova, g
Fattore di Correzione, k
PESO SPECIFICO dei GRANI (Gs) a 20°C, kN/mc

1	2
143,51	144,22
194,12	195,07
478,24	478,81
20,4	20,4
447,00	447,31
1,00	1,00
26,12	26,27

26,19

Grandezze Indici

INDICE dei VUOTI (e°)
POROSITÀ (n), %
GRADO di SATURAZIONE (Sr), %
PESO di VOLUME SATURO (γ_{sat}), kN/mc

1,21

54,83

87,2%

17,32

lo Sperimentatore
(dott. geol Vito Carbone)



il Direttore del Laboratorio
(dott. ing. Michele Larocca)

LABORATORIO TECNOLOGICO SPERIMENTALE PER PROVE SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE

AUTORIZZATO CON D.M. n. 7730 del 02.08.12 - D.P.R. n° 380/2011 - art. 59 Circolare 7618/STC 2010

verb. accett. n° T0974/21

certificato n° 0511T/21 del 29/11/2021

pag. 1 di 2

ANALISI GRANULOMETRICA di una TERRA con VAGLI ASTM e DENSITOMETRIA (ASTM D 422/63)

CAMPIONE S1 C1

data prova: 22/11/2021

PESO SPECIFICO dei GRANI del Passante al Vaglio #10 ASTM (Gt), kN/mc **26,19**

ANALISI MECCANICA del TRATTENUTO al VAGLIO ASTM #10 (Ø=2,0 mm)

Contenitore, gr	48,49	Cont. + Campione secco, gr	770,11	cont.+camp. secco lavato, gr	358,04
		CAMPIONE secco, gr	721,62	perdita lavaggio, gr	412,07

VAGLI ASTM Ø in mm	3"	2"	1"	3/4"	3/8"	# 4	# 10
Ritenuto, gr	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	5,38	6,82
Ritenuto, %	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,9
% Passante	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,3	98,3

ANALISI MECCANICA e DENSITOMETRICA del PASSANTE al VAGLIO ASTM #10

ANALISI MECCANICA

Fattore Riduzione Massa Campione, FR **1,000**

VAGLI ASTM Ø in mm	0,850	0,425	0,250	0,106	0,075	PAN =
Ritenuto, gr	38,05	80,54	81,54	68,37	28,85	412,07
Passante, gr	5,27	11,16	11,30	9,47	4,00	=
% Passante	93,0	81,9	70,6	61,1	57,1	=

ANALISI DENSITOMETRICA

DENSIMETRO, Tipo ASTM 151 H, n. **46**

(Agente disperdente: Esametfosfato di Sodio)

Contenitore, gr	23,21
Cont. + Campione, gr	64,67
CAMPIONE secco, gr	41,46

Temperatura Prova (T°), °C	18,5
Peso Specifico del Liquido a T°, kN/mc	9,985
Coef. Viscosità Dinamica nel Liquido a T°, Poise	0,0105

Tempi, mn	0,5	1	2	4	8	15	60	360	1440
Lettura Densimetro, R	1,0270	1,0250	1,0230	1,0210	1,0190	1,0170	1,0130	1,0110	1,0070
Correzione per T°, ΔR	0,0038								
Lettura Corretta, R°	1,0232	1,0212	1,0192	1,0172	1,0152	1,0132	1,0092	1,0072	1,0032
Prof. Lettura, L in mm	72,32	72,30	72,28	72,26	72,24	72,22	72,18	72,16	72,12
Ø dei grani, mm	0,0671	0,0475	0,0336	0,0237	0,0168	0,0122	0,0061	0,0025	0,0012
% Passante	55,0	50,5	46,1	41,6	37,2	32,7	23,8	19,4	10,5

RISULTATI

	% in peso	% in peso
GHIAIE	Grosse	0,0
	Medie	0,0
	Fini	1,7
GHIAIE, Totale		1,7
SABBIE	Grosse	16,4
	Medie	11,3
	Fini	13,5
SABBIE, Totale		41,2
SILT o LIMI		42,0
ARGILLE e COLLOIDI		15,1

Io Sperimentatore
(dott. geol. Vito Carbone)

il Direttore del Laboratorio
(dott. ing. Michele La Rocca)

verb. accett. n° T0974/21

certif. n° T0512/21 del 29/11/2021

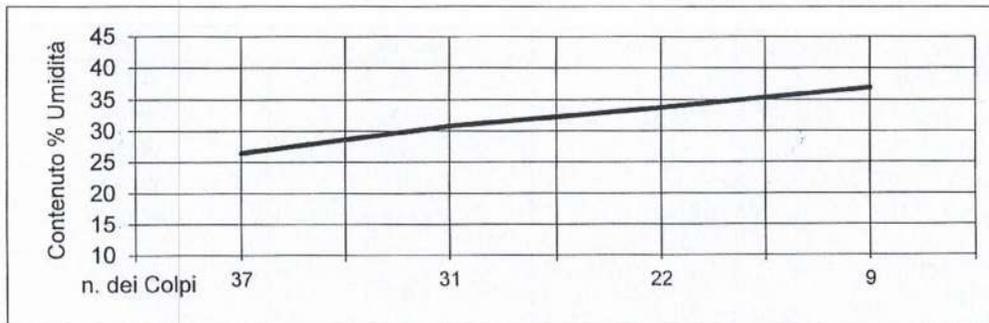
pag. 1 di 1

DETERMINAZIONE dei LIMITI e degli INDICI di CONSISTENZA

DETERMINAZIONE del LIMITE LIQUIDO [ASTM D423/72]

LIMITE LIQUIDO

Contenitore, n.	6	5	7	10	
Massa Contenitore, gr	20,18	21,90	21,22	21,64	
Massa Cont+Terra Umida, gr	35,77	41,66	54,36	41,40	
Massa Cont+Terra Secca, gr	32,51	37,01	46,00	36,07	
Colpi, n.	37	31	22	9	
CONTENUTO ACQUA, %	26,4	30,8	33,7	36,9	25 31,6



DETERMINAZIONE del LIMITE ed INDICE PLASTICO [ASTM D424/71]

LIMITE PLASTICO

Determinazione, n.	1	2	
Contenitore, n.	C	A	
Massa Contenitore, gr	9,89	9,74	
Massa Cont+Terra Umida, gr	18,51	15,44	
Massa Cont+Terra Secca, gr	16,89	14,27	
CONTENUTO ACQUA, %	23,1	25,8	24,5

INDICE PLASTICO

7,2

C1

campione

DETERMINAZIONE dei FATTORI di RITIRO

[ASTM D427/74]

Capsula MONEL, n.	--
Capsula MONEL, gr	--
Capsula MONEL, cc	--
Capsula + Terra Umida, gr	--
Capsula + Terra Secca, gr	--
CONTENUTO ACQUA, %	--
Hg " Terra Secca, gr	--
Terra Secca, cc	--
LIMITE di RITIRO (Wr), %	--
COEFFICIENTE di RITIRO (Rs)	--
CONTENUTO NATURALE ACQUA, %	--

INDICE di CONSISTENZA

lo Sperimentatore
(dott. geol. Vito Carbone)

il Direttore del Laboratorio
(dott. ing. Michele Larocca)

S1

sondaggio

LABORATORIO TECNOLOGICO SPERIMENTALE PER PROVE SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE
AUTORIZZATO CON D.M. n. 7730 del 02.08.12 - D.P.R. n° 380/2011 - art. 59 Circolare 7618/STC 2010

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080
RAPPORTO DI PROVA - SOMMARIO

Cantiere	<i>Intervento G2 - barriera foce Sarno sponda dx - loc. torre Ann.ta (NA)</i>		
Progetto	<i>accett. N° T0974/21</i>		
Numero Sondaggio	<i>S1</i>	Tipo provino	<i>Indisturbato</i>
Descrizione provino	<i>certif. n° 0513T/21 del 29/11/2021</i>		
Peso specifico dei grani	<i>26.19 (Misurato)</i>	Provini sottoposti a prova immerso	
Tipo macchina di taglio	<i>Macchina di Taglio con Geodatalog</i>		

CONDIZIONI INIZIALI	PROVINO 1	PROVINO 2	PROVINO 3
Numero Campione	<i>C1</i>	<i>C1</i>	<i>C1</i>
Profondità di prelievo (m)	<i>3.00</i>	<i>3.00</i>	<i>3.00</i>
Altezza (mm)	<i>20.0</i>	<i>20.0</i>	<i>20.0</i>
Larghezza (mm)	<i>60.0</i>	<i>60.0</i>	<i>60.0</i>
Sezione (mm ²)	<i>3600.0</i>	<i>3600.0</i>	<i>3600.0</i>
Umidità (misura diretta) (%)			
Umidità (trimming) (%)	<i>39</i>	<i>42</i>	<i>41</i>
Densità secca (g)			
Densità umida (kN/m ³)	<i>16.58</i>	<i>16.66</i>	<i>16.61</i>
Densità secca (kN/m ³)			
Indice dei vuoti			
Grado di saturazione (%)			

FASE DI TAGLIO	PROVINO 1	PROVINO 2	PROVINO 3
Velocità fase di taglio (mm/min)	<i>0.009710</i>	<i>0.009119</i>	<i>0.009115</i>
Condizioni a rottura (Resistenza al taglio massima)			
Pressione verticale (kPa)	<i>99</i>	<i>200</i>	<i>300</i>
Tensione di taglio (kPa)	<i>69</i>	<i>132</i>	<i>196</i>
Spostamento orizzontale (mm)	<i>5.69</i>	<i>5.37</i>	<i>5.45</i>
Def. verticale (mm)	<i>0.637</i>	<i>0.635</i>	<i>0.746</i>

CONDIZIONI FINALI	PROVINO 1	PROVINO 2	PROVINO 3
Contenuto d'acqua (%)			
Densità umida (kN/m ³)	<i>0.00</i>	<i>0.00</i>	<i>0.00</i>
Densità secca (kN/m ³)			

Coesione (kPa)	<i>6.2</i>
Angolo di resistenza al taglio (°)	<i>32.3</i>

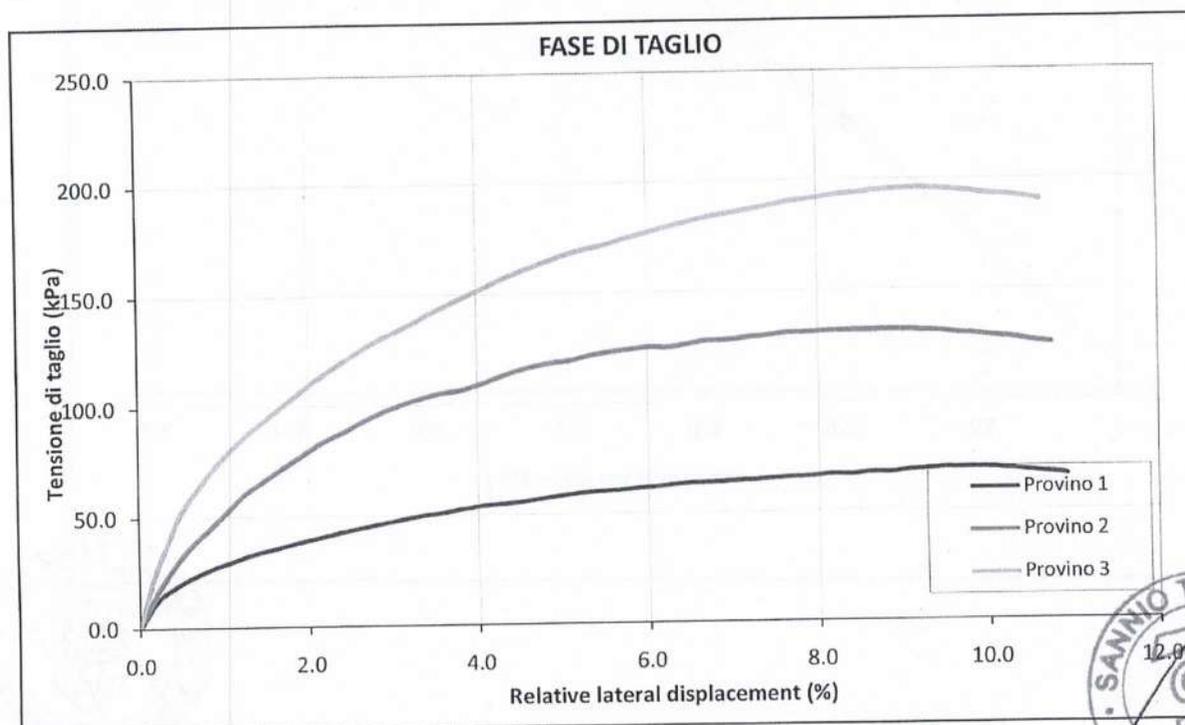
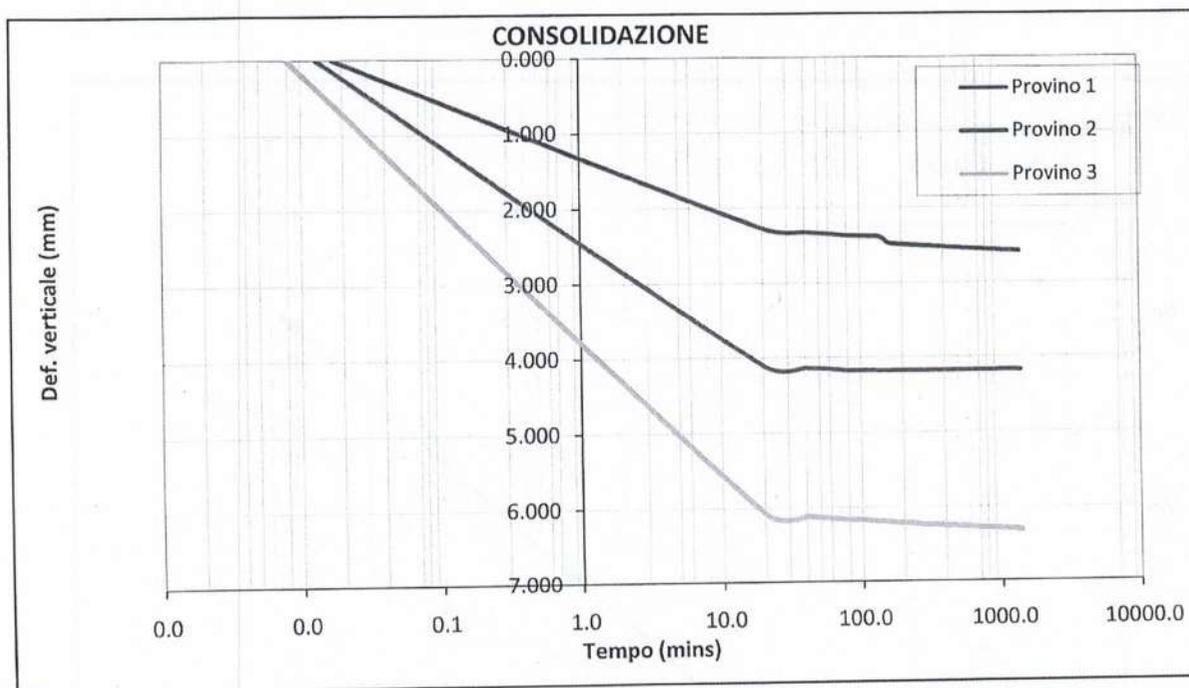
Commenti / variazioni delle procedure:



LABORATORIO TECNOLOGICO SPERIMENTALE PER PROVE SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE
AUTORIZZATO CON D.M. n. 7730 del 02.08.12 - D.P.R. n° 380/2011 - art. 59 Circolare 7618/STC 2010

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080
RAPPORTO DI PROVA

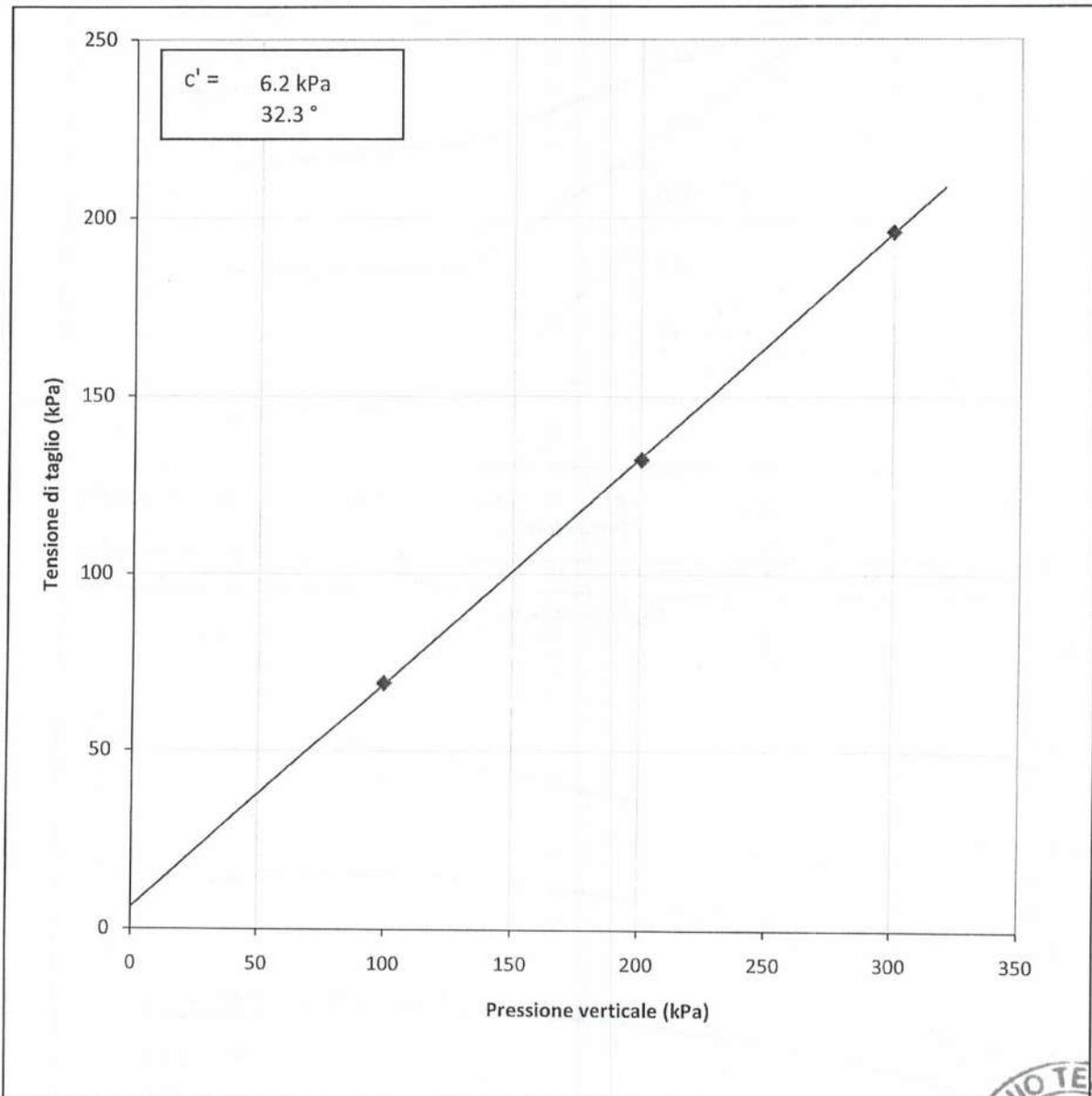
Cantiere	Intervento G2 - barriera foce Sarno sponda dx - loc. torre Ann.ta (NA)		
Progetto	accett. N° T0974/21	Numero Campione	C1, C1, C1
Numero Sondaggio	S1	Profondità di prelievo (n	3.00, 3.00, 3.00



LABORATORIO TECNOLOGICO SPERIMENTALE PER PROVE SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE
AUTORIZZATO CON D.M. n. 7730 del 02.08.12 - D.P.R. n° 380/2011 - art. 59 Circolare 7618/STC 2010

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080
RAPPORTO DI PROVA

Cantiere	<i>Intervento G2 - barriera foce Sarno sponda dx - loc. torre Ann.ta (NA)</i>		
Progetto	<i>accett. N° T0974/21</i>	Numero Campione	<i>C1, C1, C1</i>
Numero Sondaggio	<i>S1</i>	Profondità di prelievo (m)	<i>3.00, 3.00, 3.00</i>



LABORATORIO TECNOLOGICO SPERIMENTALE PER PROVE SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE

AUTORIZZATO CON D.M. n. 7730 del 02.08.12 - D.P.R. n° 380/2011 - art. 59 Circolare 7618/STC 2010

verb. accett. n° T0974/21

Dati Progetto - Dati Prelievo - Identificazione Visiva - Prove Eseguite

Richiedente: dott. Domenico Palma (DT Geotest sas)
Cantiere: Intervento G2 - Barriera foce Sarno sponda dx - loc. Torre Annunziata (NA)
Committente: SMA Campania

Sondaggio n.	S1	Data Inizio Sondaggio	----	Profondità Sondaggio, m	---
Campione n.	C2	Data Prelievo Campione	15/11/2021	Profondità Campione, m	7,5 - 8,0

Sondaggio a rotazione		Sondaggio a Percussione		Campionatore Manuale	
Campione Indisturbato	X	Campione Semidisturbato		Campione Rimaneggiato	
Fustella, L e ϕ mm		Campione, L e ϕ , mm		Contenitore del Campione:	INOX FERRO PVC

Condizioni del materiale estruso dal campionatore:

Buone	X	Mediocri		Paraffinato	
Rammollito		Strati Piegati		Cattive	
				Rimaneggiato	

IDENTIFICAZIONE VISIVA (ASTM D2488/75)

Data Apertura Campione: 15/11/2021
Grana: fine
Consistenza: 1,2 kg/cmq (media di 5 determinazioni)
Grado di Plasticità: ---
Struttura: ---
Colore: black (Tav. Munsell 5Y 2.5/1)
Denominazione: *sabbia limosa debolmente argillosa (A.G.I.)*
Note: -----

PROVE ESEGUITE

DESCRIZIONE VISIVA	X
DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI	X
DETERMINAZIONE DEI LIMITI ED INDICI DI CONSISTENZA	X
ANALISI GRANULOMETRICA CON VAGLI ASTM E DENSITOMETRIA	X
ANALISI GRANULOMETRICA PER VIA UMIDA CON SOLI VAGLI ASTM	
PROVA DI TAGLIO DIRETTO, CONSOLIDATA-DRENATA	X
PROVA DI TAGLIO RESIDUO	
PROVA DI COMPRESIONE EDOMETRICA	
PROVA DI COMPRESIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA (ELL)	
PROVA TRIASSIALE (CD - CU - UU)	
PROVA DI PERMEABILITA' CON CELLA EDOMETRICA	

Io Sperimentatore
(dott. geol. Vito Carbone)



il Direttore del Laboratorio
(dott. ing. Michele Larocca)

DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

data prova: 17/11/2021

Contenuto d'Acqua
(ASTM D2216/80)

NATURALE

VALORI
MEDI

Contenitore, n.
Peso del contenitore, g
Peso lordo campione umido, g
Peso lordo campione secco, g
Peso netto campione umido, g
Peso netto campione secco, g
Peso dell'acqua, g
CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (Wn), %

3	8	16
21,59	21,55	18,49
140,25	142,43	140,45
123,81	125,33	123,75
118,66	120,88	121,96
102,22	103,78	105,26
16,44	17,10	16,70
16,08%	16,48%	15,87%

16,14%

Peso di Volume

Determinazione, n.
Peso Volumometro, g
Capacità Volumometro, cc
Peso Volumometro + Terra Umida, g
PESO di VOLUME NATURALE (γ_n), kN/mc
PESO di VOLUME SECCO (γ_d), kN/mc

1	2	3
65,34	65,34	65,34
72,00	72,00	72,00
195,78	197,48	196,96
18,12	18,35	18,28
15,60	15,80	15,74

18,25

15,71

Peso Specifico dei Grani (Gs)
(ASTM D854/79)

Passante al Vaglio # 10

Determinazione, n
Peso Picnometro Vuoto, g
Peso Picnometro + Campione Secco, g
Peso Picnometro + Campione + H₂O a T di prova, g
Temperatura Pesate, °C
Peso Picnometro + H₂O a T di prova, g
Fattore di Correzione, k
PESO SPECIFICO dei GRANI (Gs) a 20°C, kN/mc

1	2
144,18	143,52
200,11	203,68
482,75	485,02
20,3	20,1
447,55	446,99
1,00	1,00
26,97	27,17

SONDAGGIO S1 CAMPIONE C2

27,07

Grandezze Indici

INDICE dei VUOTI (e°)
POROSITÀ' (n), %
GRADO di SATURAZIONE (Sr), %
PESO di VOLUME SATURO (γ_{sat}), kN/mc

0,72

41,97

60,5%

19,91

Io Sperimentatore
(dott. geol. Vito Carbone)

il Direttore del Laboratorio
(dott. ing. Michele Larocca)

verb. accett. n° T0974/21

certificato n° 0515T/21 del 29/11/2021

pag. 1 di 2

ANALISI GRANULOMETRICA di una TERRA con VAGLI ASTM e DENSITOMETRIA (ASTM D 422/63)

CAMPIONE S1 C2

data prova: 22/11/2021

PESO SPECIFICO dei GRANI del Passante al Vaglio #10 ASTM (Gt), kN/mc **27,07**

ANALISI MECCANICA del TRATTENUTO al VAGLIO ASTM #10 (Ø=2,0 mm)

Contenitore, gr	79,21	Cont. + Campione secco, gr	748,19	cont.+camp. secco lavato, gr	567,93
		CAMPIONE secco, gr	668,98	perdita lavaggio, gr	180,26

VAGLI ASTM Ø in mm	3"	2"	1"	3/4"	3/8"	# 4	# 10
Ritenuto, gr	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	3,00	5,97
Ritenuto, %	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,9
% Passante	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,6	98,7

ANALISI MECCANICA e DENSITOMETRICA del PASSANTE al VAGLIO ASTM #10

ANALISI MECCANICA Fattore Riduzione Massa Campione, FR **1,000**

VAGLI ASTM Ø in mm	0,850	0,425	0,250	0,106	0,075	PAN =
Ritenuto, gr	60,43	148,13	140,87	101,35	28,97	180,26
Passante, gr	9,03	22,14	21,06	15,15	4,33	=
% Passante	89,6	67,5	46,4	31,3	26,9	=

ANALISI DENSITOMETRICA

DENSIMETRO, Tipo ASTM 151 H, n. **46**

(Agente disperdente: Esametafosfato di Sodio)

Contenitore, gr	35,06	Temperatura Prova (T°), °C	18,5
Cont. + Campione, gr	75,41	Peso Specifico del Liquido a T°, kN/mc	9,985
CAMPIONE secco, gr	40,35	Coeff. Viscosità Dinamica nel Liquido a T°, Poise	0,0105

Tempi, mn	0,5	1	2	4	8	15	60	360	1440
Lettura Densimetro, R	1,0260	1,0240	1,0210	1,0190	1,0150	1,0130	1,0100	1,0090	1,0060
Correzione per T°, ΔR	0,0038								
Lettura Corretta, R°	1,0222	1,0202	1,0172	1,0152	1,0112	1,0092	1,0062	1,0052	1,0022
Prof. Lettura, L in mm	72,31	72,29	72,26	72,24	72,20	72,18	72,15	72,14	72,11
Ø dei grani, mm	0,0689	0,0487	0,0344	0,0244	0,0172	0,0126	0,0063	0,0026	0,0013
% Passante	25,1	23,0	19,8	17,7	13,4	11,3	8,1	7,1	3,9

RISULTATI

	% in peso	% in peso
GHIAIE	Grosse	0,0
	Medie	0,0
	Fini	1,3
GHIAIE, Totale		1,3
SABBIE	Grosse	31,2
	Medie	21,1
	Fini	19,5
SABBIE, Totale		71,7
SILT o LIMI		21,5
ARGILLE e COLLOIDI		5,5

lo Sperimentatore
(dott. geol. Vito Carbone)

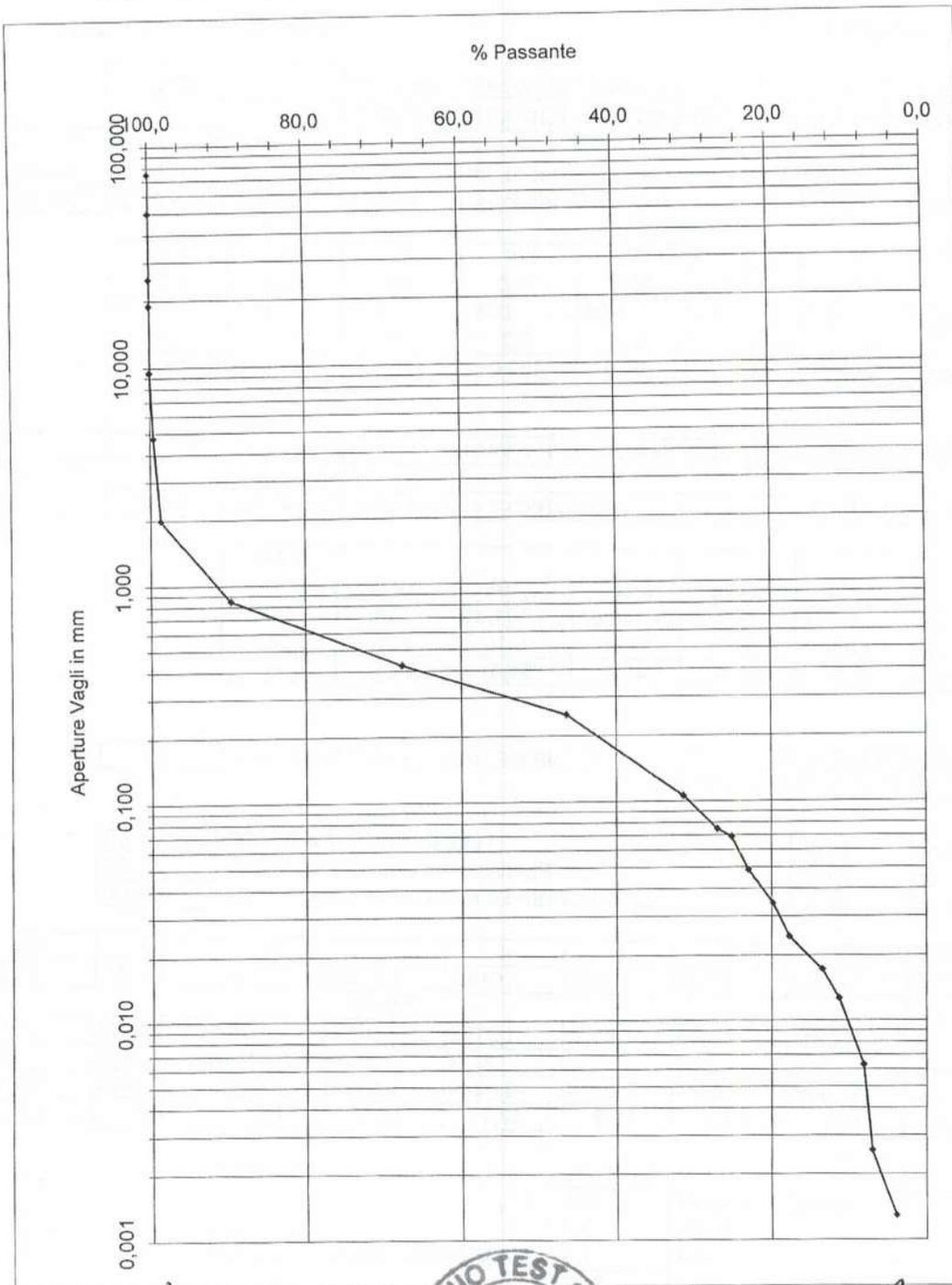
il Direttore del Laboratorio
(dott. ing. Michele Larocca)

verb. accett. n° T0974/21

certificato n° 0515T/21 del 29/11/2021

pag. 2 di 2

CAMPIONE S1 C2



lo Sperimentatore
(dott. geol Vito Carbone)



il Direttore del Laboratorio
(dott. ing. Michele Larocca)

LABORATORIO TECNOLOGICO SPERIMENTALE PER PROVE SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE
AUTORIZZATO CON D.M. n. 7730 del 02.08.12 - D.P.R. n° 380/2011 - art. 59 Circolare 7618/STC 2010

verb. accett. n° T0974/21

certif. n° ---

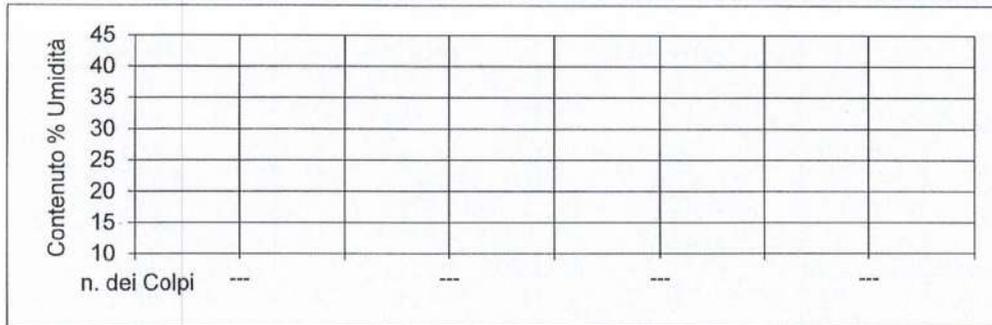
pag. 1 di 1

DETERMINAZIONE dei LIMITI e degli INDICI di CONSISTENZA

DETERMINAZIONE del LIMITE LIQUIDO [ASTM D423/72]

LIMITE LIQUIDO

Contenitore, n.	---	---	---	---	
Massa Contenitore, gr	---	---	---	---	
Massa Cont+Terra Umida, gr	---	---	---	---	
Massa Cont+Terra Secca, gr	---	---	---	---	
Colpi, n.	---	---	---	---	25
CONTENUTO ACQUA, %	---	---	---	---	n.d.



DETERMINAZIONE del LIMITE ed INDICE PLASTICO [ASTM D424/71]

LIMITE PLASTICO

Determinazione, n.	1	2	
Contenitore, n.	--	--	
Massa Contenitore, gr	--	--	
Massa Cont+Terra Umida, gr	--	--	
Massa Cont+Terra Secca, gr	--	--	
CONTENUTO ACQUA, %	--	--	n.p.

INDICE PLASTICO

n.d.

C2

campione

DETERMINAZIONE dei FATTORI di RITIRO [ASTM D427/74]

Capsula MONEL, n.	--
Capsula MONEL, gr	--
Capsula MONEL, cc	--
Capsula + Terra Umida, gr	--
Capsula + Terra Secca, gr	--
CONTENUTO ACQUA, %	--
Hg ~ Terra Secca, gr	--
Terra Secca, cc	--
LIMITE di RITIRO (Wr), %	--
COEFFICIENTE di RITIRO (Rs)	--

CONTENUTO NATURALE ACQUA, %

INDICE di CONSISTENZA

lo Sperimentatore
(dott. geol. Vito Carbone)

il Direttore del Laboratorio
(dott. ing. Michele Larocca)

S1

sondaggio

LABORATORIO TECNOLOGICO SPERIMENTALE PER PROVE SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE
AUTORIZZATO CON D.M. n. 7730 del 02.08.12 - D.P.R. n° 380/2011 - art. 59 Circolare 7618/STC 2010

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080
RAPPORTO DI PROVA - SOMMARIO

Cantiere	<i>Intervento G2 - barriera foce Sarno sponda dx - loc. Torre Ann.ta (NA)</i>		
Progetto	<i>accett. N° T0974/21</i>		
Numero Sondaggio	<i>S1</i>	Tipo provino	<i>Indisturbato</i>
Descrizione provino	<i>certif. n° 0516T/21 del 29/11/2021</i>		
Peso specifico dei grani	<i>27.07 (Misurato)</i>	Provini sottoposti a prova immerso	
Tipo macchina di taglio	<i>Macchina di Taglio con Geodatalog</i>		

CONDIZIONI INIZIALI	PROVINO 1	PROVINO 2	PROVINO 3
Numero Campione	<i>C2</i>	<i>C2</i>	<i>C2</i>
Profondità di prelievo (m)	<i>7.50</i>	<i>7.50</i>	<i>7.50</i>
Altezza (mm)	<i>20.0</i>	<i>20.0</i>	<i>20.0</i>
Larghezza (mm)	<i>60.0</i>	<i>60.0</i>	<i>60.0</i>
Sezione (mm ²)	<i>3600.0</i>	<i>3600.0</i>	<i>3600.0</i>
Umidità (misura diretta) (%)			
Umidità (trimming) (%)	<i>16</i>	<i>16</i>	<i>16</i>
Densità secca (g)			
Densità umida (kN/m ³)	<i>18.12</i>	<i>18.35</i>	<i>18.28</i>
Densità secca (kN/m ³)			
Indice dei vuoti			
Grado di saturazione (%)			

FASE DI TAGLIO	PROVINO 1	PROVINO 2	PROVINO 3
Velocità fase di taglio (mm/min)	<i>0.007075</i>	<i>0.006612</i>	<i>0.006503</i>
Condizioni a rottura (Resistenza al taglio massima)			
Pressione verticale (kPa)	<i>99</i>	<i>200</i>	<i>300</i>
Tensione di taglio (kPa)	<i>77</i>	<i>164</i>	<i>233</i>
Spostamento orizzontale (mm)	<i>4.07</i>	<i>3.94</i>	<i>3.10</i>
Def. verticale (mm)	<i>0.066</i>	<i>0.297</i>	<i>0.090</i>

CONDIZIONI FINALI	PROVINO 1	PROVINO 2	PROVINO 3
Contenuto d'acqua (%)			
Densità umida (kN/m ³)	<i>0.00</i>	<i>0.00</i>	<i>0.00</i>
Densità secca (kN/m ³)			

Coesione (kPa)	<i>3.1</i>
Angolo di resistenza al taglio (°)	<i>37.8</i>

Commenti / variazioni delle procedure:



LABORATORIO TECNOLOGICO SPERIMENTALE PER PROVE SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE

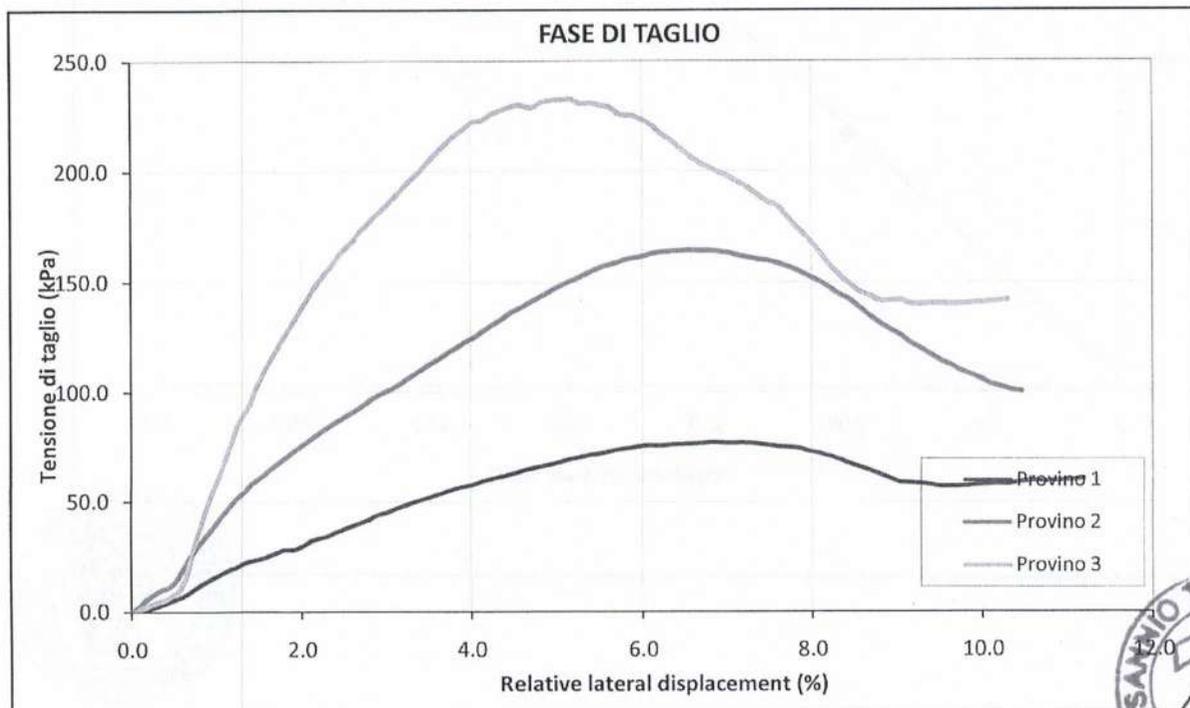
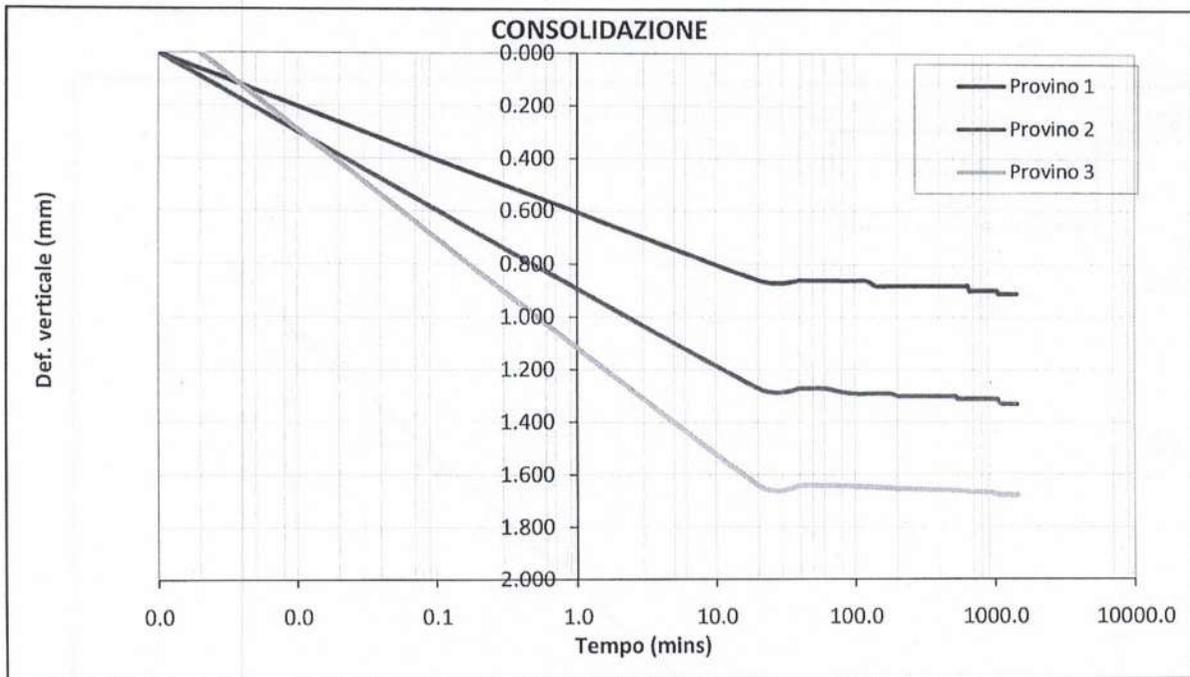
AUTORIZZATO CON D.M. n. 7730 del 02.08.12 - D.P.R. n° 380/2011 - art. 59 Circolare 7618/STC 2010

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA

Effettuato secondo Norma ASTM D 3080

RAPPORTO DI PROVA

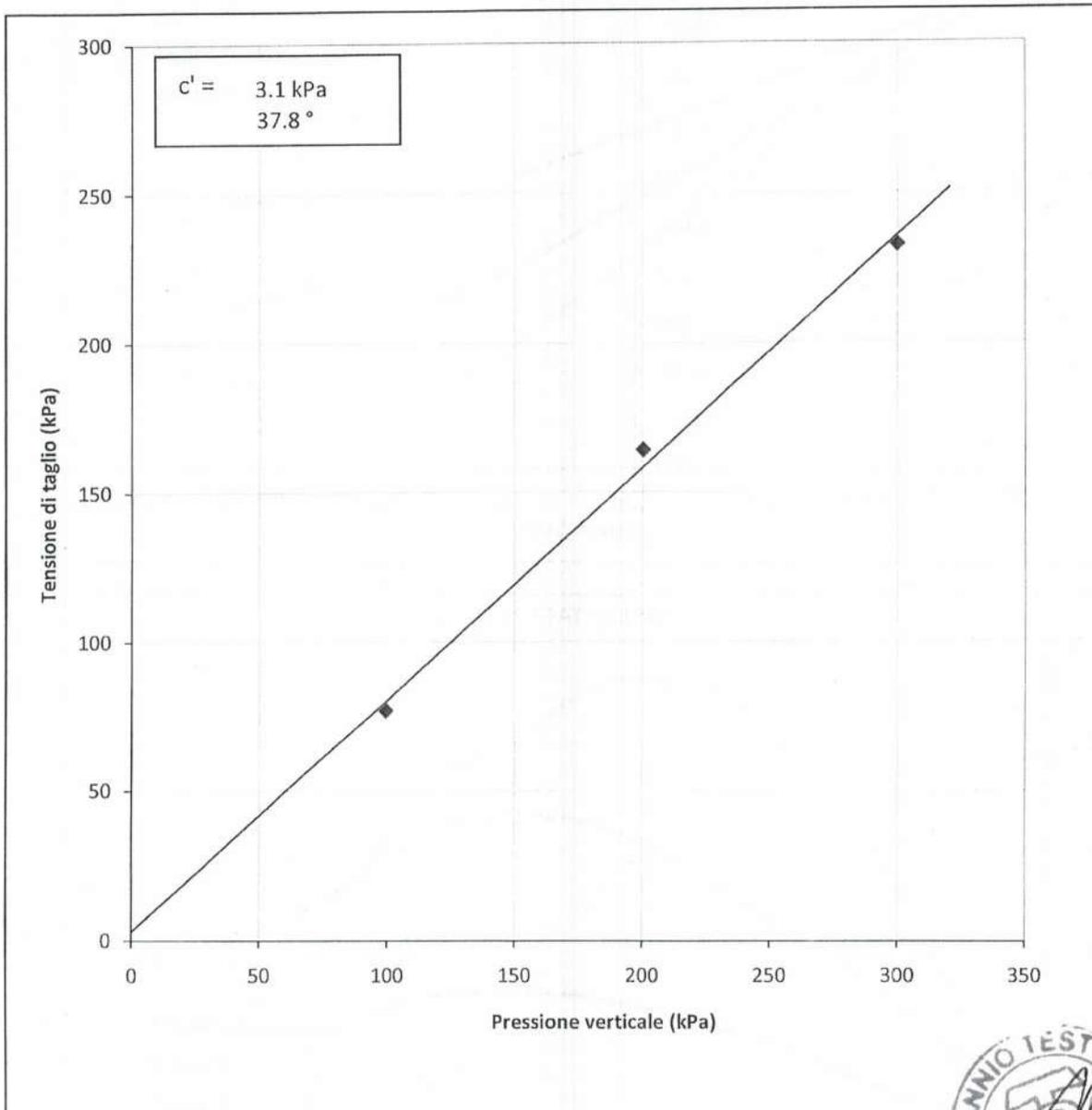
Cantiere	<i>Intervento G2 - barriera face Sarno sponda dx - loc. Torre Ann.ta (NA)</i>		
Progetto	<i>accett. N° T0974/21</i>	Numero Campione	<i>C2, C2, C2</i>
Numero Sondaggio	<i>S1</i>	Profondità di prelievo (n	<i>7.50, 7.50, 7.50</i>



LABORATORIO TECNOLOGICO SPERIMENTALE PER PROVE SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE
 AUTORIZZATO CON D.M. n. 7730 del 02.08.12 - D.P.R. n° 380/2011 - art. 59 Circolare 7618/STC 2010

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA
 Effettuato secondo Norma ASTM D 3080
RAPPORTO DI PROVA

Cantiere	Intervento G2 - barriera foce Sarno sponda dx - loc. Torre Ann.ta (NA)		
Progetto	accett. N° T0974/21	Numero Campione	C2, C2, C2
Numero Sondaggio	S1	Profondità di prelievo (r)	7.50, 7.50, 7.50



LABORATORIO TECNOLOGICO SPERIMENTALE PER PROVE SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE
AUTORIZZATO CON D.M. n. 7730 del 02.08.12 - D.P.R. n° 380/2011 - art. 59 Circolare 7618/STC 2010

verb. accett. n° T0974/21

Dati Progetto - Dati Prelievo - Identificazione Visiva - Prove Eseguite

Richiedente: dott. Domenico Palma (DT Geotest sas)
Cantiere: Intervento G2 - Barriera foce Sarno sponda dx - loc. Torre Annunziata (NA)
Committente: SMA Campania

Sondaggio n.	S1	Data Inizio Sondaggio	----	Profondità Sondaggio, m	---
Campione n.	C3	Data Prelievo Campione	15/11/2021	Profondità Campione, m	8,5 - 9,0

Sondaggio a rotazione		Sondaggio a Percussione		Campionatore Manuale	
Campione Indisturbato		Campione Semidisturbato	X	Campione Rimaneggiato	
Fustella, L e ϕ mm		Campione, L e ϕ , mm		Contenitore del Campione:	INOX FERRO PVC

Condizioni del materiale estruso dal campionatore:

Buone	X	Mediocri		Paraffinato	
Rammolito		Strati Piegati		Cattive	
				Rimaneggiato	X

IDENTIFICAZIONE VISIVA (ASTM D2488/75)

Data Apertura Campione: 15/11/2021
Grana: fine
Consistenza: 3,7 kg/cm^q (media di 5 determinazioni)
Grado di Plasticità: ---
Struttura: ---
Colore: dark gray (Tav. Munsell 2.5Y 4/1)
Denominazione: *sabbia con limo debolmente argillosa (A.G.I.)*
Note: -----

PROVE ESEGUITE

DESCRIZIONE VISIVA	X
DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI	X
DETERMINAZIONE DEI LIMITI ED INDICI DI CONSISTENZA	X
ANALISI GRANULOMETRICA CON VAGLI ASTM E DENSITOMETRIA	X
ANALISI GRANULOMETRICA PER VIA UMIDA CON SOLI VAGLI ASTM	
PROVA DI TAGLIO DIRETTO, CONSOLIDATA-DRENATA	
PROVA DI TAGLIO RESIDUO	
PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA	
PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA (ELL)	
PROVA TRIASSIALE (CD - CU - UU)	
PROVA DI PERMEABILITA' CON CELLA EDOMETRICA	

Io Sperimentatore
(dott. geol. Vito Carbone)



il Direttore del Laboratorio
(dott. ing. Michele Larocca)



verb. accett. n° T0974/21

certificato n° 0517T/21 del 29/11/2021

pag. 1 di 1

DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

data prova: 16/11/2021

Contenuto d'Acqua
(ASTM D2216/80)

NATURALE

VALORI
MEDI

Contenitore, n.
Peso del contenitore, g
Peso lordo campione umido, g
Peso lordo campione secco, g
Peso netto campione umido, g
Peso netto campione secco, g
Peso dell'acqua, g
CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (W_n), %

13	15	14
18,20	21,62	18,00
108,39	104,21	98,03
95,22	91,57	86,13
90,19	82,59	80,03
77,02	69,95	68,13
13,17	12,64	11,90
17,10%	18,07%	17,47%

17,55%

Peso di Volume

Determinazione, n.
Peso Volumometro, g
Capacità Volumometro, cc
Peso Volumometro + Terra Umida, g
PESO di VOLUME NATURALE (γ_n), kN/mc
PESO di VOLUME SECCO (γ_d), kN/mc

1	2	3
65,35	65,35	65,35
72,00	72,00	72,00
218,63	217,21	217,17
21,29	21,09	21,09
18,11	17,94	17,94

21,16
18,00

SONDAGGIO S1 CAMPIONE C3

Peso Specifico dei Grani (Gs)
(ASTM D854/79)

Passante al Vaglio # 10

Determinazione, n
Peso Picnometro Vuoto, g
Peso Picnometro + Campione Secco, g
Peso Picnometro + Campione + H₂O a T di prova, g
Temperatura Pesate, °C
Peso Picnometro + H₂O a T di prova, g
Fattore di Correzione, k
PESO SPECIFICO dei GRANI (Gs) a 20°C, kN/mc

1	2
143,57	144,21
209,32	197,85
488,13	481,17
20,3	20,3
447,05	447,51
1,00	1,00
26,64	26,84

26,74

Grandezze Indici

INDICE dei VUOTI (e°)
POROSITÀ' (n), %
GRADO di SATURAZIONE (Sr), %
PESO di VOLUME SATURO (γ_{sat}), kN/mc

0,49
32,70
96,6%
21,27

lo Sperimentatore
(dott. geol Vito Carbone)

il Direttore del Laboratorio
(dott. ing. Michele Larocca)

LABORATORIO TECNOLOGICO SPERIMENTALE PER PROVE SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE
AUTORIZZATO CON D.M. n. 7730 del 02.08.12 - D.P.R. n° 380/2011 - art. 59 Circolare 7618/STC 2010

verb. accett. n° T0974/21

certificato n° 0518T/21 del 29/11/2021

pag. 1 di 2

ANALISI GRANULOMETRICA di una TERRA con VAGLI ASTM e DENSITOMETRIA (ASTM D 422/63)

CAMPIONE S1 C3

data prova: 22/11/2021

PESO SPECIFICO dei GRANI del Passante al Vaglio #10 ASTM (Gt), kN/mc **26,74**

ANALISI MECCANICA del TRATTENUTO al VAGLIO ASTM #10 (Ø=2,0 mm)

Contenitore, gr	59,28	Cont. + Campione secco, gr	632,82	cont.+camp. secco lavato, gr	358,04
		CAMPIONE secco, gr	573,54	perdita lavaggio, gr	274,78

VAGLI ASTM Ø in mm	3"	2"	1"	3/4"	3/8"	# 4	# 10
Ritenuto, gr	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,48	0,65
Ritenuto, %	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
% Passante	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,9	99,8

ANALISI MECCANICA e DENSITOMETRICA del PASSANTE al VAGLIO ASTM #10

ANALISI MECCANICA

Fattore Riduzione Massa Campione, FR **1,000**

VAGLI ASTM Ø in mm	0,850	0,425	0,250	0,106	0,075	PAN
Ritenuto, gr	5,02	58,84	96,26	126,12	27,44	258,73
Passante, gr	0,88	10,26	16,78	21,99	4,78	=
% Passante	98,9	88,7	71,9	49,9	45,1	=

ANALISI DENSITOMETRICA

DENSIMETRO, Tipo ASTM 151 H, n. **46**

(Agente disperdente: Esametafosfato di Sodio)

Contenitore, gr	25,12	Temperatura Prova (T°), °C	18,5
Cont. + Campione, gr	65,17	Peso Specifico del Liquido a T°, kN/mc	9,985
CAMPIONE secco, gr	40,05	Coef. Viscosità Dinamica nel Liquido a T°, Poise	0,0105

Tempi, mn	0,5	1	2	4	8	15	60	360	1440
Lettura Densimetro, R	1,0260	1,0240	1,0230	1,0210	1,0190	1,0160	1,0110	1,0060	1,0040
Correzione per T°, ΔR	0,0038								
Lettura Corretta, R°	1,0222	1,0202	1,0192	1,0172	1,0152	1,0122	1,0072	1,0022	1,0002
Prof. Lettura, L in mm	72,31	72,29	72,28	72,26	72,24	72,21	72,16	72,11	72,09
Ø dei grani, mm	0,0682	0,0482	0,0341	0,0241	0,0171	0,0125	0,0062	0,0025	0,0013
% Passante	42,6	39,0	37,2	33,6	30,0	24,6	15,6	6,7	3,1

RISULTATI

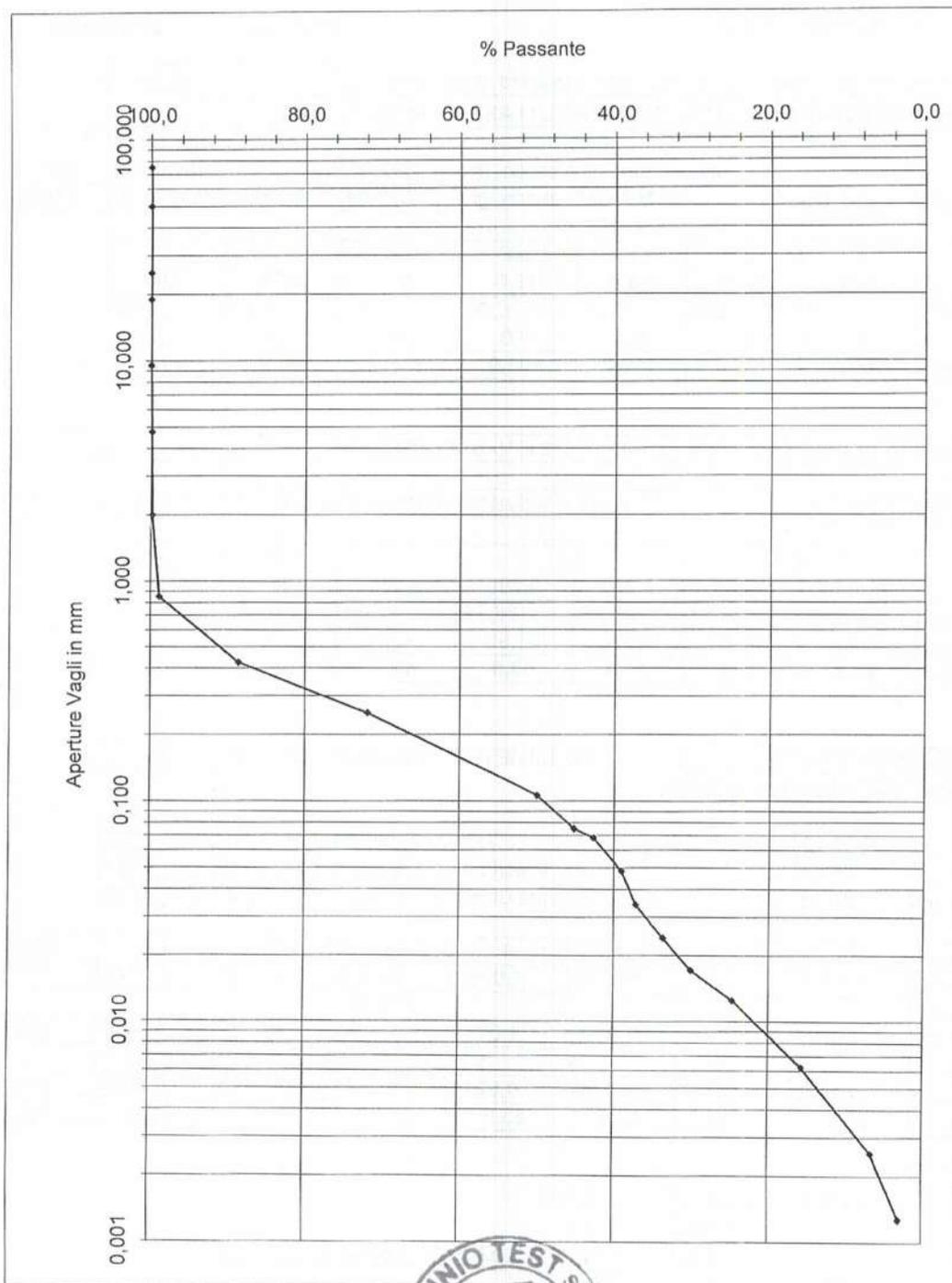
	% in peso	% in peso
GHIAIE	Grosse	0,0
	Medie	0,0
	Fini	0,2
GHIAIE, Totale		0,2
SABBIE	Grosse	11,1
	Medie	16,8
	Fini	26,8
SABBIE, Totale		54,7
SILT o LIMI		40,3
ARGILLE e COLLOIDI		4,8

verb. accett. n° T0974/21

certificato n° 0518T/21 del 29/11/2021

pag. 2 di 2

CAMPIONE S1 C3



lo Sperimentatore
(dott. geol. Vito Carbone)



il Direttore del Laboratorio
(dott. ing. Michele Larocca)

verb. accett. n° T0974/21

certif. n° T0519/21 del 29/11/2021

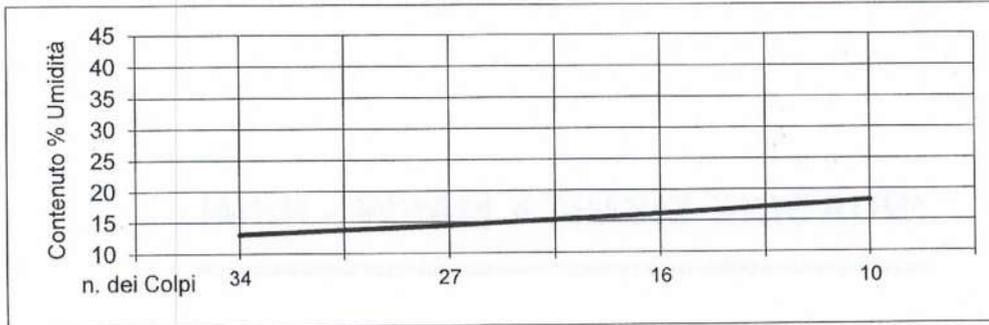
pag. 1 di 1

DETERMINAZIONE dei LIMITI e degli INDICI di CONSISTENZA

DETERMINAZIONE del LIMITE LIQUIDO [ASTM D423/72]

LIMITE LIQUIDO

Contenitore, n.	4	3	9	1	
Massa Contenitore, gr	20,51	21,62	20,38	21,08	
Massa Cont+Terra Umida, gr	42,31	56,05	49,31	41,52	
Massa Cont+Terra Secca, gr	39,79	51,71	45,30	38,37	
Colpi, n.	34	27	16	10	
CONTENUTO ACQUA, %	13,1	14,4	16,1	18,2	25 14,7



DETERMINAZIONE del LIMITE ed INDICE PLASTICO [ASTM D424/71]

LIMITE PLASTICO

Determinazione, n.	1	2	
Contenitore, n.	--	--	
Massa Contenitore, gr	--	--	
Massa Cont+Terra Umida, gr	--	--	
Massa Cont+Terra Secca, gr	--	--	
CONTENUTO ACQUA, %	--	--	n.p.

INDICE PLASTICO

n.d.

DETERMINAZIONE dei FATTORI di RITIRO [ASTM D427/74]

Capsula MONEL, n.	--
Capsula MONEL, gr	--
Capsula MONEL, cc	--
Capsula + Terra Umida, gr	--
Capsula + Terra Secca, gr	--
CONTENUTO ACQUA, %	--
Hg ~ Terra Secca, gr	--
Terra Secca, cc	--
LIMITE di RITIRO (Wr), %	--
COEFFICIENTE di RITIRO (Rs)	--
CONTENUTO NATURALE ACQUA, %	--
INDICE di CONSISTENZA	--

C3

campione

S1

sondaggio

Io Sperimentatore
(dott. geol Vito Carbone)

il Direttore del Laboratorio
(dott. ing. Michele Larocca)



Ufficio Speciale Grandi Opere U.O.D.
Risanamento Ambientale
Bacino Idrografico del fiume Sarno

Accordo quadro quadriennale per l'affidamento di servizi di ingegneria e architettura per progettazione di fattibilità tecnica economica e/o la progettazione definitiva e/o progettazione esecutiva di opere di architettura e ingegneria per la realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno in Regione Campania

CIG: 765766590F - CUP: B66C15000010006.

**CONTRATTO
ATTUATIVO
COD. AQ1_2**

Allegato 5 – Verifiche a liquefazione metodo Boulanger – Idriss 2014

Mandataria



Mandanti



Archeologo
Dott. Domenico Ferraro



L'applicazione Geostru utilizzata consente di effettuare la verifica a liquefazione, tra gli altri, con il metodo di Boulanger & Idriss 2014.

Per verificare la possibilità di occorrenza di fenomeni di liquefazione possono essere impiegate le procedure che nell'Ingegneria Geotecnica Sismica sono denominate 'metodi semplificati'. Tali metodi, applicabili solo nelle condizioni di piano di campagna orizzontale o con deboli pendenze e depositi olocenici, richiedono la valutazione, fino alla profondità critica da p.c., del coefficiente di sicurezza:

$$F_L(z) = (CRR_{M=7.5; \sigma'v=1atm} \cdot MSF \cdot K_\sigma) / CSR$$

$CRR_{M=7.5; \sigma'v=1atm} = T_{ult} / \sigma'_{v0}$ è il rapporto di resistenza ciclica, ovvero la resistenza normalizzata rispetto alla tensione verticale efficace iniziale σ'_{v0} , per terremoto di magnitudo $M = 7.5$ e pressione efficace di riferimento $\sigma'_v = 1atm$.

MSF è il fattore di scala della Magnitudo che è funzione, oltre che del valore della magnitudo dell'azione sismica di riferimento, anche del metodo di stima di CRR.

K_σ è il fattore di correzione che tiene conto della pressione efficace alla profondità a cui la resistenza viene valutata.

$CSR = T_{media} / \sigma'_{v0} = 0.65 \cdot (a_{max,s} / g) \cdot (\sigma_{v0} / \sigma'_{v0}) \cdot r_d$ è il rapporto di tensione ciclica, ovvero la tensione di taglio ciclica media indotta dall'azione sismica di riferimento, normalizzata rispetto alla tensione verticale efficace iniziale (σ'_{v0}), ove $a_{max,s}$ è il picco di accelerazione al piano campagna, g è l'accelerazione di gravità, σ_{v0} e σ'_{v0} sono le tensioni verticali rispettivamente totale e efficace alla profondità considerata, ed r_d è un coefficiente riduttivo dell'azione sismica per effetto della deformabilità del terreno che può essere stimato con relazioni empiriche associate ai diversi metodi di stima di CRR (e di MSF). Il valore della tensione tangenziale media $T_{media} = 0.65 T_{max}$ al variare della profondità può essere più precisamente determinato con analisi di risposta sismica locale.

Di seguito i dati di input e di output relativi alle verifiche eseguite a differenti livelli rispetto al piano campagna.

Input dati LIVELLO 8.00 m:

Profondità di calcolo	8.00	m
Profondità della falda dal p. c.	2.50	m
Peso di volume del terreno	18.25	kN/m ³
Numero di colpi SPT	28	-
Frazione argillosa	5	%
Accelerazione sismica massima	0.19	g
Magnitudo	6	-
Fattore imposto dalla normativa	1.2	-
Tipo di deposito:	Sabbie limose	
Consistenza del deposito:	Sabbie sciolte	

Boulanger & Idriss 2014

Pressione totale del terreno	146.00	kPa
Pressione efficace del terreno	140.50	kPa
Numero di colpi standard corretto	24.49	
Resistenza alla liquefazione (CRR)	0.386	



Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	0.1111
Coefficiente di sicurezza ($F_s = CRR / CSR$)	3.4741

Il deposito non è liquefacibile

Input dati LIVELLO 12 m:

Profondità di calcolo	12.00	m
Profondità della falda dal p. c.	2.50	m
Peso di volume del terreno	21.16	kN/m ³
Numero di colpi SPT	38	-
Frazione argillosa	5	%
Accelerazione sismica massima	0.19	g
Magnitudo	6	-
Fattore imposto dalla normativa	1.2	-
Tipo di deposito:	Sabbie limose	
Consistenza del deposito:	Sabbie sciolte	

Boulanger & Idriss 2014		
Pressione totale del terreno	253.92	kPa
Pressione efficace del terreno	244.42	kPa
Numero di colpi standard corretto	26.9569	
Resistenza alla liquefazione (CRR)	0.4811	
Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	0.0966	
Coefficiente di sicurezza ($F_s = CRR / CSR$)	4.9827	

Il deposito non è liquefacibile