



A.O.R.N. Santobono - Pausilipon
Ospedale Santobono

Viale Mario Fiore, 6 - 80129 Napoli

DIRETTORE GENERALE
Dott.ssa Anna Maria Minicucci

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO
Ing. Marcello PARLATO



PROGETTISTI



MANDATARIA:
MYTHOS CONSORZIO STABILE S.C.AR.L
Consorzio Stabile Mythos S.c.ar.l
Via Trottechien 61, 11100 Aosta
mythos.ao@mythos.pro

MANDANTI:
G.M.N. ENGINEERING s.r.l.



SIRIO INGEGNERIA Ing. Vitantonio Polito



RESPONSABILE INTEGRAZIONE SPECIALISTICHE
Ing. Fabio INZANI

RESPONSABILE ESPERTO IN PROGETTAZIONE SANITARIA E OSPEDALIERA
Arch. Margherita CARABILLO'

PROGETTAZIONE IMPIANTI ELETTRICI E SPECIALI
Ing. Stefano BONFANTE

PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA
Arch. Margherita CARABILLO'

BIM MANAGER
Arch. Stefano CARERA

PROGETTAZIONE STRUTTURALE
Prof. Ing. P. MASSAROTTI

PROGETTAZIONE IMPIANTI TERMOMECCANICI
Dott. Ing. Fabio INZANI

COORDINATORE SICUREZZA IN PROGETTAZIONE
Ing. Luca Giordo

| | | | | |
|--|--|--|--------------------|--------------------------------|
| PROGETTO ESECUTIVO | | | COMMESSA: | TW1927 |
| DISCIPLINA: GENERALI | | | NUMERO ELABORATO: | TW1927.PE.0041.RAV.PNN.GE.E.00 |
| TITOLO ELABORATO: Relazione geologica | | | DATA CONSEGNA: | 08/10/2020 |
| Revisione | | | NOME FILE: | |
| 01 | | | FORMATO ELABORATO: | A4 |
| 02 | | | | |
| 03 | | | | |
| 04 | | | | |
| 05 | | | SCALA ELABORATO: | ---- |


Azienda Ospedaliera di Rilievo Nazionale
**SANTOBONO
PAUSILIPON**
DIREZIONE SANITARIA-UFFICIO TECNICO
il R.U.P.
Ing. Gerardo Palmieri
Il Progettista
Prof. Ing. Paolo Massarotti
**LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL BLOCCO OPERATORIO AL PIANO PRIMO
DEL PADIGLIONE RAVASCHIERI, DI COMPLETAMENTO DELL'
ADEGUAMENTO NORMATIVO ANTINCENDIO E DI COMPLETAMENTO
NORMATIVO DELL'IMPIANTO ELETTRICO DEL PRESIDIO OSPEDALIERO
SANTOBONO DI NAPOLI - CIG 79328044F3 - CUP H62H19000030003**
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA (NTC 2018)

| CODICE PROGETTO | | | | | | | | | | DATA | | REVISIONE | | PAGINE | |
|--|-------------|---|---|---|---|------------|---|-----------------------|---|------|-----------------------|---------------------------|---|--------|--|
| I | _ | N | A | P | _ | 1 | 5 | _ | 2 | 0 | 05/06/2020 | 0 | 2 | 22 | |
| Gruppo di Lavoro | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ph.D. Geol. Salvatore Costabile | | | | | | | | | | | Indagini Geognostiche | | | | |
| Geol. Roberto Rolandi | | | | | | | | | | | Indagini Geognostiche | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| rev. | descrizione | | | | | data | | redatto | | | | verificato | | | |
| 1 | Emissione | | | | | 09/06/2020 | | Geol. Roberto Rolandi | | | | Ph.D. Salvatore Costabile | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | |

Sommario

| | |
|--|----|
| PREMESSA E METODOLOGIA DI INDAGINE | 2 |
| 1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE | 4 |
| 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO LOCALE | 6 |
| 3. MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO | 8 |
| 4. PERICOLOSITÀ SISMICA | 13 |
| 5. PERICOLOSITÀ E RISCHIO IDROGEOLOGICO | 19 |
| 6. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE | 19 |
| 7. CONCLUSIONI | 20 |

Premessa e metodologia di indagine

Il Consorzio SIRIO Ingegneria di Napoli è impegnato nei “Lavori di realizzazione del blocco operatorio al piano primo del Padiglione Ravaschieri, di completamento dell'adeguamento normativo antincendio e di completamento normativo dell'impianto elettrico del Presidio Ospedaliero Santobono di Napoli”.

In fase progettuale l'ubicazione dell'indagine geognostica e geofisica è stata concordata con il responsabile della progettazione.

Il sondaggio e la prova sismica sia in foro che attraverso uno stendimento sismico sono stati ubicati a ridosso dell'edificio Ravaschieri sul lato posteriore.

La perforazione è stata spinata fino alla profondità di 27,00 metri dal p.c.

Il programma di indagine ha seguito le seguenti fasi operative:

- revisione e studio della bibliografia esistente e di lavori già effettuati in zone limitrofe;
- rilevamento geologico di dettaglio ed inserimento geomorfologico del sito e delle aree limitrofe, tendente a dettagliare il quadro ambientale d'insieme con definizione dei principali fattori/agenti deposizionali/erosionali agenti in zona;
- localizzazione ed esecuzione dei sondaggi a carotaggio continuo e indagine sismica;
- analisi delle carote con definizione delle facies litologiche di dettaglio rivolte con particolare attenzione all'analisi granulometrica dei paleosuoli;

Particolare attenzione è stata dedicata alle caratteristiche stratigrafico/giacaturali delle successioni di interesse, interpretando su opportuna sezione il possibile andamento stratigrafico dei vari orizzonti riconosciuti.

L'area di studio è compresa nella Tavoletta I.G.M. “Napoli” scala 1:25.000 del Foglio geologico n° 183-184 “Isola d'Ischia Napoli”, scala 1:100.000. Carta geologica d'Italia Napoli F. 446-447, scala 1:50.000

Al presente elaborato sono allegati (nel testo):

- planimetria con ubicazione delle indagini
- n° 1 colonna stratigrafica;
- n° 1 indagine sismica Down-Hole
- n° 1 indagine sismica MASW
- n° 1 indagine sismica HVSr



stralcio foto satellitare dell'area (Google Earth 2020) con ubicazione del sondaggio geognostico e della prospezione sismica.

1. Inquadramento geologico generale

La Piana Campana è una vasta area pianeggiante, delimitata a Nord dal M.te Massico, a Nord-Est dai M.ti di Caserta, a Est dai M.ti di Sarno, a Sud dai M.ti Lattari e dalla Piana del Sarno e ad Ovest dal margine Tirrenico. Questa struttura rappresenta un Graben, individuatosi probabilmente nel Pliocene superiore, soggetto ad un pronunciato sprofondamento durante il Quaternario. I lineamenti strutturali lungo i quali è avvenuto l'abbassamento sono ben riconoscibili ai bordi della pianura, dove si osservano faglie orientate in direzione NE-SW e NW-SE.

In questa zona, negli ultimi 700.000 anni si sono avuti importanti fenomeni vulcanici che hanno contribuito sensibilmente a definire l'assetto morfologico attuale. Il Marker stratigrafico principale è costituito dal Tufo Grigio Campano, una formazione ignimbrica datata 39.000 anni fa. L'attività esplosiva di grossa magnitudo si è localizzata successivamente presso il margine meridionale della Piana, con l'eruzione del Tufo Giallo Napoletano di 15.000 anni fa, responsabile della formazione della caldera dei Campi Flegrei, e nelle successive eruzioni esplosive associate a centri eruttivi localizzati nella depressione calderica, l'ultima delle quali si è verificata in epoca storica (eruzione del M. Nuovo 1538). Tra le eruzioni post-calderiche flegree, di maggiore interesse per l'area in studio rivestono le eruzioni Pliniane delle Pomici Principali (13.000 anni) e di Agnano-M.Spina (4.100 anni), le cui colonne eruttive, alte 20-30 km, sospinte da venti di alta quota, hanno distribuito i loro prodotti verso est.

Di fatto, l'orizzonte superficiale della depressione strutturale della piana Campana è costituita da depositi sciolti di origine prevalentemente vulcanica, in giacitura primaria e rimaneggiati, e da orizzonti litoidi, anch'essi d'origine vulcanica, (Ignimbrite Campana, nelle facies di Tufo Grigio e di Tufo Giallo alterato ed il Tufo Giallo Napoletano). La morfologia attuale del suolo riproduce a grandi linee l'andamento del Tufo Grigio a NW dell'allineamento Napoli-Caserta. La concordanza tra l'andamento del tetto dei depositi tufacei e la topografia attuale, si traduce in una morfologia pianeggiante e tabulare con pendenze nulle o leggermente immergenti verso nord.

La circolazione idrica nei depositi della Piana a partire dal Tufo Grigio segue un modello per falde sovrapposte. Generalmente si riconoscono due falde, una libera superficiale, avente sede nei depositi piroclastici, presenti a tetto delle formazioni tufacee, ed una confinata o semi confinata, profonda, presente nei depositi a letto dell'orizzonte tufaceo o nello stesso semipermeabile.

A grande scala lo schema idrogeologico è riconducibile alla presenza di un'unica falda, e ciò è dovuto alle soluzioni di continuità degli orizzonti impermeabili e dei flussi di drenanza di quelli semipermeabili,

che mettono tra loro in comunicazione gli acquiferi superficiali e profondi, con direzione di flusso orientata da E verso W. Il gradiente idraulico è variabile, da poche unità per mille a poche unità per cento. La trasmissività dell' acquifero è anch'essa molto variabile, con valori compresi tra $10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ e $10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$; il coefficiente d' immagazzinamento è compreso tra $10^{-3}/10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$. Infine viene segnalata la presenza dello spartiacque sotterraneo Cannello – Caivano, che rappresenta una parte del limite meridionale della struttura idrogeologica. (Celico et al.).

2. Inquadramento geologico locale

Nel territorio del comune di Napoli vi è un numero limitato di litotipi, essenzialmente di natura vulcanica.

Prevalgono di gran lunga i prodotti flegrei rispetto a quelli vesuviani, la cui presenza è limitata quasi esclusivamente all'area orientale della città.



Fig 1 stralcio della carta geologica d'Italia in scala 1:100.000

Il Tufo Giallo Napoletano è il prodotto vulcanico più rappresentativo della litologia urbana, infatti gli affioramenti si rinvencono diffusamente sulle aree collinari e ai bordi di queste, ove di fatto costituiscono il basamento di gran parte della città. Per quanto riguarda l'assetto geologico della zona metropolitana, il settore occidentale appare di gran lunga più complesso delle altre zone.

Infatti l'attività vulcanica in quest'area si sviluppa fino a circa 3.800 anni fa con le attività di Agnano e Astroni.

In particolare la collina del Vomero rappresenta una struttura morfologica abbastanza articolata. La parte alta è rappresentata dallo sperone di castel S. Elmo - S.Martino, con una quota di circa 250 m s.l.m. L'area di castel S. Elmo è interessante in quanto il Tufo Giallo vi affiora estesamente.

Schematicamente la collina del Vomero affaccia, sul lato sud orientale, sulla conca di Chiaia, a nord

si collega, tramite il quartiere Arenella, alla collina dei Camaldoli, ad occidente si affaccia sulla piana di Soccavo.

Sul lato rivolto verso Chiaia il tufo giallo è affiorante in diversi punti a monte del c.so V.Emanuele

Nella zona dell'Arenella vi sono affioramenti visibili all'uscita della tangenziale.

Sul lato rivolto verso Soccavo non si notano affioramenti di tufo tranne uno al di sotto di via M. da Caravaggio, visibile sul taglio della tangenziale, con l'inclinazione del tetto verso NO.

E' questo forse l'unico affioramento in cui il tufo immerge in direzione opposta al pendio esterno. Il fatto trova riscontro in una serie di sondaggi effettuati nella parte alta di via Caravaggio dove si riscontrava questo anomalo andamento del tufo.

La zona interna del Vomero è caratterizzata dall'esistenza del basamento tufaceo ad una profondità media intorno ai 20 - 25 m. I materiali di copertura, laddove non rimaneggiati, rappresentano bene la successione dei prodotti recenti.

In alcuni punti la quota del tufo scende notevolmente come tra p.zza Medaglie d'Oro e via S.Rosa; ciò è da mettere in relazione all'esistenza dell'alveo dell'Arenella che proseguiva a valle nell'attuale cavone di p.zza Dante.

3. Modello geologico del sottosuolo

L' area in oggetto è situata all' interno dell' azienda Ospedaliera "Aorn Santobono Pausillipon" nel comune di Napoli nei pressi di via S. Gennaro ad Antignano, all' altezza dei Gradini di Cacciottoli. Di seguito vengono analizzate le caratteristiche principali delle diverse "unità litologiche" individuate durante le indagini in sito, nell' ambito delle quali per ogni livello sono state esaminate le caratteristiche di identificazione e classificazione. La loro descrizione litologica è avvenuta ponendo in evidenza i caratteri essenziali più facilmente identificabili (struttura, tessitura, contenuto d' acqua e grado di addensamento). Nello specifico è stata rinvenuta, una complessa successione piroclastica costituita da alternanze di cineriti a granulometria sabbiosa con intercalazioni, talvolta metriche, di pomici da caduta a granulometria sabbioso - ghiaiosa, passanti a sabbie con grana che varia da grossolana a media.

I limiti stratigrafici sono determinati dalle differenze granulometriche, di tessitura e di struttura dei terreni, pertanto la stratigrafia dedotta dalle indagini risulta ben definita, e fornisce un quadro completo e chiaro della descrizione del sottosuolo.

Gli strati sono caratterizzati da una giacitura sostanzialmente orizzontale; in particolare, facendo riferimento alla quota del piano campagna, per il sito in esame, sono stati individuati i seguenti livelli:

0,00 – 3,00_ Cinerite rimaneggiata di colore marrone, a granulometria sabbiosa a grana media, struttura caotica, tessitura omogenea, con inclusi pomicei eterometrici sub arrotondati. terreni umidi e poco - mediamente addensati.

3,00 – 5,00_ Cinerite di colore beige a granulometria sabbiosa a grana fine, struttura massiva, tessitura eterogenea mediamente assortita, con frequenti pomici sparse, di dimensioni eterometriche arrotondate. asciutta e poco mediamente addensata.

5,00 -13,00_ Pomici da caduta a granulometria ghiaiosa medio - grossolana, prevalentemente a spigoli sub arrotondati. A luoghi si rinvencono in subordinata matrice sabbiosa fine. Struttura massiva, asciutte e poco - mediamente addensate. Da circa 9,00 m dal p.c. la matrice sabbiosa è prevalente, ove si rinviene con inclusi pomicei sparsi a spigoli vivi.

13,00 – 17,00_ Cinerite di colore beige a granulometria sabbiosa a grana fine, struttura massiva, tessitura eterogenea mediamente assortita, con frequenti pomici sparse, di dimensioni eterometriche arrotondate. asciutta e poco mediamente addensata.

17,00 – 17,80_ Paleosuolo di colore nerastro, a granulometria sabbiosa a grana fine- limosa umido e poco addensato.

17,80 – 20,00_ Deposito piroclastico di colore nerastro, costituito da pomici fini a granulometria sabbiosa, con a luoghi inclusi pomicei arrotondati. Struttura caotica, tessitura omogenea. Addensato.

20,00 – 25,80_ Cineriti fini di colore beige - giallastro (pozzolane del TGN), a granulometria sabbiosa fine- limosa. Struttura massiva, tessitura omogenea. addensate.

25,80 – 27,30_ Cappellaccio tufaceo, alterato nella parte alta, struttura caotica e tessitura eterogenea, da circa 26,00 m dal p.c. a consistenza litoide.

Successivamente si sono esaminate le caratteristiche di resistenza e deformabilità che hanno maggiore influenza sull'impostazione generale delle problematiche in atto. In particolare le indagini geognostiche dirette hanno previsto l'esecuzione di n° 1 sondaggio a carotaggio continuo, spinto fino alla profondità massima di 27,30 m dal p.c. con esecuzione di n° 3 prove penetrometriche in foro (S.P.T.), e prelievo di n° 2 campioni Indisturbati per la determinazione analitica delle caratteristiche fisiche e meccaniche. Pertanto le caratteristiche di resistenza espresse in termini di tensioni efficaci (c' , ϕ') sono state ricavate sia dai risultati delle analisi di laboratorio geotecnico che dall'elaborazione delle prove S.P.T., per queste ultime l'angolo di resistenza al taglio è stato determinato attraverso la relazione di Sowers (1961), mentre per la densità relativa è stata utilizzata la correlazione proposta da Skempton (1986).

Le caratteristiche di deformabilità come il modulo di Young (E) è stato valutato mediante le correlazioni proposte da Schmertmann (1978), per la stima del modulo Edometrico (E_d) è stata utilizzata la correlazione di Ferrent (1963), mentre per valutare il coefficiente di Poisson (ν), è stata utilizzata la correlazione (A.G.I.) Associazione Geotecnica Italiana. Tali correlazioni sono state eseguite con programma di calcolo dedicato "Dynamic-Probing".

Per la caratterizzazione geo-meccanica è stata adoperata una semplificazione rispetto ai rapporti di perforazione, accorpando i livelli cineritici con caratteristiche fisiche e meccaniche simili; le osservazioni sperimentali sono esaminate nel seguito per ciascuna delle unità litologiche caratterizzate:

Livello 1_ 0,00 – 5,00 m dal p.c. Tale livello corrisponde ai terreni superficiali in giacitura non primaria.

Per quanto riguarda l'elaborazione delle prove s.p.t., queste indicano valori dell'angolo di attrito di circa 30°

Mentre in termini di compressibilità sono stati desunti valori del modulo edometrico di circa 5.5 Mpa.

Per quanto riguarda la deformabilità dei terreni, il Modulo di Young, viene stimato intorno a 6.2 Mpa.

Per il Modulo di deformazione a taglio dinamico, vengono forniti valori di circa 43 Mpa, mentre il modulo Poisson, si ottengono valori di 0,34

Il numero $N_{spt} = 8$, indica che i terreni sono poco addensati (spt n°1)

Livello 2 _5,00 -13,00 m dal p.c. Questo livello corrisponde alle Pomici da caduta frammiste a sabbia in giacitura primaria.

I risultati delle analisi granulometriche descrivono i terreni come: Sabbia con Limo

Per quanto riguarda le caratteristiche di resistenza, i risultati di laboratorio indicano valori dell'angolo d'attrito efficace di 40°, e coesione efficace di 1 KPa. (campione S1 C1)

Per quanto riguarda l'elaborazione delle prove s.p.t., queste indicano valori dell'angolo di attrito di circa 30°

Mentre in termini di compressibilità sono stati desunti valori del modulo edometrico di circa 7.0 Mpa.

Per quanto riguarda la deformabilità dei terreni: Il Modulo di Young, viene stimato intorno a 7.8 Mpa.

Per il Modulo di deformazione a taglio dinamico, vengono forniti valori di 50 Mpa, mentre il modulo Poisson, si ottengono valori di 0,33

Il numero $N_{spt} = 10$, indica che i terreni sono moderatamente – poco addensati (spt n°2)

Livello 3 _13,00 – 20,00 m dal p.c. In questo livello sono stati raggruppati gli strati cineritici con a luoghi intercalazioni di pomici minute, Tali depositi si rinvencono più in profondità in giacitura primaria.

Per quanto riguarda l'elaborazione delle prove s.p.t., queste indicano valori dell'angolo di attrito di circa 33° (spt n°3)

Mentre in termini di compressibilità sono stati desunti valori del modulo edometrico di circa 12 Mpa.

Per quanto riguarda la deformabilità dei terreni, il Modulo di Young, viene stimato intorno a 13 Mpa.

Per il Modulo di deformazione a taglio dinamico vengono forniti valori di 69 Mpa, per il modulo Poisson, si ottengono valori di 0,32.

Il numero $N_{spt} = 17$, indica che i terreni sono moderatamente addensati (spt n°3)

Livello 4 _20,00 – 27,30 m dal p.c Tale livello corrisponde ai prodotti dell'eruzione del Tufo giallo Napoletano in giacitura primaria. All'aumentare della profondità tali prodotti si rinvencono prima in

facies cineritica (pozzolane), poi Pseudo litoide – alterata (cappellaccio), ed in fine litoide (Tufo giallo).

Nelle seguenti tabelle vengono riportati i valori ricavati dalle prove penetrometriche s.p.t. e da test di laboratorio geotecnico.

| Sigla | Profondità S.P.T. m dal p.c. | Densità relativa (%) Skempton | Angolo di Attrito (°) Sowers | Modulo Di Young (Mpa) Schmertmann | Modulo Edometrico (Mpa) Farrent | Peso di Volume (KN/m³) Meyerhof | Peso di Volume sat (KN/m³) Terzaghi-Peck | Modulo di poisson (A.G.I.) | Modulo di deformazione (Mpa) Robertson |
|--------|---------------------------------------|--|---------------------------------------|--|--|--|---|----------------------------------|---|
| S.P.T. | | | | | | | | | |
| 1 | 3,50 | 28 | 30.2 | 6.2 | 5.5 | 16.2 | 18.7 | 0.34 | 43 |
| 2 | 8,50 | 33 | 30.8 | 7.8 | 6.9 | 16.9 | 18.8 | 0.33 | 50 |
| 3 | 13,00 | 46 | 32.7 | 13.3 | 11.8 | 19 | 19.2 | 0.32 | 69 |

Tab 1 _Caratteristiche fisiche e meccaniche ricavate da prove s.p.t.

| parametro | γ_s | w | γ | γ_d | n | e | Sr | Argilla | Limo | Sabbia | Ghiaia | c' | ϕ' | Ed |
|------------------|------------|-------|----------|------------|------|-----|------|---------|------|--------|--------|-----|---------|------|
| UM | kN/m³ | / | kN/m³ | kN/m³ | / | / | / | % | % | % | % | kPa | (°) | MPa |
| S1 c1 5,00 -5,50 | 26.00 | 0.217 | 12.0 | 9.9 | 0.61 | 1.6 | 0.34 | 3.5 | 25.4 | 67.1 | 3.8 | 1 | 40 | 14.7 |
| S1 c2 8,00 -8,50 | 26.02 | 0.351 | 16.9 | 12.5 | 0.51 | 1.0 | 0.85 | 4.7 | 40.6 | 53.2 | 1.3 | 5 | 44 | 22.8 |

Tab 2 _Caratteristiche fisiche e meccaniche ricavate in Laboratorio

Dal confronto delle tabelle 1 e 2, Per quanto riguarda l' angolo di attrito interno, si osserva una differenza tra i valori ricavati analiticamente e quelli ricavati da correlazioni empiriche, tuttavia le caratteristiche fisico – meccaniche da tenere in considerazione sono quelle tipiche di terreni con buoni valori di angolo di attrito efficace (ϕ'), densità relativa (DR) che aumenta con la profondità, e bassi valori di coesione efficace (c').

STRATIGRAFIA

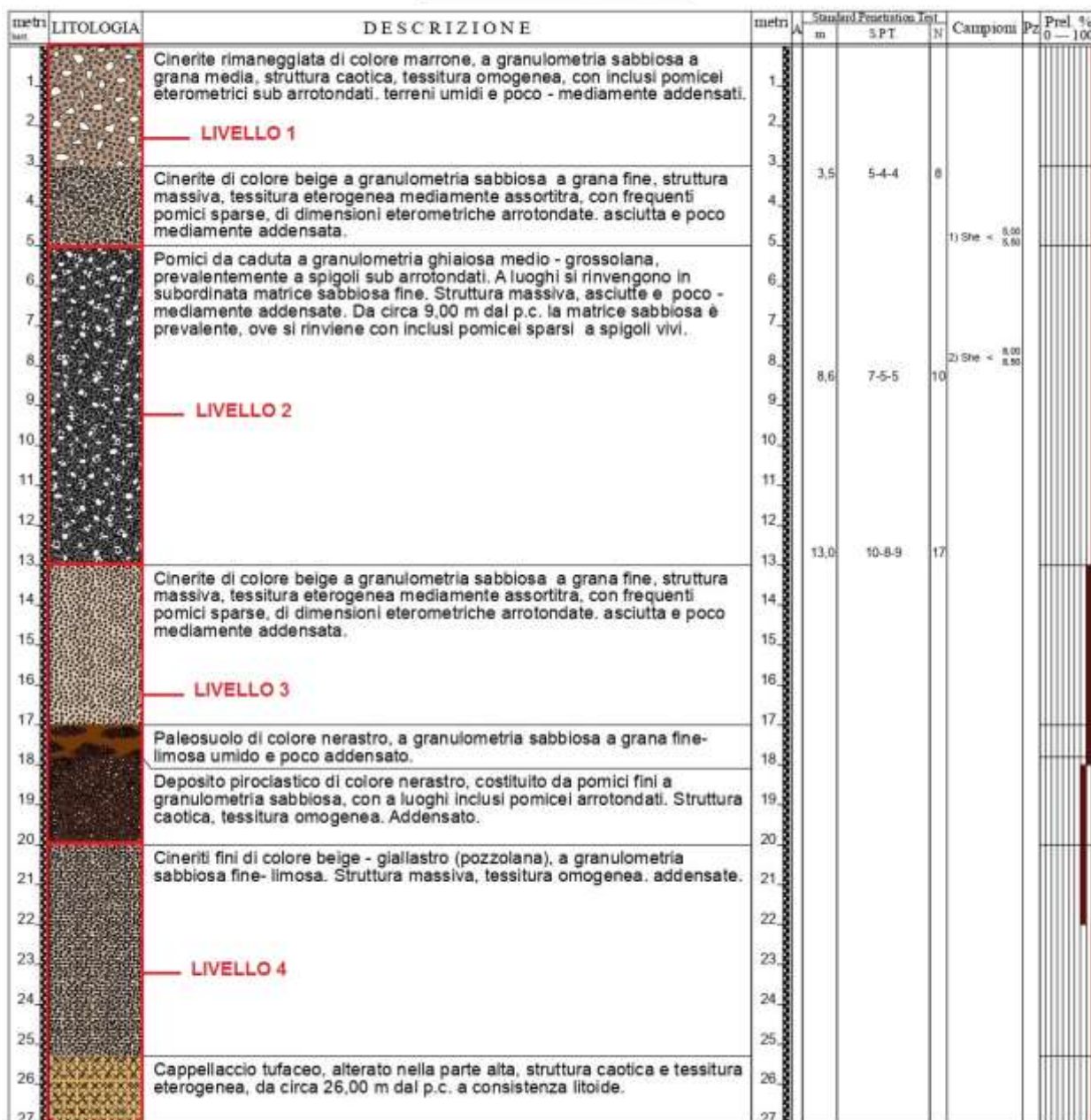


Fig 2 _Stratigrafia del sito in esame

4. Pericolosità sismica

Il dominio geologico della piana Campana è interessato da un complesso sistema di faglie sismogenetiche dove coesistono su brevi distanze, regimi tettonici diversi, estensionali, trascorrenti e compressivi.

In generale si indica come “pericolosità sismica” la probabilità, che in un determinato intervallo temporale, un’area sia interessata da terremoti distruttivi. Tale fattore rappresenta l’accelerazione attesa su un sottosuolo rigido (ag). Secondo la normativa sismica indicata nel D.M. 17.01.2018, per calcolare l’accelerazione attesa su un sottosuolo rigido (ag), si deve far riferimento all’ubicazione del sito, rispetto ai vertici sismici del reticolo nazionale. (Fig. 3). In base alle coordinate del punto in esame, viene indicata la pericolosità sismica sui suoli rigidi.

L’intensità con la quale si manifesta un sisma in un dato sito, sono fortemente dipendenti da fattori di risposta locale che modificano la composizione spettrale del sisma. Pertanto si può definire la risposta sismica locale, come l’azione di filtro o d’amplificatore esercitata localmente dagli strati più superficiali del terreno sovrapposti ad un basamento roccioso; essa è l’insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico, relativo a una formazione rocciosa di base (substrato rigido), subisce attraversando gli strati di terreno sovrastanti (deposito di copertura) fino alla superficie. Per il sito in esame viene riportata l’accelerazione attesa su un sottosuolo rigido compresa tra 0,150 e 0,175.

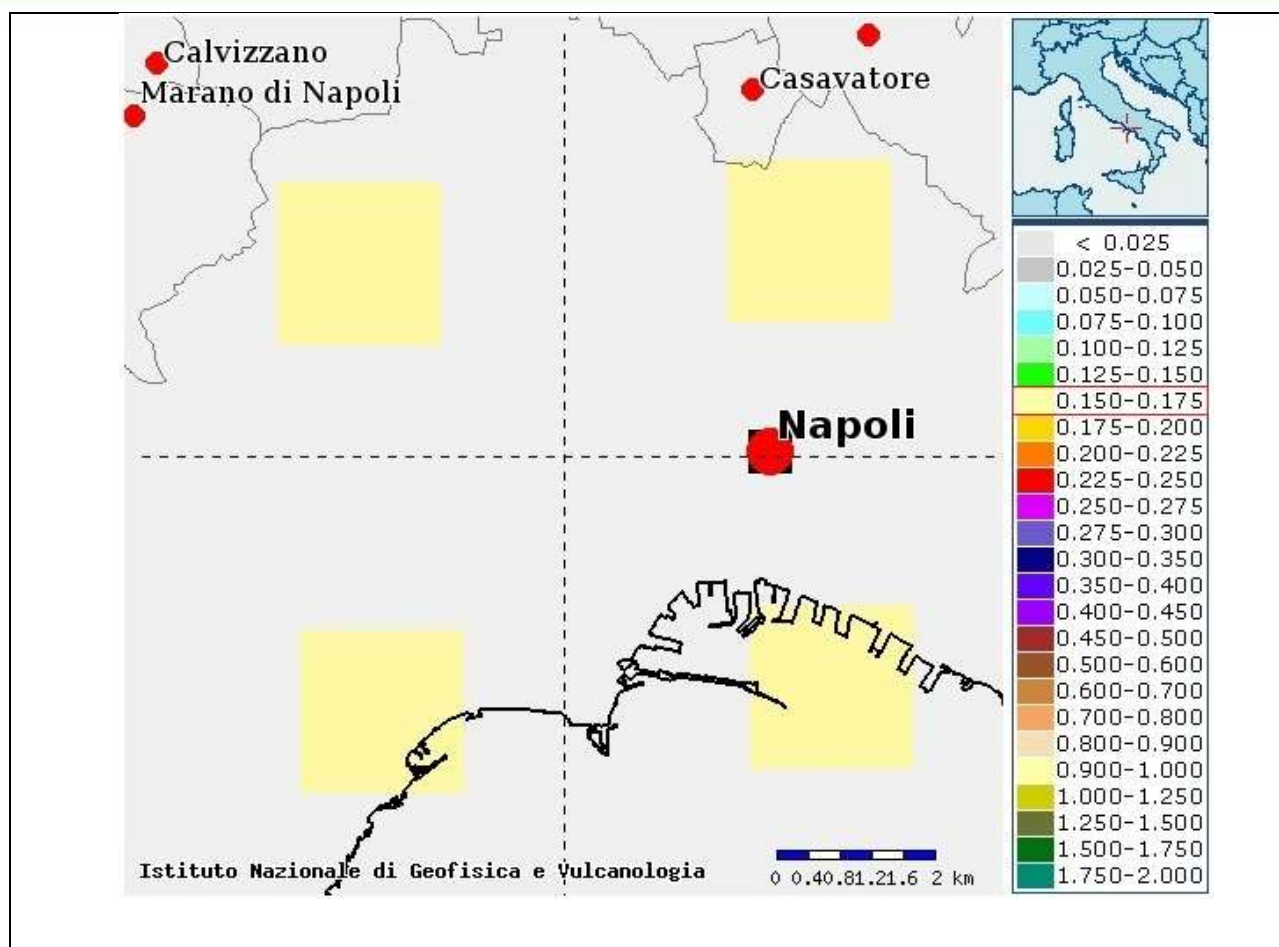


Fig 3_ Reticolo della pericolosità sismica

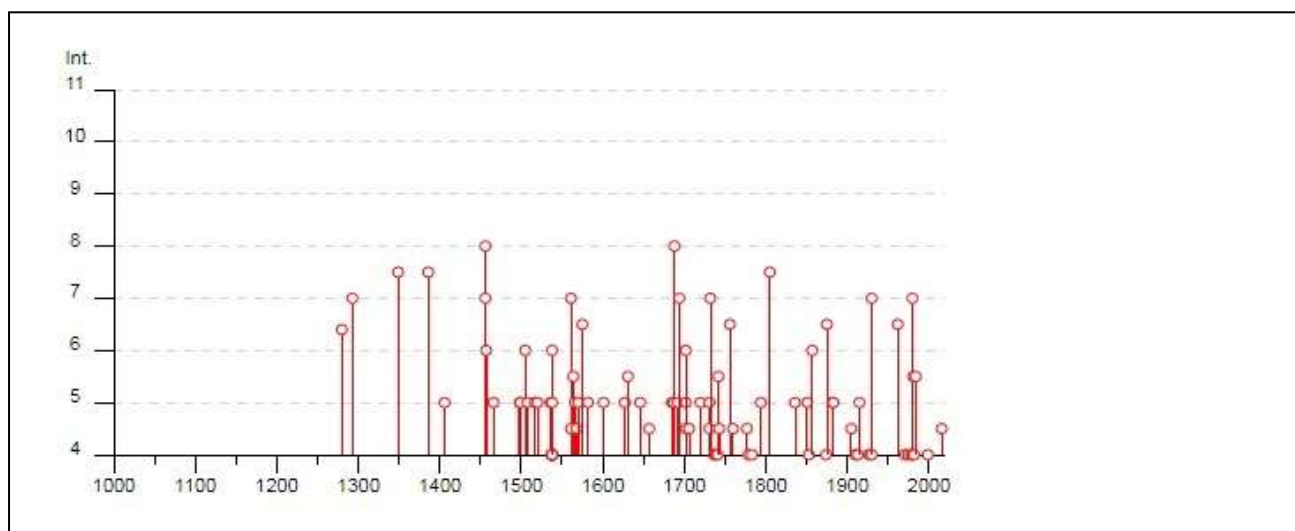
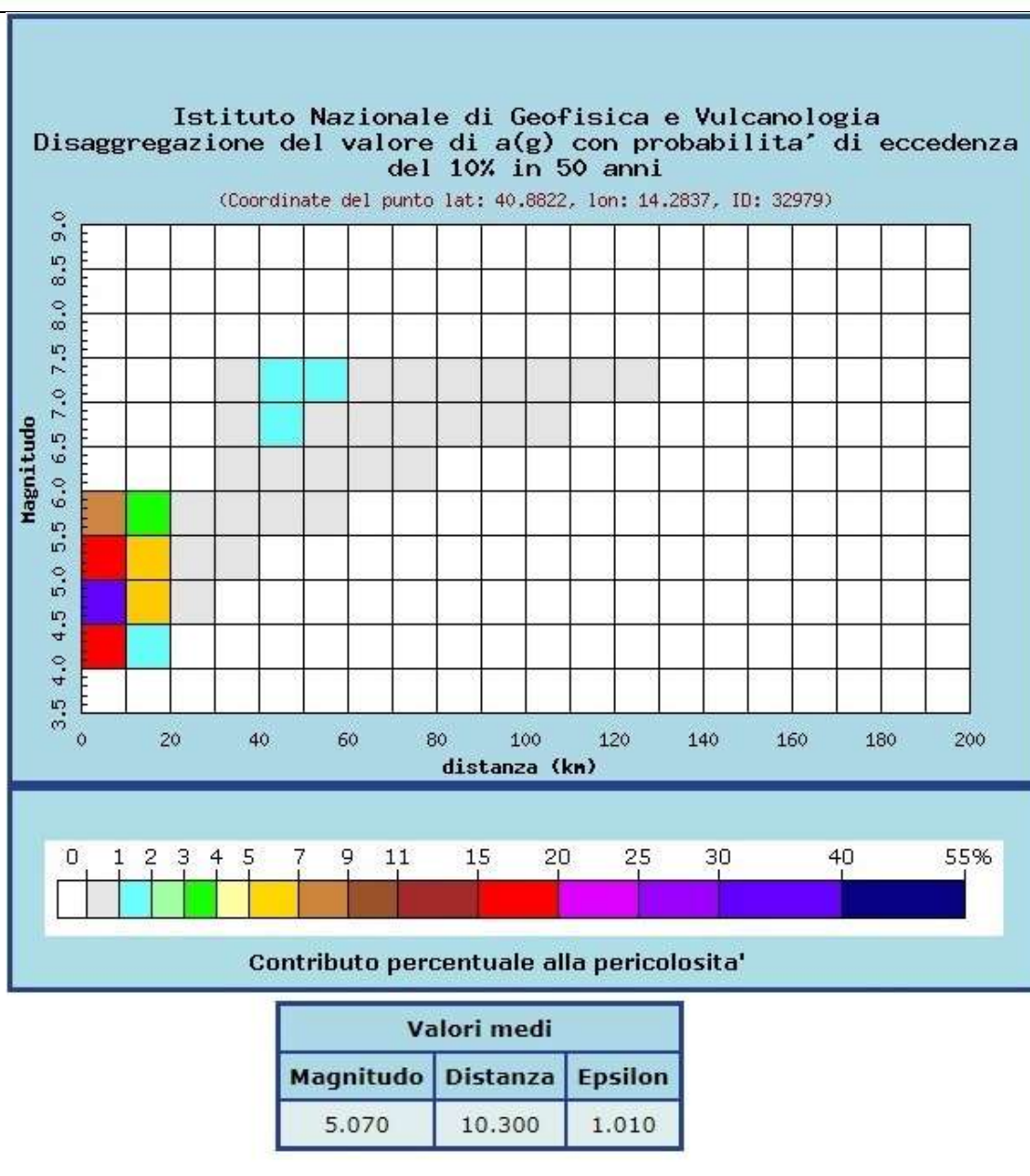


Fig. 4_ Storia sismica ed intensità dei terremoti



Tab. 3_ Valori medi di magnitudo e distanza del sisma di progetto

Per la determinazione dell'amplificazione stratigrafica si fa riferimento alla Velocit  Equivalente VS (eq) in base alla quale viene determinata la categoria di sottosuolo, come riportato nella tab. 4. Nel caso in esame, la categoria di suolo,   stata calcolata dai risultati di n  1 prova sismica del tipo M.A.S.W. che ha mostrato valori di, $V_s (eq) = 467.26 \text{ m/s}$

In accordo con la tabella 4, il suolo viene classificato come "categoria di suolo **B**". Per la definizione dell'amplificazione topografica si adotta il coefficiente T1,

| Categoria di suolo | 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 m/s 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 30m. |

Tab. 4 - Categoria di suolo "B" secondo ntc 2018

Per la valutazione della risposta sismica locale è indispensabile calcolare gli spettri di risposta elastici delle componenti orizzontale e verticale delle azioni sismiche di progetto attraverso i parametri di a_g , F_0 , T_c^* per vari tempi di ritorno (TR), dove:

a_g = accelerazione orizzontale massima

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

T_c^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro orizzontale

Tale procedura risulta fondamentale per la definizione delle azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare i diversi stati limite considerati. Sono considerati 4 possibili stati limite (SL).

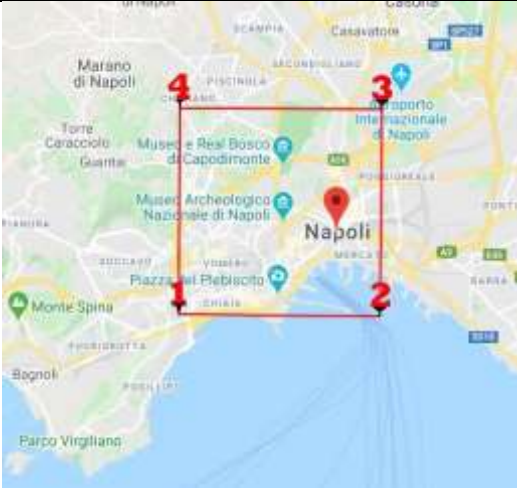
(SLO): Stato Limite di Operatività

(SLD): Stato Limite di Danno

(SLC): Stato Limite di prevenzione del Collasso

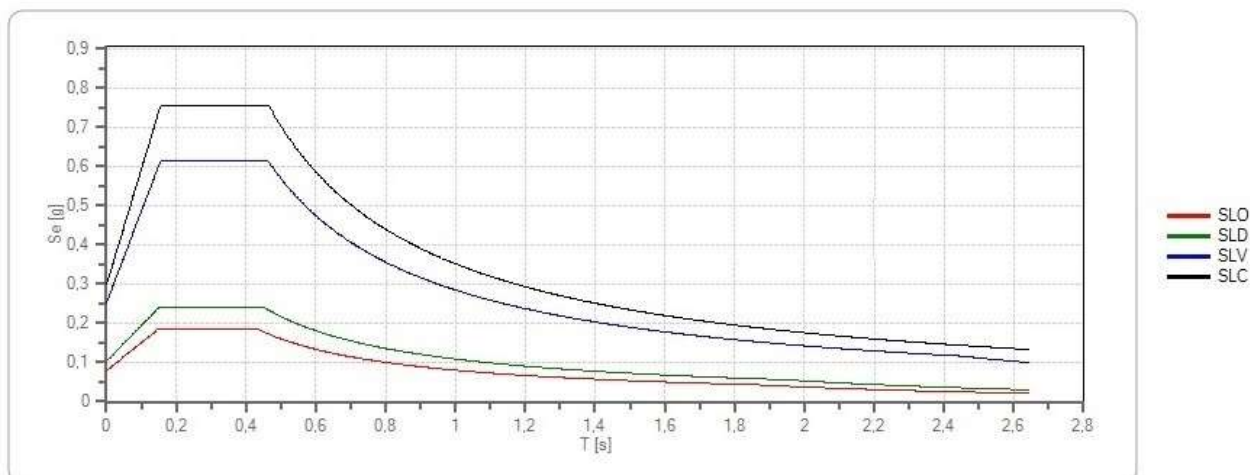
(SLV): Stato Limite della Vita

Ad ogni stato limite è associata una probabilità di superamento PVR ovvero la probabilità che, nel periodo di riferimento VR, si verifichi almeno un evento sismico ($n \geq 1$) di a_g prefissata (a_g = accelerazione orizzontale massima del suolo) avente frequenza media annua di ricorrenza = $1/TR$. Di seguito vengono riportati i grafici dei valori di progetto dei parametri di a_g , F_0 , T_c , in funzione del periodo di ritorno TR. Nella seguente tabella vengono riportati i parametri di pericolosità sismica.

| | | | | |
|--|--------------------------|-------|--|-------|
| Comune | NAPOLI | |  | |
| Coordinata E | 435375.00 | | | |
| Coordinata N | 4522267.00 | | | |
| Dati di progetto | | | | |
| Classe | II | | | |
| Vita nominale | 50 anni | | | |
| Categoria di sottosuolo | B | | | |
| Categoria topografica | T1 | | | |
| Coefficiente d' uso della costruzione Cu | IV | | | |
| Parametri pericolosità sismica | Stato limite considerato | | | |
| | SLO | SLD | SLV | SLC |
| PVR(%) | 81 | 63 | 10 | 5 |
| TR(anni) | 60 | 101 | 949 | 1950 |
| Ag(g) | 0,066 | 0,086 | 0,211 | 0,261 |
| Fo(-) | 2,329 | 2,326 | 2,438 | 2,536 |
| Tc (s) | 0,317 | 0,328 | 0,341 | 0,342 |
| Coefficienti sismici | SLO | SLD | SLV | SLC |
| SS | 1,20 | 1,20 | 1,19 | 1,14 |
| CC | 1,38 | 1,38 | 1,36 | 1,36 |
| St | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Kh | 0,016 | 0,02 | 0,070 | 0,083 |
| Kv | 0,008 | 0,010 | 0,035 | 0,042 |
| Amax (m/s²) | 0,771 | 1,011 | 2,466 | 2,919 |
| Beta | 0,200 | 0,200 | 0,280 | 0,280 |

Tab 5_ parametri di pericolosità sismica.

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

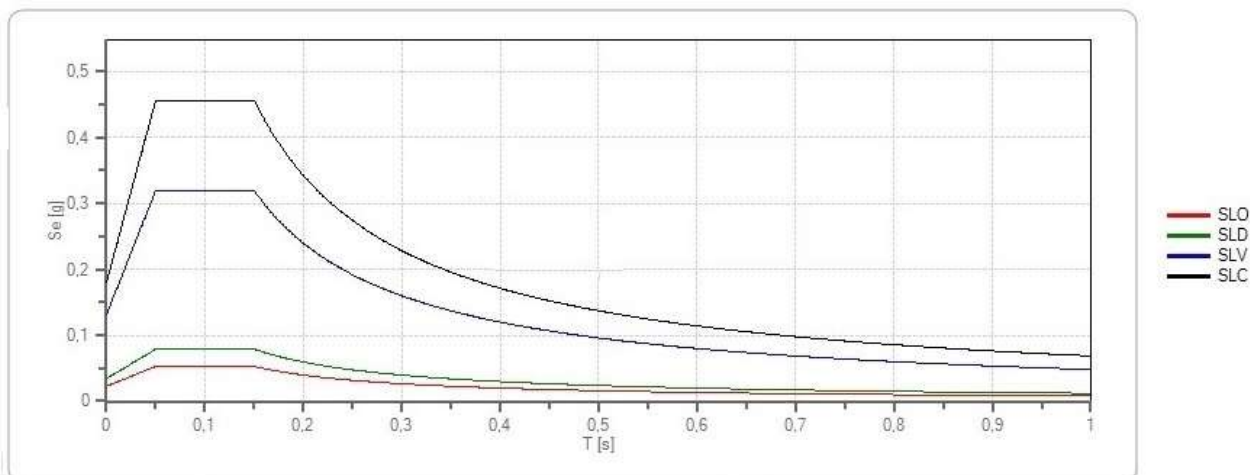


Fig .5 Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali ed orizzontali

5. Pericolosità e rischio idrogeologico

Per una esaustiva caratterizzazione riguardante le problematiche di rischio Idrogeologico, idraulico e geomorfologico, è stato consultato il Piano di Assetto Idrogeologico redatto dall' Adb competente. Da questo punto di vista, l'area non presenta rischi legati alla dinamica di versante e alla dinamica dei deflussi superficiali come si evince dalle carte del PAI della regione Campania;. (Figura 6)

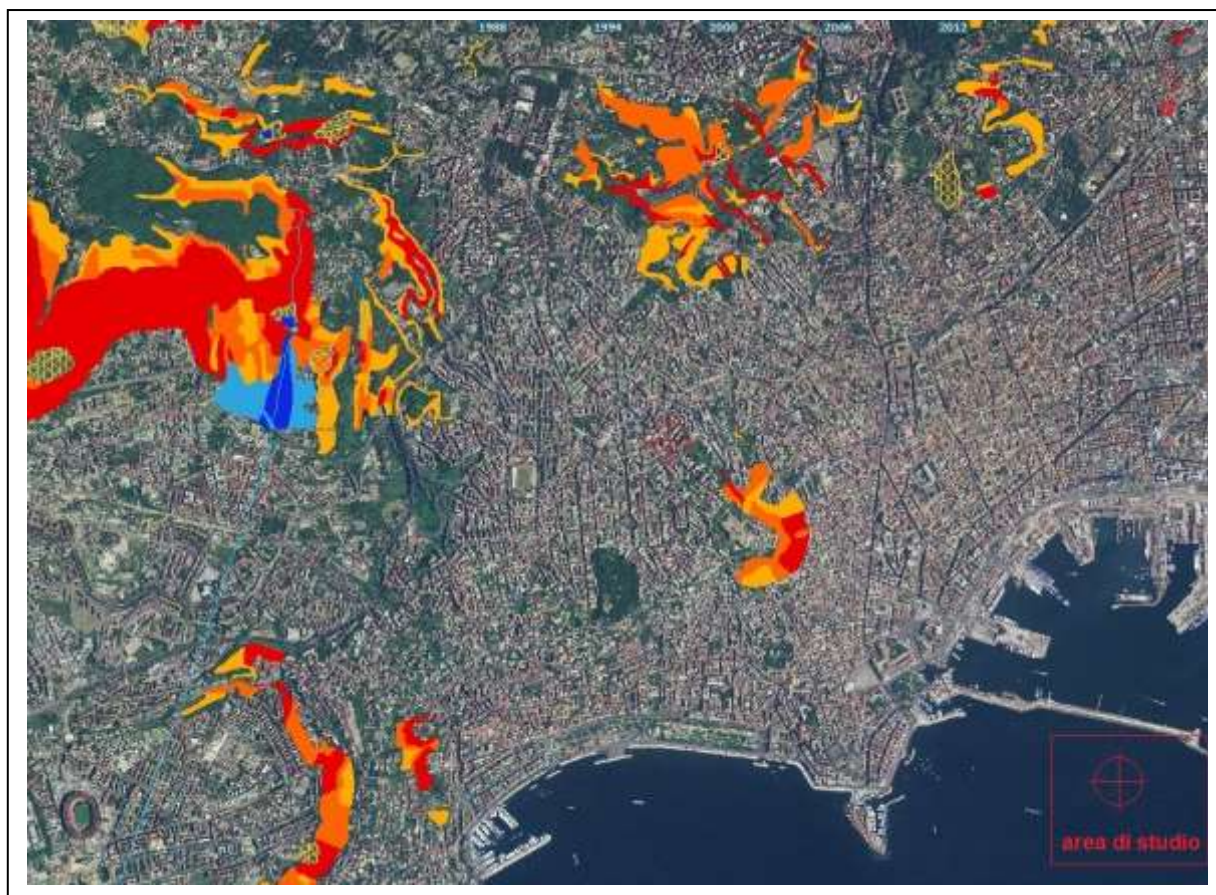


Fig 6_ stralcio del P.S.A.I.

6. Verifica alla Liquefazione

La liquefazione è un fenomeno che si manifesta in concomitanza di eventi sismici di una certa intensità (magnitudo generalmente superiore a 5.5-6.0) e che interessa terreni sabbiosi sciolti posti al di sotto del livello di falda. A seguito del sisma si genera un incremento della pressione interstiziale, tale aumento di pressione causa l'annullamento della resistenza del terreno. Dati di letteratura indicano che questo fenomeno può verificarsi entro i 15-20 m dal p.c. La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- 1) Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
- 2) Profondità media stagionale della falda inferiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- 3) Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{cIN} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{cIN} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- 4) Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

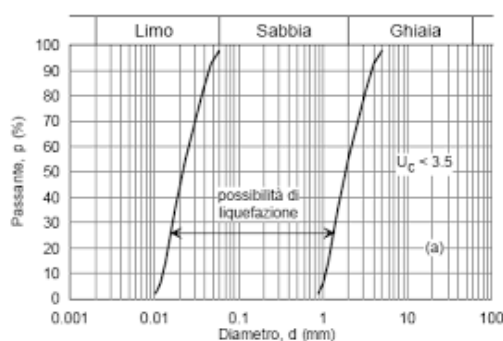


Fig 7_ spettro granulometrico ove esiste possibilità di liquefazione

Nel caso in esame quindi non risulta necessario proseguire a tale verifica, essendo il livello della profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna. In quanto dai risultati delle indagini in sito e dalle successive letture freatrimetriche risulta che, entro i 20,00 m dal p.c. non è stata rinvenuta la falda freatica.

7. Conclusioni

Nel territorio del comune di Napoli prevalgono di gran lunga i prodotti flegrei rispetto a quelli vesuviani, la cui presenza è limitata quasi esclusivamente all'area orientale della città.

Il Tufo Giallo Napoletano è il prodotto vulcanico più rappresentativo della litologia urbana, infatti gli affioramenti si rinvenivano diffusamente sulle aree collinari e ai bordi di queste, ove di fatto costituiscono il basamento della città. La zona interna del Vomero è caratterizzata dall'esistenza del basamento tufaceo ad una profondità media intorno ai 20 m. I materiali di copertura, rappresentano bene la successione dei prodotti recenti.

Per il sito in esame, è stata rinvenuta una complessa successione piroclastica costituita da alternanze di cineriti a granulometria sabbiosa con intercalazioni, talvolta metriche, di pomici da caduta a granulometria sabbioso - ghiaiosa, passanti a sabbie con grana che varia da grossolana a media. I limiti stratigrafici sono determinati dalle differenze granulometriche, di tessitura e di struttura dei terreni. Le caratteristiche fisico – meccaniche generali da tenere in considerazione sono quelle tipiche di terreni con buoni valori di angolo di attrito efficace (ϕ'), densità relativa (D_r) che aumenta con la profondità, e bassi valori di coesione efficace (c'). Per il sito in esame viene riportata l'accelerazione attesa su un sottosuolo rigido compresa tra 0,150 e 0,175, la categoria di suolo, è stata calcolata dai risultati di n° 1 prova sismica del tipo M.A.S.W. che ha mostrato valori di, $V_s (eq) = 467.26$ m/s classificando il suolo come “categoria di suolo B”. Per la definizione dell'amplificazione topografica si adotta il coefficiente T_1 ,

Dal punto di vista del rischio idrogeologico, l'area non presenta rischi legati alla dinamica di versante e alla dinamica dei deflussi superficiali come si evince dalle carte del PAI della regione Campania. Infine non risulta necessario proseguire alla verifica alla suscettività alla liquefazione, essendo il livello della profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna. In quanto dai risultati delle indagini in sito e dalle successive letture freatrimetriche risulta che, entro i 27,00 m dal p.c. non è stata rinvenuta la falda freatica.



**AREA TRASFORMAZIONE DEL TERRITORIO,
SERVIZIO VALORIZZAZIONE DELLA CITTÀ STORICA**

**il R.U.P.
ARCH. MICHELINO MONICA**

**Il Progettista
ING. MIGLIORE GIANCARLO**

**LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL BLOCCO OPERATORIO AL PIANO PRIMO
DEL PADIGLIONE RAVASCHIERI, DI COMPLETAMENTO DELL'
ADEGUAMENTO NORMATIVO ANTINCENDIO E DI COMPLETAMENTO
NORMATIVO DELL'IMPIANTO ELETTRICO DEL PRESIDIO OSPEDALIERO
SANTOBONO DI NAPOLI - CIG 79328044F3 - CUP H62H19000030003**

**Relazione Attività di Georadar in Foro di Sondaggio per la definizione del palo
di fondazione**

| | | | |
|-----------------------|------------|-----------|--------|
| CODICE PROGETTO | DATA | REVISIONE | PAGINE |
| I _ N A P _ 1 5 _ 2 0 | 05/06/2020 | 0 1 | 57 |

Gruppo di Lavoro

| | | | | |
|--|-------------|------------|------------------------------|-----------------------------|
| Ph.D. Geol. Salvatore Costabile | | | Indagini Geofisiche/Georadar | |
| Geol. Enrico papale | | | Indagini Geofisiche | |
| Geol. Giordano Umberto | | | Indagini Geofisiche | |
| rev. | descrizione | data | redatto | verificato |
| 1 | Emissione | 09/06/2020 | Ph.D.Salvatore Costabile | Ph.D.Salvatore Costabile |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |

Sommario

| | |
|---|----|
| 1. PREMESSA | 1 |
| 2. IL METODO GEORADAR: CARATTERISTICHE E LIMITI | 2 |
| 3. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA | 6 |
| 4. ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DEL DATO | 8 |
| 5. RISULTATI | 10 |

1. Premessa

Il seguente report descrive le indagini effettuate presso l'ospedale Santobono di Napoli da parte di GIA Consulting S.r.l., al fine di verificare la profondità dei pali di fondazioni presso il Padiglione Ravaschieri, all'interno del complesso ospedaliero.

Il rilievo in oggetto è stato eseguito con strumentazione georadar in foro impiegando un GPR IDS ADFO borehole a 300 MHz che consiste nel calare l'antenna all'interno di un sondaggio appositamente rivestito in PVC registrando il segnale radar per tutta la sua lunghezza. L'antenna è in grado di rilevare, fino a 40 metri di profondità, le strutture adiacenti al foro, ed è quindi particolarmente efficace per investigare porzioni di sottosuolo o strutture altrimenti non raggiungibili.

2. Il metodo georadar: caratteristiche e limiti

Il metodo di indagine GPR (Ground Penetrating Radar) è una tecnica di prospezione di tipo indiretto che sfrutta la generazione, propagazione e ricezione nel suolo di onde elettromagnetiche nel campo delle onde corte ($0.1 \leq \lambda \leq 100$ m). Le frequenze impiegate possono variare a seconda del tipo di obiettivo e del contesto ambientale in cui si opera fra i 10 MHz e i 2,5 GHz. La tecnica di indagine georadar sfrutta, come già accennato, la capacità di

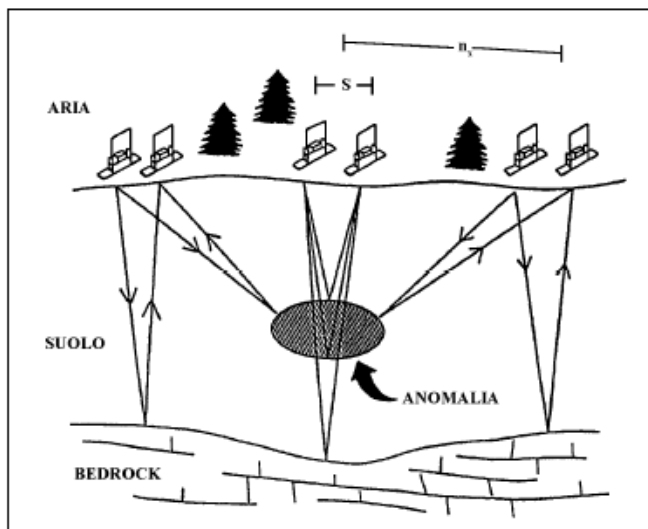


Figura 1 - Localizzazione di un corpo sepolto

rilevare mezzi di diversa permittività relativa e conducibilità, attraverso la riflessione delle onde elettromagnetiche generate da un'antenna. Il percorso dell'onda elettromagnetica all'interno di un mezzo stratificato è vincolato dalle leggi dell'ottica geometrica e dal principio di Fermat. Quando questa incontra l'interfaccia fra mezzi con diverse proprietà elettriche può venire riflessa e/o rifratta

e quindi ritornare in superficie ed essere captata.

Le riflessioni si verificano nel sottosuolo all'interfaccia tra strati con impedenza elettromagnetica diversa (Fig. 2), dovute, per esempio, a cambiamenti litologici, nel contenuto in acqua, nella densità e alla temperatura. Tramite un'antenna vengono irradiati nel sottosuolo impulsi di energia elettromagnetica di brevissima durata (qualche nanosecondo) che vengono riflessi, ricevuti, registrati ed elaborati.

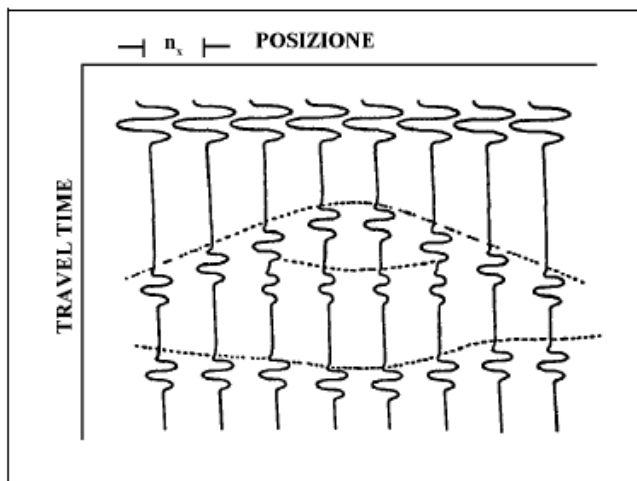


Figura 2 - Esempio di segnale ricevuto dal corpo sepolto

Il tempo impiegato dall'impulso per viaggiare dal trasmettitore al riflettore e ritornare al ricevitore viene misurato e, nel caso che la velocità di propagazione delle onde elettromagnetiche sia nota, si può determinare la profondità di riflessione (Fig. 3). Nelle rappresentazioni schematiche l'onda elettromagnetica viene rappresentata da un raggio in una dimensione ma in realtà quello che si diparte dall'antenna è un fascio di impulsi che si allarga

verso il basso secondo un fronte d'onda sferico, la cui intensità varia secondo il diagramma di irradiazione dell'antenna emittente (Fig. 4).

La risoluzione ottenibile e la profondità di penetrazione e sono funzione rispettivamente della lunghezza d'onda del segnale emesso e dell'attenuazione e dell'assorbimento subito dall'onda nel terreno.

In generale la scelta della frequenza da impiegare in una prospezione georadar rappresenterà il migliore compromesso tra risoluzione richiesta, profondità di indagine, dimensione del "target", necessità logistiche e contesto geologico in cui si opera.

Il Georadar è un metodo che si basa sulla propagazione nel terreno di impulsi elettromagnetici con frequenze comprese tra 15 e 1500 MHz e sulla registrazione dei segnali riflessi o diffratti da discontinuità geometriche o variazioni di caratteristiche elettriche del sottosuolo dovute alla natura geologica del sottosuolo o alla presenza di elementi antropici, quali ad esempio sottoservizi.

Profondità di penetrazione e risoluzione dipendono principalmente dalla frequenza delle antenne. Più la frequenza è alta, maggiore è la risoluzione e minore la profondità raggiunta a causa della dipendenza del coefficiente di attenuazione dell'onda dalla frequenza. Altri fattori che influiscono su profondità e risoluzione sono le proprietà elettromagnetiche del terreno e le caratteristiche geometriche dei bersagli.

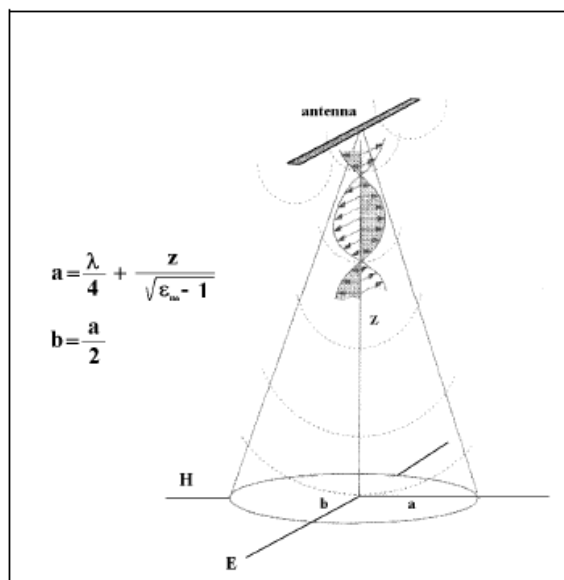


Figura 3 - Cono di emissione di un'antenna GPR

Il GPR è potenzialmente in grado di rilevare qualunque anomalia nel sottosuolo, grazie al contrasto tra le proprietà elettriche del materiale e quelle del terreno. Spesso ad esempio tubi metallici, o altri elementi antropici presenti nel sottosuolo generano una anomalia netta e ben visibile, per via del forte contrasto elettromagnetico.

Ogni variazione di impedenza elettromagnetica genera quindi una riflessione la cui intensità dipende dalle caratteristiche fisiche e geometriche della discontinuità e dalle caratteristiche elettromagnetiche del segnale incidente.

L'acquisizione consiste nel trascinare un'antenna, connessa ad un'unità centrale e nel registrare le riflessioni date dai corpi o dalle discontinuità lineari o puntuali con diverse caratteristiche elettriche nel sottosuolo.

Quello che viene prodotto è un radargramma, ossia una sezione verticale del terreno indagato dove l'asse orizzontale rappresenta la posizione o il numero di traccia registrata, mentre l'asse verticale rappresenta invece il tempo di propagazione (andata e ritorno) del segnale, o la profondità di penetrazione del segnale.

Durante una campagna di prospezione Georadar, la zona nella quale si presume siano presenti gli elementi ricercati viene generalmente investigata secondo profili paralleli. La scelta dell'interdistanza tra i profili dipende dalle dimensioni medie ipotizzate dei corpi sepolti e deve risultare inferiore o uguale a tali dimensioni. In fase di processing, al fine di aumentare l'affidabilità nell'interpretazione ed ottenere una planimetria a profondità o tempi costanti delle riflessioni registrate, vengono prodotte quelle sono definite le time slices, che consistono nell'interpolazione di tutti i profili acquisiti in modo da ottenere un volume tridimensionale del sottosuolo investigato.

È necessario specificare che quando l'impulso radar incontra un'interfaccia continua rispetto alla direzione di movimento dell'antenna, la riflessione viene visualizzata sul radargramma come un elemento lineare continuo.

Quando invece l'impulso incontra un'interfaccia di limitata estensione laterale rispetto alla direzione di movimento dell'antenna od un elemento puntuale (ad esempio tubazioni o elementi geologici di piccole dimensioni), la riflessione viene visualizzata sul radargramma come un'iperbole.

Le iperboli di diffrazione possono essere utilizzate in fase di processing per calcolare una stima della velocità di propagazione dell'onda elettromagnetica nel mezzo attraversato. In pratica, più sarà aperta l'iperbole, maggiore sarà la velocità di propagazione dell'onda attraverso il mezzo. Al contrario, ad un'iperbole più stretta corrisponderà una velocità minore.

Una forte limitazione del metodo georadar è data dalla presenza di formazioni geologiche con alta costante dielettrica le quali tendono ad assorbire, anche totalmente, gli impulsi elettromagnetici.

Nella tabella 1 sono riportati i valori tipici della costante dielettrica relativa ϵ_r , della conducibilità elettrica σ , della velocità v e dell'attenuazione α , osservati per diversi materiali ad una frequenza di 100 MHz:

| <i>Materiale</i> | $\epsilon_r = \epsilon / 0$ | σ mS/m | $V(m/ns)$ | α (dB/m) |
|------------------|-----------------------------|----------------|-----------|-------------------|
| Aria | 1 | 0 | 0.30 | 0 |
| Acqua distillata | 80 | 0.01 | 0.033 | $2 \cdot 10^{-3}$ |
| Acqua dolce | 80 | 0.5 | 0.033 | 0.1 |
| Acqua salata | 80 | $3 \cdot 10^4$ | 0.01 | 103 |
| Sabbie asciutte | 3-5 | 0.01 | 0.15 | 0.01 |
| Sabbie sature | 20-30 | 0.1-1 | 0.06 | 0.03-0.3 |
| Calcare | 4-8 | 0.5-2 | 0.12 | 0.4-1 |
| Argillite | 5-15 | 1-100 | 0.09 | 1-100 |
| Limo | 5-30 | 1-100 | 0.07 | 1-100 |
| Argilla | 5-40 | 2-1000 | 0.06 | 1-300 |
| Granito | 4-6 | 0.01-1 | 0.13 | 0.01-1 |
| Sale asciutto | 5-6 | 0.01-1 | 0.13 | 0.01-1 |

In corrispondenza, quindi, di terreni ad alto contenuto di argilla l'uso di questa tecnologia non permette di ottenere risultati adeguati. La capacità di penetrazione dell'indagine di tale metodologia risulta attenuata anche dalla presenza di solette di cemento rinforzate da reti metalliche.

3. Strumentazione utilizzata

Nella presente indagine è stato effettuato un profilo georadar in foro, calando l'antenna nel sondaggio fino alla profondità di circa 25 metri. Il radargramma risultante ha consentito di individuare una serie di anomalie compatibili con la presenza delle strutture ricercate.

La strumentazione utilizzata consiste in un'unità centrale (DAD) alla quale viene collegata l'antenna radar ed un PC per la gestione dell'acquisizione e del salvataggio dei dati. Il sistema è anche fornito di un odometro che consente di misurare la profondità percorsa dall'antenna all'interno del foro. Per la seguente indagine è stata utilizzata l'antenna da 300 MHz.





Figura 4 - Esecuzione delle indagini georadar in foro.

4. Acquisizione ed elaborazione del dato

I dati sono stati acquisiti con il software K2 FastWave che consente la gestione dei parametri di acquisizione, e la rappresentazione in tempo reale dei radargrammi durante l'acquisizione.

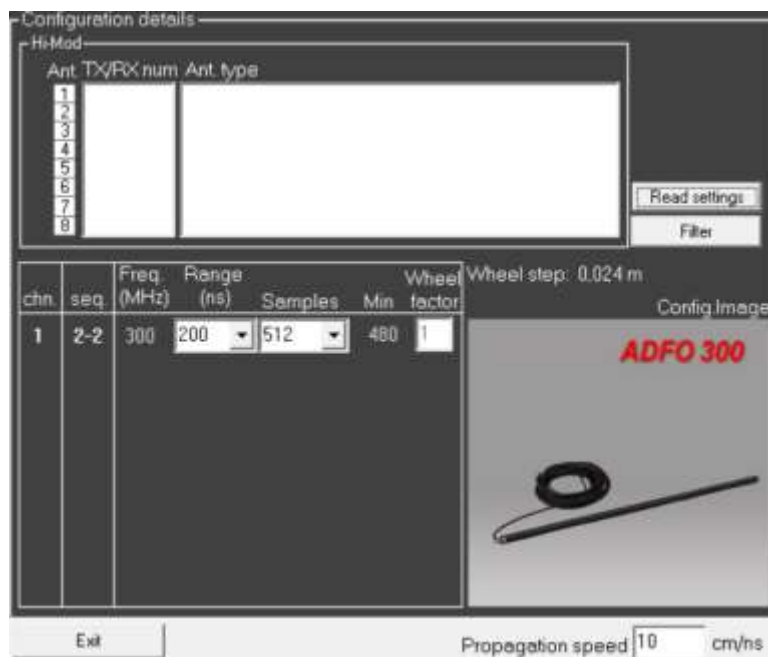


Figura 5 - Software utilizzato per l'acquisizione dei dati GPR, con le impostazioni utilizzate per l'indagine.

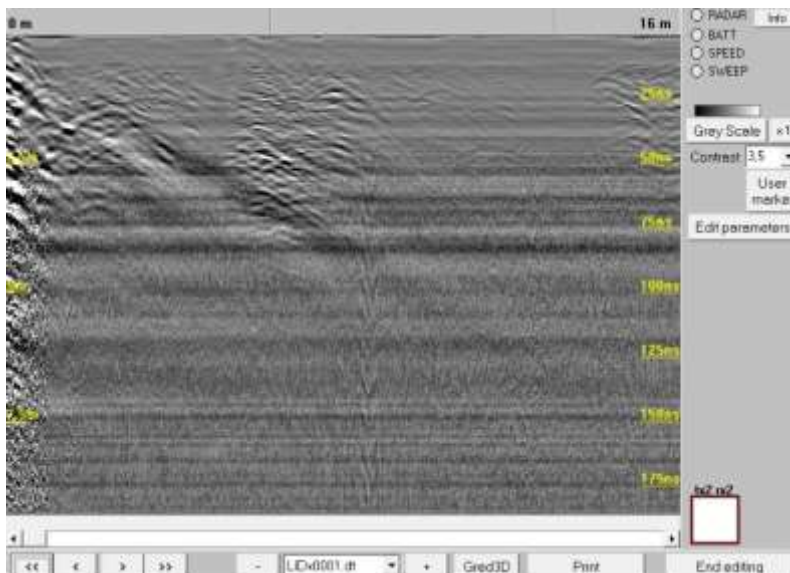


Figura 6 - Schermata di K2 Fastwave durante l'acquisizione del dato.

L'indagine è stata effettuata in corrispondenza del foro di sondaggio ubicato nel Padiglione Ravaschieri all'interno dell'area ospedaliera del Santobono come indicato in Figura 7:



Figura 7 - Ubicazione dell'indagine effettuata

L'indagine è stata effettuata fino ad una profondità di 26 metri (profondità massima raggiunta dal sondaggio).

I dati acquisiti sono poi stati elaborati con il software GRED HD con la quale è stato effettuato il filtraggio e la pulizia del dato. In particolare, è stata effettuata la seguente elaborazione:

- Identificazione del tempo 0 ns;
- Filtro passa banda;
- Background removal;
- Gain (aumento del guadagno).

5. Risultati

Il risultato dell'indagine consiste in un radargramma, che ha permesso di determinare la presenza di diverse discontinuità dovute alla presenza delle strutture antropiche nella vicinanza del sondaggio, e alle discontinuità stratigrafiche.

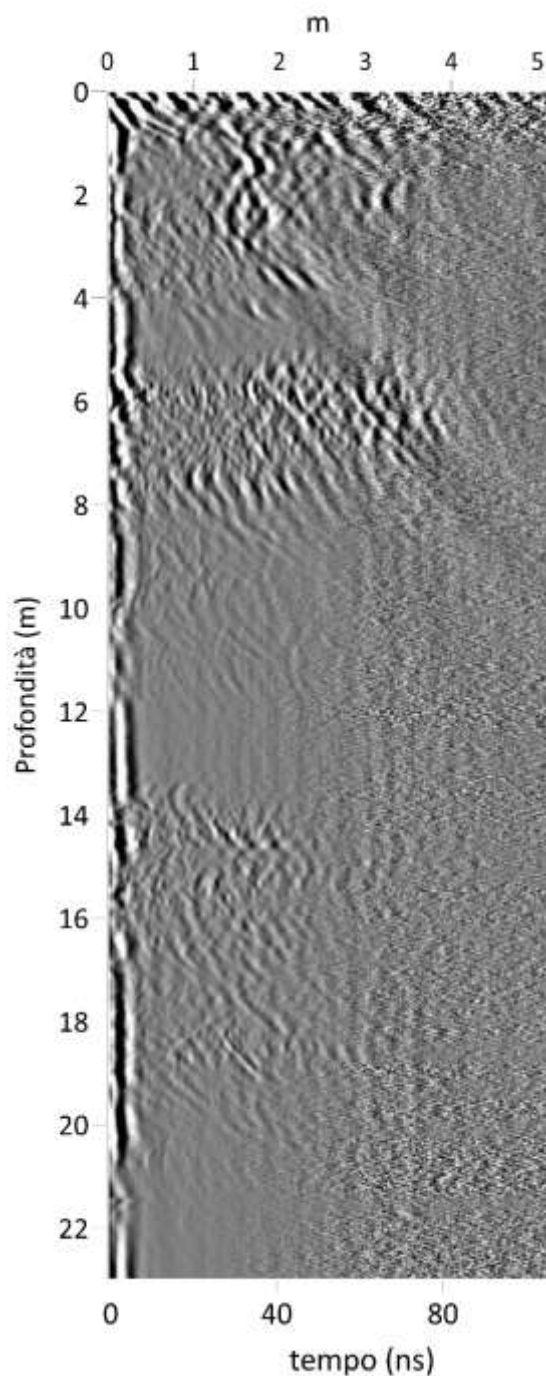


Figura 8 - Radargramma risultante dall'indagine eseguita in foro.

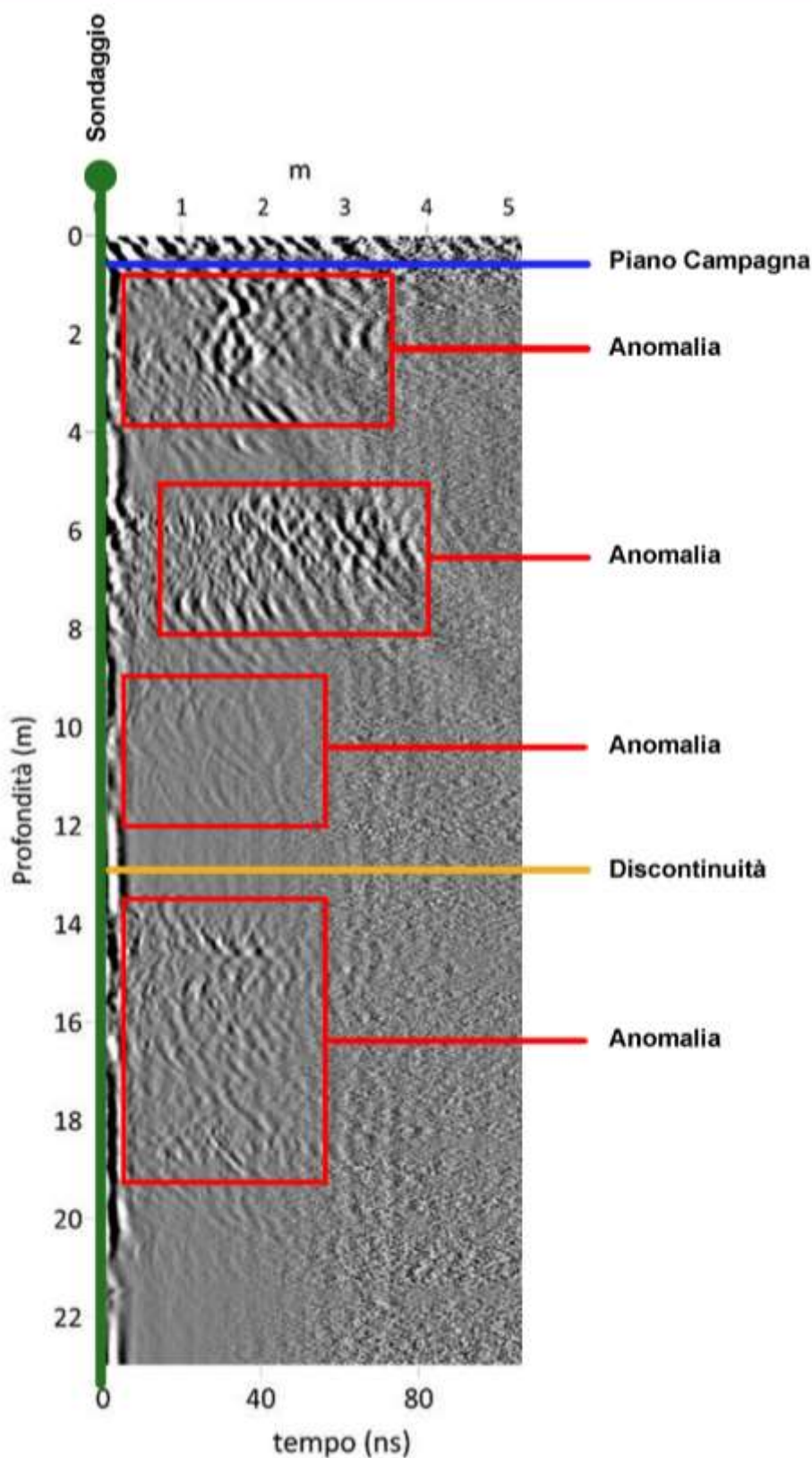


Figura 9 - Interpretazione del radargramma ottenuto

| | |
|--|------------------------|
| Committente: A.O.R.N. - OSPEDALE PAUSILIPON | Sondaggio: S1 |
| Riferimento: ADEGUAMENTO SISMICO STRUTTURALE | Data: 30/05/2020 |
| Coordinate: 435375.00 m E - 452267.00 m N | Quota: 245,00 m.s.l.m. |
| Perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO | |

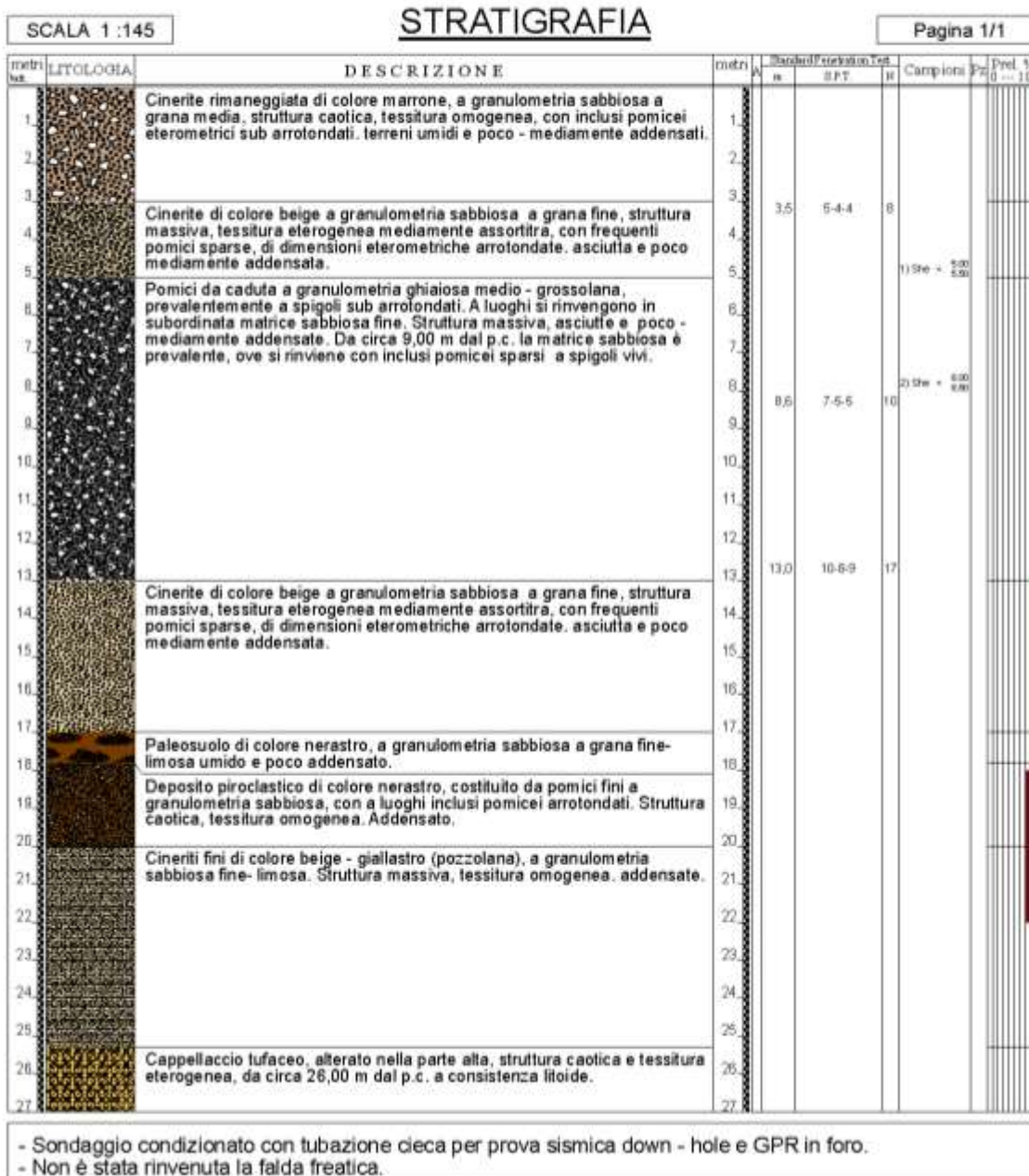


Figura 10 – colonna stratigrafica

A partire dal piano campagna si riconosce una prima anomalia tra circa 1 metro di profondità fino a 2.5 metri. L'anomalia, di elevata intensità si attesta tra a 1,0-1,5 m di distanza dal foro di sondaggio ed è compatibile con la presenza di un plinto di fondazione.

Al di sotto di questa anomalia, si presenta un'altra anomalia di elevata intensità fino ad una profondità di circa 8.5 metri, anomalia questa compatibile con presenza di materiale ferroso in presenza con eventuale palo.

A partire dalla profondità di 9 metri fino a circa 13 metri, si ha la presenza di un livello omogeneo dal punto di vista elettromagnetico, dove si intravedono deboli e particolari anomalie di media intensità.

A circa 13.5 metri, si riconosce una discontinuità dai dati GPR. Questa è compatibile con una discontinuità stratigrafica e sismostratigrafica riconosciuta dai sondaggi effettuati e dalle indagini geofisiche.

Successivamente si riscontrano nuovamente delle anomalie elettromagnetiche fino alla profondità di circa 18 metri in corrispondenza con dei livelli di terreni piroclastici ben addensati per poi passare alla tipica pozzolana con una struttura anch'essa addensata.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------|--|------------------------------|--------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|------------|---|---|---|---|----|
|  | | Azienda Ospedaliera di Rilievo Nazionale SANTOBONO PAUSILIPON | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DIREZIONE SANITARIA-UFFICIO TECNICO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| il R.U.P. Ing. Gerardo Palmieri | | Il Progettista Prof. Ing. Paolo Massarotti | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL BLOCCO OPERATORIO AL PIANO PRIMO DEL PADIGLIONE RAVASCHIERI, DI COMPLETAMENTO DELL' ADEGUAMENTO NORMATIVO ANTINCENDIO E DI COMPLETAMENTO NORMATIVO DELL'IMPIANTO ELETTRICO DEL PRESIDIO OSPEDALIERO SANTOBONO DI NAPOLI - CIG 79328044F3 - CUP H62H19000030003 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <u>REPORT INDAGINI GEOGNOSTICHE</u> SONDAGGI STRATIGRAFICI, CAMPIONI INDISTURBATI E PROVE IN FORO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CODICE PROGETTO <table border="1"> <tr> <td>I</td><td>_</td><td>N</td><td>A</td><td>P</td><td>_</td><td>1</td><td>5</td><td>_</td><td>2</td><td>0</td> </tr> </table> | | I | _ | N | A | P | _ | 1 | 5 | _ | 2 | 0 | DATA <table border="1"> <tr> <td>05/06/2020</td> </tr> </table> | 05/06/2020 | REVISIONE <table border="1"> <tr> <td>0</td><td>1</td> </tr> </table> | 0 | 1 | PAGINE <table border="1"> <tr> <td>57</td> </tr> </table> | 57 |
| I | _ | N | A | P | _ | 1 | 5 | _ | 2 | 0 | | | | | | | | | |
| 05/06/2020 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 57 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gruppo di Lavoro | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ph.D. Geol. Salvatore Costabile | | | Indagini Geofisiche/Georadar | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Geol. Enrico papale | | | Indagini Geofisiche | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Geol. Giordano Umberto | | | Indagini Geofisiche | | | | | | | | | | | | | | | | |
| rev. | descrizione | data | redatto | verificato | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Emissione | 09/06/2020 | Ph.D.Salvatore Costabile | Ph.D.Salvatore Costabile | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Sommario

| | |
|---|----------|
| 1) INDAGINI GEOGNOSTICHE | 3 |
| 1.1)_ SONDAGGI STRATIGRAFICI | 3 |
| 1.2)_ PRELIEVO CAMPIONI INDISTURBATI | 4 |
| 1.3)_ PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE IN FORO TIPO S.P.T. | 4 |
| 1.4)_ CONDIZIONAMENTO DEI FORI DI SONDAGGIO PER INDAGINE GPR E PROVA SISMICA DOWN-HOLE..... | 5 |
| 1.5)_ UBICAZIONE DELLE INDAGINI | 6 |

PREMESSA

A seguito dell'incarico ricevuto da A.O.R.N - Ospedale Pausilipon, la GIA Consulting S.r.l. ha eseguito una campagna d'indagini geognostiche per la caratterizzazione geologica del sottosuolo.

Il piano d'indagine in oggetto ha previsto l' esecuzione di :

- ✓ n° 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo
- ✓ n° 3 prove penetrometriche in foro del tipo S.P.T.,
- ✓ n° 2 prelievi di campioni indisturbati.
- ✓ n° 1 scansione GPR in foro di sondaggio
- ✓ n° 1 prova sismica del tipo Down - Hole
- ✓ n° 1 acquisizioni di sismica passiva del tipo H.V.S.R.

Le indagini si sono svolte presso il padiglione Ravaschieri, nelle aree indicate dalla planimetria dell'ubicazione delle indagini. Queste hanno consentito di ottenere una ricostruzione geologica dei siti investigati.

Le coordinate geografiche sono state rilevate con GPS mod. GARMIN, e riferite al sistema Geodetico UTM - WGS 84, l'ubicazione piano - altimetrica viene riportata di seguito.

1) INDAGINI GEOGNOSTICHE

1.1)_ Sondaggi stratigrafici.

Per la ricostruzione stratigrafica, è stato realizzato n° 1 sondaggio a carotaggio continuo, spinto fino ad una profondità massima di 27,50 m dal p.c., eseguito con una sonda a rotazione CMV 600. Tutte le fasi delle indagini in oggetto, sono state supervisionate da un Geologo per garantire la conformità alle norme AGI (1977) “raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche”. In fase di esecuzione è stata stilata la stratigrafia dei terreni carotati con una descrizione qualitativa dei singoli strati rinvenuti. Inoltre sono stati annotati tutti gli elementi relativi ai campionamenti, alle prove in foro, alla percentuale di carotaggio ed a tutte le eventuali anomalie riscontrate nel corso della perforazione. Le colonne stratigrafiche corredate di tutte le informazioni derivate dalla descrizione dei terreni sono riportate negli allegati tecnici. Nei paragrafi seguenti vengono riportate le tipologie delle prove eseguite e nelle relative tabelle vengono sintetizzate le quantità e le profondità raggiunte. La profondità della falda riportata nella seguente tabella si riferisce alla profondità di rinvenimento e non a quella di stabilizzazione.

| Id Sondaggio | Campioni Indisturbati | S.P.T. | Rinvenimento falda (m dal p.c.) | Profondità (m dal p.c.) |
|--------------|-----------------------|--------|---------------------------------|-------------------------|
| S1 | 2 | 3 | Non rinvenuta | 27,50 |

Tab. 1. Riepilogativa delle quantità principali eseguite durante le indagini geognostiche.

1.2)_ Prelievo campioni indisturbati

Durante l'esecuzione dei sondaggi geognostici, sono stati prelevati dei campioni indisturbati, compatibilmente con la natura dei terreni attraversati, utilizzando un campionatore con fustella a pareti sottili, costituita da un tubo in acciaio inox con angolo di scarpa di circa 15°, (campionatore Shelby), per rendere trascurabile l'alterazione delle caratteristiche fisiche e meccaniche dei terreni campionati. Il prelievo dei campioni indisturbati è avvenuto in conformità con quanto previsto dalle norme "AGI (1977)" seguendo le fasi di seguito riportate:

- ✓ Rivestimento in corso d'opera del sondaggio con tubazione da 127 mm.
- ✓ Manovra di pulizia del foro con carotiere da 101 mm, e verifica della profondità effettiva con scandaglio a fondo foro.
- ✓ Prelievo del campione indisturbato mediante campionatore Shelby.

Successivamente, la fustella, contenente il campione prelevato, è stata sigillata con paraffina fusa, al fine di conservare l'umidità naturale.

Inoltre per i livelli sabbioso-ghiaiosi, e per i livelli particolarmente addensati o consistenti in corrispondenza dei quali non è stato possibile eseguire il campionamento indisturbato, dopo le fasi di perforazione sono stati prelevati dei campioni rimaneggiati dei tratti stratigrafici più significativi.

I campioni prelevati durante le indagini sono riportati nella seguente tabella.

| Sondaggio | ID Campione | Profondità | Campionatore |
|-----------|-------------|-------------|--------------|
| S1 | S1 C1 | 5,00- 5,50 | Shelby |
| S1 | S1 C1 | 8,00 – 8,50 | Shelby |

Tab. 2. Riepilogativa dei campioni indisturbati prelevati durante le indagini geognostiche.

1.3)_ Prove penetrometriche dinamiche in foro tipo s.p.t.

In corso d'opera, sono state eseguite delle prove penetrometriche dinamiche in foro del tipo S.P.T., secondo le modalità contenute nelle Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche "AGI (1977)" seguendo le fasi di seguito riportate:

- ✓ Rivestimento in corso d'opera del sondaggio con tubazione da 127 mm.

- ✓ Manovra di pulizia del foro con carotiere da 101 mm, e verifica della profondità effettiva con scandaglio a fondo foro
- ✓ Esecuzione della prova SPT con campionatore Raymond e registrazione dei colpi necessari per l'infissione di ciascuno dei 3 tratti di 15 cm del campionatore.

Le profondità ed il numero dei colpi registrati dalle prove S.P.T. sono riportati nella seguente tabella:

| Sondaggio | Id. prova | N° S.P.T. | Profondità (m) | Colpi | Tipo di punta |
|-----------|-----------|-----------|----------------|--------|---------------|
| S1 | S1p1 | n°1 | 3,50 | 5-4-4 | Raymond |
| S1 | S1p2 | n°2 | 8,60 | 7-5-5 | Raymond |
| S1 | S1p3 | n°3 | 13,00 | 10-8-9 | Raymond |

Tab.3 Riepilogativa delle prove S.P.T.

1.4)_ Condizionamento dei fori di sondaggio per indagine GPR e prova sismica Down-Hole

Il foro di sondaggio indicato con sigla S1 è stato condizionato con tubazione cieca in PVC per dare seguito alla prova sismica Down –Hole. Anche per questa fase di lavorazione la modalità esecutiva dell'installazione della tubazione è stata condotta in conformità con le raccomandazioni AGI (1977) “Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche”, seguendo le fasi di seguito riportate:

- ✓ Rivestimento in corso d' opera del sondaggio con tubazione da 127 mm.
- ✓ Installazione della tubazione cieca in PVC da 4'' fino a fondo foro, con relativo tubo da 0,3 '' per garantire la cementazione a pressione dal basso verso l'alto.
- ✓ Riempimento graduale dell'intercapedine tra tubazione in PVC da 4''e tubazione di rivestimento, fino al boccaforo e rimozione graduale della tubazione di rivestimento.

Infine a protezione del boccaforo è stato installato un chiusino carrabile prefabbricato in ghisa.

1.5)_ Ubicazione delle Indagini

Le coordinate geografiche sono state rilevate con GPS mod. GARMIN, e riferite al sistema Geodetico UTM - WGS 84, l'ubicazione piano - altimetrica viene riportata nella seguente immagine.

| Sigla Sondaggio | E | N | Quota (m.s.l.m.m.) | Profondità (m dal p.c.) |
|-----------------|---------------|----------------|--------------------|-------------------------|
| S1 | 435375.00 m E | 4522267.00 m N | 164,00 | 27,30 |

Tab.4 Riepilogativa delle coordinate delle indagini.

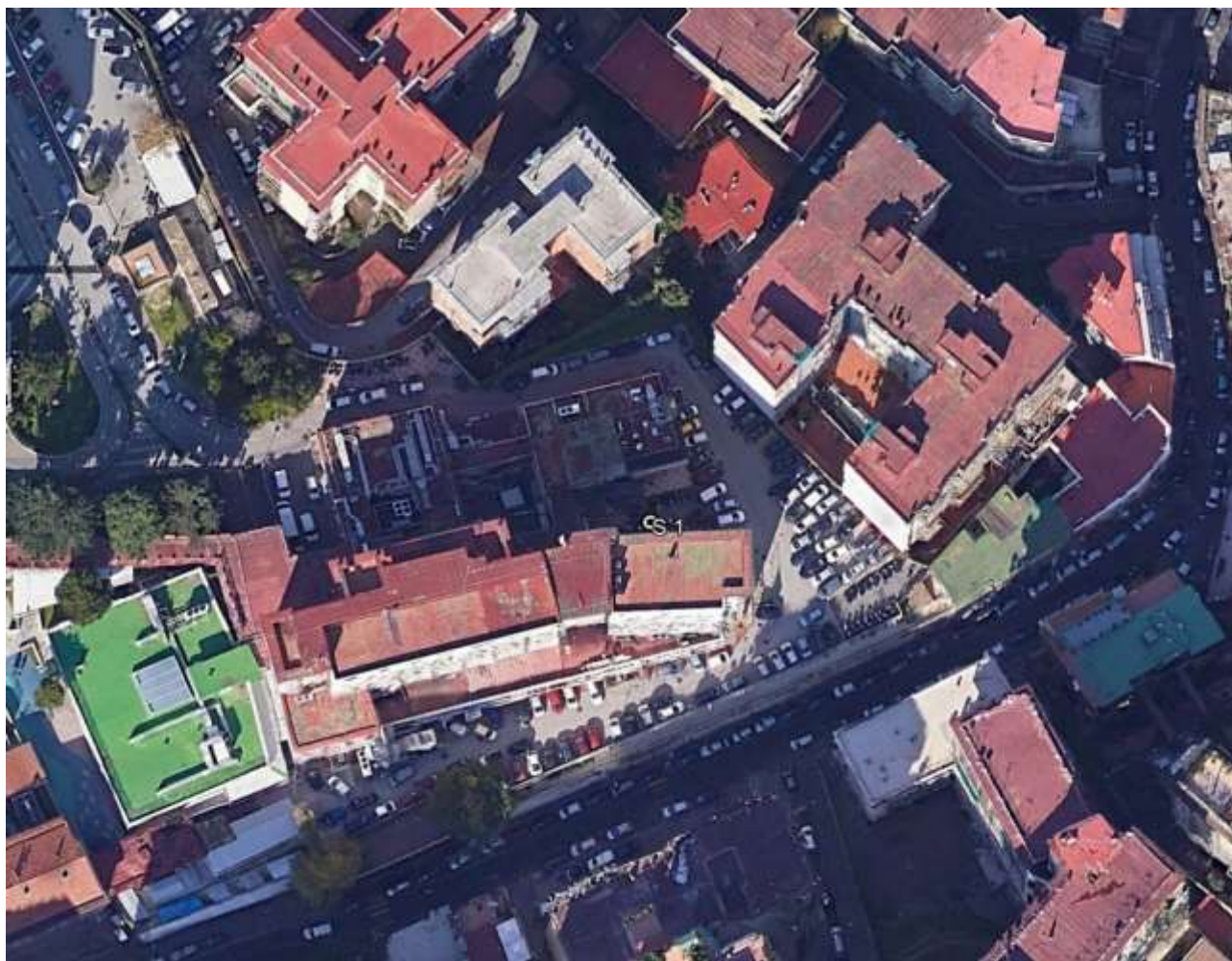


Fig.1 Ubicazione delle indagini



| | |
|--|--------------------------|
| Committente: A.O.R.N. - OSPEDALE PAUSILIPON | Sondaggio: S1 |
| Riferimento: ADEGUAMENTO SISMICO STRUTTURALE | Data: 30/05/2020 |
| Coordinate: 435375.00 m E - 4522267.00 m N | Quota: 164,00 m.s.l.m.m. |
| Perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO | |

SCALA 1:145

STRATIGRAFIA

Pagina 1/1

| metri met | LITOLOGIA | DESCRIZIONE | metri m | Standard Penetration Test SPT | h | Campioni | Pz | Prel. % 0 - 100 |
|--------------|-----------|--|------------|----------------------------------|--------|----------|-----------------------|--------------------|
| 1 | | Cinerite rimaneggiata di colore marrone, a granulometria sabbiosa a grana media, struttura caotica, tessitura omogenea, con inclusi pomicei eterometrici sub arrotondati. terreni umidi e poco - mediamente addensati. | 1 | | | | | |
| 2 | | | 2 | | | | | |
| 3 | | | 3 | | | | | |
| 4 | | Cinerite di colore beige a granulometria sabbiosa a grana fine, struttura massiva, tessitura eterogenea mediamente assortita, con frequenti pomici sparse, di dimensioni eterometriche arrotondate. asciutta e poco mediamente addensata. | 4 | 3,5 | 5-4-4 | 8 | | |
| 5 | | | 5 | | | | 1) She = 8,00 8,50 | |
| 6 | | Pomici da caduta a granulometria ghiaiosa medio - grossolana, prevalentemente a spigoli sub arrotondati. A luoghi si rinvencono in subordinata matrice sabbiosa fine. Struttura massiva, asciutte e poco - mediamente addensate. Da circa 9,00 m dal p.c. la matrice sabbiosa è prevalente, ove si rinviene con inclusi pomicei sparsi a spigoli vivi. | 6 | | | | | |
| 7 | | | 7 | | | | | |
| 8 | | | 8 | | | | 2) She = 8,00 8,50 | |
| 9 | | | 9 | 8,6 | 7-5-5 | 10 | | |
| 10 | | | 10 | | | | | |
| 11 | | | 11 | | | | | |
| 12 | | | 12 | | | | | |
| 13 | | | 13 | 13,0 | 10-8-9 | 17 | | |
| 14 | | Cinerite di colore beige a granulometria sabbiosa a grana fine, struttura massiva, tessitura eterogenea mediamente assortita, con frequenti pomici sparse, di dimensioni eterometriche arrotondate. asciutta e poco mediamente addensata. | 14 | | | | | |
| 15 | | | 15 | | | | | |
| 16 | | | 16 | | | | | |
| 17 | | | 17 | | | | | |
| 18 | | Paleosuolo di colore nerastro, a granulometria sabbiosa a grana fine-limosa umido e poco addensato. | 18 | | | | | |
| 19 | | Deposito piroclastico di colore nerastro, costituito da pomici fini a granulometria sabbiosa, con a luoghi inclusi pomicei arrotondati. Struttura caotica, tessitura omogenea. Addensato. | 19 | | | | | |
| 20 | | | 20 | | | | | |
| 21 | | Cineriti fini di colore beige - giallastro (pozzolana), a granulometria sabbiosa fine- limosa. Struttura massiva, tessitura omogenea. addensate. | 21 | | | | | |
| 22 | | | 22 | | | | | |
| 23 | | | 23 | | | | | |
| 24 | | | 24 | | | | | |
| 25 | | | 25 | | | | | |
| 26 | | Cappellaccio tufaceo, alterato nella parte alta, struttura caotica e tessitura eterogenea, da circa 26,00 m dal p.c. a consistenza litoide. | 26 | | | | | |
| 27 | | | 27 | | | | | |

- Sondaggio condizionato con tubazione cieca per prova sismica down - hole e GPR in foro.
- Non è stata rinvenuta la falda freatica.





| | | | |
|---|--|--|--|
| Committente: A.O.R.N. SANTO BONO – PAUSILIPON | | data : 30/05/2020 | |
| Riferimento: ADEGUAMENTO SISMICO | | sigla sondaggio: S1 | |
|  | |  | |
| S1 C1 0,00 – 5,00 m | | S1 C2 5,00-10,00 m | |
|  | |  | |
| S1 C3 10,00 -15,00 m | | S1 C4 15,00 -20,00 m | |
|  | |  | |
| S1 C5 20,00 – 25,00 m | | S1 C6 25,00 – 27,30 | |



gia CONSULTING
geologia - ingegneria - ambiente

SIRIO INGEGNERIA
CONSORZIO STABILE




DIREZIONE SANITARIA-UFFICIO TECNICO

il R.U.P.
Ing. Gerardo Palmieri

Il Progettista
Prof. Ing. Paolo Massarotti

LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL BLOCCO OPERATORIO AL PIANO PRIMO DEL PADIGLIONE RAVASCHIERI, DI COMPLETAMENTO DELL'ADEGUAMENTO NORMATIVO ANTINCENDIO E DI COMPLETAMENTO NORMATIVO DELL'IMPIANTO ELETTRICO DEL PRESIDIO OSPEDALIERO SANTOBONO DI NAPOLI - CIG 79328044F3 - CUP H62H19000030003

REPORT INDAGINI GEOFISICHE (MASW, DOWN HOLE E HVSR)

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|---|-------------|---|---|---|------------|---|---|--------------------------|------|------------------------------|-----------------------------|---|--------|----|
| CODICE PROGETTO | | | | | | | | | | DATA | | REVISIONE | | PAGINE | |
| I | _ | N | A | P | _ | 1 | 5 | _ | 2 | 0 | 05/06/2020 | | 0 | 1 | 57 |
| Gruppo di Lavoro | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ph.D. Geol. Salvatore Costabile | | | | | | | | | | | Indagini Geofisiche/Georadar | | | | |
| Geol. Enrico papale | | | | | | | | | | | Indagini Geofisiche | | | | |
| Geol. Giordano Umberto | | | | | | | | | | | Indagini Geofisiche | | | | |
| rev. | | descrizione | | | | data | | | redatto | | | verificato | | | |
| 1 | | Emissione | | | | 09/06/2020 | | | Ph.D.Umberto Giordano | | | Ph.D.Salvatore Costabile | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | |

Sommario

| | |
|---|-----------|
| PREMESSA | 1 |
| 1. METODOLOGIE GEOFISICHE UTILIZZATE | 2 |
| 1.1 INDAGINE SISMICA MASW | 2 |
| 1.1.1 Cenni teorici..... | 2 |
| 1.1.2 Strumentazione utilizzata e tecniche operative | 3 |
| 1.1.3 Elaborazione dei dati..... | 4 |
| 1.2 RILIEVO SISMICO HVSR | 5 |
| 1.2.1 Cenni teorici..... | 5 |
| 1.2.2 Strumentazione utilizzata ed elaborazione dei dati | 6 |
| 1.3 INDAGINE DOWN HOLE | 7 |
| 1.3.1 Fori di sondaggio ed operazioni accessorie | 7 |
| 1.3.2 Cenni teorici, Strumentazione utilizzata ed elaborazione dei dati | 7 |
| 2. INDAGINI GEOFISICHE | 10 |
| 2.1 ELABORAZIONE MASW | 12 |
| 2.1.1 Acquisizione dei dati..... | 12 |
| 2.1.2 Elaborazione dei dati e risultati..... | 12 |
| 2.2 HVSR | 16 |
| 2.2.1 Acquisizione dei dati..... | 16 |
| 2.2.2 Elaborazione dei dati e risultati..... | 17 |
| 2.3 DOWN HOLE | 21 |
| 2.3.1 Acquisizione dei dati..... | 21 |
| 2.3.2 Elaborazione dei dati e risultati..... | 21 |
| 3. CONSIDERAZIONI FINALI..... | 26 |

PREMESSA

Il Consorzio SIRIO Ingegneria nell'ambito dei "Lavori di realizzazione del blocco operatorio al piano primo del Padiglione Ravaschieri, di completamento dell'adeguamento normativo antincendio e di completamento normativo dell'impianto elettrico del Presidio Ospedaliero Santobono di Napoli" ha affidato alla scrivente Società "GIA Consulting S.r.l." le indagini geofisiche da svolgere all'interno del complesso ospedaliero per la caratterizzazione sismostratigrafica del sottosuolo.

Il piano d'indagine in oggetto ha previsto:

- ✓ esecuzione di n° 1 indagine sismica di tipo attivo MASW.
- ✓ esecuzione di n° 1 indagini sismica di tipo passivo HVSR.
- ✓ Esecuzione di n° 1 indagine sismica in foro di tipo DOWN HOLE.

Le indagini si sono svolte nei pressi del padiglione Ravaschieri, nelle aree indicate dalla planimetria dell'ubicazione delle indagini in allegato. Queste hanno consentito di ottenere una ricostruzione sismostratigrafica dei siti investigati e la classificazione del sottosuolo secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC2018).

Sono state inoltre ricavate le frequenze fondamentali di vibrazione del sottosuolo mediante la tecnica di indagine sismica passiva HVSR.

1. Metodologie geofisiche utilizzate

1.1 INDAGINE SISMICA MASW

1.1.1 Cenni teorici

Al fine di caratterizzare la risposta sismica del sito in esame sono state effettuate una serie di acquisizioni MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves, analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva – e.g. Park et al., 1999) utili a definire il profilo verticale della V_s (velocità di propagazione delle onde di taglio).

Nel loro insieme, le procedure adottate sono state eseguite in accordo alle norme tecniche per le costruzioni del DM 17 gennaio 2018.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

con:

h_i spessore dell' i -esimo strato;

$V_{s,i}$ 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/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30.0 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro V_{s30} , ottenuto ponendo $H=30.0$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Il rilievo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi), che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo.

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

In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.

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

Il metodo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30.0m-50.0m, in funzione della rigidità del suolo.

1.1.2 Strumentazione utilizzata e tecniche operative

La strumentazione utilizzata è costituita da tre componenti principali: la sorgente, i ricevitori e l'acquisitore digitale (sismografo). Per l'acquisizione e la registrazione dei dati è stata impiegata la seguente attrezzatura:

- sismografo digitale MAE X820S (Figura 1)



Figura 1 - Sismografo utilizzato per effettuare le indagini sismiche di tipo MASW

- Cavo con 24 collegamenti per geofoni;
- 24 geofoni a componente verticale con frequenza di 4.5 Hz

Una volta ultimato lo stendimento vengono effettuate delle energizzazioni attraverso una mazza battente di 8 Kg.

I profili sismici eseguiti hanno una lunghezza di 58 metri costituiti da 24 geofoni distanziati di 2.5 m. Per ogni stendimento sono state effettuate molteplici registrazioni. In particolare, sono stati effettuati shots a 3, 4, 5 volte la spaziatura geofonica per ogni estremo dello stendimento ottenendo 6 registrazioni di onde superficiali. Gli shots sono stati quindi eseguiti alle seguenti distanze a partire dai geofoni posti alle estremità degli stendimenti:

- 7.5 m
- 10 m
- 12.5 m

1.1.3 Elaborazione dei dati

Dopo l'acquisizione dei dati, l'elaborazione con il metodo MASW prevede tre fasi di lavoro:

- la prima fase prevede il calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale,
- la seconda fase consiste nel calcolare la velocità di fase apparente numerica,
- la terza ed ultima fase consiste nell'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , modificando opportunamente lo spessore h , le velocità delle onde di taglio V_s e di compressione V_p (o in maniera alternativa alle velocità V_p è possibile assegnare il coefficiente di Poisson), la densità di massa degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo assegnato.

Questi passaggi consentono in di risalire alla stratigrafia sismica in termini di velocità delle onde di taglio (V_s) e di conseguenza alla categoria di suolo.

I dati delle prove MASW sono stati elaborati con il software WinMASW 2018 Lite (www.eliosoft.it).

1.2 RILIEVO SISMICO HVSR

1.2.1 Cenni teorici

Il metodo HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) utilizza segnali sismici ottenuti da stazione sismica singola (tromografo digitale TROMINO) che misura il tremore sismico. Attraverso i rapporti spettrali di tali segnali, si ha la possibilità di effettuare la misura immediata della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo, parametro che può essere correlato con gli effetti di sito.

La prova sismica passiva a stazione singola mette in luce le frequenze alle quali il moto del terreno viene amplificato per risonanza stratigrafica locale, in quanto il rumore sismico agisce come sorgente di eccitazione dei terreni costituenti il sub-strato. In particolare, un suolo vibra con maggiore ampiezza a specifiche frequenze (per l'appunto di risonanza) non solo quando è eccitato da un terremoto, ma anche quando è eccitato da un tremore di qualsiasi origine.

Questo fa sì che la misura delle frequenze di risonanza dei terreni sia possibile ovunque ed in modo semplice, anche in assenza di terremoti. Le frequenze a cui si manifesta la risonanza sono descritte dalla relazione: $f = V_s / 4h$ (formula semplificata) dove V_s è la velocità delle onde di taglio nello strato che risuona e h è lo spessore di detto strato. La prova, comunemente nota con il termine H/V o HVSR (rapporto tra le componenti spettrali orizzontali H e verticale V) fu applicata per la prima volta da Nogoshi e Igarashi(1970) e resa popolare da Nakamura (1989). Infatti è proprio dal grafico del rapporto tra le componenti spettrali orizzontale e verticale che viene evidenziata la frequenza (o più frequenze se si è in presenza di un profilo stratigrafico multistrato con contrasti di impedenza significativi) attraverso un "picco" della curva (in genere dovuto ad un minimo della componente verticale, riscontrabile negli spettri delle singole componenti).

1.2.2 Strumentazione utilizzata ed elaborazione dei dati

Per eseguire le indagini HVSR è stato utilizzato un tromografo digitale TROMINO (Figura 2). Lo strumento è dotato di tre sensori velocimetrici elettrodinamici ortogonali ad alta risoluzione, i quali trasmettono il segnale ad un sistema di acquisizione digitale a basso rumore.



Figura 2 - Tromino utilizzato per effettuare le indagini di sismica passiva di tipo HVSR.

L'ancoraggio al suolo avviene tramite infissione di appositi piedini; l'orizzontalità è controllata per mezzo di una bolla sferica.

Il TROMINO viene posizionato con il suo asse maggiore allineato nella direzione N-S e messo in opera nel punto considerato più opportuno nel sito oggetto di indagine. Ottenuto il miglior accoppiamento dei sensori con il terreno viene messo in acquisizione per 20 min. con una frequenza di campionamento di 128 Hz. Su memoria interna vengono salvati in un unico file i dati rilevati in automatico; si tratta delle velocità misurate secondo le direzioni ortogonali est-ovest, nord-sud (dello strumento) e sulla verticale.

I dati registrati vengono poi elaborati mediante il software Grilla.

1.3 INDAGINE DOWN HOLE

L'indagine di tipo Down Hole è volta alla misura del tempo che impiegano le onde sismiche; P ed S ad attraversare i terreni ed essere registrate da un geofono che è calato in foro e viene fatto risalire misurando a step costanti, in questo caso la misura è stata effettuata ogni metro.

1.3.1 Fori di sondaggio ed operazioni accessorie

Il sondaggio geognostico e le operazioni preliminari necessarie per la loro preparazione al fine dell'indagine down-hole, sono state eseguite a cura dell'impresa GIA Consulting S.r.l di Napoli (NA), che ha fornito per il sito il rapporto tecnico di caratterizzazione stratigrafica. Per motivi di rappresentazione grafica, nella presente relazione si potrà fare ricorso a stratigrafie semplificate, che in nessun modo sono sostitutive delle stratigrafie complete, ma hanno il solo scopo di una migliore leggibilità ai fini del confronto delle stratigrafie con i risultati delle prove downhole. A seguito della perforazione, il foro di sondaggio è stato opportunamente attrezzato con tubo di rivestimento in PVC di diametro interno pari a 80 mm, ed è stata eseguita la cementazione dell'intercapedine foro-tubo, in modo da garantire la continuità del contatto terreno-tubazione su tutta la verticale di sondaggio. Una volta terminate le operazioni di rivestimento e cementazione, l'interno dei tubi è stato lavato con acqua pulita e lasciato pieno d'acqua. Al fine di garantire una completa ed ottimale cementazione, la prova geofisica è stata eseguita successivamente alle operazioni di posa del rivestimento. Come definito dalle norme tecniche ASTM D7400 (Standard Test Methods for Downhole Seismic Testing). Preliminarmente alla prova downhole, il foro di sondaggio è stato svuotato completamente dall'acqua presente, ai fini di massimizzare l'ampiezza in ricezione dell'onda SH generata in superficie.

1.3.2 Cenni teorici, Strumentazione utilizzata ed elaborazione dei dati

La strumentazione utilizzata è costituita da tre componenti principali: la sorgente, i ricevitori e l'acquisitore digitale (sismografo). Le caratteristiche delle sorgenti da impiegare sono principalmente legate al tipo di perturbazione sismica che si vuole generare. Generalmente, è necessario impiegare tipologie differenti a seconda che si vogliano generare principalmente onde P o onde S. Per la generazione prevalente di onde SH si è impiegata una sorgente in legno (traversina) percossa con una mazza da 8 kg longitudinalmente. Per quanto riguarda le onde P, esse vengono ricavate da una prova che impiega battute verticali su piastra metallica. Per l'acquisizione e la registrazione dei dati si è impiegato il sismografo digitale a 48 canali Ambrogeo ECHO 48 2014[©] di Ambrogeo, con intervallo

di campionamento da 32 μ s a 956 μ s. Il sismografo si interfaccia con un pc esterno su cui è possibile visualizzare in tempo reale il dato acquisito e nello stesso tempo monitorare il livello del rumore ambientale. Completa la strumentazione il Geofono tridirezionale Abrogeo[®] (Frequenza nominale 14 Hz, Figura 3), il quale viene ancorato alla parete del foro tramite meccanismo di serraggio elettrico in metallo, controllato tramite un'unità remota. A seguito di alcune misure preliminari, sono stati selezionati i parametri di acquisizione:

- Intervallo di campionamento: $\Delta t = 62.5 \mu$ s
- Lunghezza della traccia: $T_1 = 1.024$ s
- Filtri in acquisizione: NO
- Salvataggio: manuale
- Energizzazione: azionamento manuale
- Stacking: SI - Formato file: SEG2 (Pullan 1990)
- Acquisizione separata rilievi onde P ed onde S.

I dati vengono acquisiti posizionando la sorgente ad una distanza fissa dal foro di sondaggio, e spostando successivamente il geofono tridirezionale a diverse profondità. Le stazioni di misura sono poste ad intervalli di 1 metro lungo la verticale del foro. Per ciascuna stazione di misura il numero di energizzazioni ripetute (stacking) ed il numero di registrazioni è stato scelto sulla base della stima in tempo reale del rapporto segnale-rumore. In linea di principio, le letture sono da effettuarsi individuando i tempi di primo arrivo dal verso opposto della partenza dell'onda S sulla componente trasversale di sismogrammi registrati alla stessa profondità e relativi alle due direzioni di energizzazione disposte a 180 (figura 4). L'interpretazione delle misure viene eseguita ipotizzando una propagazione rettilinea tra sorgente e ricevitore, generalmente considerata valida per le piccole distanze in gioco in un'indagine di questo tipo.



Figura 3. Geofono Triassiale Ambrogeo

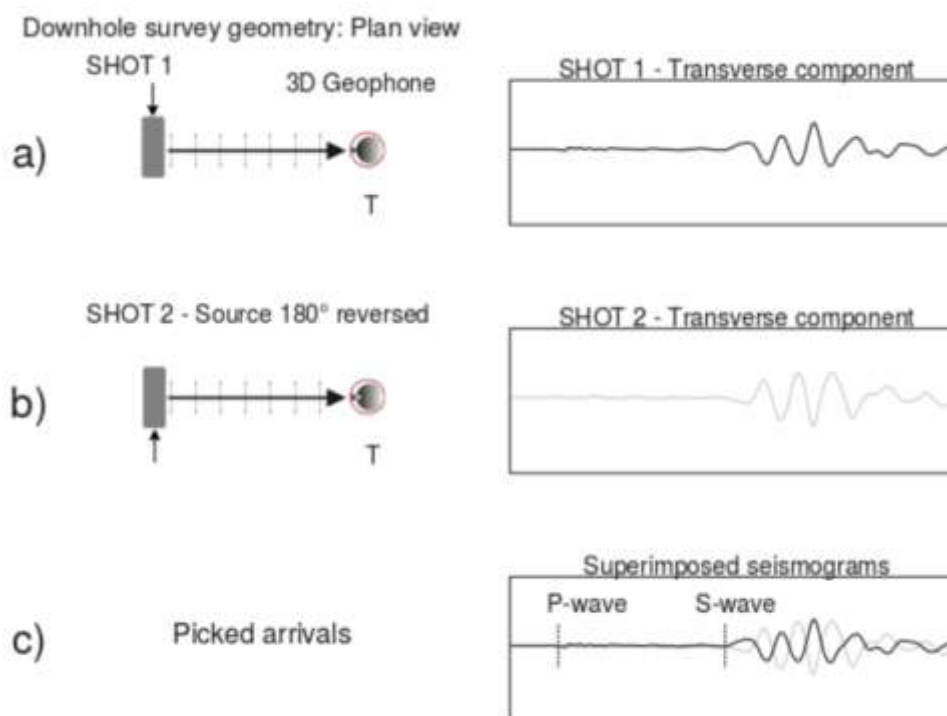


Figura 4. Geometria di acquisizione. (Cercato et al., 2010)

2. INDAGINI GEOFISICHE

Nel piano d'indagini in oggetto, sono state eseguite analisi sismiche attive di tipo MASW e DOWN HOLE e indagini sismiche di tipo passivo HVSR, per la caratterizzazione sismica del sottosuolo. Le fasi di esecuzione delle indagini sono state condotte in conformità a quanto previsto dalle norme:

ASTM D6429 – 99 (2011) e 1 Standard Guide for Selecting Surface Geophysical Methods

Progetto SESAME (Site EffectS Assessment using AMbient Excitations, 2004); European Commission, n. EVG1-CT-2000-00026

Nella seguente tabella vengono riportati il numero e le quantità principali delle prove eseguite

| Indagine | Quantità | Geofoni | Interdistanza geofonica | Frequenza geofoni | Numero energizzazioni |
|----------|----------|---------|-------------------------|-------------------|-----------------------|
| MASW | 1 | 24 m | 1.0 m | 4.5 Hz | 2 |

| Indagine | Quantità | Durata (min) | Frequenza Campionamento |
|----------|----------|--------------|-------------------------|
| HVSR | 1 | 20 | 512 Hz |

| Indagine | Quantità (m) | Geofono utilizzato | Intervallo di campionamento |
|-----------|--------------|---------------------|-----------------------------|
| DOWN HOLE | 24 | Ambrogeo triassiale | 62.5 μ s |



Figura 5. Ubicazione delle indagini geofisiche.

2.1 ELABORAZIONE MASW

2.1.1 Acquisizione dei dati

Lo stendimento per la prova MASW è stato ubicato a ridosso del padiglione Ravaschieri, cercando di far coincidere, per quanto logisticamente possibile, il centro dello stendimento con il punto in cui è stato effettuato il sondaggio e con il punto in cui è stata presa la misura di HVSR per poter confrontare successivamente i dati acquisiti.

Data l'impossibilità di infilare il puntale nel terreno, per posizionare i geofoni, sono state utilizzate delle apposite basette per l'utilizzo su asfalto o su substrati rigidi al fine di renderli il più solidali possibile con il terreno (Figura 6).



Figura 6. Stendimento MASW

2.1.2 Elaborazione dei dati e risultati

Al termine dell'indagine si è ottenuto un database di tracce, sismogrammi. Da queste si è passato ai relativi spettri di velocità calcolati. I segnali delle tracce sono stati debitamente filtrati e puliti attraverso il software WinMASW Lite.

Dopodichè sullo spettro di velocità medio, è stato effettuato il processo di picking dei massimi di ampiezza del modo fondamentale e degli eventuali modi superiori. Successivamente mediante il processo di inversione, si ottiene il profilo di velocità con la profondità che permette di definire il parametro V_{Seq} .



Tracce acquisite:

dataset: 01.sgy
sampling: 0.256 ms
minimum offset: 1 m
geophone spacing: 1 m

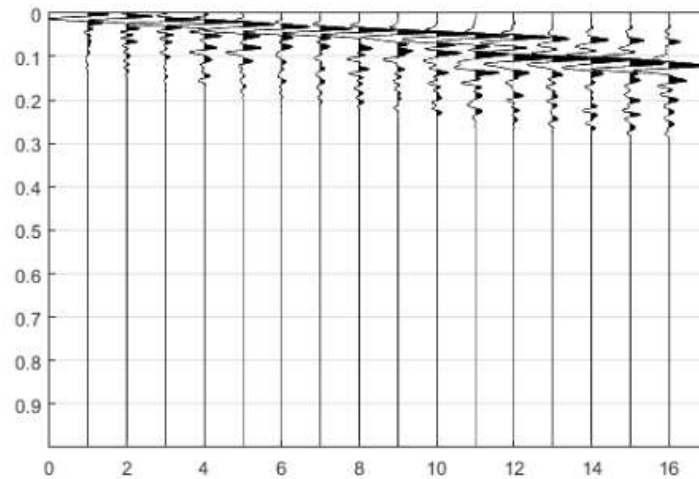
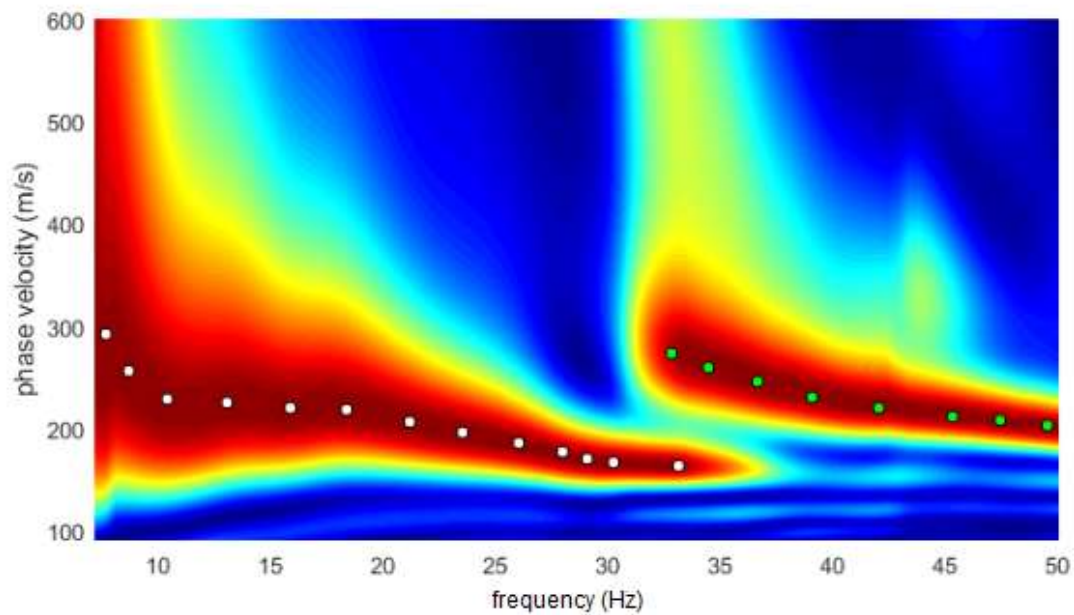


Figura 7. Tracce acquisite

Spettri di velocità:



Risultati dell'inversione e modello stratigrafico del sottosuolo

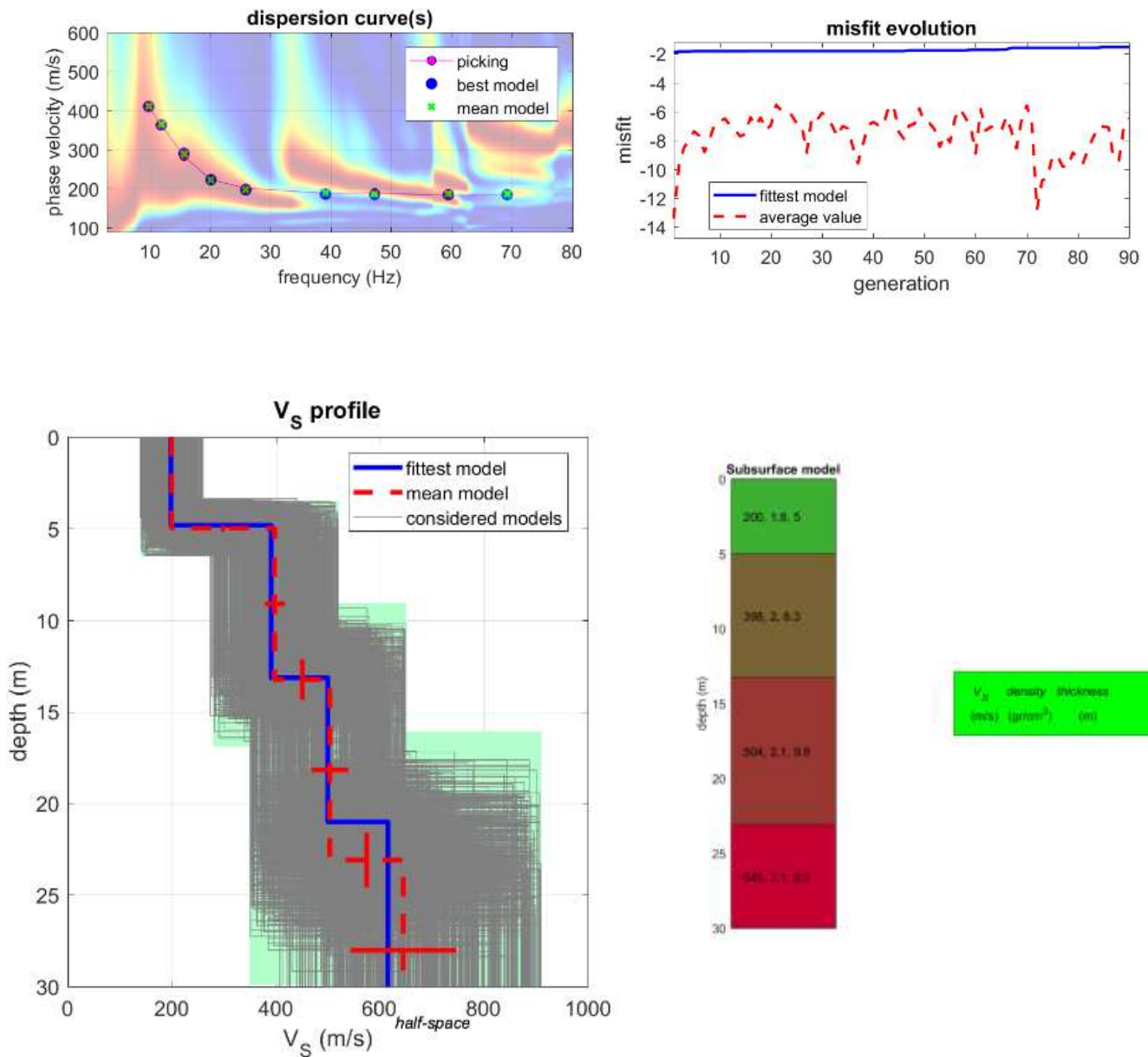


Figura 8. Risultati dell'inversione e modello sismostratigrafico

Le elaborazioni effettuate hanno consentito di determinare la velocità delle V_S e di determinare quindi la categoria di suolo nell'area investigata:

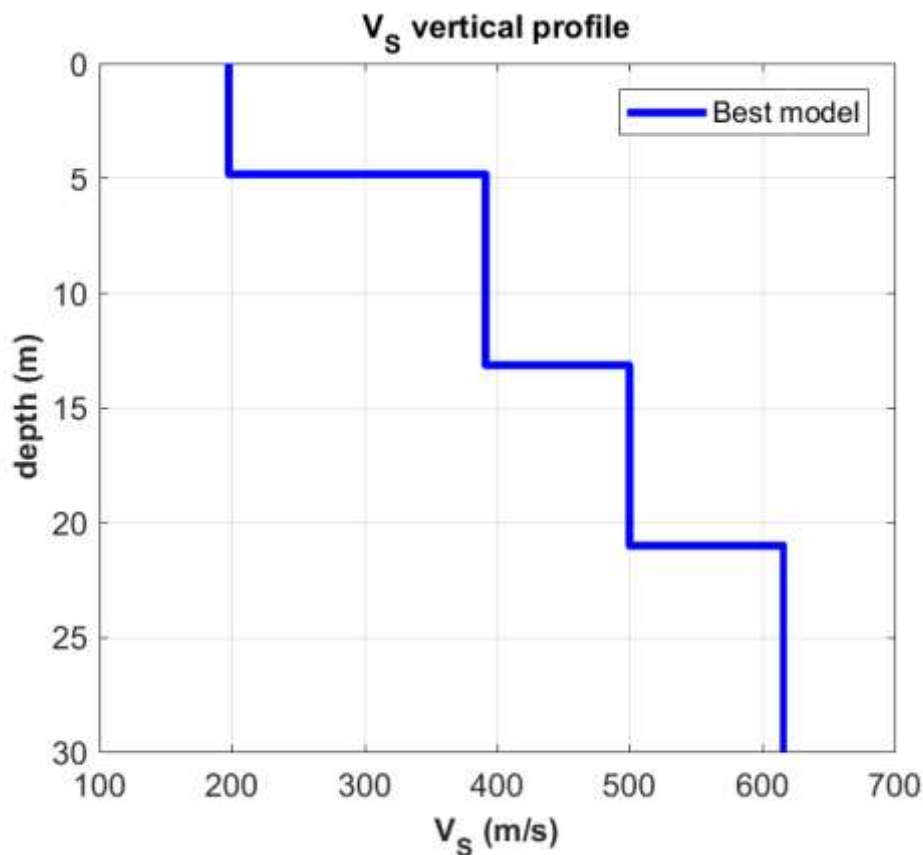


Figura 9. Profilo delle velocità delle onde S

V_{s30} e $V_{seq} = 467.26 \text{ m/s}$

Categoria di suolo: **B** ai sensi del D.M. 17.01.2018

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 con valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s

2.2 HVSR

2.2.1 Acquisizione dei dati

L'indagine HVSR stata svolta successivamente all'indagine sismica di tipo attivo, posizionando la strumentazione al centro dello stendimento utilizzato per eseguire l'indagine MASW, al fine di determinare le frequenze di risonanza caratteristiche di sito. Si è quindi ubicato il TROMINO al suolo utilizzando gli appositi piedini per substrato rigido al fine di posizionarlo correttamente in bolla (Figura 10).



Figura 10. Tromino Blu, per la misura delle HVSR

Il TROMINO è stato posizionato ed è stato lasciato acquisire in modo automatico per un tempo di 20 minuti.

2.2.2 Elaborazione dei dati e risultati

I dati sono stati trasferiti al PC attraverso apposito collegamento USB ed elaborati con il software Grilla. I dati che sono stati puliti, per la presenza di tracce disturbate e filtrati in funzione della loro dispersione espressa in termini di deviazione standard. È stato inoltre imposto un lisciamento (smoothing) del 10% alle curve per smorzarne la spigolosità ed un intervallo di analisi di frequenza di 20 secondi. Grazie a queste operazioni viene successivamente rappresentata la curva sperimentale H/V dalla quale è possibile risalire al picco di frequenza massima di risonanza di sito.

Risultati

Strumento: TEB-0504/01-19

Formato dati: 32 byte

Fondo scala [mV]: 89

Inizio registrazione: 04/06/20 09:30:17 Fine registrazione: 04/06/20 09:50:17

Nomi canali:

NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Posizione GPS: 14°13.9949 E, 40°50.9540 N (245.1 m)

(tempo UTC sincronizzato al primo campione di registrazione): non disponibile in questo modo di acquisizione + 0 + 0 campioni

Num. satelliti: 7

Durata registrazione: 0h20'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.

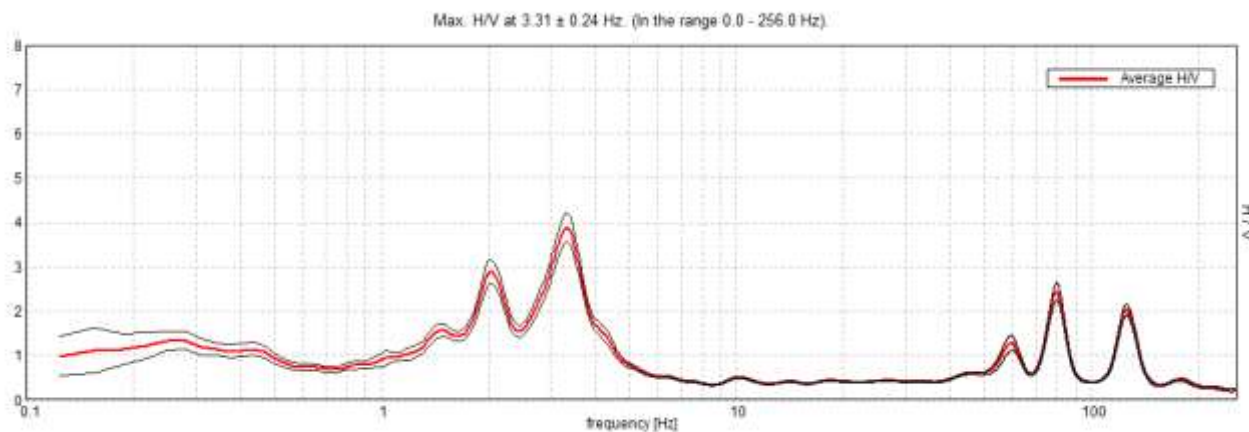
Freq. campionamento: 512 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

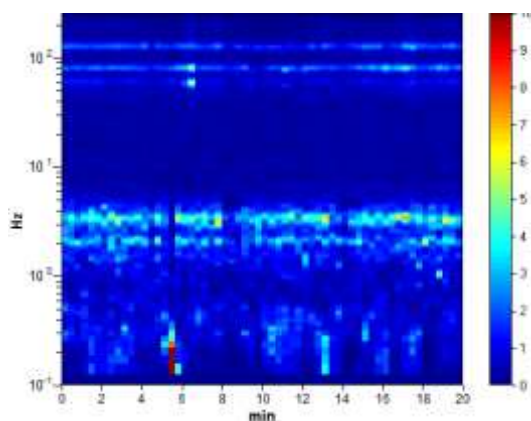
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

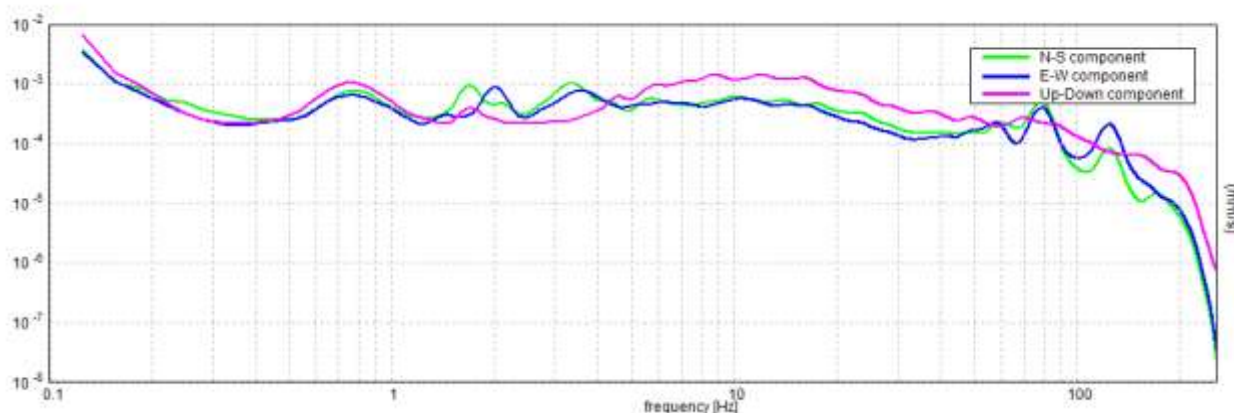
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



SERIE TEMPORALE H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Picco H/V a 3.31 ± 0.24 Hz (nell'intervallo 0.0 - 256.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

(Almeno 3 devono essere soddisfatti)

| | | | |
|--|-----------------------------|----|--|
| $f_0 > 10 / L_w$ | $3.31 > 0.50$ | OK | |
| $n_c(f_0) > 200$ | $3975.0 > 200$ | OK | |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 160 times | OK | |

Criteri per un picco H/V chiaro

(almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti)

| | | | |
|---|---------------------|----|----|
| Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ | 2.656 Hz | OK | |
| Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ | 3.906 Hz | OK | |
| $A_0 > 2$ | $3.89 > 2$ | OK | |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.07113 < 0.05$ | | NO |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | $0.23562 < 0.16563$ | | NO |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | $0.3287 < 1.58$ | OK | |

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

| Freq. range [Hz] | < 0.2 | 0.2 – 0.5 | 0.5 – 1.0 | 1.0 – 2.0 | > 2.0 |
|---|------------|-----------|------------|------------|------------|
| $\varepsilon(f_0)$ [Hz] | $0.25 f_0$ | $0.2 f_0$ | $0.15 f_0$ | $0.10 f_0$ | $0.05 f_0$ |
| $\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$ | 3.0 | 2.5 | 2.0 | 1.78 | 1.58 |
| $\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$ | 0.48 | 0.40 | 0.30 | 0.25 | 0.20 |

Dall'indagine è stato possibile identificare la frequenza di un picco massimo del rapporto H/V pari a: **3.31 ± 0.24 Hz.**

| | |
|------------------------|---|
| L_w | lunghezza della finestra |
| n_w | numero di finestre usate nell'analisi |
| $n_c = L_w n_w f_0$ | numero di cicli significativi |
| f | frequenza attuale |
| f_0 | frequenza del picco H/V |
| σ_f | deviazione standard della frequenza del picco H/V |
| $\varepsilon(f_0)$ | valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ |
| A_0 | ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0 |
| $A_{H/V}(f)$ | ampiezza della curva H/V alla frequenza f |
| f^- | frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ |
| f^+ | frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ |
| $\sigma_A(f)$ | deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$ |
| $\theta(f_0)$ | valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$ |

2.3 DOWN HOLE

2.3.1 Acquisizione dei dati

I dati sono stati acquisiti seguendo le norme tecniche ASTM D7400; è stata effettuata una energizzazione in onde P tramite mazza su piastra battente e una energizzazione per le onde S tramite mazza su traversina di legno; entrambe situate ad una distanza di 1.5 metri dal sondaggio; ed è stata effettuata una registrazione del tempo di arrivo delle stesse onde per ogni metro partendo dalla profondità di 24 metri rispetto la superficie topografica (Figura 11).



Figura 11. Esecuzione prova Down Hole

2.3.2 Elaborazione dei dati e risultati

La metodologia classica di elaborazione dei dati in linea di massima si articola nelle seguenti fasi:

- Picking dei primi arrivi
- misura dei tempi di ricezione dei primi impulsi rilevati (t)
- calcolo dei tempi verticali (t)

L'elaborazione dei dati acquisiti in campagna è stata effettuata con il software EasyDownhole 2016 (GeoStru®) che consente di eseguire l'intero processo di elaborazione di una colonna sismostratigrafica. Gli elaborati relativi sono riportati sia in forma grafica che numerica:

- Sorgente di scoppio: 1,5 m

- Numero di ricezioni: 24
- Interdistanza letture: 1 m

Dati misure down hole

| Registrazioni Nr. | Z [m] | Tp [msec] | Ts [msec] |
|----------------------|----------|--------------|--------------|
| 1 | 1.00 | 6 | 8.1 |
| 2 | 2.00 | 7.38 | 9.7 |
| 3 | 3.00 | 7.5 | 10.6 |
| 4 | 4.00 | 9.09 | 12.1 |
| 5 | 5.00 | 9.63 | 13.9 |
| 6 | 6.00 | 9.88 | 15.53 |
| 7 | 7.00 | 10.55 | 17.65 |
| 8 | 8.00 | 10.67 | 19.54 |
| 9 | 9.00 | 11.28 | 21.56 |
| 10 | 10.00 | 11.83 | 23.78 |
| 11 | 11.00 | 12.5 | 25.72 |
| 12 | 12.00 | 12.74 | 27.4 |
| 13 | 13.00 | 13.35 | 29.2 |
| 14 | 14.00 | 13.96 | 30.67 |
| 15 | 15.00 | 14.57 | 32.6 |
| 16 | 16.00 | 15.06 | 34.5 |
| 17 | 17.00 | 15.49 | 36.3 |
| 18 | 18.00 | 15.61 | 37.78 |
| 19 | 19.00 | 16.28 | 39.2 |
| 20 | 20.00 | 16.77 | 40.7 |
| 21 | 21.00 | 16.95 | 42.3 |
| 22 | 22.00 | 17.5 | 43.8 |
| 23 | 23.00 | 18.41 | 45.7 |
| 24 | 24.00 | 18.84 | 47.2 |

Risultati

| SR [m] | Tpcorr [msec] | Tscorr [msec] |
|-----------|------------------|------------------|
| 1.8028 | 3.3282 | 4.4931 |
| 2.5000 | 5.9040 | 7.7600 |
| 3.3541 | 6.7082 | 9.4809 |
| 4.2720 | 8.5112 | 11.3296 |
| 5.2202 | 9.2239 | 13.3138 |
| 6.1847 | 9.5850 | 15.0663 |
| 7.1589 | 10.3158 | 17.2582 |
| 8.1394 | 10.4873 | 19.2053 |
| 9.1241 | 11.1265 | 21.2667 |
| 10.1119 | 11.6991 | 23.5169 |
| 11.1018 | 12.3854 | 25.4842 |
| 12.0934 | 12.6416 | 27.1884 |
| 13.0863 | 13.2620 | 29.0075 |
| 14.0801 | 13.8806 | 30.4955 |
| 15.0748 | 14.4977 | 32.4382 |
| 16.0702 | 14.9943 | 34.3494 |
| 17.0661 | 15.4301 | 36.1595 |
| 18.0624 | 15.5561 | 37.6495 |
| 19.0591 | 16.2295 | 39.0784 |
| 20.0562 | 16.7230 | 40.5860 |
| 21.0535 | 16.9069 | 42.1925 |
| 22.0511 | 17.4595 | 43.6985 |
| 23.0489 | 18.3710 | 45.6031 |
| 24.0468 | 18.8033 | 47.1081 |

Metodo diretto

Profondità di riferimento: 24 m
VS24: 508.79 m/s

Sismostrati con metodo diretto

| Descrizione [-] | Profondità [m] |
|--------------------|-------------------|
| | 2.11 |
| | 4.81 |
| | 13.57 |
| | 23.59 |

Valori medi

| Vp medio [m/s] | Vs medio [m/s] | g medio [kN/mc] | ni medio | G medio [MPa] | Ed medio [MPa] | E medio [MPa] | Ev medio [MPa] |
|-------------------|-------------------|--------------------|----------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| 352.25 | 265.41 | 20.38 | -- | 146.36 | 257.81 | -- | 62.66 |
| 870.97 | 541.08 | 22.39 | 0.19 | 668.31 | 1731.64 | 1584.9 | 840.56 |
| 1938.05 | 517.73 | 21.41 | 0.46 | 585.25 | 8201.02 | 1710.79 | 7420.68 |
| 1996.02 | 602.53 | 21.79 | 0.45 | 806.75 | 8853.48 | 2339.36 | 7777.82 |

Dromocrone

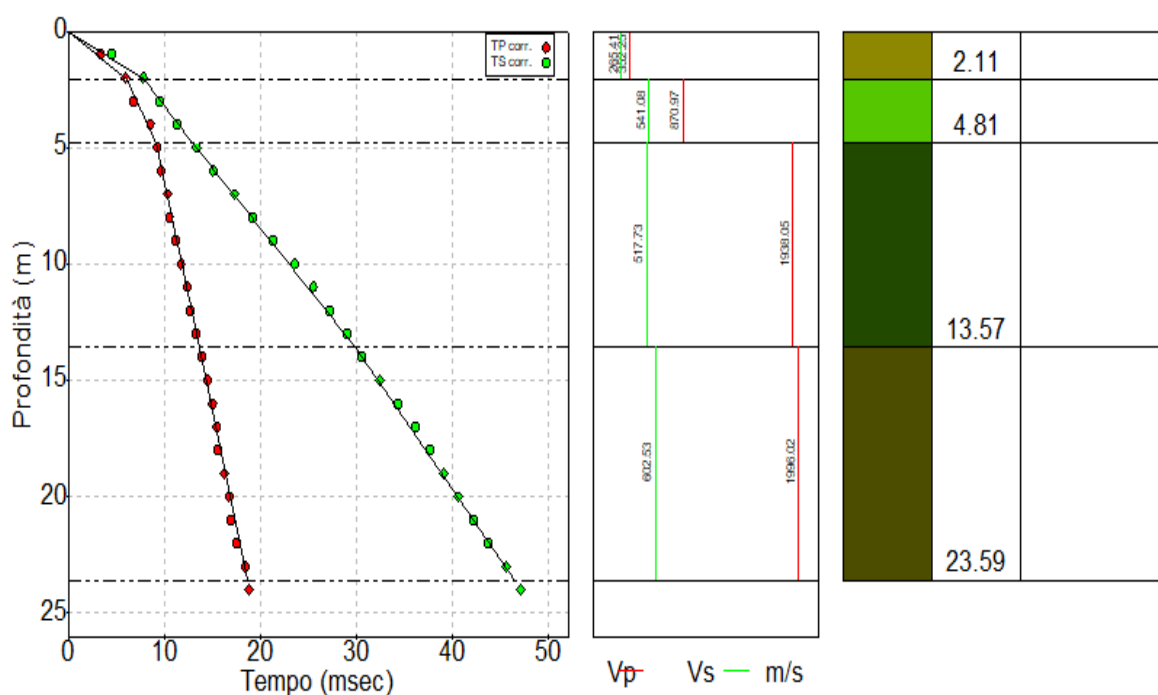


Figura 12. Dromocrone, intervalli Vp-Vs, sismostrati.

| | |
|--|--------------------------|
| Committente: A.O.R.N. - OSPEDALE PAUSILIPON | Sondaggio: S1 |
| Riferimento: ADEGUAMENTO SISMICO STRUTTURALE | Data: 30/05/2020 |
| Coordinate: 435375.00 m E - 452267.00 m N | Quota: 245,00 m.s.l.m.m. |
| Perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO | |

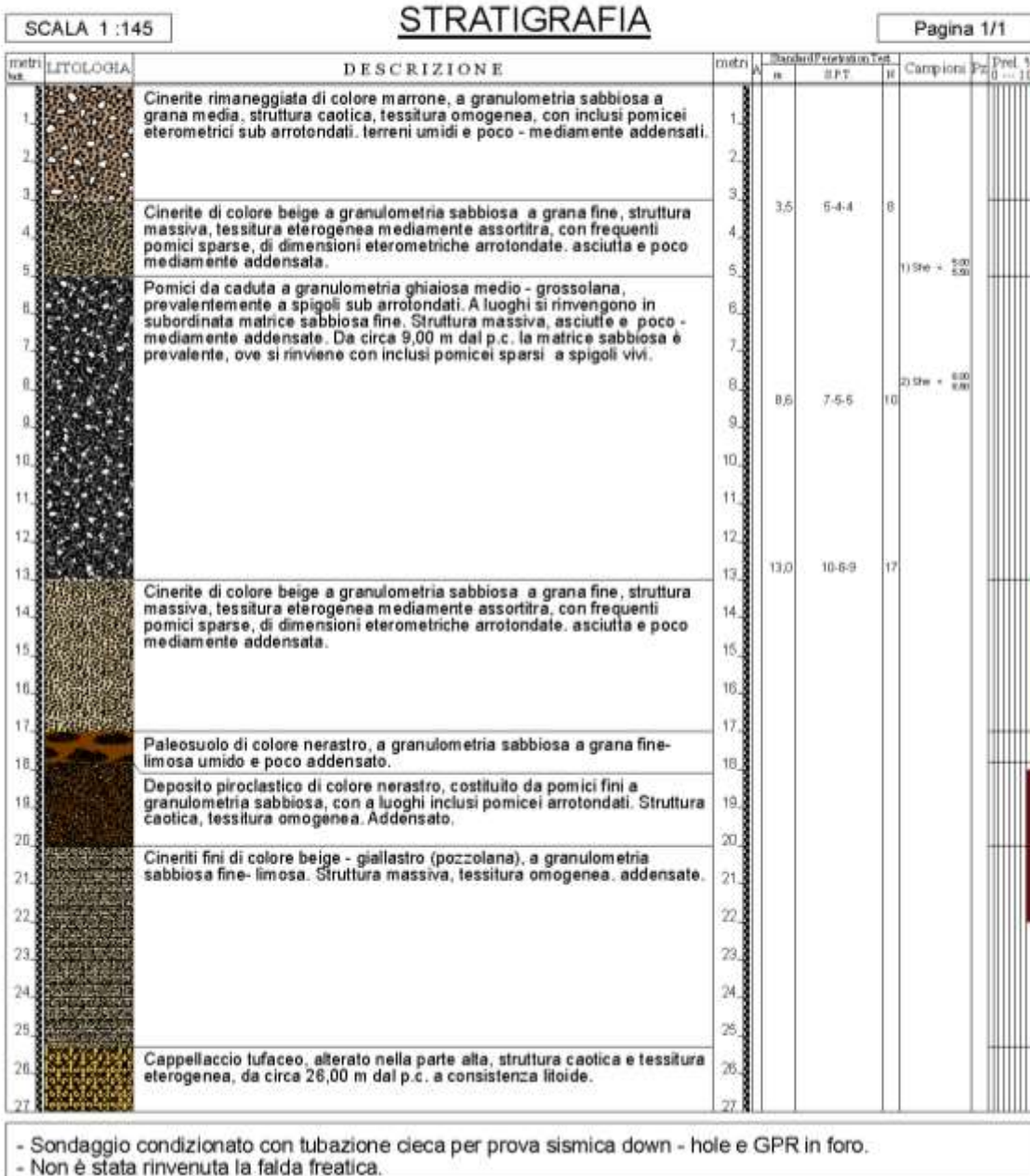


Figura 13. Profilo stratigrafico

3. CONSIDERAZIONI FINALI

Analizzando i risultati ottenuti con i 3 metodi geofisici differenti, si può notare che il valore di Velocità Vs trovato tramite metodo Down Hole si attesta a 508.79 m/s; seppur più elevato del risultato trovato con il metodo MASW (467. 26 m/s) ricade nello stesso ordine di grandezza, e quindi anche tramite questa prova il suolo può essere classificato ai sensi del D.M 17.01.2018 come suolo di tipo B.

Questo valore di velocità è congruo a quelli che sono i terreni ritrovati durante il sondaggio; alternanze di cineriti e pomici più o meno addensate in concordanza stratigrafica ad un bedrock sismico individuato nella formazione del tufo giallo napoletano; rinvenuto a circa 25 metri di profondità. Una discontinuità sismostratigrafica è visibile a circa 13-14 metri di profondità, questa è stata rinvenuta anche nei risultati derivanti dal metodo del GPR in foro. A questa profondità si attesta il limite tra pomici di caduta a granulometria ghiaiosa e tra cineriti di colore beige a granulometria sabbiosa a grana fine ritrovato durante il sondaggio (fig. 13); anche dai metodi sismici è visibile il cambio di terreni riscontrato dall' aumento della velocità di Vs. Dall'analisi H/V emerge una frequenza di risonanza di circa 3.31 ± 0.24 Hz, questo valore da indicazioni sulla presenza di un cambio litologico a circa 15-16 metri. Alto passaggio stratigrafico importante avviene a circa 23-24 metri a questa profondità dall' indagine MASW e dall'indagine DOWN HOLE è possibile riscontrare un aumento delle velocità delle onde S; analizzando il profilo di velocità derivante dall'indagine MASW in figura 9 e il modello dei sismostrati derivante dall'indagine DOWN HOLE in figura 12 è possibile notare l'aumento di velocità dovuto alla discontinuità stratigrafica tra il bedrock sismico e i soft sediment soggetti ad accelerazione o decelerazione del moto sismico.

Azienda Ospedaliera "Santobono-Pausilipon"

***Adeguamento Sismico
Azienda Ospedaliera "Santobono-Pausilipon"
Napoli***

Prove geotecniche di laboratorio

| | | | | | |
|-------------|---------|------------|---------------------|-------------------|-------------------|
| 2019/lab/00 | Rev. 00 | 17/06/2020 | | | |
| | | | geol. S. Tagliarini | ing. R.Rippa D.T. | ing. R.Rippa D.T. |
| Codice | Stato | Data | Redatto | Verificato | Approvato |
| | | | Nome Funzione | Nome Funzione | Nome Funzione |

L'Azienda Ospedaliera "Santobono-Pausilipon" ha dato incarico alla nostra Società di eseguire prove geotecniche di laboratorio su due campioni di terreno prelevati presso l'edificio Ravaschieri dell'Ospedale Santobono in Napoli, nell'ambito dell' "Adeguamento Sismico Azienda Ospedaliera "Santobono-Pausilipon".

Sui campioni prelevati è stato indicato dal Committente un programma di prove sperimentali.

Tale sperimentazione ha previsto la descrizione geotecnica, la determinazione delle caratteristiche fisiche generali, l'analisi granulometrica per sedimentazione e stacciatura, l'esecuzione di prove miranti alla determinazione della resistenza a rottura (prove di taglio diretto CD), e della compressibilità (prove edometriche)

Nella tabella che segue è riepilogato il programma di prove effettivamente eseguite.

Tutta la sperimentazione è stata eseguita secondo le Normative e le Raccomandazioni di riferimento, citate su ogni certificato di prova.

Tabella 1 – Padiglione Ravaschieri – Ospedale Santobono – Napoli - Prove eseguite

| Campione | Profondità (m) | Caratt. Fisiche Generali | Analisi granulometrica | Prova edometrica | Prova di taglio diretto CD |
|----------|----------------|--------------------------|------------------------|------------------|----------------------------|
| S1-C1 | 5.00:5.50 | X | X | X | X |
| S1-C2 | 8.00:8.50 | X | X | X | X |

Napoli, giugno 2020

Il Direttore Tecnico
(dott. ing. Roberto Ripa)

Committente: **Azienda Ospedaliera "Santobono-Pausilipon"**
Direttore dei Lavori: **non dichiarato**

| | |
|-----------------|----------------|
| Accettazione n° | 488 |
| prova n: | 2494/01 |
| cod. prova | Des1960 |

Richiesta non sottoscritta dal D.L.

Indagine: **Edificio Ravaschieri - Ospedale Santobono (NA)**

Sondaggio: **S1** Campione: **C1** Profondità (m): **5.00:5.50**

APERTURA E DESCRIZIONE DEL CAMPIONE (A.S.T.M. D2488-09a)

| | | |
|---------------------|--------------|--------------------------|
| Data ricevimento: | 05/06/2020 | Dimensioni del campione: |
| Data di apertura: | 08/06/2020 | diametro: 85 mm |
| Stato del campione: | Indisturbato | lunghezza: 310 mm |

| | |
|--------------------------|---|
| Descrizione del campione | <i>Cinerite di colore grigio-verde, a granulometria sabbio-limosa. Presenti pomici millimetrici di forma rotondeggiante. Umida, da poco a mediamente addensata.</i> |
|--------------------------|---|

| | |
|---------|--------------|
| Colore: | grigio-verde |
|---------|--------------|

| | |
|-------------|---|
| Plasticità: | <input checked="" type="checkbox"/> Non plastico <input type="checkbox"/> Poco plastico <input type="checkbox"/> Mediam. plastico <input type="checkbox"/> Molto plastico |
|-------------|---|

| | |
|--------------------------------------|--|
| Addensamento: (terreni granulari) | <input type="checkbox"/> Sciolto da <input checked="" type="checkbox"/> Poco addensato <input checked="" type="checkbox"/> Mediam. addensato <input type="checkbox"/> Addensato |
|--------------------------------------|--|

| | |
|-----------------------------------|--|
| Consistenza: (terreni coesivi) | <input type="checkbox"/> Poco consistente <input type="checkbox"/> Mediam. consistente <input type="checkbox"/> Consistente <input type="checkbox"/> Molto consistente |
|-----------------------------------|--|

| | |
|-------------------|--|
| Grado di umidità: | <input type="checkbox"/> Asciutto <input type="checkbox"/> Poco umido <input checked="" type="checkbox"/> Umido <input type="checkbox"/> Molto umido <input type="checkbox"/> Saturo |
|-------------------|--|

| | |
|--------------|---|
| Alterazione: | <input checked="" type="checkbox"/> Assente <input type="checkbox"/> Debole <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Elevata |
|--------------|---|

| | |
|------------------|--|
| Reazione con HCl | <input checked="" type="checkbox"/> Nulla <input type="checkbox"/> Debole <input type="checkbox"/> Moderata <input type="checkbox"/> Elevata |
|------------------|--|

| | |
|----------------------|--|
| | Accettazione n° 488 prova n: 2494/01 |
| Struttura | <input checked="" type="checkbox"/> Massiva <input type="checkbox"/> Stratificata <input type="checkbox"/> Scagliosa <input type="checkbox"/> Laminata <input type="checkbox"/> Caotica <input type="checkbox"/> Altro:..... |
| Fratturazione | <input checked="" type="checkbox"/> Assente <input type="checkbox"/> Moderata <input type="checkbox"/> Elevata |
| Cementazione | <input checked="" type="checkbox"/> Assente <input type="checkbox"/> Debole <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Elevata |

PROVE ESEGUITE

L totale= 31 cm

Parte Superiore (P.S.)
_____ cm

Pocket penetrometer
(Kg/cm²)

Vane test
(Kg/cm²)

Parte Centrale (P.C.)
_____ cm

- 1) Caratteristiche fisiche generali
- 2) Analisi granulometrica
- 3) Prova di taglio diretto CD
- 4) Prova di compressione edometrica

Parte Inferiore (P.I.)
_____ cm

1

2

3

4

Committente: **Azienda Ospedaliera "Santobono-Pausilipon"**

| | |
|------------------|-----------------|
| Accettazione n°: | 488 |
| Prova n°: | 2494/02 |
| cod. prova | ngw16013 |

Direttore dei Lavori: **non dichiarato**

Richiesta non sottoscritta dal D.L.

Indagine: **Edificio Ravaschieri - Ospedale Santobono (NA)**

Sondaggio: **S1**

Campione: **C1**

Profondità (m): **5.00:5.50**

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Data ricevimento: 05/06/2020
Data inizio prova: 08/06/2020

Fattori di conversione
 $1 \text{ kN/m}^3 = 0.102 \text{ g/cm}^3$

Peso specifico dei grani (UNI EN ISO 17892-3)

| | | | | |
|--|------|----------|-------------------------------------|---|
| Peso secco materiale passante allo staccio 4.0 mm | P's= | 10.00 g | | Peso specifico dei grani medio |
| Peso picnometro+campione saturato+acqua distillata | P'2= | 156.09 g | $\gamma'_s = 25.97 \text{ kN/m}^3$ | |
| Peso picnometro+acqua distillata (curva di taratura) | P'1= | 149.87 g | | |
| Peso secco materiale passante allo staccio 4.0 mm | P"s= | 10.00 g | | $\gamma_s = 26.00 \text{ kN/m}^3$ |
| Peso picnometro+campione saturato+acqua distillata | P"2= | 157.51 g | $\gamma''_s = 26.02 \text{ kN/m}^3$ | |
| Peso picnometro+acqua distillata (curva di taratura) | P"1= | 151.28 g | | |

Contenuto d'acqua (UNI EN ISO 17892-1), peso di volume umido e secco (UNI EN ISO 17892-2)

| | | | |
|-------------------------|-----------------------|--|--|
| Diametro del provino: | 56 mm | Contenuto d'acqua | w = 0.217 |
| Altezza del provino: | 20 mm | | |
| Area del provino: | 24.63 cm ² | Peso dell'unità di volume umido | $\gamma = 12.06 \text{ kN/m}^3$ |
| Volume del provino: | 49.26 cm ³ | | |
| Peso pesafiltro vuoto: | 32.87 g | Peso dell'unità di volume secco | $\gamma_d = 9.91 \text{ kN/m}^3$ |
| Peso pes.+provino umido | 93.46 g | | |
| Peso pes.+provino secco | 82.64 g | | |

Porosità, indice di porosità e grado di saturazione (parametri derivati dai precedenti)

| | | | |
|--------------------------|----------------------------------|-----------------------------|-------------------|
| Peso specifico dei grani | $\gamma_s = 26.0 \text{ kN/m}^3$ | Porosità | n = 0.619 |
| Contenuto d'acqua | w = 0.217 | Indice di porosità | e = 1.624 |
| Peso di vol. secco | $\gamma_d = 9.91 \text{ kN/m}^3$ | Grado di saturazione | Sr = 0.348 |

Tenore in carbonati (A.S.T.M. D4373-14)

| | | | |
|---|-----------------|----------------------------|----------|
| Pressione barometrica | mm Hg | Tenore in carbonati | % |
| Temperatura | ° C | | |
| Quantità di materiale | g | | |
| Acido carbonico sviluppato | cm ³ | | |
| Assorbimento di CO ₂ nella soluzione con HCl | cm ³ | | |
| | | | |

Sostanze organiche (A.S.T.M. D2974-14)

| | |
|-------------------------------------|--|
| Peso pesafiltro vuoto: | Contenuto di sostanze organiche |
| Peso pes.+terreno essiccato a 105° | |
| Peso pes.+terreno dopo calcinazione | |

| | |
|--------------------|-----------------|
| Accettazione n°: | 488 |
| Prova n°: | 2494/03 |
| cod. prova: | gr18101 |
| Data ricevimento: | 05/06/20 |
| Data inizio prova: | 09/06/20 |

Committente: **Azienda Ospedaliera "Santobono-Pausilipon"**
Direttore dei Lavori: **non dichiarato**

(Richiesta non sottoscritta dal D.L.)

Indagine: **Edificio Ravaschieri - Ospedale Santobono (NA)**

Sondaggio: **S1**

Campione: **C1**

Profondità (m): **5.00:5.50**

Peso campione: **300.00 g** (1° setacciatura)

Peso secco sed: **39.78 g** (sedimentazione)

Temperatura: **25 °C**

Peso specifico dei grani $\gamma_s =$ **26.00 kN/m³**

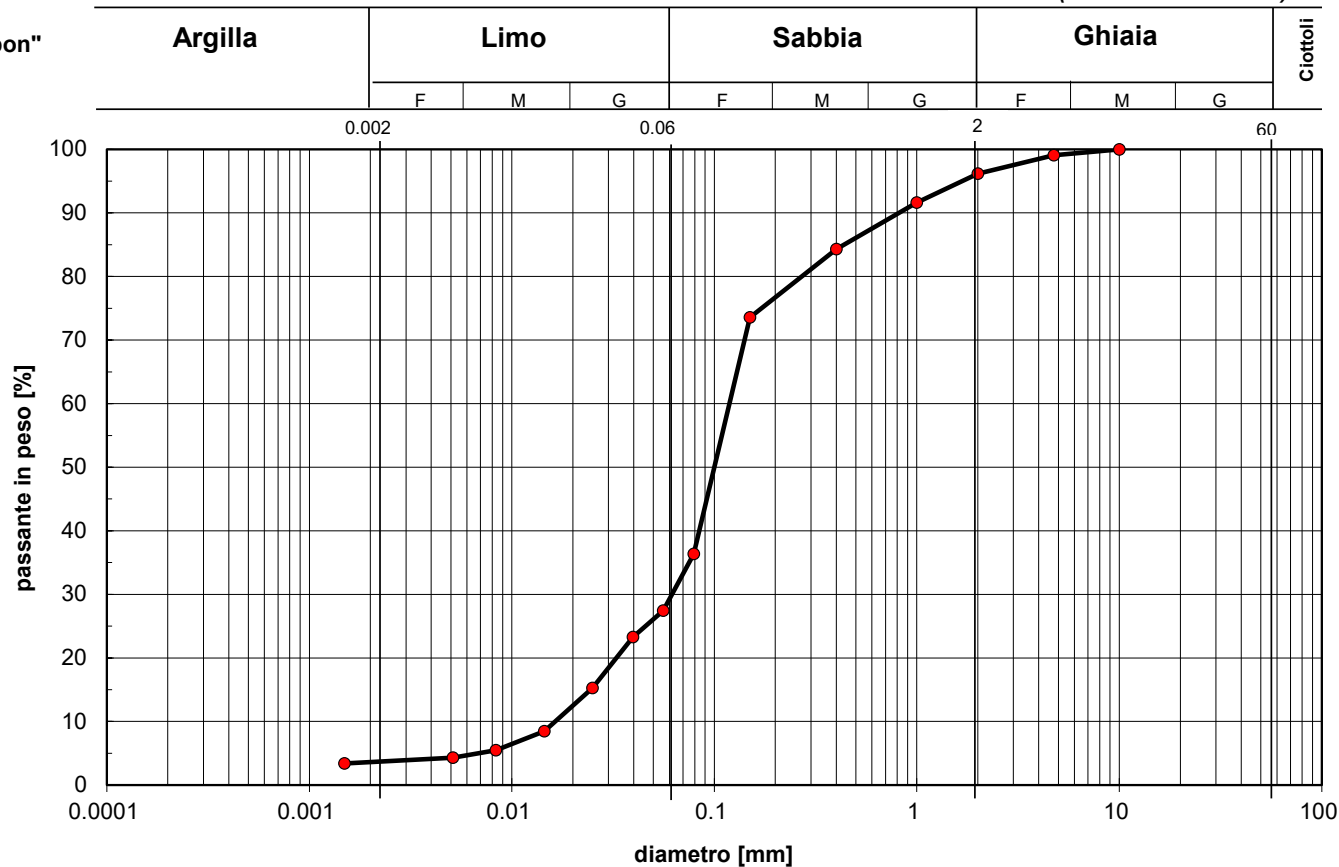
| Setaccio | diametro [mm] | Trattenuto [%] | passante cum. [%] |
|--|---------------|----------------|-------------------|
| UNI 10 | 10.00 | 0.00 | 100.00 |
| ASTM 4 | 4.75 | 0.94 | 99.06 |
| ASTM 10 | 2.00 | 2.90 | 96.16 |
| ASTM 18 | 1.00 | 4.55 | 91.61 |
| ASTM 40 | 0.40 | 7.29 | 84.32 |
| ASTM 100 (setacc. materiale decantato) | 0.15 | 10.77 | 73.55 |
| SEDIMENTAZIONE | 0.0791 | 37.20 | 36.35 |
| | 0.0560 | 8.91 | 27.44 |
| | 0.0396 | 4.16 | 23.29 |
| | 0.0250 | 8.02 | 15.27 |
| | 0.0144 | 6.83 | 8.45 |
| | 0.0083 | 2.97 | 5.48 |
| | 0.0051 | 1.19 | 4.29 |
| | 0.0015 | 0.89 | 3.40 |



Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE (UNI EN ISO 17892-4)



| | | | | | | | |
|---------------------|-------------|------------------|--------------|--------------------|--------------|--------------------|-------------|
| Argilla (%): | 3.52 | Limo (%): | 25.47 | Sabbia (%): | 67.16 | Ghiaia (%): | 3.84 |
|---------------------|-------------|------------------|--------------|--------------------|--------------|--------------------|-------------|

Committente: **Azienda Ospedaliera "Santobono-Pausilipon"**

Direttore dei Lavori: **non dichiarato**

(Richiesta non sottoscritta dal D.L.)

Indagine: **Edificio Ravaschieri - Ospedale Santobono (NA)**

Sondaggio: **S1**

Campione: **C1**

Profondità (m): **5.00:5.50**

Velocità di deformazione [mm/min]:

0.005

dimensioni del provino:

quadrato L=60 mm, altezza 20 mm

| | |
|--------------------|-------------------|
| Accettazione n° | 488 |
| Prova n° | 2494/05 |
| Cod. prova: | TD2638 |
| Data ricevimento: | 05/06/2020 |
| Data inizio prova: | 08/06/2020 |

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (UNI EN ISO 17892-10) : dati sperimentali

| Provino | Durata consolid. t_{100} (min) | Cont. d'acqua iniziale w [%] | Peso umido unità volume γ [kN/m³] | Tensione normale σ'_n [kPa] | Tensione taglio max τ [kPa] | Cont. d'acqua finale w_f [%] |
|---------|--|--------------------------------------|--|--|--|--------------------------------------|
| 1 | 22 | 21.7 | 12.83 | 49 | 45 | 42.4 |
| 2 | 21 | 21.7 | 12.22 | 98 | 80 | 47.3 |
| 3 | 22 | 21.7 | 12.24 | 147 | 127 | 42.4 |

| Provino 1 (Macchina M19, dinam 3208) | | | Provino 2 (Macchina M35, dinam 3492) | | | Provino 3 (Macchina M18, dinam. 3332) | | |
|--------------------------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------------------|-----------------------|--------------------------|---------------------------------------|-----------------------|--------------------------|
| Scorrimento (mm) | Cedim. verticale (mm) | Tensione di taglio (kPa) | Scorrimento (mm) | Cedim. verticale (mm) | Tensione di taglio (kPa) | Scorrimento (mm) | Cedim. verticale (mm) | Tensione di taglio (kPa) |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.26 | 0.12 | 14.13 | 0.19 | 0.05 | 11.78 | 0.11 | 0.11 | 30.68 |
| 0.69 | 0.24 | 20.61 | 0.50 | 0.11 | 26.31 | 0.49 | 0.19 | 54.39 |
| 1.13 | 0.35 | 24.93 | 0.82 | 0.16 | 37.12 | 0.89 | 0.25 | 72.01 |
| 1.58 | 0.42 | 28.08 | 1.16 | 0.19 | 43.81 | 1.32 | 0.30 | 83.94 |
| 2.03 | 0.47 | 31.22 | 1.51 | 0.22 | 49.11 | 1.76 | 0.33 | 92.92 |
| 2.47 | 0.50 | 33.58 | 1.86 | 0.24 | 53.44 | 2.20 | 0.36 | 100.31 |
| 2.93 | 0.54 | 35.35 | 2.21 | 0.25 | 58.36 | 2.65 | 0.39 | 107.17 |
| 3.40 | 0.55 | 36.72 | 2.58 | 0.26 | 61.50 | 3.11 | 0.40 | 113.28 |
| 3.86 | 0.56 | 37.90 | 2.92 | 0.27 | 64.46 | 3.56 | 0.42 | 117.88 |
| 4.31 | 0.57 | 39.48 | 3.28 | 0.27 | 66.82 | 4.04 | 0.43 | 120.41 |
| 4.79 | 0.58 | 40.26 | 3.64 | 0.28 | 68.98 | 4.53 | 0.44 | 121.08 |
| 5.28 | 0.59 | 41.44 | 3.99 | 0.28 | 70.16 | 5.06 | 0.44 | 123.01 |
| 5.77 | 0.60 | 42.62 | 4.33 | 0.28 | 71.34 | 5.54 | 0.45 | 125.61 |
| 6.28 | 0.61 | 43.41 | 4.69 | 0.28 | 72.92 | 6.04 | 0.45 | 126.57 |
| 6.81 | 0.61 | 44.19 | 4.96 | 0.28 | 74.10 | 6.55 | 0.45 | 126.94 |
| 7.33 | 0.61 | 44.58 | 5.29 | 0.28 | 75.08 | 7.05 | 0.45 | 126.86 |
| 7.86 | 0.61 | 44.47 | 5.66 | 0.28 | 76.06 | | | |
| | | | 6.01 | 0.28 | 77.44 | | | |
| | | | 6.38 | 0.28 | 78.43 | | | |
| | | | 6.75 | 0.28 | 78.82 | | | |
| | | | 7.13 | 0.27 | 79.61 | | | |
| | | | 7.54 | 0.28 | 79.81 | | | |
| | | | 7.93 | 0.28 | 80.00 | | | |
| | | | 8.31 | 0.29 | 79.61 | | | |

Committente: **Azienda Ospedaliera "Santobono-Pausilipon"**
Indagine: **Edificio Ravaschieri - Ospedale Santobono (NA)**

| | |
|-----------------|---------|
| Accettazione n° | 488 |
| Prova n° | 2494/05 |

Sondaggio: **S1**

Campione: **C1**

Profondità (m): **5.00:5.50**

Diagramma sperimentale $\tau - \delta$

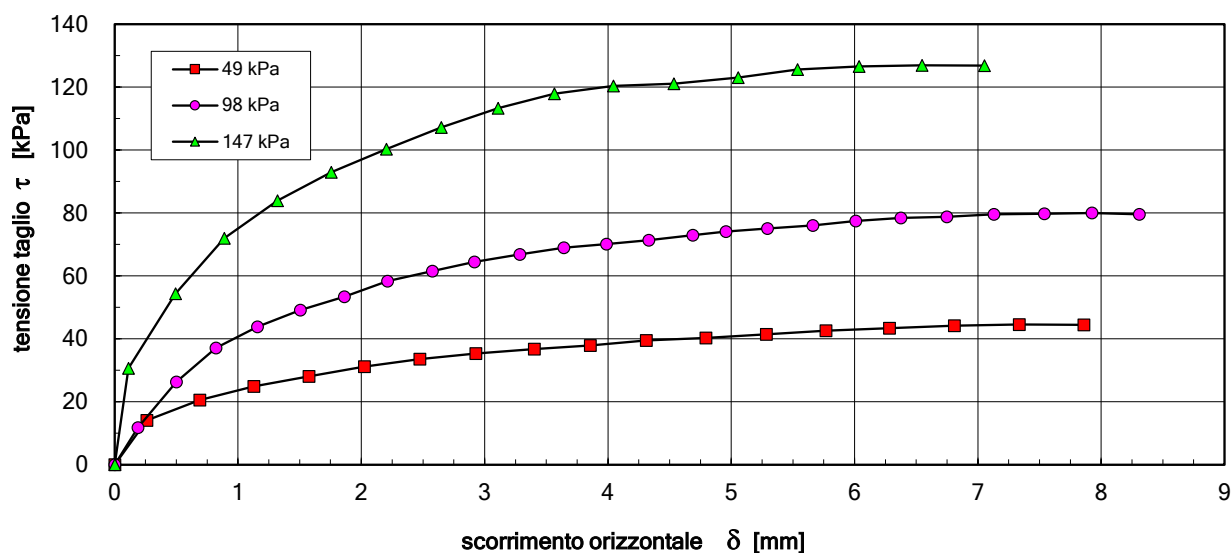
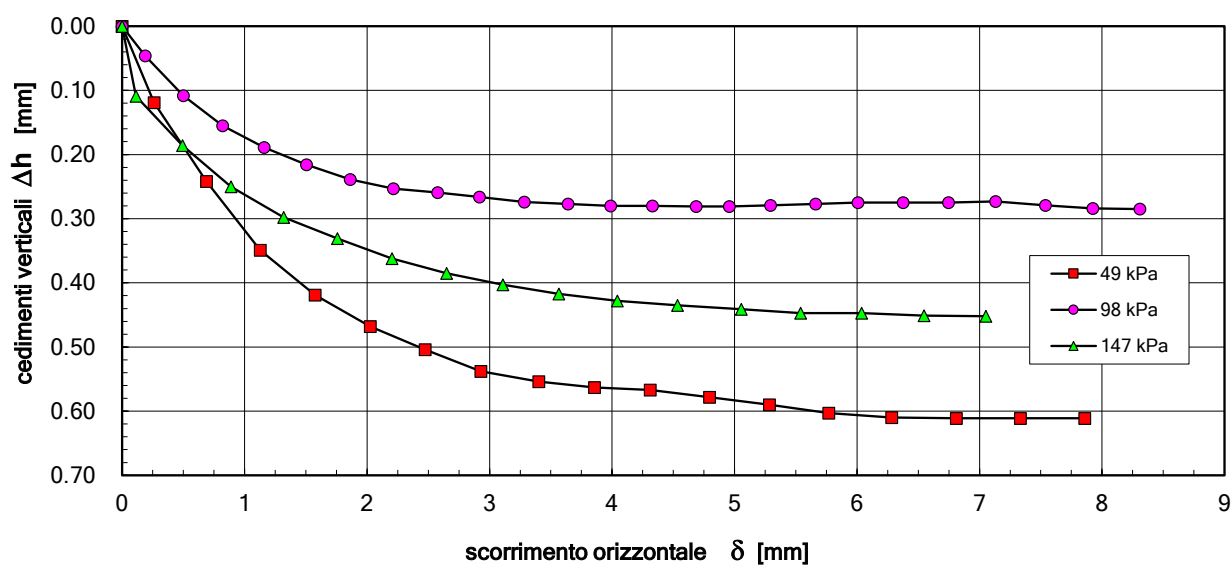


Diagramma sperimentale $\Delta h - \delta$



Committente: **Azienda Ospedaliera "Santobono-Pausilipon"**
Direttore dei Lavori: **non dichiarato**
(Richiesta non sottoscritta dal D.L.)
Indagine: **Edificio Ravaschieri - Ospedale Santobono (NA)**

Accettazione n°: **488**
Prova n°: **2494/04**
Cod. prova: **Ed4039**
Data ricevimento: **05/06/20**
Data inizio prova: **08/06/20**

Sondaggio: **S1** Campione: **C1** Profondità (m): **5.00:5.50**

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5): dati sperimentali

Caratteristiche iniziali del provino:

Peso specifico dei grani $\gamma_s = 26.00 \text{ kN/m}^3$
Contenuto d'acqua $w = 0.227$
Peso di volume umido $\gamma = 12.04 \text{ kN/m}^3$
Indice di porosità $e = 1.649$

Dimensioni del provino:

Diametro: **56 mm**
Altezza: **20 mm**

Fattori di conversione

$1 \text{ kN/m}^3 = 0.102 \text{ g/cm}^3$
 $1 \text{ kPa} = 1 \text{ kN/m}^2 = 0.0102 \text{ kg/cm}^2$
 $1 \text{ MPa} = 1000 \text{ kN/m}^2 = 10.2 \text{ kg/cm}^2$

| pressione [kPa] | cedim. progr. [mm] | indice dei pori e | modulo edometrico M [MPa] | coeff. di consolid. Cv [cm ² /s] | coeff. di permeab. K [cm/s] |
|--------------------|-----------------------|----------------------|------------------------------|--|--------------------------------|
| 10 | 0.108 | 1.635 | 1.7 | | |
| 20 | 0.221 | 1.620 | | | |
| 39 | 0.743 | 1.550 | | | |
| 78 | 1.062 | 1.508 | | | |
| 147 | 1.354 | 1.469 | 2.4 | | |
| 294 | 1.812 | 1.409 | 4.5 | | |
| 588 | 2.261 | 1.349 | 6 | | |
| 1176 | 2.972 | 1.255 | 11.9 | | |
| | | | 14.7 | | |
| 294 | 2.875 | 1.268 | | | |
| 78 | 2.775 | 1.281 | | | |
| 20 | 2.683 | 1.293 | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

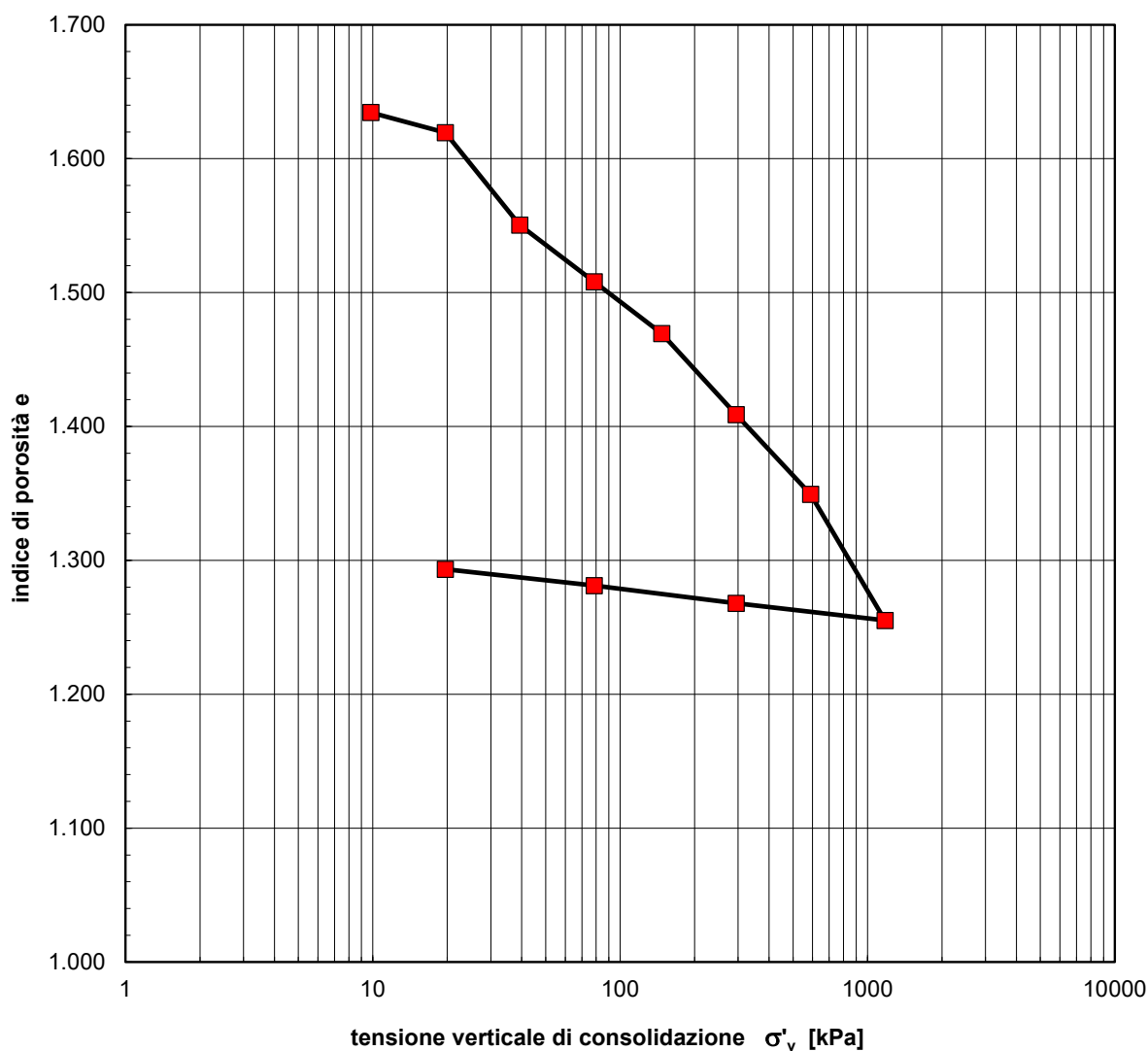
Committente: **Azienda Ospedaliera "Santobono-Pausilipon"**

| | |
|-----------------|---------|
| Accettazione n° | 488 |
| Prova n°: | 2494/04 |

Indagine: **Edificio Ravaschieri - Ospedale Santobono (NA)**

Sondaggio: **S1** Campione: **C1** Profondità (m): **5.00:5.50**

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5): diagramma $e - \log \sigma'_v$



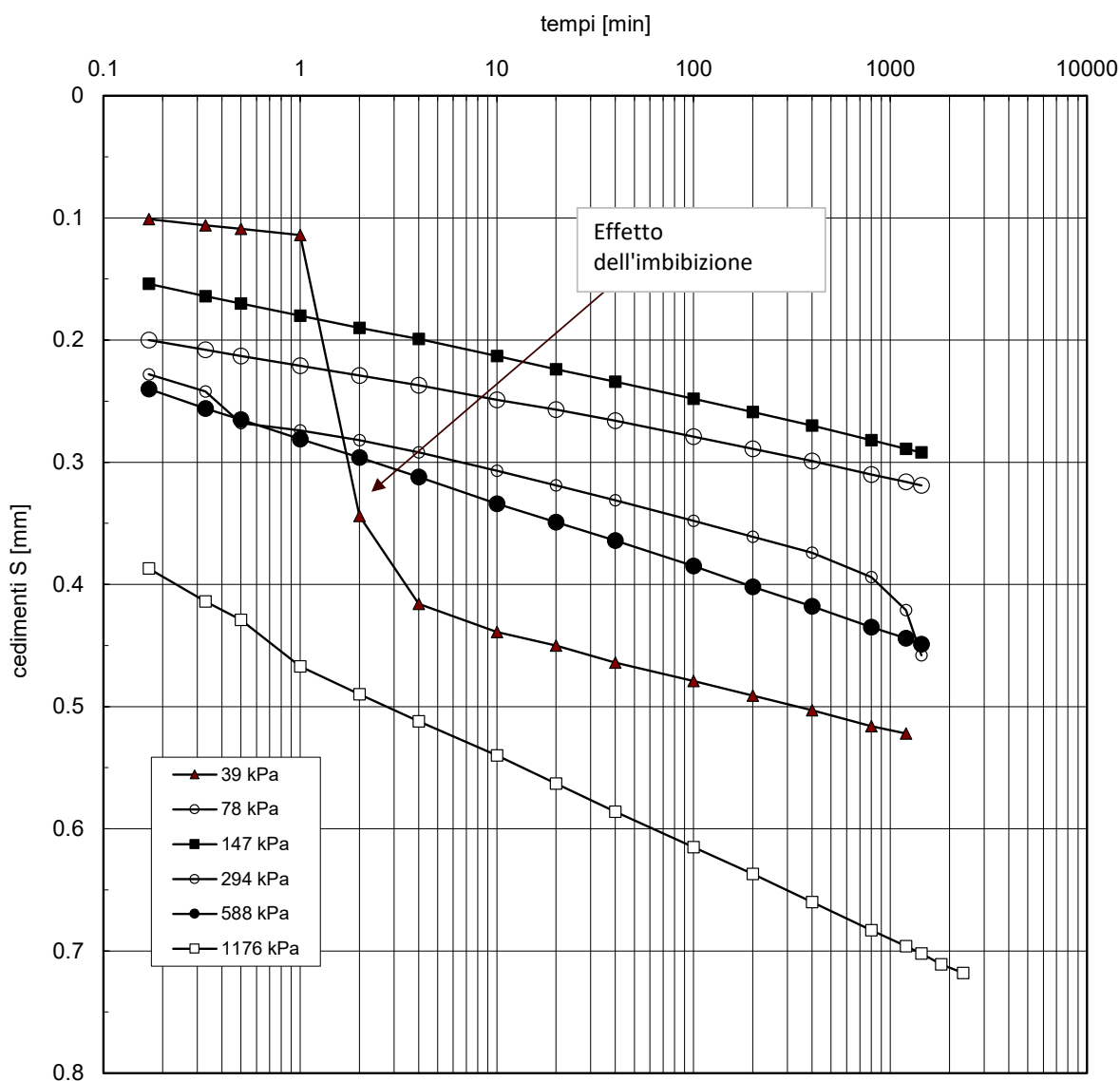
Committente: **Azienda Ospedaliera "Santobono-Pausilipon"**

| | |
|-----------------|----------------|
| Accettazione n° | 488 |
| Prova n°: | 2494/04 |

Indagine: **Edificio Ravaschieri - Ospedale Santobono (NA)**

Sondaggio: **S1** Campione: **C1** Profondità (m): **5.00:5.50**

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5): diagrammi cedimenti-tempo



Committente: **Azienda Ospedaliera "Santobono-Pausilipon"**
 Indagine: **Edificio Ravaschieri - Ospedale Santobono (NA)**

| | |
|-----------------|----------------|
| Accettazione n° | 488 |
| Prova n°: | 2494/04 |

Sondaggio: **S1** Campione: **C1** Profondità (m): **5.00:5.50**

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5) :dati sperimentali

| 1° incremento di carico | | 2° incremento di carico | | 3° incremento di carico | | 4° incremento di carico | |
|-------------------------|----------------|-------------------------|----------------|-------------------------|----------------|-------------------------|----------------|
| pressione=10 kPa | | pressione=20 kPa | | pressione=39 kPa | | pressione=78 kPa | |
| Tempi (min) | Cedimento (mm) | Tempi (min) | Cedimento (mm) | Tempi (min) | Cedimento (mm) | Tempi (min) | Cedimento (mm) |
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0 | 0.000 |
| 0.17 | 0.093 | 0.17 | 0.071 | 0.17 | 0.101 | 0.17 | 0.200 |
| 0.33 | 0.096 | 0.33 | 0.075 | 0.33 | 0.106 | 0.33 | 0.208 |
| 0.50 | 0.097 | 0.50 | 0.077 | 0.50 | 0.109 | 0.50 | 0.213 |
| 1 | 0.099 | 1 | 0.081 | 1 | 0.114 | 1 | 0.221 |
| 2 | 0.101 | 2 | 0.085 | 2 | 0.344 | 2 | 0.229 |
| 4 | 0.103 | 4 | 0.089 | 4 | 0.416 | 4 | 0.237 |
| 10 | 0.106 | 10 | 0.095 | 10 | 0.439 | 10 | 0.249 |
| 20 | 0.108 | 20 | 0.099 | 20 | 0.450 | 20 | 0.257 |
| | | 40 | 0.103 | 40 | 0.464 | 40 | 0.266 |
| | | 100 | 0.109 | 100 | 0.479 | 100 | 0.279 |
| | | 200 | 0.113 | 200 | 0.491 | 200 | 0.289 |
| | | | | 400 | 0.503 | 400 | 0.299 |
| | | | | 800 | 0.516 | 800 | 0.310 |
| | | | | 1200 | 0.522 | 1200 | 0.316 |
| | | | | | | 1440 | 0.319 |

| 5° incremento di carico | | 6° incremento di carico | | 7° incremento di carico | | 8° incremento di carico | |
|-------------------------|----------------|-------------------------|----------------|-------------------------|----------------|-------------------------|----------------|
| pressione=147 kPa | | pressione=294 kPa | | pressione=588 kPa | | pressione=1176 kPa | |
| Tempi (min) | Cedimento (mm) | Tempi (min) | Cedimento (mm) | Tempi (min) | Cedimento (mm) | Tempi (min) | Cedimento (mm) |
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0 | 0.000 |
| 0.17 | 0.154 | 0.17 | 0.228 | 0.17 | 0.240 | 0.17 | 0.387 |
| 0.33 | 0.164 | 0.33 | 0.242 | 0.33 | 0.256 | 0.33 | 0.414 |
| 0.50 | 0.170 | 0.50 | 0.268 | 0.50 | 0.265 | 0.50 | 0.429 |
| 1 | 0.180 | 1 | 0.274 | 1 | 0.281 | 1 | 0.467 |
| 2 | 0.190 | 2 | 0.282 | 2 | 0.296 | 2 | 0.490 |
| 4 | 0.199 | 4 | 0.292 | 4 | 0.312 | 4 | 0.512 |
| 10 | 0.213 | 10 | 0.307 | 10 | 0.334 | 10 | 0.540 |
| 20 | 0.224 | 20 | 0.319 | 20 | 0.349 | 20 | 0.563 |
| 40 | 0.234 | 40 | 0.331 | 40 | 0.364 | 40 | 0.586 |
| 100 | 0.248 | 100 | 0.348 | 100 | 0.385 | 100 | 0.615 |
| 200 | 0.259 | 200 | 0.361 | 200 | 0.402 | 200 | 0.637 |
| 400 | 0.270 | 400 | 0.374 | 400 | 0.418 | 400 | 0.660 |
| 800 | 0.282 | 800 | 0.394 | 800 | 0.435 | 800 | 0.683 |
| 1200 | 0.289 | 1200 | 0.421 | 1200 | 0.444 | 1200 | 0.696 |
| 1440 | 0.292 | 1440 | 0.458 | 1440 | 0.449 | 1440 | 0.702 |
| | | | | | | 1813 | 0.711 |
| | | | | | | 2347 | 0.718 |

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

| | | | |
|--------------|---|-----------------|----------------|
| Committente: | Azienda Ospedaliera "Santobono-Pausilipon" | Accettazione n° | 488 |
| Indagine: | Edificio Ravaschieri - Ospedale Santobono (NA) | Prova n°: | 2494/04 |

Sondaggio: **S1** Campione: **C1** Profondità (m): **5.00:5.50**

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5) :dati sperimentali

| 1° decremento di carico | | 2° decremento di carico | | 3° decremento di carico | |
|-------------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|
| pressione=294 kPa | | pressione=78 kPa | | pressione=20 kPa | |
| Tempi (min) | Cedimento (mm) | Tempi (min) | Cedimento (mm) | Tempi (min) | Cedimento (mm) |
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0 | 0.000 |
| 0.17 | -0.086 | 0.17 | -0.077 | 0.17 | -0.057 |
| 0.33 | -0.089 | 0.33 | -0.080 | 0.33 | -0.061 |
| 0.50 | -0.090 | 0.50 | -0.082 | 0.50 | -0.062 |
| 1 | -0.089 | 1 | -0.084 | 1 | -0.065 |
| 2 | -0.091 | 2 | -0.086 | 2 | -0.068 |
| 4 | -0.092 | 4 | -0.088 | 4 | -0.071 |
| 10 | -0.094 | 10 | -0.091 | 10 | -0.076 |
| 20 | -0.095 | 20 | -0.094 | 20 | -0.080 |
| 40 | -0.096 | 40 | -0.096 | 40 | -0.083 |
| 100 | -0.097 | 100 | -0.099 | 100 | -0.088 |
| | | 200 | -0.100 | 200 | -0.092 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Committente: **Azienda Ospedaliera "Santobono-Pausilipon"**
Direttore dei Lavori: **non dichiarato**

| | |
|-----------------|----------------|
| Accettazione n° | 488 |
| prova n: | 2495/01 |
| cod. prova | Des1961 |

Richiesta non sottoscritta dal D.L.

Indagine: **Edificio Ravaschieri - Ospedale Santobono (NA)**

Sondaggio: **S1** Campione: **C2** Profondità (m): **8.00:8.50**

APERTURA E DESCRIZIONE DEL CAMPIONE (A.S.T.M. D2488-09a)

| | | |
|---------------------|--------------|--------------------------|
| Data ricevimento: | 05/06/2020 | Dimensioni del campione: |
| Data di apertura: | 08/06/2020 | diametro: 85 mm |
| Stato del campione: | Indisturbato | lunghezza: 450 mm |

| | |
|--------------------------------------|--|
| Descrizione del campione | <i>Cinerite di colore grigio-verde, a granulometria sabbio-limosa. Presenti pomici millimetrici. Molto umida, mediamente addensata.</i> |
| Colore: | grigio-verde |
| Plasticità: | <input checked="" type="checkbox"/> Non plastico <input type="checkbox"/> Poco plastico <input type="checkbox"/> Mediam. plastico <input type="checkbox"/> Molto plastico |
| Addensamento: (terreni granulari) | <input type="checkbox"/> Sciolto <input type="checkbox"/> Poco addensato <input checked="" type="checkbox"/> Mediam. addensato <input type="checkbox"/> Addensato |
| Consistenza: (terreni coesivi) | <input type="checkbox"/> Poco consistente <input type="checkbox"/> Mediam. consistente <input type="checkbox"/> Consistente <input type="checkbox"/> Molto consistente |
| Grado di umidità: | <input type="checkbox"/> Asciutto <input type="checkbox"/> Poco umido <input type="checkbox"/> Umido <input checked="" type="checkbox"/> Molto umido <input type="checkbox"/> Saturo |
| Alterazione: | <input checked="" type="checkbox"/> Assente <input type="checkbox"/> Debole <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Elevata |
| Reazione con HCl | <input checked="" type="checkbox"/> Nulla <input type="checkbox"/> Debole <input type="checkbox"/> Moderata <input type="checkbox"/> Elevata |

| | |
|---------------|--|
| | Accettazione n° 488 prova n: 2495/01 |
| Struttura | <input checked="" type="checkbox"/> Massiva <input type="checkbox"/> Stratificata <input type="checkbox"/> Scagliosa <input type="checkbox"/> Laminata <input type="checkbox"/> Caotica <input type="checkbox"/> Altro:..... |
| Fratturazione | <input checked="" type="checkbox"/> Assente <input type="checkbox"/> Moderata <input type="checkbox"/> Elevata |
| Cementazione | <input checked="" type="checkbox"/> Assente <input type="checkbox"/> Debole <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Elevata |

PROVE ESEGUITE

L totale= 45 cm

Parte Superiore (P.S.)
_____ cm

Pocket penetrometer
(Kg/cm²)

Vane test
(Kg/cm²)

Parte Centrale (P.C.)
_____ cm

- 1) Caratteristiche fisiche generali
- 2) Analisi granulometrica
- 3) Prova di taglio diretto CD
- 4) Prova di compressione edometrica

Parte Inferiore (P.I.)
_____ cm

1

2

3

4

Committente: **Azienda Ospedaliera "Santobono-Pausilipon"**

| | |
|------------------|-----------------|
| Accettazione n°: | 488 |
| Prova n°: | 2495/02 |
| cod. prova | ngw16014 |

Direttore dei Lavori: **non dichiarato**

Richiesta non sottoscritta dal D.L.

Indagine: **Edificio Ravaschieri - Ospedale Santobono (NA)**

Sondaggio: **S1** Campione: **C2** Profondità (m): **8.00:8.50**

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Data ricevimento: 05/06/2020
Data inizio prova: 08/06/2020

Fattori di conversione
 $1 \text{ kN/m}^3 = 0.102 \text{ g/cm}^3$

Peso specifico dei grani (UNI EN ISO 17892-3)

| | | | | |
|--|------|----------|-------------------------------------|--|
| Peso secco materiale passante allo staccio 4.0 mm | P's= | 10.00 g | $\gamma'_s = 26.00 \text{ kN/m}^3$ | Peso specifico dei grani medio $\gamma_s = 26.02 \text{ kN/m}^3$ |
| Peso picnometro+campione saturato+acqua distillata | P'2= | 157.51 g | | |
| Peso picnometro+acqua distillata (curva di taratura) | P'1= | 151.28 g | | |
| Peso secco materiale passante allo staccio 4.0 mm | P"s= | 10.00 g | $\gamma''_s = 26.05 \text{ kN/m}^3$ | |
| Peso picnometro+campione saturato+acqua distillata | P"2= | 159.47 g | | |
| Peso picnometro+acqua distillata (curva di taratura) | P"1= | 153.24 g | | |

Contenuto d'acqua (UNI EN ISO 17892-1), peso di volume umido e secco (UNI EN ISO 17892-2)

| | | | |
|-------------------------|-----------------------|--|---|
| Diametro del provino: | 56 mm | Contenuto d'acqua | w = 0.351 |
| Altezza del provino: | 20 mm | | |
| Area del provino: | 24.63 cm ² | | |
| Volume del provino: | 49.26 cm ³ | Peso dell'unità di volume umido | $\gamma = 16.96 \text{ kN/m}^3$ |
| Peso pesafiltro vuoto: | 33.18 g | Peso dell'unità di volume secco | $\gamma_d = 12.56 \text{ kN/m}^3$ |
| Peso pes.+provino umido | 118.39 g | | |
| Peso pes.+provino secco | 96.27 g | | |

Porosità, indice di porosità e grado di saturazione (parametri derivati dai precedenti)

| | | | |
|--------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|-------------------|
| Peso specifico dei grani | $\gamma_s = 26.0 \text{ kN/m}^3$ | Porosità | n = 0.518 |
| Contenuto d'acqua | w = 0.351 | Indice di porosità | e = 1.073 |
| Peso di vol. secco | $\gamma_d = 12.56 \text{ kN/m}^3$ | Grado di saturazione | Sr = 0.851 |

Tenore in carbonati (A.S.T.M. D4373-14)

| | | | |
|---|-----------------|----------------------------|----------|
| Pressione barometrica | mm Hg | Tenore in carbonati | % |
| Temperatura | ° C | | |
| Quantità di materiale | g | | |
| Acido carbonico sviluppato | cm ³ | | |
| Assorbimento di CO ₂ nella soluzione con HCl | cm ³ | | |
| | | | |

Sostanze organiche (A.S.T.M. D2974-14)

| | |
|-------------------------------------|--|
| Peso pesafiltro vuoto: | Contenuto di sostanze organiche |
| Peso pes.+terreno essiccato a 105° | |
| Peso pes.+terreno dopo calcinazione | |

| | |
|--------------------|-----------------|
| Accettazione n°: | 488 |
| Prova n°: | 2495/03 |
| cod. prova: | gr18102 |
| Data ricevimento: | 05/06/20 |
| Data inizio prova: | 09/06/20 |

Committente: **Azienda Ospedaliera "Santobono-Pausilipon"**
Direttore dei Lavori: **non dichiarato**

(Richiesta non sottoscritta dal D.L.)

Indagine: **Edificio Ravaschieri - Ospedale Santobono (NA)**

Sondaggio: **S1**

Campione: **C2**

Profondità (m): **8.00:8.50**

Peso campione: **300.00 g** (1° setacciatura)

Peso secco sed: **39.58 g** (sedimentazione)

Temperatura: **25 °C**

Peso specifico dei grani $\gamma_s =$ **26.02 kN/m³**

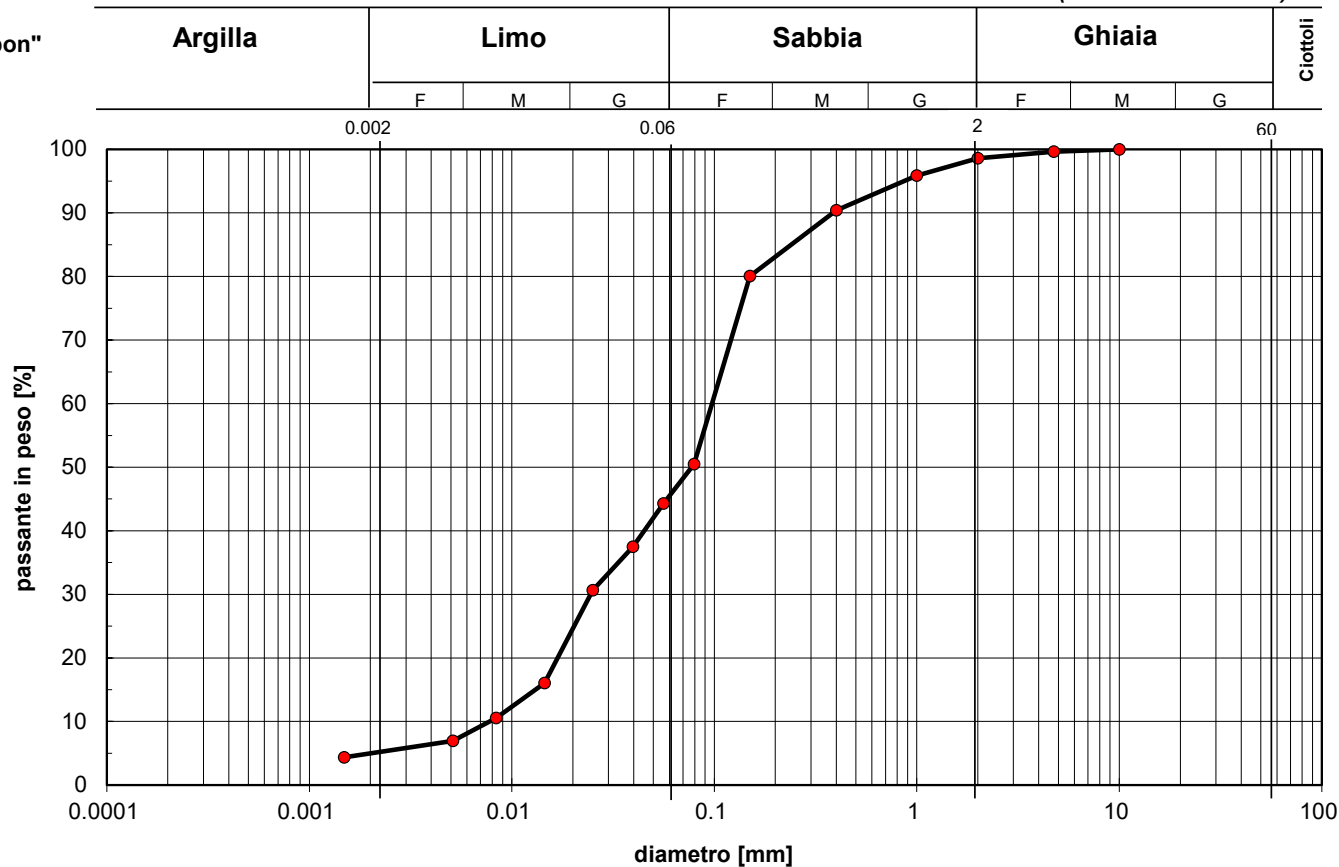
| Setaccio | diametro [mm] | Trattenuto [%] | passante cum. [%] |
|--|---------------|----------------|-------------------|
| UNI 10 | 10.00 | 0.00 | 100.00 |
| ASTM 4 | 4.75 | 0.36 | 99.64 |
| ASTM 10 | 2.00 | 1.03 | 98.61 |
| ASTM 18 | 1.00 | 2.72 | 95.89 |
| ASTM 40 | 0.40 | 5.46 | 90.42 |
| ASTM 100 (setacc. materiale decantato) | 0.15 | 10.35 | 80.07 |
| SEDIMENTAZIONE | 0.0793 | 29.62 | 50.45 |
| | 0.0561 | 6.17 | 44.29 |
| | 0.0397 | 6.82 | 37.47 |
| | 0.0251 | 6.82 | 30.66 |
| | 0.0145 | 14.61 | 16.05 |
| | 0.0084 | 5.52 | 10.53 |
| | 0.0051 | 3.57 | 6.96 |
| | 0.0015 | 2.60 | 4.37 |



Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE (UNI EN ISO 17892-4)



| | | | |
|--------------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Argilla (%): 4.73 | Limo (%): 40.60 | Sabbia (%): 53.28 | Ghiaia (%): 1.39 |
|--------------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|

Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Committente: **Azienda Ospedaliera "Santobono-Pausilipon"**

Direttore dei Lavori: **non dichiarato**

(Richiesta non sottoscritta dal D.L.)

Indagine: **Edificio Ravaschieri - Ospedale Santobono (NA)**

Sondaggio: **S1**

Campione: **C2**

Profondità (m): **8.00:8.50**

Velocità di deformazione [mm/min]:

0.005

dimensioni del provino:

quadrato L=60 mm, altezza 20 mm

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (UNI EN ISO 17892-10): dati sperimentali

| Provino | Durata consolid. t_{100} (min) | Cont. d'acqua iniziale w [%] | Peso umido unità volume γ [kN/m ³] | Tensione normale σ'_n [kPa] | Tensione taglio max τ [kPa] | Cont. d'acqua finale w_f [%] |
|---------|---|---|--|---|---|---|
| 1 | 24 | 35.1 | 17.96 | 98 | 97 | 32.9 |
| 2 | 21 | 35.1 | 18.06 | 147 | 160 | 33.5 |
| 3 | 24 | 35.1 | 17.80 | 196 | 194 | 32.7 |

[illegible]

Committente: **Azienda Ospedaliera "Santobono-Pausilipon"**
Indagine: **Edificio Ravaschieri - Ospedale Santobono (NA)**

| | |
|-----------------|---------|
| Accettazione n° | 488 |
| Prova n° | 2495/05 |

Sondaggio: **S1**

Campione: **C2**

Profondità (m): **8.00:8.50**

Diagramma sperimentale $\tau - \delta$

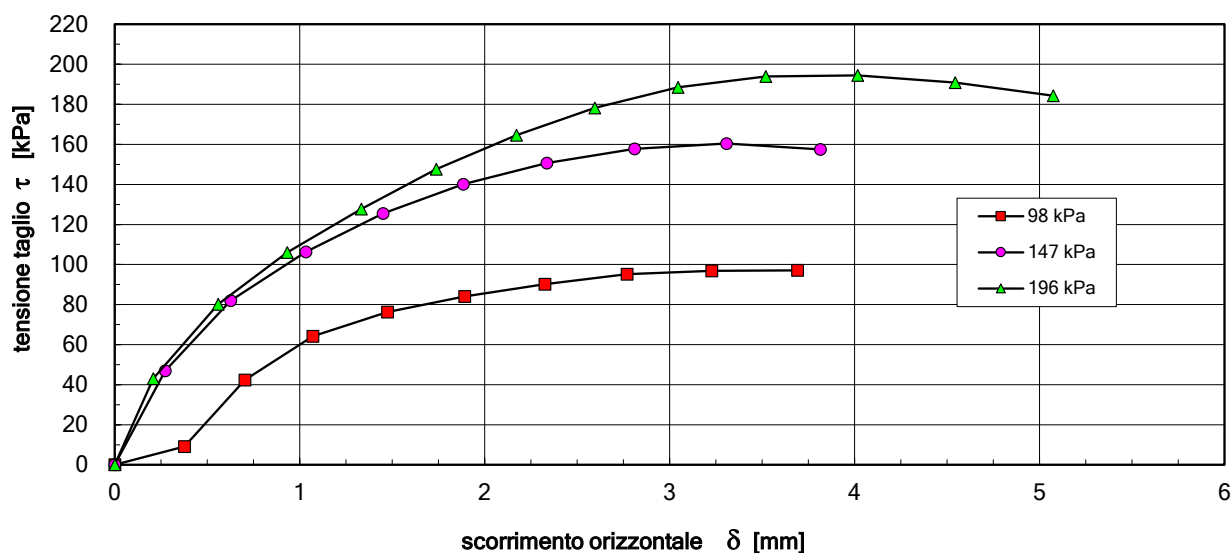
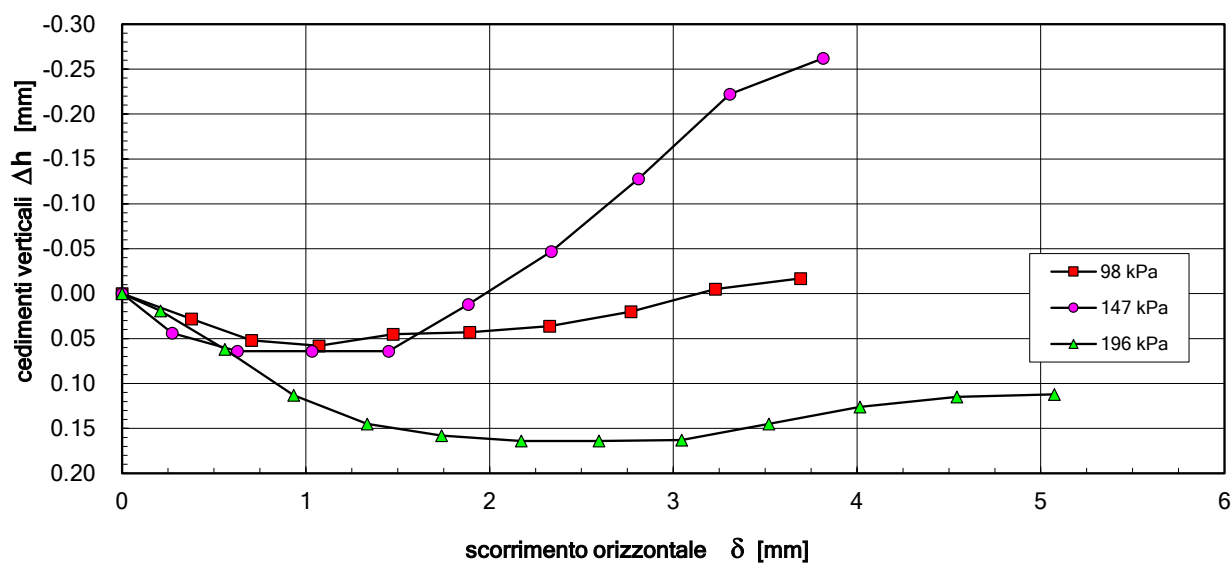


Diagramma sperimentale $\Delta h - \delta$



Committente: **Azienda Ospedaliera "Santobono-Pausilipon"**
Direttore dei Lavori: **non dichiarato**
(Richiesta non sottoscritta dal D.L.)
Indagine: **Edificio Ravaschieri - Ospedale Santobono (NA)**

Accettazione n°: **488**
Prova n°: **2495/04**
Cod. prova: **Ed4040**
Data ricevimento: **05/06/20**
Data inizio prova: **08/06/20**

Sondaggio: **S1** Campione: **C2** Profondità (m): **8.00:8.50**

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5): dati sperimentali

Caratteristiche iniziali del provino:

Peso specifico dei grani $\gamma_s = 26.02 \text{ kN/m}^3$
Contenuto d'acqua $w = 0.350$
Peso di volume umido $\gamma = 16.58 \text{ kN/m}^3$
Indice di porosità $e = 1.119$

Dimensioni del provino:

Diametro: **56 mm**
Altezza: **20 mm**

Fattori di conversione

$1 \text{ kN/m}^3 = 0.102 \text{ g/cm}^3$
 $1 \text{ kPa} = 1 \text{ kN/m}^2 = 0.0102 \text{ kg/cm}^2$
 $1 \text{ MPa} = 1000 \text{ kN/m}^2 = 10.2 \text{ kg/cm}^2$

| pressione [kPa] | cedim. progr. [mm] | indice dei pori e | modulo edometrico M [MPa] | coeff. di consolid. Cv [cm ² /s] | coeff. di permeab. K [cm/s] |
|--------------------|-----------------------|----------------------|--|--|--------------------------------|
| 10 | 0.266 | 1.091 | 1.5 2.7 4.3 6.4 10 15.3 22.8 | | |
| 20 | 0.392 | 1.078 | | | |
| 39 | 0.535 | 1.063 | | | |
| 78 | 0.713 | 1.044 | | | |
| 147 | 0.919 | 1.022 | | | |
| 294 | 1.200 | 0.992 | | | |
| 588 | 1.562 | 0.954 | | | |
| 1176 | 2.038 | 0.903 | | | |
| 294 | 1.949 | 0.913 | | | |
| 78 | 1.855 | 0.923 | | | |
| 20 | 1.774 | 0.931 | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

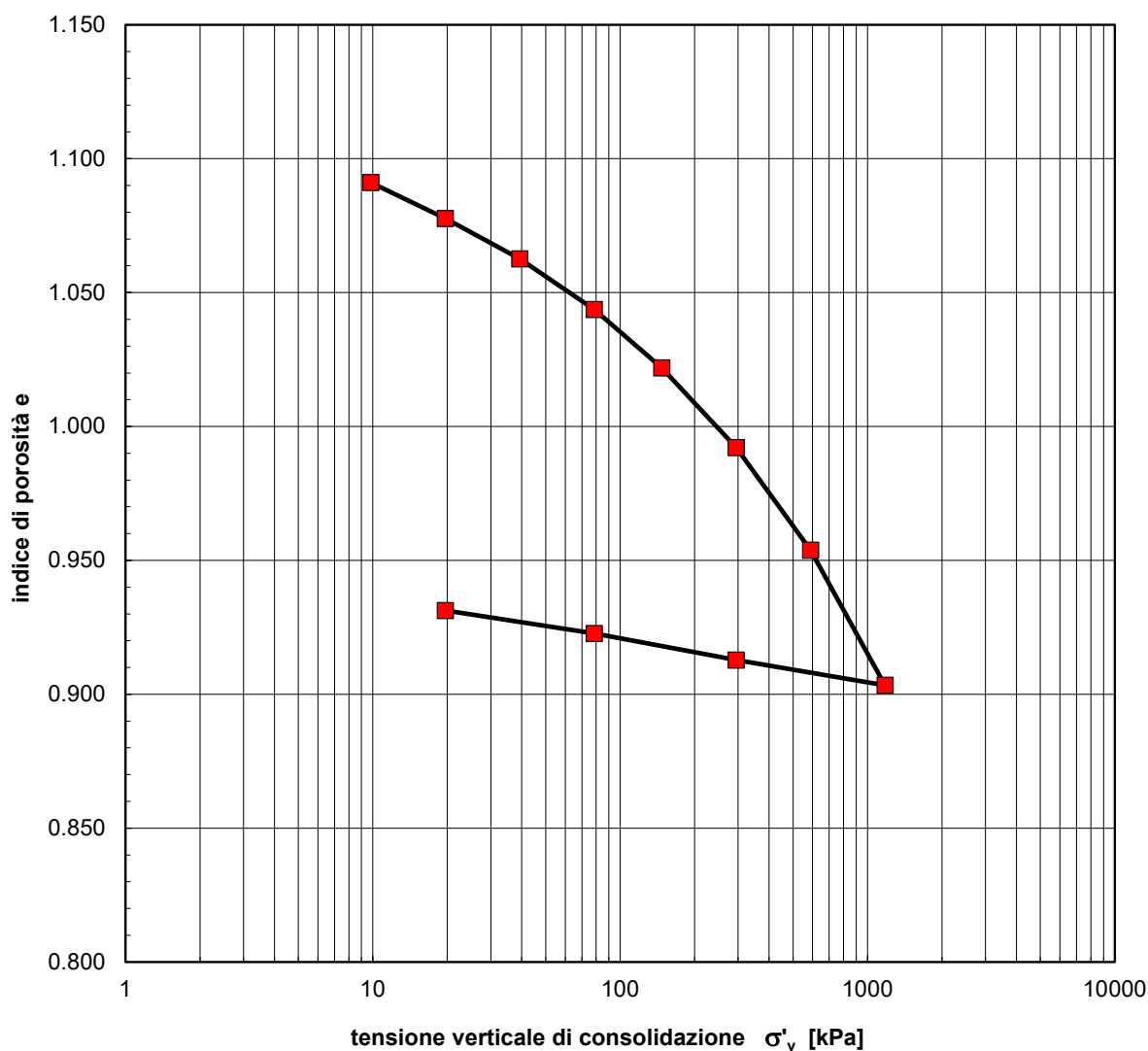
Committente: **Azienda Ospedaliera "Santobono-Pausilipon"**

| | |
|-----------------|----------------|
| Accettazione n° | 488 |
| Prova n°: | 2495/04 |

Indagine: **Edificio Ravaschieri - Ospedale Santobono (NA)**

Sondaggio: **S1** Campione: **C2** Profondità (m): **8.00:8.50**

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5): diagramma $e - \log \sigma'_v$



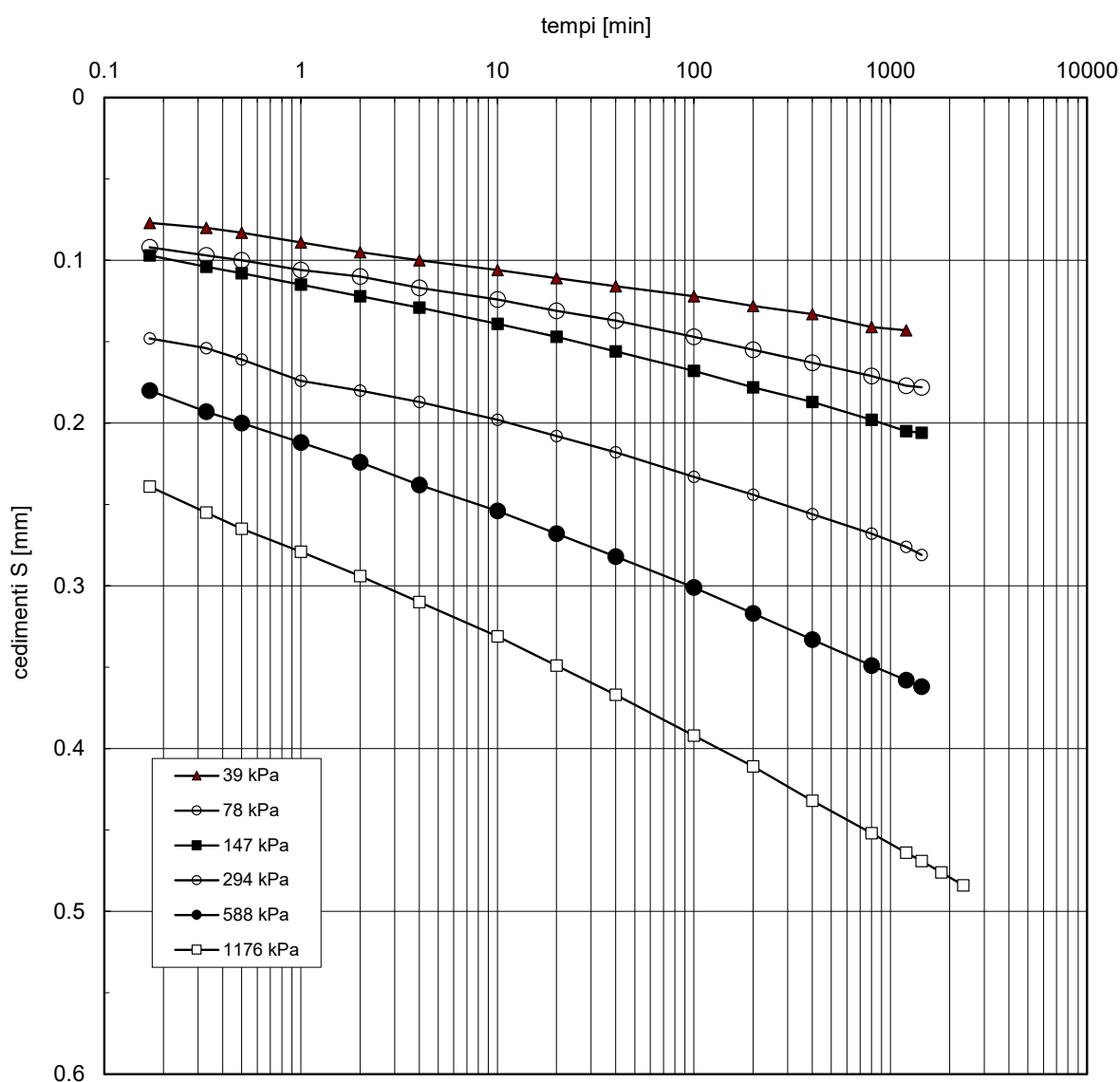
Committente: **Azienda Ospedaliera "Santobono-Pausilipon"**

| | |
|-----------------|----------------|
| Accettazione n° | 488 |
| Prova n°: | 2495/04 |

Indagine: **Edificio Ravaschieri - Ospedale Santobono (NA)**

Sondaggio: **S1** Campione: **C2** Profondità (m): **8.00:8.50**

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5): diagrammi cedimenti-tempo



Committente: **Azienda Ospedaliera "Santobono-Pausilipon"**
 Indagine: **Edificio Ravaschieri - Ospedale Santobono (NA)**

| | |
|-----------------|----------------|
| Accettazione n° | 488 |
| Prova n°: | 2495/04 |

Sondaggio: **S1** Campione: **C2** Profondità (m): **8.00:8.50**

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5):dati sperimentali

| 1° incremento di carico | | 2° incremento di carico | | 3° incremento di carico | | 4° incremento di carico | |
|-------------------------|----------------|-------------------------|----------------|-------------------------|----------------|-------------------------|----------------|
| pressione=10 kPa | | pressione=20 kPa | | pressione=39 kPa | | pressione=78 kPa | |
| Tempi (min) | Cedimento (mm) | Tempi (min) | Cedimento (mm) | Tempi (min) | Cedimento (mm) | Tempi (min) | Cedimento (mm) |
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0 | 0.000 |
| 0.17 | 0.240 | 0.17 | 0.072 | 0.17 | 0.077 | 0.17 | 0.092 |
| 0.33 | 0.242 | 0.33 | 0.075 | 0.33 | 0.080 | 0.33 | 0.097 |
| 0.50 | 0.242 | 0.50 | 0.077 | 0.50 | 0.083 | 0.50 | 0.100 |
| 1 | 0.244 | 1 | 0.080 | 1 | 0.089 | 1 | 0.106 |
| 2 | 0.247 | 2 | 0.084 | 2 | 0.095 | 2 | 0.110 |
| 4 | 0.251 | 4 | 0.088 | 4 | 0.100 | 4 | 0.117 |
| 10 | 0.256 | 10 | 0.094 | 10 | 0.106 | 10 | 0.124 |
| 20 | 0.261 | 20 | 0.100 | 20 | 0.111 | 20 | 0.131 |
| 40 | 0.266 | 40 | 0.107 | 40 | 0.116 | 40 | 0.137 |
| | | 100 | 0.117 | 100 | 0.122 | 100 | 0.147 |
| | | 200 | 0.126 | 200 | 0.128 | 200 | 0.155 |
| | | | | 400 | 0.133 | 400 | 0.163 |
| | | | | 800 | 0.141 | 800 | 0.171 |
| | | | | 1200 | 0.143 | 1200 | 0.177 |
| | | | | | | 1440 | 0.178 |

| 5° incremento di carico | | 6° incremento di carico | | 7° incremento di carico | | 8° incremento di carico | |
|-------------------------|----------------|-------------------------|----------------|-------------------------|----------------|-------------------------|----------------|
| pressione=147 kPa | | pressione=294 kPa | | pressione=588 kPa | | pressione=1176 kPa | |
| Tempi (min) | Cedimento (mm) | Tempi (min) | Cedimento (mm) | Tempi (min) | Cedimento (mm) | Tempi (min) | Cedimento (mm) |
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0 | 0.000 |
| 0.17 | 0.097 | 0.17 | 0.148 | 0.17 | 0.180 | 0.17 | 0.239 |
| 0.33 | 0.104 | 0.33 | 0.154 | 0.33 | 0.193 | 0.33 | 0.255 |
| 0.50 | 0.108 | 0.50 | 0.161 | 0.50 | 0.200 | 0.50 | 0.265 |
| 1 | 0.115 | 1 | 0.174 | 1 | 0.212 | 1 | 0.279 |
| 2 | 0.122 | 2 | 0.180 | 2 | 0.224 | 2 | 0.294 |
| 4 | 0.129 | 4 | 0.187 | 4 | 0.238 | 4 | 0.310 |
| 10 | 0.139 | 10 | 0.198 | 10 | 0.254 | 10 | 0.331 |
| 20 | 0.147 | 20 | 0.208 | 20 | 0.268 | 20 | 0.349 |
| 40 | 0.156 | 40 | 0.218 | 40 | 0.282 | 40 | 0.367 |
| 100 | 0.168 | 100 | 0.233 | 100 | 0.301 | 100 | 0.392 |
| 200 | 0.178 | 200 | 0.244 | 200 | 0.317 | 200 | 0.411 |
| 400 | 0.187 | 400 | 0.256 | 400 | 0.333 | 400 | 0.432 |
| 800 | 0.198 | 800 | 0.268 | 800 | 0.349 | 800 | 0.452 |
| 1200 | 0.205 | 1200 | 0.276 | 1200 | 0.358 | 1200 | 0.464 |
| 1440 | 0.206 | 1440 | 0.281 | 1440 | 0.362 | 1440 | 0.469 |
| | | | | | | 1813 | 0.476 |
| | | | | | | 2347 | 0.484 |

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

| | | | |
|--------------|---|-----------------|----------------|
| Committente: | Azienda Ospedaliera "Santobono-Pausilipon" | Accettazione n° | 488 |
| Indagine: | Edificio Ravaschieri - Ospedale Santobono (NA) | Prova n°: | 2495/04 |

Sondaggio: **S1** Campione: **C2** Profondità (m): **8.00:8.50**

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5) :dati sperimentali

| 1° decremento di carico | | 2° decremento di carico | | 3° decremento di carico | |
|-------------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|
| pressione=294 kPa | | pressione=78 kPa | | pressione=20 kPa | |
| Tempi (min) | Cedimento (mm) | Tempi (min) | Cedimento (mm) | Tempi (min) | Cedimento (mm) |
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0 | 0.000 |
| 0.17 | -0.075 | 0.17 | -0.063 | 0.17 | -0.041 |
| 0.33 | -0.077 | 0.33 | -0.068 | 0.33 | -0.044 |
| 0.50 | -0.078 | 0.50 | -0.070 | 0.50 | -0.046 |
| 1 | -0.079 | 1 | -0.073 | 1 | -0.050 |
| 2 | -0.081 | 2 | -0.076 | 2 | -0.053 |
| 4 | -0.082 | 4 | -0.078 | 4 | -0.057 |
| 10 | -0.084 | 10 | -0.082 | 10 | -0.062 |
| 20 | -0.086 | 20 | -0.084 | 20 | -0.066 |
| 40 | -0.087 | 40 | -0.087 | 40 | -0.071 |
| 100 | -0.089 | 100 | -0.090 | 100 | -0.076 |
| | | 200 | -0.093 | 200 | -0.081 |
| | | 400 | -0.094 | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Committente: Azienda Ospedaliera "Santobono-Pausilipon"

Indagine: Edificio Ravaschieri - Ospedale Santobono (NA)

Sondaggio: S1

Campione: C1

Profondità (m): 5.00:5.50

RIEPILOGO DEI RISULTATI

| DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (UNI EN ISO 17892-4) | |
|---|------------------------|
| Argilla (<0.002 mm) | 3.52 % |
| Limo (0.002<p<0.06 mm) | 25.47 % |
| Sabbia (0.06<p<2 mm) | 67.16 % |
| Ghiaia (2mm<p<60 mm) | 3.84 % |
| Ciottoli (>60 mm) | 0.00 % |
| CLASSIFICA: | Sabbia con limo |
| Passante ASTM 200: | |

| LIMITI DI ATTERBERG (A.S.T.M. D4318-10) | | | |
|---|-------|---|------|
| Limite di liquidità | w_L | = | n.d. |
| Limite di plasticità | w_P | = | n.d. |
| Indice di plasticità | I_P | = | n.d. |
| Indice di consistenza | I_c | = | n.d. |

| PROVA EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5) | | | |
|--|-------|---|----------|
| Intervallo di carico tra 39 e 78 kPa | | | |
| Modulo Edometrico | M | = | 4.5 MPa |
| Coeff. di consolidazione | C_v | = | n.d. |
| Permeabilità | k | = | n.d. |
| Intervallo di carico tra 78 e 147 kPa | | | |
| Modulo Edometrico | M | = | 6.0 MPa |
| Coeff. di consolidazione | C_v | = | n.d. |
| Permeabilità | k | = | n.d. |
| Intervallo di carico tra 147 e 294 kPa | | | |
| Modulo Edometrico | M | = | 11.9 MPa |
| Coeff. di consolidazione | C_v | = | n.d. |
| Permeabilità | k | = | n.d. |
| Intervallo di carico tra 294 e 588 kPa | | | |
| Modulo Edometrico | M | = | 14.7 MPa |
| Coeff. di consolidazione | C_v | = | n.d. |
| Permeabilità | k | = | n.d. |
| Intervallo di carico tra 588 e 1176 kPa | | | |
| Modulo Edometrico | M | = | n.d. |
| Coeff. di consolidazione | C_v | = | n.d. |
| Permeabilità | k | = | n.d. |

| PROVA UNIASSIALE (UNI CEN ISO/TS17892-7) | | | |
|--|---------------|---|------|
| Tensione a rottura | σ_{1r} | = | n.d. |

| CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| Peso specifico dei grani | $\gamma_s = 26.00 \text{ kN/m}^3$ |
| Contenuto d'acqua | $w = 0.217$ |
| Peso di volume naturale | $\gamma = 12.06 \text{ kN/m}^3$ |
| Peso di volume secco | $\gamma_d = 9.91 \text{ kN/m}^3$ |
| Porosità | $n = 0.619$ |
| Indice di porosità | $e = 1.624$ |
| Grado di saturazione | $S_r = 0.348$ |

| PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (UNI CEN ISO/TS17892-10) | | | |
|---|---|-------|----|
| Coesione efficace c' | = | 1 kPa | |
| Angolo di attrito efficace ϕ' | = | 40° | 0° |
| Coesione efficace res. c_r' | = | n.d. | |
| Angolo di attrito residuo ϕ_r' | = | n.d. | |

| PROVA TRIASSIALE CID (UNI CEN ISO/TS17892-9) | | | |
|--|---|------|------|
| Coesione efficace c' | = | n.d. | |
| Angolo di attrito efficace ϕ' | = | n.d. | n.d. |

| PROVA TRIASSIALE UU (UNI CEN ISO/TS17892-8) | | | |
|---|---|------|--|
| Coesione totale c_u | = | n.d. | |
| Angolo di attrito totale ϕ_u | = | n.d. | |

| PROVA TRIASSIALE CIU (UNI CEN ISO/TS17892-9) | | | |
|--|---|------|------|
| Coesione efficace c' | = | n.d. | |
| Angolo di attrito efficace ϕ' | = | n.d. | n.d. |
| Coesione totale c | = | n.d. | |
| Angolo di attrito totale ϕ | = | n.d. | n.d. |

| PROVA DI PERM. DIRETTA (UNI CEI ISO/TS 17892/11) | | | |
|--|-----|--------|------|
| In permeametro | | n.d. | |
| In cella edometrica | | n.d. | |
| In cella triassiale | k | = n.d. | cm/s |

N.B.: LA PRESENTE TABELLA NON FA PARTE DEI CERTIFICATI DI PROVA, MA RAPPRESENTA UNA SINTESI DEI DATI ED UNA LORO POSSIBILE INTERPRETAZIONE.
IL LABORATORIO NON SI ASSUME RESPONSABILITA' CIRCA ERRONEA ELABORAZIONE DEI RISULTATI PRESENTATI, DI SPECIFICA RESPONSABILITA' DEL TECNICO INCARICATO DELL'INTERPRETAZIONE DEGLI STESSI

Committente: Azienda Ospedaliera "Santobono-Pausilipon"

Indagine: Edificio Ravaschieri - Ospedale Santobono (NA)

Sondaggio: S1

Campione: C2

Profondità (m): 8.00:8.50

RIEPILOGO DEI RISULTATI

| DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (UNI EN ISO 17892-4) | |
|---|----------------------|
| Argilla (<0.002 mm) | 4.73 % |
| Limo (0.002<p<0.06 mm) | 40.60 % |
| Sabbia (0.06<p<2 mm) | 53.28 % |
| Ghiaia (2mm<p<60 mm) | 1.39 % |
| Ciottoli (>60 mm) | 0.00 % |
| CLASSIFICA: | Sabbia e limo |
| Passante ASTM 200: | |

| LIMITI DI ATTERBERG (A.S.T.M. D4318-10) | | |
|---|---------|------|
| Limite di liquidità | $w_L =$ | n.d. |
| Limite di plasticità | $w_P =$ | n.d. |
| Indice di plasticità | $I_P =$ | n.d. |
| Indice di consistenza | $I_c =$ | n..d |

| PROVA EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5) | | |
|--|---------|----------|
| Intervallo di carico tra 39 e 78 kPa | | |
| Modulo Edometrico | $M =$ | 4.3 MPa |
| Coeff. di consolidazione | $C_v =$ | n.d. |
| Permeabilità | $k =$ | n.d. |
| Intervallo di carico tra 78 e 147 kPa | | |
| Modulo Edometrico | $M =$ | 6.4 MPa |
| Coeff. di consolidazione | $C_v =$ | n.d. |
| Permeabilità | $k =$ | n.d. |
| Intervallo di carico tra 147 e 294 kPa | | |
| Modulo Edometrico | $M =$ | 10.0 MPa |
| Coeff. di consolidazione | $C_v =$ | n.d. |
| Permeabilità | $k =$ | n.d. |
| Intervallo di carico tra 294 e 588 kPa | | |
| Modulo Edometrico | $M =$ | 15.3 MPa |
| Coeff. di consolidazione | $C_v =$ | n.d. |
| Permeabilità | $k =$ | n.d. |
| Intervallo di carico tra 588 e 1176 kPa | | |
| Modulo Edometrico | $M =$ | 22.8 MPa |
| Coeff. di consolidazione | $C_v =$ | n.d. |
| Permeabilità | $k =$ | n.d. |

| PROVA UNIASSIALE (UNI CEN ISO/TS17892-7) | | |
|--|-----------------|-----|
| Tensione a rottura | $\sigma_{1r} =$ | n.d |

| CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| Peso specifico dei grani | $\gamma_s = 26.02 \text{ kN/m}^3$ |
| Contenuto d'acqua | $w = 0.351$ |
| Peso di volume naturale | $\gamma = 16.96 \text{ kN/m}^3$ |
| Peso di volume secco | $\gamma_d = 12.56 \text{ kN/m}^3$ |
| Porosità | $n = 0.518$ |
| Indice di porosità | $e = 1.073$ |
| Grado di saturazione | $S_r = 0.851$ |

| PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (UNI CEN ISO/TS17892-10) | | |
|---|-------|-----|
| Coesione efficace $c' =$ | 5 kPa | |
| Angolo di attrito efficace $\phi' =$ | 44° | 47' |
| Coesione efficace res. $c'_r =$ | n.d. | |
| Angolo di attrito residuo $\phi'_r =$ | n.d. | |

| PROVA TRIASSIALE CID (UNI CEN ISO/TS17892-9) | | |
|--|------|------|
| Coesione efficace $c' =$ | n.d. | |
| Angolo di attrito efficace $\phi' =$ | n.d. | n.d. |

| PROVA TRIASSIALE UU (UNI CEN ISO/TS17892-8) | | |
|---|------|--|
| Coesione totale $c_u =$ | n.d. | |
| Angolo di attrito totale $\phi_u =$ | n.d. | |

| PROVA TRIASSIALE CIU (UNI CEN ISO/TS17892-9) | | |
|--|------|------|
| Coesione efficace $c' =$ | n.d. | |
| Angolo di attrito efficace $\phi' =$ | n.d. | n.d. |
| Coesione totale $c =$ | n.d. | |
| Angolo di attrito totale $\phi =$ | n.d. | n.d. |

| PROVA DI PERM. DIRETTA (UNI CEI ISO/TS 17892/11) | | |
|--|-------|-----------|
| In permeametro | n.d. | |
| In cella edometrica | n.d. | |
| In cella triassiale | $k =$ | n.d. cm/s |

N.B.: LA PRESENTE TABELLA NON FA PARTE DEI CERTIFICATI DI PROVA, MA RAPPRESENTA UNA SINTESI DEI DATI ED UNA LORO POSSIBILE INTERPRETAZIONE.
IL LABORATORIO NON SI ASSUME RESPONSABILITA' CIRCA ERRONEA ELABORAZIONE DEI RISULTATI PRESENTATI, DI SPECIFICA RESPONSABILITA' DEL TECNICO INCARICATO DELL'INTERPRETAZIONE DEGLI STESSI