



**COMUNE DI
NAPOLI**

SERVIZIO VALORIZZAZIONE
DELLA CITTÀ STORICA

RUP: Arch. Luca D'Angelo



Progetto Esecutivo

COMPLESSO DI SAN LORENZO MAGGIORE

"GRANDE PROGETTO CENTRO STORICO DI NAPOLI - VALORIZZAZIONE DEL SITO UNESCO"

PROGETTAZIONE

AECODE srl - (Capogruppo)

R.O.M.A. Consorzio

Arch. Rosa Porricelli

Ing. Gaetano Sagliocca

Dott. Geol. Fabio De Vincentiis

Arch. Dario De Angelis

CONTATTI: AECODE SRL - VIA R. MORGHEN 92, NAPOLI - 081 18638242 - INFO@AECODE.IT

Codice elaborato

Titolo

Scala

ESE_SP_02_Rev.02

RELAZIONE GEOLOGICA

Data

12 | 2022

Geol. Fabio De Vincentiis

1. PREMESSA	2
2. LEGGI E NORME DI RIFERIMENTO	3
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLGICO	3
4. IDROGRAFIA SUPERFICIALE.....	6
5. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE	7
6. INDAGINI ESEGUITE.....	9
7. MODELLO GEOLOGICO	9
8. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE	10
9. MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO	13
10. PRESCRIZIONI E CONCLUSIONI.....	20

ALLEGATI:

- 1. ELABORATO INDAGINI GEOGNOSTICHE AMBIENTE E TERRITORIO S.R.L.**

Geol. Fabio De Vincentiis

1. PREMESSA

Nel mese di giugno 2020, il Comune di Napoli nell'ambito del Grande Progetto Centro Storico di Napoli - Valorizzazione del Sito UNESCO – POR Campania FESR 2014/2020 – Asse VI – Priorità d'investimento 6c – Obiettivo specifico 6.7 – Azioni 6.7.1 e 6.8.3. Intervento 7 denominato: "Complesso di San Lorenzo Maggiore". CIG775099643E – CUP: B68I12000990006, ha affidato al Raggruppamento Temporaneo di Professionisti tra AECODE S.r.l. (capogruppo mandatario), Consorzio R.O.M.A., arch. Rosa Porricelli, ing. Gaetano Sagliocca, dott. geol. Fabio De Vincentiis e arch. Dario De Angelis (mandanti), il progetto *esecutivo architettonico – inclusi gli arredi – strutturale ed impiantistica, il coordinamento della sicurezza in fase di progettazione e la redazione della relazione geologica*.

Lo scrivente Dott. Geol. Fabio De Vincentiis iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Campania al n° 1537 (facente parte del RTP) ha redatto una relazione geologica per dell'immobile in oggetto e propedeutica alle fasi del progetto esecutivo di seguito specificate.

Tale relazione è finalizzata alla definizione delle caratteristiche geologiche dei terreni dell'area di sedime dell'edificio propedeuticamente all'installazione di un impianto ascensore.

La presente relazione è stata redatta sulla scorta d'informazioni ottenute, da indagini geognostiche eseguite ad hoc e comparate con altre eseguite nelle vicinanze ed in possesso dello scrivente, da un rilevamento geologico di superficie, da indagini svolte presso gli uffici competenti del Comune di Napoli e da materiale bibliografico e cartografico a disposizione di chi scrive.

Il lavoro evidenzia i risultati cui si è pervenuti nel corso dello studio svolto, riportando le caratteristiche geologiche, geotecniche ed idrogeologiche del comprensorio in esame.

Per l'inquadramento cartografico della zona si fa riferimento alla Sezione Urbanistica n° 13 della cartografia scala 1: 4000 Foglio n° 129 (1:1000) del Comune di Napoli ed ai fogli 183 e 184 della Carta Geologica d'Italia.

Geol. Fabio De Vincentiis

2. LEGGI E NORME DI RIFERIMENTO

Legge del 02/02/1974 n. 64 e succ. integr. e mod. Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;

L.R. del 07/01/1983 n. 9 e succ. mod. ed int. Norme per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico;

D.M. 11/03/1988 e succ. mod. ed int. Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;

D.G.R. Campania 5447 del 07/11/2002 Aggiornamento della Classificazione Sismica dei Comuni della Campania;

O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003 e succ. mod. ed int. Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

Norme tecniche per le costruzioni D.M. 17.01.2018

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLGICO

Le aree in esame si trovano nella zona orientale della Città di Napoli, che si estende dal Sebeto alle pendici del Vesuvio ed è indicata come "depressione del Sebeto". Geomorfologicamente l'area è subpianeggiante ed occupa, in parte ciò che, prima della bonifica, era una zona paludosa formata dal tratto terminale del Sebeto.

Il sottosuolo di Napoli è costituito prevalentemente da materiale piroclastico lapideo come il tufo e da materiale piroclastico sciolto come la pozzolana, il lapillo e la sabbia.

Dalle analisi delle caratteristiche fisico-meccaniche di detti terreni piroclastici, risulta in genere, sotto il profilo geotecnico, che essi sono piuttosto mediocri, in particolare per quanto riguarda il carico di rottura, ma che comunque sopportano abbastanza bene carichi normali.

Tali caratteristiche inoltre si riducono quando intervengono fattori esterni come l'acclività delle pareti, la degradazione atmosferica, la folta vegetazione ed in particolare la presenza di acqua.

Geol. Fabio De Vincentiis

I tufi vulcanici costituiscono l'ossatura del sottosuolo e dei rilievi della città di Napoli, mentre le pozzolane, la pomice ed il lapillo ne rappresentano i materiali di ricoprimento. La natura stessa dei terreni che costituiscono il sottosuolo di Napoli è testimone del fatto che la città è localizzata in una regione vulcanica molto complessa, dominata dal complesso del Somma - Vesuvio, a Sud, e dei Campi Flegrei a Nord.

La posizione costiera della città, inoltre, esercita una notevole influenza delle variazioni eustatiche del livello marino sui processi sedimentari in atto.

Nella parte occidentale si riscontrano prodotti del Somma-Vesuvio, mentre nella zona costiera (palustre fino a non molto tempo fa) si evidenziano depositi alluvionali o di spiaggia e che sono costituiti esclusivamente da materiale proveniente dal rimaneggiamento degli stessi prodotti vulcanici.

Dei terreni costituenti il sottosuolo di Napoli, si è cercato, su criteri geotecnici, di formare nel passato una classificazione suddividendoli in tre gruppi fondamentali: materiale lavico, materiali piroclastici lapidei e materiali piroclastici sciolti.

Le lave di origine flegrea sono di natura essenzialmente trachitica e sono riscontrabili nella zona di Soccavo; quelle di origine vesuviana sono invece di natura tefritica e si riscontrano esclusivamente nella zona di Poggioreale.

I materiali piroclastici lapidei (tufi) sono presenti in tutto il territorio napoletano e sono tutti di origine flegrea. Essi sono suddivisi, dal più antico al più recente in:

1) Tufo grigio campano (circa 35.000 bpa) detto così per il colore grigio con il quale tipicamente si presenta; spesso però è possibile rinvenirlo nei colori grigio-bruno e più raramente rossiccio. La sua durezza, a seguito della presenza in esso di abbondanti pomice e scorie nere, è molto variabile; talora si sminuzza facilmente con le mani, altre volte invece, mostra una consistenza spiccatamente litoide tanto da essere chiamato "tufo grigio pipernoide". Questa varietà è particolarmente diffusa a nord di Napoli e nella Penisola Sorrentina.

Le caratteristiche fisico-meccaniche sono generalmente molto variabili tanto che il peso specifico risulta variabile da 1200 a 1600 Kg/cm³, il carico di rottura allo schiacciamento è circa 26 Kg/cm².

2) Tufo giallo stratificato (18.000-15.000 bpa): rappresenta, come quello precedente, un prodotto di eruzioni dei Campi Flegrei. È detto stratificato in quanto questa

Geol. Fabio De Vincentiis

formazione mostra oltre una netta stratificazione anche una sensibile differenziazione granulometrica fra i vari strati.

Verso l'alto, inoltre, la formazione passa gradualmente in un tufo di colore grigio chiaro, semicoerente, con numerosi inclusi pumicei. I maggiori centri eruttivi sono Capo Misero, Bacoli e Nisida (area occidentale).

c) Tufo giallo napoletano noto anche con l'acronimo TGN (12.000 bpa): rappresenta di gran lunga il tipo tufaceo prevalente. In questa formazione non si riscontrano veri e propri piani di stratificazione, si rinvencono invece fratture di raffreddamento che attraversano la massa in varie direzioni. A differenza del tufo precedente questo ha origine a seguito di emissione di nube ardente che, traboccando dal cratere, è scivolata giù sui fianchi del vulcano raggiungendo distanze anche molto elevate. Nella massa non è possibile alcuna cernita e pertanto il depositarsi di tale massa è senza alcuna stratificazione.

Lo spessore del tufo giallo sottostante la città è molto variabile: è stato determinato lo spessore di circa m 180 nella zona di Fuorigrotta e di m. 90 a Piazza Plebiscito, mentre di 60 m nella zona di S. Maria della Fede e di 65 m nella collina di Posillipo.

L'esame della Carta Geotecnica del Territorio Urbano (A. Croce, A. Pellegrino 1967 – Il sottosuolo della Città di Napoli Caratterizzazione Geotecnica del Territorio Urbano) indica che nella zona di interesse il tetto della formazione tufacea si rinviene ad una profondità di oltre 30 m dal p.c. La formazione tufacea, inoltre, non si manifesta con i termini relativi al TGN tufo giallo, ma solo con variazioni del tufo grigio.

Il peso specifico reale del tufo giallo napoletano è grossomodo compreso tra 2,4 e 2,5 t/m³.

Valori più bassi sono stati misurati nella zona di Marianella. Il coefficiente di porosità è estremamente variabile: dai $n=0,48$ sui campioni prelevati a Capodimonte ai $n=0,55$ su quelli di Chiaiano.

d) Prodotti piroclastici sciolti: la formazione tufacea (nel ns. caso il tufo grigio) è spesso ricoperta da una coltre più o meno spessa di terreni sciolti di origine vulcanica che si presentano spesso assai diversi fra loro; ma tenendo conto delle proprietà fisico-meccaniche, tali differenze si attenuano sensibilmente.

In linee generali le rocce sciolte possono essere raggruppate in:

Geol. Fabio De Vincentiis

- pozzolane con intercalazioni di pomici;
- sabbie;
- terreni alluvionali rimaneggiati.

La differenza principale tra le pozzolane e le pomici è data dalla granulometria che è più sottile nelle pozzolane. La struttura delle particelle è invece nettamente più soffice e vacuolare nelle pomici.

Le sabbie sono rintracciabili in una zona limitata e precisamente lungo il litorale del golfo di Napoli, come nel ns. caso. Generalmente sono costituite da lapilli la cui granulometria è piuttosto uniforme; raramente è presente la ghiaia.

Nell'area portuale, ubicata immediatamente a ridosso della linea di costa ed in corrispondenza dell'antica area paludosa, oggetto di dilavamento da parte delle acque del fiume Sebeto oltre che dei diversi rivoli provenienti dai rilievi circostanti, è tuttavia possibile trovare tracce di ghiaie sufficientemente arrotondate all'interno delle sabbie alluvionali deposte al di sopra del tufo.

Per quanto riguarda i terreni alluvionali rimaneggiati non è possibile praticare nette classificazioni e ciò soprattutto perché il loro complesso è composto da un accumulo di materiale con granulometria molto eterogenea intercalato da locali livelli torbosi. Così come nel caso dei depositi marini litorali, nei quali si verifica una selezione gravitativa e meccanica con il dilavamento dei materiali più fini per cui si ha un arricchimento degli elementi più pesanti come ciottoli, lapilli i quali si presentano levigati e con spigoli arrotondati.

4. IDROGRAFIA SUPERFICIALE

La città di Napoli si sviluppa su colline che sono raccordate tra loro mediante selle e rilievi. In tale ambiente geomorfologico s'impone la rete idrografica superficiale, costituita da alvei a carattere torrentizio denominati "Arene" per il notevole contenuto in sabbie. Tra le più importanti vi sono l'Arenaccia, l'Arena alla Sanità, l'Arenella e L'Arena S. Antonio.

Il corso d'acqua più importante è il Sebeto che nasceva dalle sorgenti di Volla ed arrivava al mare nei pressi del Ponte della Maddalena, il cui corso originario non è più visibile poiché

Geol. Fabio De Vincentiis

tombato per tutto il suo sviluppo e, se ne riconosce un tratto, sempre coperto e trasformato in fogna, lungo Via Argine.

L'area orientale di Napoli era interessata da terreni paludosi conosciuti come le paludi di Napoli e Volla, la cui formazione era alimentata dall'apporto di numerose sorgenti che consentivano la venuta a giorno di una notevole quantità di acqua.

In particolare il deflusso sotterraneo delle acque che provengono dai massicci carbonatici a Nord di Napoli, degrada verso la linea di costa a Sud con una sezione di ingresso aperta a ventaglio in prossimità dei Regi Lagni, che va progressivamente restringendosi verso il mare, per cui la superficie piezometrica della falda si avvicina al piano campagna venendo a giorno in diverse zone.

In particolare, in passato, la falda emergeva, poiché l'emungimento dai pozzi esistenti era minimo e insieme con le acque provenienti da fossi e torrenti causava vasti impaludamenti e ristagni.

L'area in esame, come in precedenza scritto, è pianeggiante, zona pedemontana, e completamente urbanizzata, non presenta un reticolo idrografico di superficie, in quanto i corsi d'acqua, quando esistenti, sono stati coperti per permettere l'urbanizzazione della zona e, per lo più trasformati in fogne.

Situazioni tipiche della città di Napoli sono quelle del Collettore dello sperone, adiacente al tratto iniziale di strada di via Nuova delle Brece, in cui confluiscono alcuni canali che raccolgono acque sorgentizie, quelle di scolo e reflue della zona, il Canale Cucuzzone, Canale San Severino (S. Maria del Pianto), Canale Lamia (Porchiano) e Canale Sbauzzone (Poggioreale).

L'area in questione si trova tra la collina di San Martino e la piana costiera cui si raccorda con versanti a volte molto ripidi e sempre molto incisi da corsi d'acqua ma, attualmente, non mostra la presenza di alcun corso d'acqua essendo stata trasformata totalmente nel corso dell'urbanizzazione intervenuta dal primo dopoguerra fino ai tempi recenti.

5. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

Dai dati provenienti da numerose indagini geognostiche e dall'esame della cartografia geologica e idrogeologica già richiamata all'inizio di questa relazione, l'area in questione è dominata dal Complesso dei depositi piroclastici rimaneggiati. Depositi piroclastici - alluvionali,

Geol. Fabio De Vincentiis

flegrei e vesuviani, sciolti e rimaneggiati in ambiente fluviale, palustre e costiero, talora con intercalazioni di pomici e ceneri. La granulometria è assai variabile sia arealmente che in profondità, più spesso media o medio-fine. Gli affioramenti più estesi sono nelle conche di Quarto, Agnano e Fondi di Baia ed ancora nella depressione di Bagnoli e nella valle del Sebeto; qui il complesso è stato attraversato da sondaggi per 100 - 150 metri, altrove si registrano spessori assai più ridotti. Nella valle del Sebeto sono inoltre presenti, a varie profondità, livelli torbosi piuttosto continui ed ancora spessori anche rilevanti, ma discontinui, di tufi, lave e sabbie. Pleistocene sup.- Olocene. La permeabilità va da bassa a media ed è decisamente scarsa in presenza di livelli torbosi.

Tale complesso si rinviene spesso in adiacenza al Complesso dei depositi piroclastici prevalentemente da caduta. Piroclastiti vesuviane e flegree prevalentemente da caduta, sciolte e con granulometria da media a fine (ceneri medio fini e lapilli); locali ed esigui livelli di pomici e di paleosuoli limoso - sabbiosi. I depositi sono in giacitura primaria, nelle aree pianeggianti, e rimaneggiati in quelle a debole pendenza; in prossimità dei rilievi carbonatici accolgono sovente lenti di ghiaie calcaree e di piroclastiti rimaneggiate. Gli spessori sono in genere di poche decine di metri; ai bordi del Somma - Vesuvio i depositi sono eteropici. Pleistocene sup.- Olocene. La permeabilità complessiva è, in genere, piuttosto bassa.

Lo schema della circolazione idrica sotterranea della zona orientale di Napoli è caratterizzato dalla presenza di almeno due acquiferi, uno superficiale ed uno profondo. Quello profondo corrisponde alle strutture carbonatiche sepolte dove la circolazione idrica avviene su scala più vasta.

L'acquifero superficiale, a causa dei tipi di rocce che lo costituiscono, è dotato di una elevata permeabilità generale oltre che di una notevole eterogeneità sia verticale che orizzontale. In particolare, come detto precedentemente, la litologia di tutta l'area napoletana è dominata dai prodotti del complesso vulcanico del Somma - Vesuvio e, per tale motivo, è frequente la presenza di orizzonti a bassa permeabilità intercalati ad altri relativamente molto più permeabili e con giacitura generalmente concordante con la morfologia superficiale. Queste condizioni determinano spesso una circolazione sotterranea per falde sovrapposte che in genere, a causa della scarsa continuità laterale degli orizzonti meno permeabili, convergono in un'unica falda di base. Tale falda, che si origina alle falde del complesso vulcanico, ha un andamento radiale a volte modificato da spartiacque sotterranee ma che defluisce verso il

Geol. Fabio De Vincentiis

mare nel settore sud occidentale del vulcano e, dunque, verso l'area napoletana in cui si colloca l'opera in progetto.

Allo stesso modo la circolazione idrica sotterranea è influenzata anche dall'apporto di acque provenienti dalle zone morfologicamente più elevate come per esempio Capodichino.

In effetti il sottosuolo della città di Napoli è interessato da un'unica falda, la cui superficie libera, dolcemente inclinata verso il mare, determina la distribuzione delle pressioni idriche lungo ogni verticale dalla parte alta a quella bassa della città.

L'acqua infatti circola, a velocità molto variabile, attraverso l'ossatura tufacea per mezzo di varie fratture nei terreni vulcanici e nonché attraverso i depositi rimaneggiati e mescolati con altri terreni.

Le indagini eseguite nel sito in esame non hanno restituito presenza di falda superficiale verificata anche nel corso delle prospezioni penetrometriche, d'altronde anche i dati bibliografici ne confermano l'assenza ma ciò non esclude la possibilità di circolazione idrica superficiale dovuta ad infiltrazioni dal p.c. vista anche la presenza di un giardino adiacente all'area in oggetto.

6. INDAGINI ESEGUITE

Per la definizione del modello geologico, della stratigrafia e per la determinazione dei parametri geotecnici medi lo scrivente ha utilizzato i risultati d'indagini eseguite ad hoc e confrontate con indagini geognostiche in proprio possesso. Sinteticamente le indagini eseguite possono essere riassunte come segue:

1. N° 1 Prospezione sismica di superficie HVSR;
2. N° 2 prova penetrometrica dinamica leggere.

Ai fini di una migliore caratterizzazione geotecnica dei primi metri di sottosuolo, ovvero del volume significativo dell'opera in oggetto, lo scrivente ha utilizzato i risultati delle indagini, confrontati con quelli di analisi di laboratorio geotecnico eseguite nelle immediate vicinanze del sito in oggetto ed a disposizione.

7. MODELLO GEOLOGICO

Geol. Fabio De Vincentiis

Il rilevamento effettuato, e le informazioni concernenti il territorio in cui ricade il sito in esame in possesso dello scrivente, hanno permesso di delineare un quadro completo della geologia dei luoghi. In particolare si è fatto riferimento alla prospezione sismica, ai risultati delle prove di laboratorio geotecnico eseguite e alla bibliografia disponibile.

I litotipi individuati possono essere ascritti a quattro principali complessi litologici.

Formazione di origine antropica recente costituente formata da terreni di riporto di varia natura, che in una matrice indifferenziata a prevalente granulometria sabbioso limosa, più o meno ghiaiosa, presentano inclusi frammenti litici di natura prevalentemente tufacea. Complesso piroclastico in sede a granulometria prevalente sabbiosa (pozzolana) deb. Limosa (cineriti) ricco di ooliti, pomici ed inclusi scoriacei riconducibile ad episodi parossistici con addensamento da moderato ad alto; infine il tufo giallo napoletano.

Le indagini eseguite in loco hanno restituito una colonna sismo-stratigrafica, interpretabile come di seguito sintetizzato, fino alla profondità di 30 m dal p.c..

Di seguito è sintetizzato il modello geologico; la caratterizzazione dei terreni di sedime trova puntuale riscontro nella sezione sismostratigrafica ricavata dalla prospezione sismica di superficie (HVSr) eseguita tra nella corte del fabbricato con accesso da Vico dei Maiorani.

Profondità dal piano campagna a 28 m slm	Descrizione
0,00 – 2,50	Materiale di riporto indifferenziato a granulometria prevalentemente sabbioso, ghiaiosa con inclusi eterogenei.
2,50 – 13,00	Piroclastiti sciolte
13,00 – 20,00	Piroclastiti moderatamente addensate e costituite da cineriti intervallate da strati di pomici e scorie in matrice sabbiosa.
20,00 – 30,00	Pozzolana molto addensata

8. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Le caratteristiche geotecniche dei terreni dell'area investigata sono state ricavate dalle indagini geognostiche eseguite nel sito da Ambiente e Territorio S.r.l..

Geol. Fabio De Vincentiis

I risultati sono stati confrontati con studi geologici e geotecnici a disposizione dello scrivente (tra i principali: Il Sottosuolo della Città di Napoli – Caratterizzazione Geotecnica del Territorio Urbano, A. Croce – A. Pellegrino 1967; Area Urbana di Napoli: Principali Caratteristiche geologiche stratigrafiche ed ambientali. S. Caliro et al. 1997; Caratteristiche Geotecniche dei terreni piroclastici della Città di Napoli, A. Evangelista et al. 2002) e riguardanti un intorno significativo dell'area in questione. In particolare si può desumere che tutta l'opera in progetto insisterà su terreni sabbioso-limosi costituiti da materiale eterogeneo e da piroclastiti sciolte rimaneggiate (cineriti), moderatamente addensate. La caratterizzazione meccanica di tali terreni è resa difficoltosa da incertezze legate sia alla variabilità delle proprietà meccaniche tra i vari depositi e all'interno di un singolo deposito, sia alle condizioni di parziale saturazione di questi materiali. Tali incertezze saranno poi definite in fase esecutiva, mediante l'esecuzione d'indagini geognostiche specifiche in seguito descritte sommariamente; ad ogni modo data l'estesa diffusione areale di questi materiali, e la mole di dati provenienti dalle indagini eseguite in passato, è possibile generalizzarne il comportamento geotecnico.

Le proprietà fisico-meccaniche delle pozzolane, essendo queste materiali molto porosi ed a plasticità pressoché nulla, risentono sensibilmente del grado di saturazione S . Dai dati di bibliografia, si ricava che il valore limite di S è di 0,7 al di sotto del quale il valore di ϕ decresce sensibilmente da pozzolane in sede a quelle rimaneggiate. Per $S > 0,7$ ϕ arriva ad assumere valori inferiori ai 20° è per tale motivo che *le condizioni di drenaggio assumono un ruolo fondamentale*. La coesione apparente è di $\sim 0,2 - 0,3 \text{ Kg/cm}^2$; per quanto concerne le caratteristiche di compressibilità, dalla letteratura specializzata si ricava che la componente più significativa non è data dalla consolidazione primaria ma da cedimenti legati alla consolidazione secondaria e/o alla frantumazione delle particelle. I moduli di compressione edometrica, iniziale E_i e differita E_d riferiti a un range di sollecitazione di $1,6 - 3,0 \text{ Kg/cm}^2$, hanno un valore prossimo ai 100 Kg/cm^2 per E_i e di poco inferiore per E_d .

L'angolo d'attrito interno ϕ proprio di questi materiali in sede è molto variabile e dipende anch'esso dalle condizioni di saturazione, ma in via generale è compreso tra $28^\circ \div 40^\circ$ anche se in condizioni ottimali ed in assenza di disturbo (vibrazioni) si possono trovare in pareti verticali, la porosità è mediamente il 25 % ed il peso specifico $1,4 \text{ t/m}^3$.

Geol. Fabio De Vincentiis

Per tutti questi motivi le pozzolane mostrano in situ caratteristiche geotecniche migliori di quelle poi rilevate in laboratorio, questa differenza è da attribuire alla coesione "apparente" che deriva dal fatto che i granuli hanno forme irregolari e scabrose e durante la deposizione si incastrano tra loro in modo tale da dare coesione alla massa. Come già detto questa coesione, viene meno se i materiali sono saturati e/o sottoposti a vibrazioni, poiché con l'aumento delle pressioni interstiziali i granuli possono trovare un nuovo assetto geometrico con conseguente riduzione di volume.

Nicotera *et alii* hanno di recente (2002) proposto un sistema di classificazione geotecnica delle pozzolane basato sui dati sperimentali, relative a circa 600 prove triassiali, raccolti in vari decenni dal D.I.G. dell'Università Federico II di Napoli. Tale sistema prevede la classificazione dei depositi attraverso classi distinte in base alla profondità rispetto alle quali vengono rappresentati graficamente i limiti di fiducia dei parametri geotecnici (coesione e angolo di attrito), tali limiti rappresentano delle superfici ellittiche all'interno delle quali le coppie di valori dei parametri geotecnici hanno un attendibilità del 70% e il cui centro rappresenta il valore medio dei parametri suddetti.

Le caratteristiche geotecniche dei terreni di sedime dell'opera dovranno essere comunque essere verificate attentamente e valutate in fase esecutiva, così come la reale presenza di vuoti e cavità sebbene sia stata esclusa dall'analisi della cartografia comunale.

Modello Geotecnico del sito in esame¹

Come visto la stratigrafia della zona rispecchia quanto atteso ed in particolare il sottosuolo si può schematizzare come di seguito mostrato.

STRATO 1 (da 0,0 a ~ -2,5 m): riporto antropico e piroclastiti rimaneggiate (alluvioni)

$\phi = 28-30^\circ$; $\gamma_{\text{nat}} = 13,0 \text{ kN/m}^3$; $c = 3,0 - 5,0 \text{ kPa}$; $Dr = 139\%$; $E = 220 \text{ Kg/cm}^2$

STRATO 2 (da - 2,5 a ~-13,0 m): sabbie con limi e ghiaia pumicea. Piroclastiti sciolte rimaneggiate

$\phi = 30^\circ$; $\gamma_{\text{nat}} = 12,0 \text{ kN/m}^3$; $c = 3,0 - 5,0 \text{ kPa}$; $Dr = 58\%$; $N_{\text{spt}} = 9$; $E = 67 \text{ Kg/cm}^2$

¹ ϕ angolo di attrito da Prova taglio; c coesione drenata da Prova taglio; S_r grado di saturazione; W_n contenuto naturale d'acqua; γ_{nat} peso di volume naturale; γ_{dry} peso di volume secco; ϕ angolo di attrito desunto da altri studi e DPSH; E Modulo di compressione edometrica da DPSH. Dr densità relativa da DPSH

Geol. Fabio De Vincentiis

STRATO 3 (da - 13,0 a ~-20,0 m): sabbie con limi e ghiaia pumicea. Piroclastiti addensate

$$\phi = 35^\circ; \gamma_{\text{nat}} = 12,5 \text{ kN/m}^3; c = 5,0 \text{ kPa}; Dr = 70\%; E = 160 \text{ Kg/cm}^2$$

STRATO 4 (da - 20,0 a ~-30,0 m): pozzolana molto addensata

$$\phi = 35^\circ; \gamma_{\text{nat}} = 12,5 \text{ kN/m}^3; c = 7,0$$

9. MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO

La normativa vigente fa riferimento, ai fini della valutazione dell'azione sismica di progetto, alla definizione del quadro morfologico e stratigrafico che contribuisce alla ricostruzione della "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa è definita in termini di accelerazione sismica massima attesa (a_g), in campo libero su profilo stratigrafico di riferimento rigido (A), pianeggiante.

L'ultimo riferimento normativo varato, nella valutazione della pericolosità sismica, fa richiamo, alla Vita nominale (V_n) ed alla Classe d'uso (C_u) dell'opera in progetto, che insieme contribuiscono alla definizione della Vita Reale del manufatto (V_r), riferimento fondamentale per la definizione del Periodo di ritorno dell'azione sismica; essa, infatti, sarà attesa d'intensità maggiore quanto più lunga sarà la vita reale del manufatto (V_r). Al punto 3.2, che esamina l'azione sismica, definisce le forme spettrali in funzione di ciascuna probabilità di superamento del Periodo di riferimento (P_{Vr}) a partire dai seguenti parametri riferiti a sito rigido orizzontale:

a_g accelerazione orizzontale massima al sito;

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

T periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

In allegato alla norma cui ci si riferisce, sono tabellati i valori dei parametri citati per tutti i siti considerati (10751) elencati per coordinate geografiche sul reticolo di riferimento e per 9 periodi di ritorno crescenti (30 anni, 50 anni, 72 anni, 101 anni, 140 anni, 201 anni, 475 anni, 975 anni, 2475 anni).

Le categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione riportate al punto 3.2.2 nell'ultimo decreto di riferimento, sono rimaste pressoché invariate e sono definite, preferibilmente, in

Geol. Fabio De Vincentiis

virtù del parametro Vs30, in altre parole della velocità media di propagazione entro 30 metri di profondità rispetto al piano di fondazione delle onde di taglio, calcolata con la seguente espressione:

$$V_{s30} \text{ eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N h_i / V_{si}}$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo per un totale di N strati presenti nei 30 metri superiori ed H è profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Pertanto, il sito in esame è stato parametrizzato, partendo dalla ricostruzione litostratigrafia effettuata a mezzo sismica di superficie tipo HVSR eseguita nel sito sede del progetto.

Sulla base dei valori ottenuti dalla prospezione, è possibile calcolare il parametro Vs30 la cui espressione di calcolo è quella sopra descritta ed il cui valore consentirà di classificare il sottosuolo sismicamente significativo dell'area in studio nell'ambito della scala di cui al punto 3.1 del D.M. 17/01/2018. La classificazione ottenuta condurrà,

Geol. Fabio De Vincentiis

quindi, alla individuazione del fattore di amplificazione S , che tiene conto del profilo stratigrafico del suolo e delle condizioni topografiche, secondo quanto disposto alle tabelle 3.2.II, 3.2.III e 3.2.V.

Per i valori ricavati dalla prospezione sismica di superficie HVSR eseguita per il sito in esame, si ottiene il seguente valore del V_{s30} :

HVSR 1	$V_{s30} V_{sE}$	372 m/sec
--------	------------------	-----------

Il valore del parametro V_{s30} così ottenuto ricade nella Classe di profilo stratigrafico di **suolo di tipo "B"**, così come definito nel paragrafo 3.2 del D.M. 17/01/18 citato: *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.*

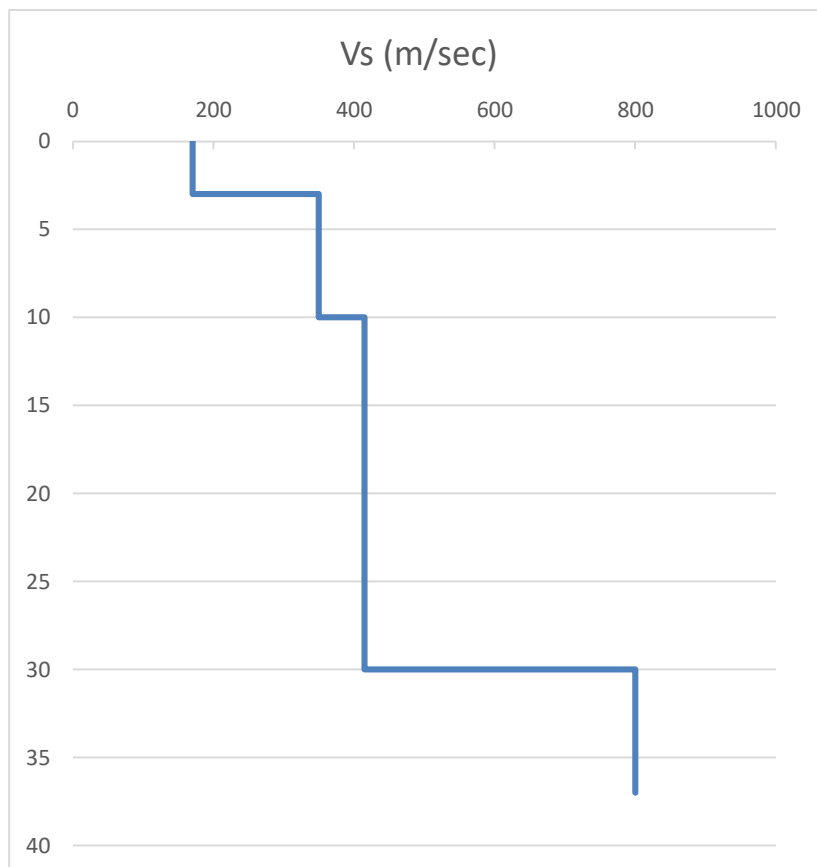
Ma il valore emerso dalla prospezione, colloca la classe di suolo al limite tra le classi B e C e in altre indagini condotte dallo scrivente nella zona in oggetto il valore rilevato aveva fatto ricondurre il suolo in classe C, per cui prudenzialmente, vista la destinazione d'uso dell'immobile, si propenderebbe per la collocazione in classe C.

Il valore del parametro V_{s30} così ottenuto ricade nella Classe di profilo stratigrafico di **suolo di tipo "C"**, così come definito nel paragrafo 3.2 del D.M. 17/01/18 citato: *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.*

Pertanto, il sito in esame è stato parametrizzato, partendo dalla ricostruzione litostratigrafia effettuata a mezzo della campagna di indagini geognostiche a carotaggio continuo cui si è fatto riferimento e in base ai risultati delle prospezioni sismiche per la rilevazione della velocità delle onde di taglio (V_s) eseguite con metodologia HVSR nell'ambito dell'area destinata ad ospitare l'opera in progetto.

Rimandando, per i dettagli, all'allegato relativo all'indagine sismica eseguita, per l'area indagata è risultata la seguente schematizzazione geosismica:

Geol. Fabio De Vincentiis



Sulla base di tali valori, è possibile calcolare il parametro V_{s30} che qui coincide con il V_s equivalente e la cui espressione di calcolo è quella sopra descritta ed il cui valore consentirà di classificare il sottosuolo sismicamente significativo dell'area in studio nell'ambito della scala di cui al punto 3.2 del D.M..

Il modello sismostratigrafico riportato precedentemente ripropone la successione dei litotipi attualmente rinvenibili a partire dal piano di campagna dove è stato eseguito l'allineamento sismico. Esso corrisponde al modello geologico precedentemente proposto.

La categoria Topografica distingue 4 condizioni topografiche e come appresso esplicitato:

Tabella 3.2.III – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i

Geol. Fabio De Vincentiis

	$\leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Il caso in esame ricade nella categoria T1; Pendii con inclinazione media $i < 15^\circ$.

A tali categorie topografiche corrispondono altrettanti Fattori di amplificazione S_r che si rifanno ad altrettante condizioni morfologiche.

Il parametro ST viene definito in base alla seguente tabella che, oltre alla categoria topografica, considera anche l'ubicazione dell'opera:

Tabella 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_r

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_r
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Le condizioni topografiche riscontrate nell'ambito del sito in fanno ricadere il sito nella categoria topografica T1 e assegna un coefficiente di amplificazione topografica pari a 1,0.

Il fattore di amplificazione S e che viene utilizzato nel calcolo dello spettro di risposta elastico, , combina anche una componente dipendente dalla classe di suolo presente nel sito in esame (S_s). La stessa Classe di suolo condiziona anche il calcolo del Periodo T_c corrispondente all' inizio del

Geol. Fabio De Vincentiis

tratto a velocità costante nello spettro di risposta sismica, che in uno con il fattore **S_s** viene così computato:

Tabella 3.2.IV – Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 F_0 a_g / g \leq 1,20$	$1,10*(TC)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 F_0 a_g / g \leq 1,50$	$1,05*(TC)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 F_0 a_g / g \leq 1,80$	$1,25*(TC)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 F_0 a_g / g \leq 1,60$	$1,15*(TC)^{-0,40}$

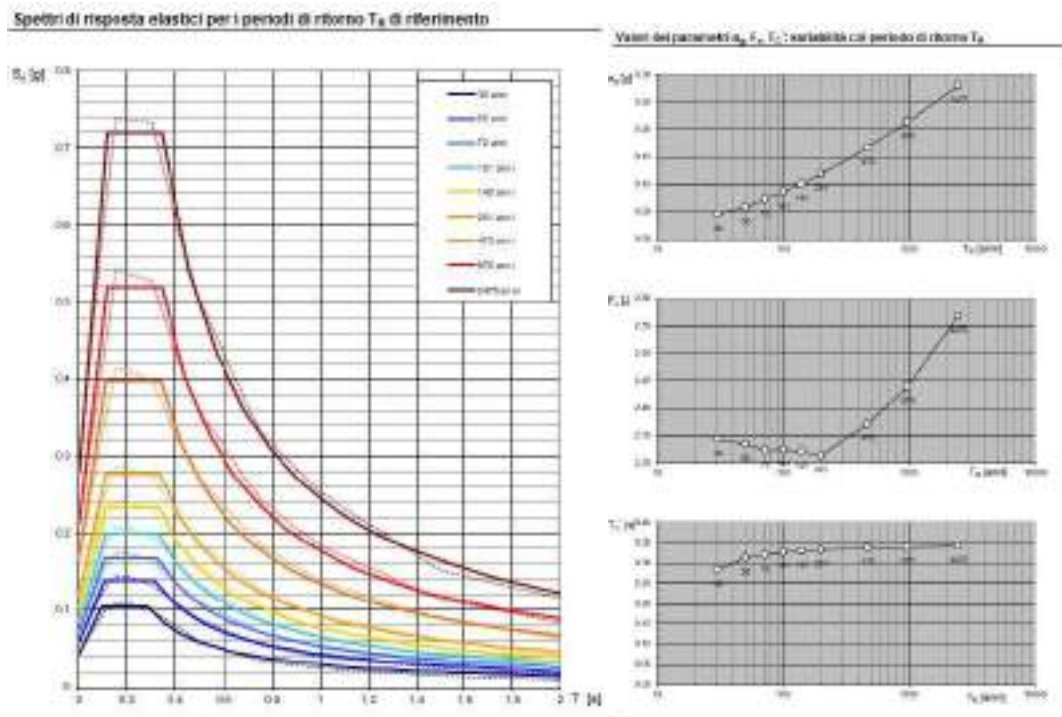
Sulla base delle coordinate geografiche del sito sono di seguito riportati i valori assunti dai parametri caratteristici degli spettri di risposta elastica, al variare del tempo di ritorno (TR) dell'evento sismico d'intensità massima atteso nell'area d'interesse, funzione della Vita nominale del manufatto e dello stato limite utilizzato nella progettazione. Per gli stessi valori di TR sono altresì riportati gli spettri di risposta sismica verticale utilizzabili.

Sarà cura del progettista incaricato, una volta definiti:

- la vita nominale dell'opera;
- la sua classe d'uso;
- lo stato limite di progetto,

definire il tempo di ritorno TR del terremoto di progetto e sulla base dei valori precedentemente riportati della categoria di suolo, di quella topografica, del relativo coefficiente di amplificazione ST definire, in base ai parametri a_g , F_0 e T^*C e alle espressioni precedentemente riportate (tab .2V), i valori dei parametri S_s (Fattore di amplificazione relativo alla classe di suolo) C_c e S (fattore di amplificazione totale).

Geol. Fabio De Vincentiis



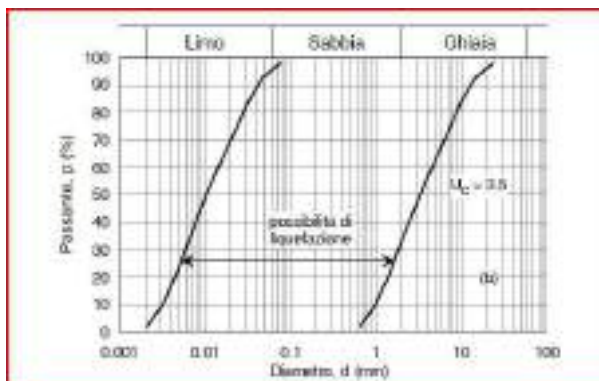
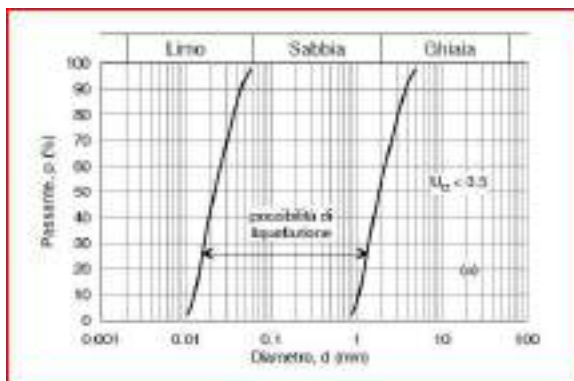
Valori dei parametri a_g , F_g , T_g per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_g [-]	T_g [s]
30	0.045	2.344	0.284
50	0.059	2.334	0.312
72	0.072	2.323	0.321
101	0.086	2.325	0.327
140	0.101	2.321	0.331
201	0.120	2.314	0.333
475	0.158	2.372	0.338
975	0.213	2.439	0.341
2475	0.280	2.568	0.342

Circa la possibilità di liquefazione dei terreni in oggetto occorre specificare che la predisposizione alla liquefazione dipende dalla capacità del terreno di aumentare la propria densità, fattore chiaramente legato all'indice dei vuoti riscontrabile. La liquefazione occorre generalmente per stratificazioni superficiali perché oltre i 10 – 15 m è esclusa dall'addensamento prodotto dal carico citostatico (Cestelli Guidi, C. – Geotecnica e Tecnica delle Fondazioni - Vol. 1).

Geol. Fabio De Vincentiis

Nel Caso in esame i terreni superficiali di sedime presentano fusi granulometrici generalmente lontani da quelli della liquefazione e non sono in falda (almeno per i primi metri dal piano campagna). Comunque l'alta percentuale di frazione limosa costituente la "pozzolana" e il buon grado di addensamento rilevato non costituiscono rischio di liquefazione come previsto nella normativa vigente.



10. PRESCRIZIONI E CONCLUSIONI

La presente relazione geologica è stata redatta propedeuticamente alla definizione delle caratteristiche geologiche dei terreni dell'area di sedime del Complesso di San Lorenzo Maggiore a Napoli, nell'ambito del Grande Progetto Centro Storico di Napoli - Valorizzazione del Sito UNESCO - Obiettivo specifico 6.7 – Azioni 6.7.1 e 6.8.3. Intervento 7, propedeuticamente alla realizzazione di un impianto ascensore.

Per la caratterizzazione dei terreni di sedime del fabbricato, sito nel Centro Storico di Napoli a 28 m s.l.m., lo scrivente ha effettuato una serie di sopralluoghi e rilevamenti in sito seguiti dall'esecuzione di indagini geognostiche e sismiche ad hoc, compendiate infine da un'accurata ricerca bibliografica condotta con il materiale disponibile anche presso i competenti uffici comunali e regionali.

L'analisi dell'assetto stratigrafico e morfostrutturale tracciato in relazione, unitamente alle caratteristiche geologico-tecniche dei terreni in oggetto, non rappresenta una condizione predisponente all'instaurarsi di fenomeni erosionali e gravitativi che comunque andranno opportunamente presi in considerazione in fase di realizzazione delle opere necessarie all'impianto ascensore.

Geol. Fabio De Vincentiis

L'ubicazione dell'area di studio in un contesto altamente urbanizzato e, soprattutto, caratterizzato da un costruito molto antico e, spesso, molto fragile suggerisce un'attenzione specifica nelle successive fasi di cantiere soprattutto per quanto attiene la regimazione delle acque meteoriche onde evitare fenomeni d'infiltrazione in corrispondenza delle superfici di scavo e in grado di generare moti di filtrazione con conseguenti possibilità di incremento delle pressioni interstiziali.

Attenzione specifica dovrà anche essere rivolta alla presenza del sistema ipogeo presente e che, data la sua unicità, è anche ben conosciuto e studiato; ad ogni modo durante i sopralluoghi eseguiti al livello del sottosuolo, è stato possibile verificarne il buono stato di conservazione e l'assenza di evidenze di degrado strutturale, così come non è stata rilevata la presenza di umidità (di risalita e/o dovuta ai sottoservizi).

Le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e sismiche del sito in esame sono state confrontate con gli elaborati cartografici prodotti dal Comune di Napoli nell'ambito della L.R. 9/83 e con una serie di ulteriori indagini eseguite dallo scrivente nei paraggi del sito in esame relativamente all'area di interesse e ne è stata verificata la congruenza dell'interpretazione fornita nel presente lavoro.

Per la zona in questione non esistono vincoli di pericolosità e rischio (anche atteso) idrogeologico ed idraulico (Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale TAV. 447123. PSAI – Autorità di Bacino Campania Centrale).



Figura 1 Estratto Tav. 44123 Aut. Bacino

Geol. Fabio De Vincentiis

Si conferma, dunque, che la zona non si presta dunque all'occorrenza di possibili fenomeni d'instabilità dei pendii e/o d'instabilità generale e se ne attesta pertanto la piena compatibilità con la geologia, la geomorfologia, l'idrologia e l'idrogeologia del sito.

Tanto per incarico ricevuto

Napoli, dicembre 2020

Geol. Fabio De Vincentiis

Ubicazione Area di studio



Figura 2 Foto Aerea da Google Maps.

Geol. Fabio De Vincentiis



Figura 3 Stralcio Planimetrico estratto dalla Tav. 129 Cartografia di Napoli 1:1000.

Geol. Fabio De Vincentiis

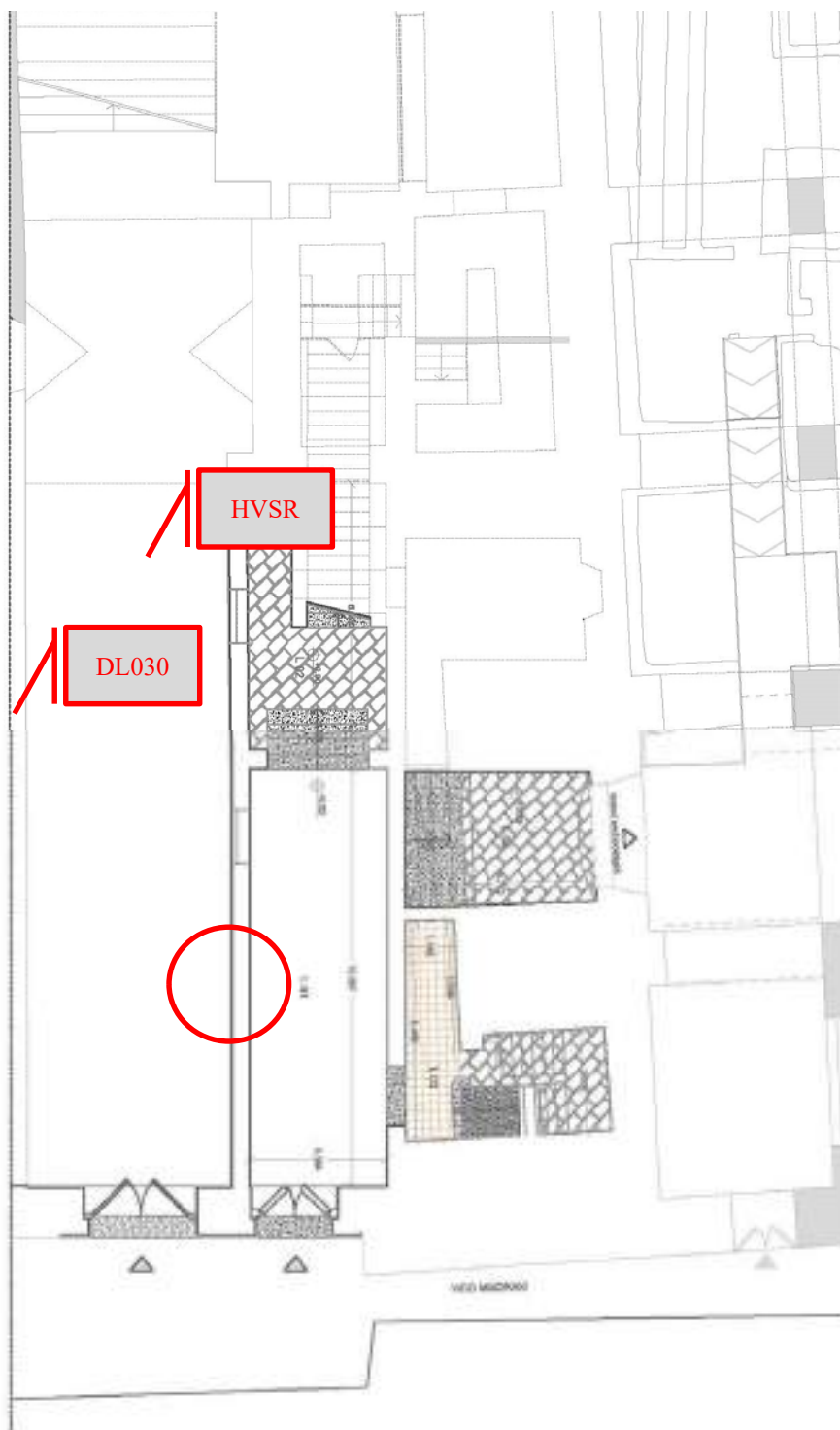


Figura 4 Ubicazione di dettaglio (cerchio rosso).



via matilde serao snc
83013 mercogliano(av)
email: info@aetlab.it
tel./fax +390825628774
www.aetlab.it

COMUNE DI NAPOLI (NA)

Committente: RTP AECODE

Oggetto: Adeguamento normativo e progettazione esecutiva architettonica, strutturale ed impiantistica inclusi gli arredi e al coordinamento della sicurezza in fase di progettazione, per l'intervento denominato "Complesso di San Lorenzo Maggiore"



Caratterizzazione sismica dei terreni attraverso la tecnica HVSR (Metodo di Nakamura)



Il responsabile tecnico
Dott. Geol. Alessandro Iannuzzi

Prot. IGCPM2070
Dicembre 2020



AMBIENTE E TERRITORIO S.R.L.
LABORATORIO PROVE AUTORIZZATO MIN. INFRASTRUTTURE
Via Matilde Serao snc – 83013 Mercogliano (AV)
Tel 0825.628774 fax 0825.628774
Webpage: www.aetlab.it email: info@aetlab.it



Protocollo: IGCPM2070

Committente: RTP AECODE

Oggetto: Adeguamento normativo e progettazione esecutiva architettonica, strutturale ed impiantistica inclusi gli arredi e al coordinamento della sicurezza in fase di progettazione, per l'intervento denominato "Complesso di San Lorenzo Maggiore"

Comune: NAPOLI (NA)

Prospezioni sismiche HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) n° 1

Premessa

Nel mese di Dicembre 2020 la ditta RTP AECODE. conferiva incarico alla scrivente per l'esecuzione di n° 1 prospezione sismica di superficie passiva a stazione singola HVSR. (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) finalizzata all'individuazione della frequenza caratteristica di risonanza di sito dei luoghi indagati per le finalità di cui in intestazione.

Il presente rapporto, firmato da professionista geologo abilitato ai sensi del D.P.R. 328/2001, riferisce sui risultati ottenuti dall'indagine svolta, si compone del presente dattiloscritto di una relazione esplicativa e di n 2 schede di restituzione con grafici che in originale, in formato elettronico viene fornito al committente.

Mercogliano (AV) Dicembre 2020

Il responsabile tecnico
Dott. Geol. Alessandro Iannuzzi



AMBIENTE E TERRITORIO S.R.L.
LABORATORIO PROVE AUTORIZZATO MIN. INFRASTRUTTURE
Via Matilde Serao snc – 83013 Mercogliano (AV)
Tel 0825.628774 fax 0825.628774
Webpage: www.aetlab.it email: info@aetlab.it



La tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)

La tecnica dei rapporti spettrali o HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è totalmente non invasiva, molto rapida, si può applicare ovunque e non necessita di nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazione esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque. I risultati che si possono ottenere da una registrazione di questo tipo sono:

- la frequenza caratteristica di risonanza del sito che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale in quanto si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericolosi per la stabilità degli stessi;
- la frequenza fondamentale di risonanza di un edificio, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso. In seguito sarà possibile confrontarla con quella caratteristica del sito e capire se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio;

Le basi teoriche della tecnica HVSR si rifanno in parte alla sismica tradizionale (riflessione, rifrazione, diffrazione) e in parte alla teoria dei microtremori. La forma di un'onda registrata in un sito x da uno strumento dipende:

1. dalla forma dell'onda prodotta dalla sorgente s,
2. dal percorso dell'onda dalla sorgente s al sito x (attenuazioni, riflessioni, rifrazioni, incanalamenti per guide d'onda),
3. dalla risposta dello strumento.

Possiamo scrivere questo come:

segnale registrazione al sito x = sorgente * effetti di percorso * funzione trasferimento strumento.

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto piccole, molto più piccole di quelle indotte dai terremoti.

I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il rumore non è generato ad hoc, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva. Nel tragitto dalla sorgente s al sito x le onde elastiche (sia di terremoto che microtremore) subiscono riflessioni, rifrazioni, intrappolamenti per fenomeni di guida d'onda, attenuazioni che

Nota illustrativa HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio).



AMBIENTE E TERRITORIO S.R.L.
LABORATORIO PROVE AUTORIZZATO MIN. INFRASTRUTTURE
Via Matilde Serao snc – 83013 Mercogliano (AV)
Tel 0825.628774 fax 0825.628774
Webpage: www.aetlab.it email: info@aetlab.it



dipendono dalla natura del sottosuolo attraversato. Questo significa che se da un lato l'informazione relativa alla sorgente viene persa e non sono più applicabili le tecniche della sismica classica, è presente comunque una parte debolmente correlata nel segnale che può essere estratta e che contiene le informazioni relative al percorso del segnale ed in particolare relative alla struttura locale vicino al sensore.

Dunque, anche il debole rumore sismico, che tradizionalmente costituisce la parte di segnale scartate dalla sismologia classica, contiene informazioni. Questa informazione è però "sepolta" all'interno del rumore casuale e può essere estratta attraverso tecniche opportune. Una di queste tecniche è la teoria dei rapporti spettrali o, semplicemente, HVSR che è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali dei sottosuoli, informazione di notevole importanza nell'ingegneria sismica.

La strumentazione utilizzata

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato geofono tridirezionale PASI 3DGL 2 Hz matricola 201109 collegato a sismografo mod. GEA24 matricola 193283 controllato attraverso un Pc da campo Panasonic Toughbook CF18

Il sistema ha le caratteristiche tecniche appresso sintetizzate:

Caratteristiche tecniche generali

SPECIFICHE TECNICHE 3DLG-2	
Freq. nat. di risonanza	2 Hz \pm 10%
Sensibilità	2 V/cm·S ⁻¹ \pm 5%
Resistenza interna	5.8 k Ω \pm 5%
Damping	0.7 \pm 10%
Distorsione armonica	\leq 0.2%
Impedenza d'ingresso	\geq 10 M Ω
Temperatura operativa	da -25°C a +55°C
Bloccaggio sensori	Con connettore di blocco
Dimensioni	Diam. 128 mm h. 175mm
Peso	2.3 Kg



AMBIENTE E TERRITORIO S.R.L.
LABORATORIO PROVE AUTORIZZATO MIN. INFRASTRUTTURE
Via Matilde Serao snc – 83013 Mercogliano (AV)
Tel 0825.628774 fax 0825.628774
Webpage: www.aetlab.it email: info@aetlab.it



TECHNICAL SPECIFICATIONS GEA 24	
Number of channels	24 chs + trigger (AUX ch) - 2 units can be serialized for a total of 48 chs
Data Conversion	24 real bits Sigma-Delta ADC (compatible with analog geophones of any resonance frequency)
Sampling intervals	Active Acquisitions: - up to 125 microsec (8000sps) on 24 chs, - up to 31.25 microsec (32000sps) on 8 chs Passive Acquisitions: - up to 4000 microsec (250sps) on 24 ch - up to 500 microsec (2000sps) on 3 chs
Acquisition length	27500 samples @ 24 chs (+aux) 174500 samples @ 3 chs (+aux) Unlimited samples for continuous acquisitions
Preamp. gain	0/52 dB, software selectable
Stacking	Unlimited number of stackings
Input impedance	2M Ω in // 22nF
S/N ratio	117db @1kps
Distortion	0.007% @16kHz
Bandwidth -3dB	8.8kHz@32kps - 0.21 kHz@1kps
Bandwidth +/- 0.1dB	3.5 kHz@32kps - 0.11 kHz@1kps
Filters	Low Pass: 125-200-500-1000Hz High Pass: 10-20-30-40-50-70-100-150-200-300-400Hz
Notch Filter	50-60Hz + harmonics
Trigger	Normally closed contact, normally open contact (e.g. with explosive), analog signal (starter geophone, hammer switch), TTL triggering. Trigger sensibility adjustable via software
Trace Display	Wiggle-trace / variable area
Noise-monitor	All channels + trigger; real time bar display
AUX channel	1x (for trigger or any other input signal)
External interface	1x USB 2.0 to external PC (not included)
Data format	SEG2, SAF (other formats available on request)
Power supply	5VDC from USB, 0.25A
Operating/Storage Temp.	-30°C to +80°C
Humidity	80% relative humidity, non condensing
Dimension	24cm x 19.5cm x 11cm
Weight	2 Kg

L'elaborazione dei dati.

I dati acquisiti vengono trattati ed elaborati con l'ausilio del software Holisurface 2019 prodotto dalla *eliosoft*, per la determinazione degli spettri dei segnali rilevati nelle tre direzioni dello spazio (UD – verticale; NS – dir Nord Sud, EW dir. Est Ovest) e il rapporto H/V. Al termine del computo della curva HVSR viene prodotto un report che riassume tutti i parametri utilizzati e le risultanze dell'analisi. Il software imposta l'elaborazione secondo i criteri del progetto SESAME European research project WP12 – Deliverable D23.12, per l'implementazione delle tecniche del Rapporto Spettrale H/V sulle vibrazioni ambientali (SESAME: Site EffectS assessment using AMbient Excitations).



AMBIENTE E TERRITORIO S.R.L.
LABORATORIO PROVE AUTORIZZATO MIN. INFRASTRUTTURE
Via Matilde Serao snc – 83013 Mercogliano (AV)
Tel 0825.628774 fax 0825.628774
Webpage: www.aetlab.it email: info@aetlab.it



Vengono, perciò anche valutati i criteri SESAME inerenti l'affidabilità della curva H/V e del suo picco. Le analisi rispetto i criteri SESAME sono svolte considerando i dati nell'intervallo 0.5-15Hz (ambito di interesse ingegneristico) ma tale range può essere anche variato ed il valore prescelto riportato nel rapporto finale come dato impostato. Il software consente il ricampionamento del dato registrato in campo per ottenere un rapporto ottimale tra risoluzione del rilevamento e qualità dell'elaborazione. È altresì consentita la rimozione di specifici eventi (transienti), riferibili a interferenze antropiche, prima di procedere al calcolo del rapporto spettrale, al fine di produrre un'elaborazione il più fedele possibile al segnale ambientale. A valle di tutte queste rielaborazioni del segnale originale registrato, l'applicazione provvede all'elaborazione dello spettro di ognuna delle componenti tridirezionali registrate e della curva HVSR, determinando il picco di frequenza

I risultati delle prospezioni eseguite.

Nel comprensorio del territorio interessato dai lavori in oggetto sono stati realizzati N 1 rilevamenti sismici secondo la tecnica HVSR, condotti con stazione sismica digitale, di cui alla precedente descrizione, equipaggiato con una terna di geofoni direzionali ortogonali da 2 hz.

I risultati della prospezione vengono proposti in una serie di grafici che riportano diverse informazioni.

Nel primo sono presentati il segnale sismico registrato e le relative componenti nelle tre direzioni dello spazio (UD – verticale; NS – dir Nord Sud, EW dir. Est Ovest)

Di seguito, sono riportati lo spettro di frequenza per le tre componenti registrate e il rapporto spettrale H/V del segnale.

Viene infine proposta una serie di tabella con i dati essenziali di riferimento dell'elaborazione, i dati di frequenza di picco e frequenza massima HVSR nonché i parametri di valutazione dell'affidabilità della misura effettuata sia della curva che del picco HVSR secondo le linee guida del SESAME Project.

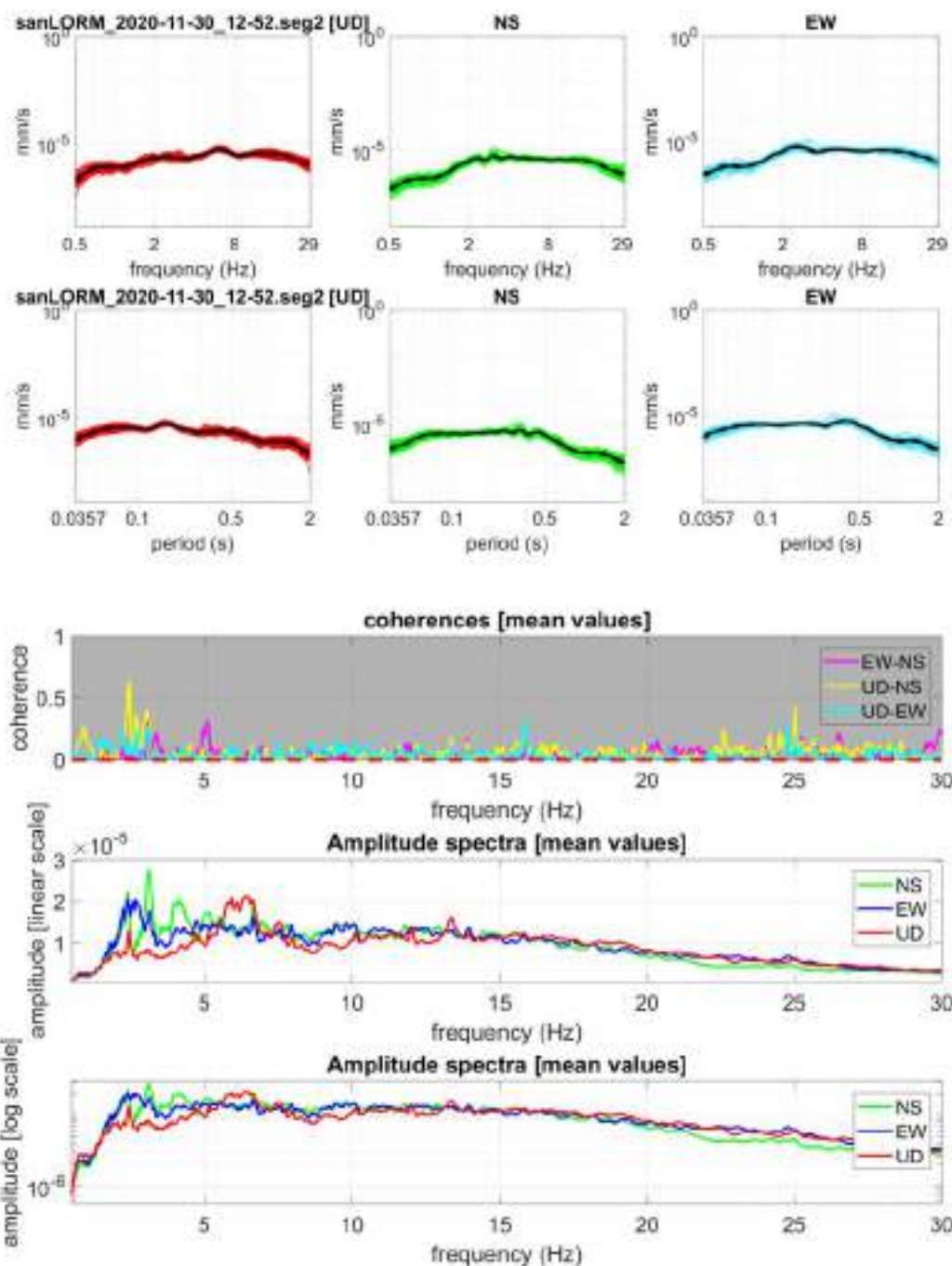
E' altresì riportato lo schema della distribuzione delle onde S ricostruito sulla base della curva H/V e il valore del V_{S30} / V_{Seq} determinato secondo la normativa vigente.



AMBIENTE E TERRITORIO S.R.L.
LABORATORIO PROVE AUTORIZZATO MIN. INFRASTRUTTURE
Via Matilde Serao snc – 83013 Mercogliano (AV)
Tel 0825.628774 fax 0825.628774
Webpage: www.aetlab.it email: info@aetlab.it



Prot.	IGCPM2070	RISULTATI WINMASW 4.8 PRO
Comune di	NAPOLI (NA)	Dataset: sanLORM_2020-11-30_12-52.seg2
Committente:	RTP AECODE	Ubicazione: HVSR 1
Oggetto:	Adeguamento normativo e progettazione esecutiva architettonica, strutturale ed impiantistica inclusi gli arredi e al coordinamento della sicurezza in fase di progettazione, per l'intervento denominato "Complesso di San Lorenzo Maggiore"	



Risultati d'indagine HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio).

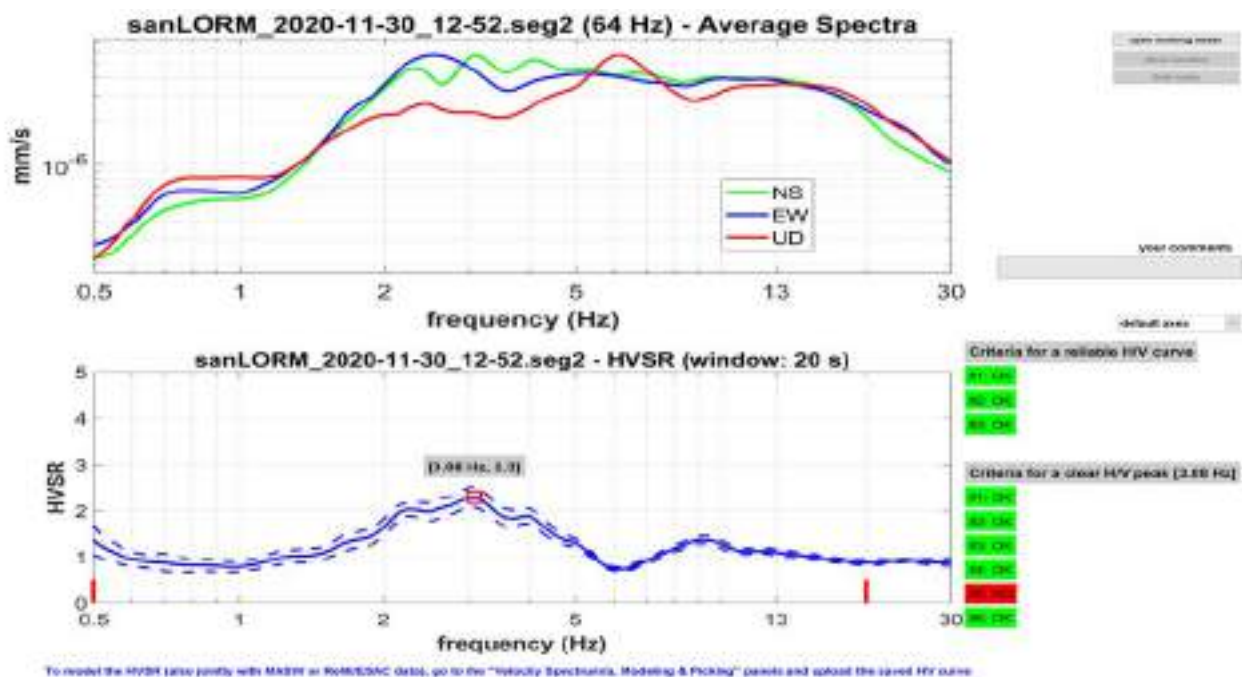
Prot. IGCPM2070- Comune di NAPOLI (NA)–Committente: RTP AECODE:

Adeguamento normativo e progettazione esecutiva architettonica, strutturale ed impiantistica inclusi gli arredi e al coordinamento della sicurezza in fase di progettazione, per l'intervento denominato "Complesso di San Lorenzo Maggiore"

pag. 7 di 10



AMBIENTE E TERRITORIO S.R.L.
LABORATORIO PROVE AUTORIZZATO MIN. INFRASTRUTTURE
Via Matilde Serao snc – 83013 Mercogliano (AV)
Tel 0825.628774 fax 0825.628774
Webpage: www.aetlab.it email: info@aetlab.it



Dataset:	sanLORM_2020-11-30_12-52.seg2
Sampling frequency (Hz):	64
Window length (sec):	20
Length of analysed temporal sequence (min):	20
Tapering (%):	5
Smoothing (%)	15

Risultati ottenuti considerando i dati nell'intervallo di frequenza tra 0 – 20Hz

Peak frequency (Hz):	3.1 (±0.7)
Peak HVSR value:	2.3 (±0.2)

Criteria for a reliable HVSR curve [All 3 should be fulfilled]

f0 > 10/LW	1.5 > 0.25	👍
ne(f ₀) > 200	3198 > 200	👍
[f0 > 0.5 Hz; sigmaA(f) < 2 for 0.5f0 < f < 2f0]		👍

Criteria for a clear HVSR peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]

[exists f- in the range [f0/4, f0] AH/V(f-) < A0/2]	0.8 Hz	👍
[exists f+ in the range [f0, 4f0] AH/V(f+) < A0/2]:	5.3 Hz	👍
[A0 > 2]	2.3 > 2	👍

Risultati d'indagine HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio).

Prot. IGCPM2070- Comune di NAPOLI (NA)–Committente: RTP AECODE:

Adeguamento normativo e progettazione esecutiva architettonica, strutturale ed impiantistica inclusi gli arredi e al coordinamento della sicurezza in fase di progettazione, per l'intervento denominato "Complesso di San Lorenzo Maggiore"

pag. 8 di 10



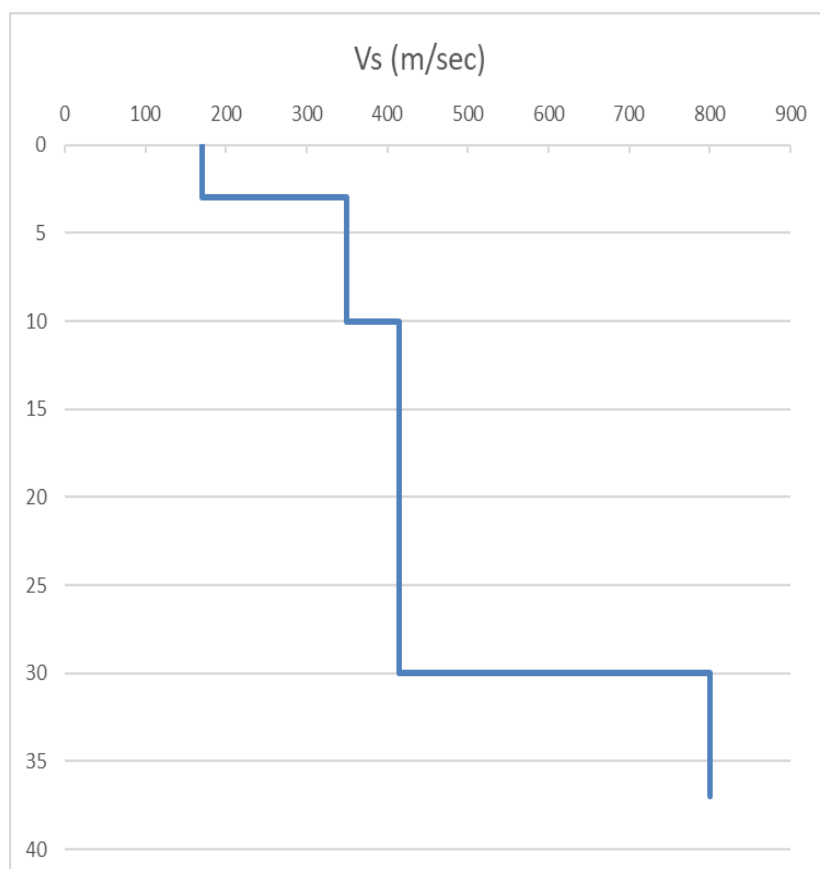
AMBIENTE E TERRITORIO S.R.L.
LABORATORIO PROVE AUTORIZZATO MIN. INFRASTRUTTURE
Via Matilde Serao snc – 83013 Mercogliano (AV)
Tel 0825.628774 fax 0825.628774
Webpage: www.aetlab.it email: info@aetlab.it



$F_{peak} [AH/v(f) \pm \sigma A(f)] = f_0 \pm 5\%$		👍
$\sigma f < \varepsilon(f_0)$	$0.725 > 0.154$	👎
$\sigma A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.430 < 1.58$	👍

Strato	Vs(m/sec)	Spessore (m)	Profondità (m)
1	170	2,4	2,4
2	350	10,7	12,4
3	415	16,9	30,0
4	800		

VS30
372,2



Mercogliano (AV) Dicembre 2020

Il responsabile tecnico
Dott. Geol. Alessandro Iannuzzi

Risultati d'indagine HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratio).
Prot. IGCPM2070- Comune di NAPOLI (NA)–Committente: RTP AECODE:
Adeguamento normativo e progettazione esecutiva architettonica, strutturale ed impiantistica inclusi gli arredi e al coordinamento della sicurezza in fase di progettazione, per l'intervento denominato "Complesso di San Lorenzo Maggiore"
pag. 9 di 10



AMBIENTE E TERRITORIO S.R.L.
LABORATORIO PROVE AUTORIZZATO MIN. INFRASTRUTTURE
Via Matilde Serao snc – 83013 Mercogliano (AV)
Tel 0825.628774 fax 0825.628774
Webpage: www.aetlab.it email: info@aetlab.it



UBICAZIONE



Risultati d'indagine HVS R (Horizontal to Vertical Spectral Ratio).
Prot. IGCPM2070- Comune di NAPOLI (NA)–Committente.: RTP AECODE:
Adeguamento normativo e progettazione esecutiva architettonica, strutturale ed impiantistica inclusi gli
arredi e al coordinamento della sicurezza in fase di progettazione, per l'intervento denominato "Complesso
di San Lorenzo Maggiore"

pag. 10 di 10

COMUNE DI

Committente: RTP AECODE

Oggetto: Adeguamento normativo e progettazione esecutiva architettonica, strutturale ed impiantistica inclusi gli arredi e al coordinamento della sicurezza in fase di progettazione, per l'intervento denominato "Complesso di San Lorenzo Maggiore"



PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DL030



Il responsabile tecnico
Dott. Geol. Alessandro Iannuzzi

Prot. IGCPM2070
Dicembre 2020

via matilde serao snc
83013 mercogliana(av)
email: info@aetlab.it
tel./fax +390825628774
www.aetlab.it



Premessa

Nel mese di dicembre 2020 la RTP AECODE conferiva incarico alla scrivente per l'esecuzione di prove penetrometriche dinamiche leggere (DL030) finalizzata alla caratterizzazione dei terreni del sito dei luoghi indagati per le finalità di cui in intestazione.

Il presente rapporto, firmato da professionista geologo abilitato ai sensi del D.P.R. 328/2001, riferisce sui risultati ottenuti dall'indagine svolta, si compone del presente dattiloscritto di una relazione esplicativa e di n 2 schede di restituzione con grafici che in originale, in formato elettronico viene fornito al committente.

Mercogliano (AV), dicembre 2020

Il responsabile tecnico
Dott. Geol. Alessandro Iannuzzi

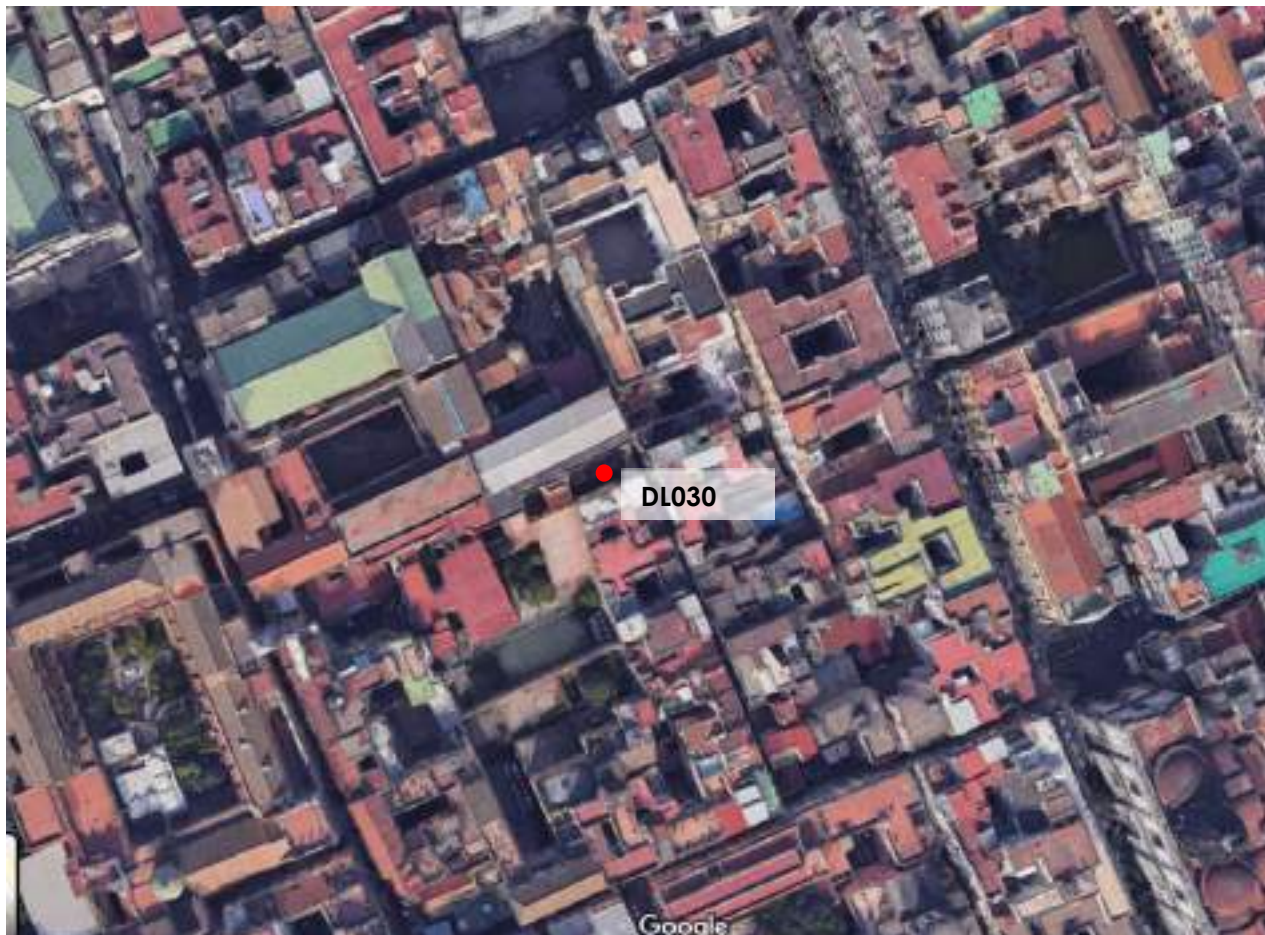
DL030

Prot. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**- Comune di _____-Committente:. RTP AECODE:
Adeguamento normativo e progettazione esecutiva architettonica, strutturale ed impiantistica inclusi gli
arredi e al coordinamento della sicurezza in fase di progettazione, per l'intervento denominato "Complesso
di San Lorenzo Maggiore"

pag. 2 di 3



UBICAZIONE



DL030

Prot. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**- Comune di -Committente:. RTP AECODE:
Adeguamento normativo e progettazione esecutiva architettonica, strutturale ed impiantistica inclusi gli
arredi e al coordinamento della sicurezza in fase di progettazione, per l'intervento denominato "Complesso
di San Lorenzo Maggiore"

pag. 3 di 3



PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Committente: Ambiente & Territorio Srl

Descrizione: ~~Restauro e rifunzionalizzazione~~ Realizzazione di un impianto ascensore

Località: Complesso San Lorenzo Maggiore - Napoli

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPM (DL030 10) (Medium)

Peso Massa battente	30 Kg
Altezza di caduta libera	0,20 m
Peso sistema di battuta	21 Kg
Diametro punta conica	35,68mm
Area di base punta	10 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	2,9 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,10 m
Numero colpi per punta	N(10)
Coeff. Correlazione	0,761
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °

COMPLESSO SAN .LORENZO MAGGIORE
NAPOLI

RESTAURO E RIFUNZIONALIZZAZIONE
REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO ASCENSORE

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
CONTINUA DEL TIPO “DPM”
(Penetrometro dinamico medio)

PROVA DPM 1

PROVA DPM 1

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)
Prova eseguita in data 30/11/2020
Profondità prova 13,10 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,10	1	0,857	2,86	3,34	0,14	0,17
0,20	5	0,855	14,27	16,70	0,71	0,83
0,30	5	0,853	14,24	16,70	0,71	0,83
0,40	6	0,851	17,05	20,04	0,85	1,00
0,50	5	0,849	14,17	16,70	0,71	0,83
0,60	4	0,847	11,31	13,36	0,57	0,67
0,70	2	0,845	5,64	6,68	0,28	0,33
0,80	3	0,843	8,45	10,02	0,42	0,50
0,90	5	0,842	13,33	15,85	0,67	0,79
1,00	3	0,840	7,98	9,51	0,40	0,48
1,10	3	0,838	7,97	9,51	0,40	0,48
1,20	2	0,836	5,30	6,34	0,27	0,32
1,30	3	0,835	7,93	9,51	0,40	0,48
1,40	2	0,833	5,28	6,34	0,26	0,32
1,50	3	0,831	7,90	9,51	0,40	0,48
1,60	11	0,830	28,92	34,86	1,45	1,74
1,70	5	0,828	13,12	15,85	0,66	0,79
1,80	6	0,826	15,71	19,01	0,79	0,95
1,90	9	0,825	22,38	27,14	1,12	1,36
2,00	26	0,723	56,69	78,39	2,83	3,92
2,10	1	0,822	2,48	3,02	0,12	0,15
2,20	1	0,820	2,47	3,02	0,12	0,15
2,30	12	0,819	29,62	36,18	1,48	1,81
2,40	3	0,817	7,39	9,05	0,37	0,45
2,50	11	0,816	27,05	33,17	1,35	1,66
2,60	10	0,814	24,55	30,15	1,23	1,51
2,70	10	0,813	24,51	30,15	1,23	1,51
2,80	13	0,761	29,84	39,20	1,49	1,96
2,90	12	0,810	27,95	34,50	1,40	1,73
3,00	11	0,809	25,58	31,63	1,28	1,58
3,10	61	0,607	106,53	175,40	5,33	8,77
3,20	18	0,756	39,13	51,76	1,96	2,59
3,30	8	0,805	18,51	23,00	0,93	1,15
3,40	15	0,753	32,49	43,13	1,62	2,16
3,50	10	0,802	23,06	28,75	1,15	1,44
3,60	10	0,801	23,03	28,75	1,15	1,44
3,70	11	0,800	25,29	31,63	1,26	1,58
3,80	11	0,798	25,25	31,63	1,26	1,58
3,90	12	0,797	26,29	32,98	1,31	1,65
4,00	9	0,796	19,69	24,73	0,98	1,24
4,10	12	0,795	26,21	32,98	1,31	1,65

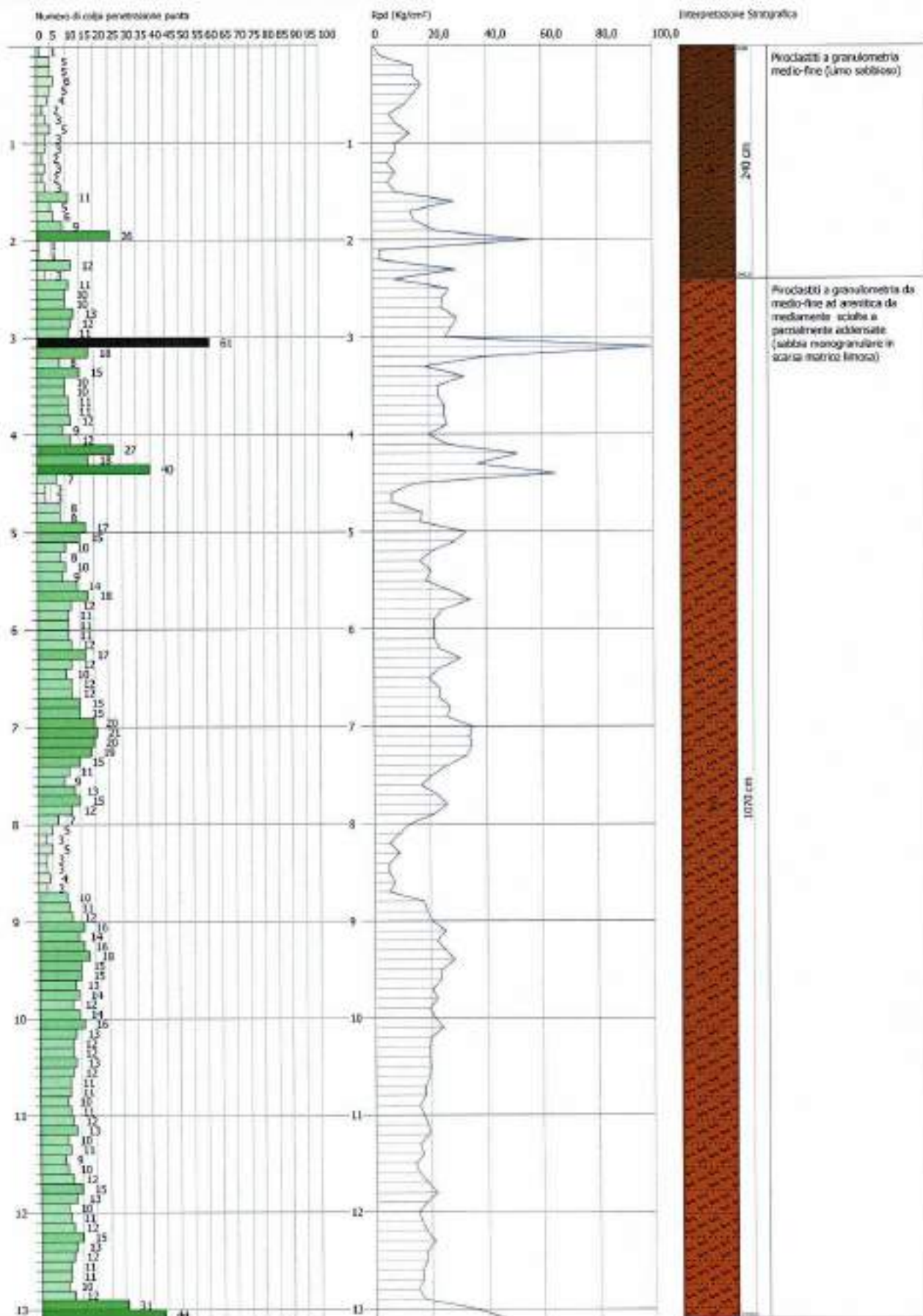
4,20	27	0,694	51,47	74,20	2,57	3,71
4,30	18	0,743	36,73	49,47	1,84	2,47
4,40	40	0,591	65,01	109,92	3,25	5,50
4,50	7	0,790	15,20	19,24	0,76	0,96
4,60	3	0,789	6,51	8,24	0,33	0,41
4,70	3	0,788	6,50	8,24	0,32	0,41
4,80	8	0,787	17,30	21,98	0,87	1,10
4,90	8	0,786	16,55	21,05	0,83	1,05
5,00	17	0,735	32,88	44,74	1,64	2,24
5,10	15	0,734	28,97	39,47	1,45	1,97
5,20	10	0,783	20,61	26,32	1,03	1,32
5,30	8	0,782	16,46	21,05	0,82	1,05
5,40	10	0,781	20,55	26,32	1,03	1,32
5,50	9	0,780	18,48	23,68	0,92	1,18
5,60	14	0,729	26,86	36,84	1,34	1,84
5,70	18	0,728	34,49	47,37	1,72	2,37
5,80	12	0,777	24,55	31,58	1,23	1,58
5,90	11	0,776	21,56	27,77	1,08	1,39
6,00	11	0,775	21,53	27,77	1,08	1,39
6,10	11	0,775	21,51	27,77	1,08	1,39
6,20	12	0,774	23,44	30,29	1,17	1,51
6,30	17	0,723	31,02	42,92	1,55	2,15
6,40	12	0,772	23,39	30,29	1,17	1,51
6,50	10	0,771	19,47	25,25	0,97	1,26
6,60	12	0,770	23,34	30,29	1,17	1,51
6,70	12	0,770	23,31	30,29	1,17	1,51
6,80	15	0,719	27,22	37,87	1,36	1,89
6,90	15	0,718	26,12	36,39	1,31	1,82
7,00	20	0,717	34,80	48,52	1,74	2,43
7,10	21	0,666	33,95	50,94	1,70	2,55
7,20	20	0,716	34,72	48,52	1,74	2,43
7,30	19	0,715	32,95	46,09	1,65	2,30
7,40	15	0,714	25,99	36,39	1,30	1,82
7,50	11	0,763	20,37	26,68	1,02	1,33
7,60	9	0,763	16,65	21,83	0,83	1,09
7,70	13	0,712	22,45	31,54	1,12	1,58
7,80	15	0,711	25,88	36,39	1,29	1,82
7,90	12	0,761	21,31	28,02	1,07	1,40
8,00	7	0,760	12,42	16,34	0,62	0,82
8,10	5	0,759	8,86	11,67	0,44	0,58
8,20	3	0,759	5,31	7,00	0,27	0,35
8,30	5	0,758	8,85	11,67	0,44	0,58
8,40	3	0,757	5,30	7,00	0,27	0,35
8,50	3	0,757	5,30	7,00	0,26	0,35
8,60	4	0,756	7,06	9,34	0,35	0,47
8,70	3	0,755	5,29	7,00	0,26	0,35
8,80	10	0,755	17,62	23,35	0,88	1,17
8,90	11	0,754	18,66	24,75	0,93	1,24
9,00	12	0,753	20,34	27,00	1,02	1,35
9,10	16	0,703	25,30	36,00	1,27	1,80
9,20	14	0,702	22,12	31,50	1,11	1,58
9,30	16	0,702	25,26	36,00	1,26	1,80
9,40	18	0,701	28,39	40,50	1,42	2,03
9,50	15	0,701	23,64	33,75	1,18	1,69
9,60	15	0,700	23,62	33,75	1,18	1,69
9,70	13	0,699	20,46	29,25	1,02	1,46

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPM 1
Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)

Contrattante: Ambiente & Territorio Srl
Descrizione: Rettura e riqualificazione realizzazione di un impianto idrico
Località: Complesso San Lorenzo Maggiore - Napoli

Data: 30/11/2020

Scala: 1:57



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPM I

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato (1) Piroclastiti a granulometria medio-fine (Limo sabbioso)	4	0,00-2,40	Terzaghi-Peck	0,25
Strato (2) Piroclastiti a granulometria da medio-fine ad arenitica da mediamente sciolte a parzialmente addensate (sabbia monogranulare in scarsa matrice limosa)	9,92	2,40-13,10	Terzaghi-Peck	0,67

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (1) Piroclastiti a granulometria medio-fine (Limo sabbioso)	4	0,00-2,40	Robertson (1983)	8,00
Strato (2) Piroclastiti a granulometria da medio-fine ad arenitica da mediamente sciolte a parzialmente addensate (sabbia monogranulare in scarsa matrice limosa)	9,92	2,40-13,10	Robertson (1983)	19,84

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato (1) Piroclastiti a granulometria medio-fine (Limo sabbioso)	4	0,00-2,40	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	42,59
Strato (2) Piroclastiti a granulometria da medio-fine ad arenitica da mediamente sciolte a parzialmente addensate (sabbia monogranulare in scarsa matrice limosa)	9,92	2,40-13,10	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	102,97

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato (1) Piroclastiti a granulometria medio-fine (Limo sabbioso)	4	0,00-2,40	Apollonia	40,00
Strato (2) Piroclastiti a granulometria da medio-fine ad arenitica da mediamente sciolte a parzialmente addensate (sabbia monogranulare in scarsa matrice limosa)	9,92	2,40-13,10	Apollonia	99,20

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) Piroclastiti a granulometria medio-fine (Limo sabbioso)	4	0,00-2,40	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato (2) Piroclastiti a granulometria da medio-fine ad arenitica da mediamente sciolte a parzialmente addensate (sabbia monogranulare in scarsa matrice limosa)	9,92	2,40-13,10	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato (1) Piroclastiti a granulometria medio-fine (Limo sabbioso)	4	0,00-2,40	Meyerhof	1,70
Strato (2) Piroclastiti a granulometria da medio-fine ad arenitica da mediamente sciolte a parzialmente addensate (sabbia monogranulare in scarsa matrice limosa)	9,92	2,40-13,10	Meyerhof	1,97

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato (1) Piroclastiti a granulometria medio-fine (Limo sabbioso)	4	0,00-2,40	Meyerhof	1,87
Strato (2) Piroclastiti a granulometria da medio-fine ad arenitica da mediamente sciolte a parzialmente addensate (sabbia monogranulare in scarsa matrice limosa)	9,92	2,40-13,10	Meyerhof	2,17

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Piroclastiti a granulometria medio-fine (Limo sabbioso)	4	0,00-2,40	4	Meyerhof 1957	44,17
Strato (2) Piroclastiti a granulometria da medio-fine ad arenitica da mediamente sciolte a parzialmente addensate (sabbia monogranulare in scarsa matrice limosa)	9,92	2,40-13,10	9,92	Meyerhof 1957	44,98

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Piroclastiti a granulometria medio-fine (Limo sabbioso)	4	0,00-2,40	4	De Mello	30,33
Strato (2) Piroclastiti a granulometria da medio-fine ad arenitica da mediamente sciolte a parzialmente addensate (sabbia monogranulare in scarsa matrice limosa)	9,92	2,40-13,10	9,92	De Mello	33,48

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato (1) Piroclastiti a granulometria medio-fine (Limo sabbioso)	4	0,00-2,40	4	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato (2) Piroclastiti a granulometria da medio-fine ad arenitica da mediamente sciolte a parzialmente addensate (sabbia monogranulare in scarsa matrice limosa)	9,92	2,40-13,10	9,92	Bowles (1982) Sabbia Media	---

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato (1) Piroclastiti a granulometria medio-fine (Limo sabbioso)	4	0,00-2,40	4	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	35,68
Strato (2) Piroclastiti a granulometria da medio-fine ad arenitica da mediamente sciolte a parzialmente addensate (sabbia monogranulare in scarsa matrice limosa)	9,92	2,40-13,10	9,92	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	47,84

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Piroclastiti a granulometria medio-fine (Limo sabbioso)	4	0,00-2,40	4	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
Strato (2) Piroclastiti a granulometria da medio-fine ad arenitica da mediamente sciolte a parzialmente addensate (sabbia monogranulare in scarsa matrice limosa)	9,92	2,40-13,10	9,92	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
Strato (1) Piroclastiti a granulometria medio-fine (Limo sabbioso)	4	0,00-2,40	4	Meyerhof et al.	1,49
Strato (2) Piroclastiti a granulometria da medio-fine ad arenitica da mediamente sciolte a parzialmente addensate (sabbia monogranulare in scarsa matrice limosa)	9,92	2,40-13,10	9,92	Meyerhof et al.	1,73

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
Strato (1) Piroclastiti a granulometria medio-fine (Limo sabbioso)	4	0,00-2,40	4	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,88
Strato (2) Piroclastiti a granulometria da medio-fine ad arenitica da mediamente sciolte a parzialmente addensate (sabbia monogranulare in scarsa matrice limosa)	9,92	2,40-13,10	9,92	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,92

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) Piroclastiti a granulometria medio-fine (Limo sabbioso)	4	0,00-2,40	4	(A.G.I.)	0,35
Strato (2) Piroclastiti a granulometria da medio-fine ad arenitica da mediamente sciolte a parzialmente addensate (sabbia monogranulare in scarsa matrice limosa)	9,92	2,40-13,10	9,92	(A.G.I.)	0,33

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato (1) Piroclastiti a granulometria medio-fine (Limo sabbioso)	4	0,00-2,40	4	Ohsaki (Sabbie pulite)	239,25
Strato (2) Piroclastiti a granulometria da medio-fine ad arenitica da mediamente sciolte a parzialmente addensate (sabbia monogranulare in scarsa matrice limosa)	9,92	2,40-13,10	9,92	Ohsaki (Sabbie pulite)	561,87

Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (1) Piroclastiti a granulometria medio-fine (Limo sabbioso)	4	0,00-2,40	4	Navfac 1971-1982	0,75
Strato (2) Piroclastiti a granulometria da medio-fine ad arenitica da mediamente sciolte a parzialmente addensate (sabbia monogranulare in scarsa matrice limosa)	9,92	2,40-13,10	9,92	Navfac 1971-1982	2,09

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (1) Piroclastiti a granulometria medio-fine (Limo sabbioso)	4	0,00-2,40	4	Robertson 1983	8,00
Strato (2) Piroclastiti a granulometria da medio-fine ad arenitica da mediamente sciolte a parzialmente addensate (sabbia monogranulare in scarsa matrice limosa)	9,92	2,40-13,10	9,92	Robertson 1983	19,84

COMPLESSO SAN .LORENZO MAGGIORE
NAPOLI

RESTAURO E RIFUNZIONALIZZAZIONE
REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO ASCENSORE

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
CONTINUA DEL TIPO “DPM”
(Penetrometro dinamico medio)

PROVA DPM 2

PROVA DPM 2

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)
Prova eseguita in data 30/11/2020
Profondità prova ,70 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,10	1	0,857	2,86	3,34	0,14	0,17
0,20	3	0,855	8,56	10,02	0,43	0,50
0,30	3	0,853	8,54	10,02	0,43	0,50
0,40	23	0,751	57,67	76,81	2,88	3,84
0,50	47	0,649	101,85	156,96	5,09	7,85
0,60	15	0,797	39,92	50,09	2,00	2,50
0,70	70	0,645	150,82	233,77	7,54	11,69

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0,7	23,14	77,29	Incoerente	1,94	1,97	0,07	0,76	17,61	Terreno di riporto

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPM 2
Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)

Consistenza: Anidrite S. Toribono S1
Descrizione: Riparazione e riqualificazione realizzazione di un impianto fotovoltaico
Località: Complesso San Lorenzo Maggiore - Napoli

Data: 30/11/2022

Scala 1:4



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPM 2
TERRENI INCOERENTI**

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Terreno di riporto	17,61	0.00-0,70	17,61	Meyerhof 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Terreno di riporto	17,61	0.00-0,70	17,61	De Mello	43,78

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato (1) Terreno di riporto	17,61	0.00-0,70	17,61	Bowles (1982) Sabbia Media	163,05

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato (1) Terreno di riporto	17,61	0.00-0,70	17,61	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	63,64

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Terreno di riporto	17,61	0.00-0,70	17,61	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
Strato (1) Terreno di riporto	17,61	0.00-0,70	17,61	Meyerhof et al.	1,94

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
Strato (1) Terreno di riporto	17,61	0.00-0,70	17,61	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,97

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) Terreno di riporto	17,61	0.00-0,70	17,61	(A.G.I.)	0,32

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato (1) Terreno di riporto	17,61	0.00-0,70	17,61	Ohsaki (Sabbie pulite)	963,67

Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (1) Terreno di riporto	17,61	0.00-0,70	17,61	Navfac 1971-1982	3,62

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
Strato (1) Terreno di riporto	17,61	0.00-0,70	17,61	Robertson 1983	35,22

NOTE ILLUSTRATIVE SULLE
PROVE PENETROMETRICHE
DINAMICHE CONTINUE

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE
(DYNAMIC PROBING)
DPSH – DPM (... scpt ecc.)

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica: diametro base cono D , area base A (angolo di apertura α)
- avanzamento (penetrazione) δ
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL)
- tipo MEDIO (DPM)
- tipo PESANTE (DPH)
- tipo SUPERPESANTE (DPSH)

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof.max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

Penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)

massa battente $M = 30$ kg, altezza di caduta $H = 0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica

($\alpha = 60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A = 10 \text{ cm}^2$ rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)

massa battente $M = 20$ kg, altezza di caduta $H = 0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica

($\alpha = 60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A = 10 \text{ cm}^2$ rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)

massa battente $M = 73$ kg, altezza di caduta $H = 0.75$ m, avanzamento $\delta = 30$ cm, punta conica ($\alpha = 60^\circ$),

diametro $D = 50.8$ mm, area base cono $A = 20.27 \text{ cm}^2$ rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)

massa battente $M=63.5$ kg, altezza caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\delta=20-30$ cm, punta conica conica ($\alpha = 60^\circ-90^\circ$) diametro $D = 50.5$ mm, area base cono $A = 20 \text{ cm}^2$, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione con N_{spt}

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N_{spt} ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N_{spt} . Il passaggio viene dato da:

$$N_{spt} = \beta_t N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{spt}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{spt} è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M = peso massa battente;

M' = peso aste;

H = altezza di caduta;

A = area base punta conica;

δ = passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

Rpd = resistenza dinamica punta (area A);
e = infissione media per colpo (δ/N);
M = peso massa battente (altezza caduta H);
P = peso totale aste e sistema battuta.

Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981.

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

Media

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media minima

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Massimo

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Minimo

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Scarto quadratico medio

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media deviata

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media + s

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media - s

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Distribuzione normale R.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt_{ik}} = N_{spt_{medio}} - 1,645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove sN_{spt} è la deviazione standard di N_{spt}

Distribuzione normale R.N.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di N_{spt} distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 mt. ed immorsamento $d = 1$ mt..

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati N_{spt} il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se N_{spt} dello strato considerato risulta inferiore a N_{spt} critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

Correzione N_{spt} in presenza di falda

$$N_{spt} \text{ corretto} = 15 + 0.5 \times (N_{spt} - 15)$$

N_{spt} è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda) .

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 mt.; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori



- medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 mt. per terreni sopra falda e < 8 mt. per terreni in falda (tensioni $< 8-10$ t/mq)
- Meyerhof 1956 - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
 - Sowers 1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 mt. sopra falda e < 7 mt. per terreni in falda) $\sigma > 5$ t/mq.
 - De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito $< 38^\circ$
 - Malcev 1964 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m. e per valori di angolo di attrito $< 38^\circ$).
 - Schmertmann 1977- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da Dr %.
 - Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
 - Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONALE RAILWAY) Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose .
 - Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $s > 15$ t/mq.
 - Meyerhof 1965 - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo $< 5\%$ a profondità < 5 mt. e con % di limo $> 5\%$ a profondità < 3 mt.
 - Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie D_r viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di D_r % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC, metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di D_r % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo Di Young (E_y)

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici.
- Schultze-Menzenbach, correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970), correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

Modulo Edometrico

- Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia
- Buismann-Sanglerat, correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume Gamma

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Peso di volume saturo

- Terzaghi-Peck 1948-1967

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

- Seed-Idriss 1978-1981 . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio τ e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

Velocità onde di taglio V_s (m/sec)

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

Modulo di deformazione di taglio (G)

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

Modulo di reazione (K_0)

- Navfac 1971-1982 - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso .

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson 1983 Q_c

Correlazioni geotecniche terreni coesivi

Coesione non drenata

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA 1983.
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con $N_{spt} < 8$, argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). *Cu min-max*.
- Sanglerat, da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi, tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5 , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat, (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche" di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità, ($Cu-N_{spt}$ -grado di plasticità).
- Schmertmann 1975 Cu (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con $N_c=20$ e $Q_c/N_{spt}=2$.
- Schmertmann 1975 Cu (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC.
- Fletcher 1965 - (Argilla di Chicago). Coesione non drenata Cu (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni 1982, valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson 1983 Q_c

Modulo Edometrico-Confinato (M_o)

- Stroud e Butler (1975) - per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970) correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - M_o (Eed) (Kg/cm^2)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte ($N_{spt} < 30$) medie e molli ($N_{spt} < 4$) e argille sabbiose ($N_{spt}=6-12$).

Modulo Di Young (E_Y)

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. > 15
- D'Appollonia ed altri (1983) - correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

Peso di volume saturo

- Meyerhof ed altri.