



COMUNE DI GENAZZANO
Città metropolitana di Roma Capitale

FUTURA

**LA SCUOLA
PER L'ITALIA DI DOMANI**



RIQUALIFICAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL CORPO PALESTRA DELLA SCUOLA MEDIA C.MARCHESI

contributo assegnato con Decreto del Ministero dell'Istruzione n. 45 del 04.08.2022 di approvazione delle graduatorie per l'attuazione di PNRR, MISSIONE 4, Componente 1, Investimento 1.3 finanziato dall'Unione europea - Next Generation EU.

CUP B45E22000000006 CIG 9726504504



PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO

Elaborato 06f

RELAZIONE GEOLOGICA

SCALA:

-

FORMATO

A4

DATA

31/08/2023

CAPOGRUPPO E MANDATARIO

ARCH. GIULIANO ASCENZI

PROGETTISTA

ARCH. GIULIANO ASCENZI

COMMITTENTE

COMUNE DI GENAZZANO

MANDANTI

ING. ENZO MANGONE

ARCH. ANDREA EUSEPI

RUP

ARCH. ROBERTA TRIFOGLI



COMUNE DI GENAZZANO
Città metropolitana di Roma Capitale

RIQUALIFICAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL CORPO PALESTRA DELLA SCUOLA MEDIA C.MARCHESI



PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO

Tav.

RELAZIONE GEOLOGICA

SCALA:	FORMATO A4	DATA 31/08/2023
CAPOGRUPPO / MANDATARIO ARCH. GIULIANO ASCENZI	VISTO IL PROGETTISTA ARCH. ANDREA EUSEPI	COMMITTENTE COMUNE DI GENAZZANO
MANDANTI ING. ENZO MANGONE ARCH. ANDREA EUSEPI	RELAZIONE E INDAGINI GEOLOGICHE Sviluppo e Servizi di Rizzuti Deborah Sas  Servizi s.a.s.	RUP ARCH. ROBERTA TRIFOGLI

RELAZIONE GEOLOGICA

COMUNE DI GENAZZANO

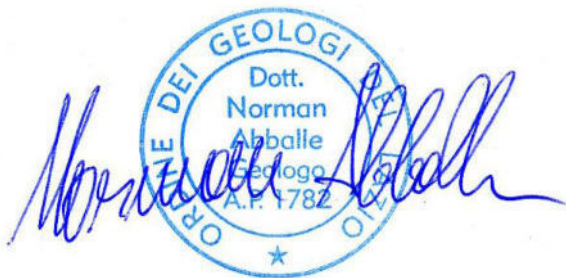
PROVINCIA DI ROMA

COMMITTENTE: COMUNE DI GENAZZANO

OGGETTO: Lavori di riqualificazione e messa in sicurezza del corpo palestra della scuola media Marchesi

LOCALITA': Via Donato Bramante – Genazzano (RM)

IL GEOLOGO
DOTT. Norman Abballe



Data: LUGLIO 2023

INDICE

PREMESSA	4
RELAZIONE GEOLOGICA	7
SISMICITA'.....	22
CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	26

TABELLA RIASSUNTIVA

PARAMETRI DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA E CARATTERI GENERALI (ai sensi del Regolamento Regionale del 16 Aprile 2021, n.7)	
Regione Lazio Comune di Genazzano	PROGETTO: lavori di riqualificazione e messa in sicurezza del corpo palestra della scuola media Marchesi
Livello di Rischio Sismico (R.R. Lazio n. 7/2021)	MEDIO
Carta Geologica di dettaglio	✓ SI (scala 1:5.000)
Prof. Falda da p.c.	9 metri
Categoria topografica	T1
Ubicazione Indagini + elaborati numerici e grafici + doc.fotografica	✓ SI
Stralcio Carta PAI – Autorità Bacino Liri-Garigliano-Volturno	✓ SI (esterna alle aree di rischio)
Stralcio Carta di Microzonazione Sismica (U.G.S. Regione Lazio)	✓ Zona stabile Suscettibile di Amplificazioni locali
Prove di caratterizzazione del suolo (DPSH, MASW e HVSr)	✓ <u>Indagini geotecniche</u> - N.1 sondaggio a -30m con 2 SPT e prelievo campione, attrezzato a DH - N.1 prova di laboratorio - N.1 prova DPSH ✓ <u>Indagini geofisiche</u> - N. 1 down-hole - N.2 MASW - N.1 HVSr
Zona Sismica e Coordinate del sito (ED50)	Zona sismica 2B Lat. 41.825783° Long. 12.973716°
Classe d'uso	III
Frequenza di sito	2.30
Risposta Sismica Locale	✓ SI
Caratteristiche dei terreni superficiali	Depositi piroclastici a comportamento prevalentemente coesivo, con granulometria da sabbioso-limosa a limoso-sabbiosa a e grado di addensamento /consistenza medio.

PREMESSA

Il sottoscritto geologo Norman Abballe iscritto all'albo dei geologi del Lazio con numero 1782, ha eseguito un'indagine a carattere geologico-tecnico nel Comune di Genazzano per individuare le caratteristiche litologiche, geotecniche, stratigrafiche, idrogeologiche e morfologiche sui terreni di fondazione del sito per gli interventi di riqualificazione e messa in sicurezza del corpo palestra della scuola media Marchesi.

Lo studio, condotto in osservanza delle norme tecniche dettate dalla L. n. 64 del 2 Febbraio 1974, dal D. M. dei LL. PP. dell'11 Marzo 1988, dalla Circolare del D. M. dei LL. PP. dell'24 Settembre 1988, D.M. del 14/03/2008 e successivo aggiornamento con il D.M. del 17/01/2018 è servito ad illustrare la situazione litostratigrafica dell'area interessata dal progetto, la natura dei litotipi, i lineamenti geomorfologici della zona, descrivendo gli eventuali processi geomorfologici ed i dissesti in atto o potenziali, a definire le caratteristiche della circolazione idrica superficiale e sotterranea; inoltre sono stati definiti i caratteri geostrutturali-sismogenetici generali.

*La scelta della tipologia delle indagini geologiche, geofisiche e geotecniche da eseguire e la loro quantità sono funzione del livello di Rischio Sismico. In particolare, in base al nuovo Regolamento Regionale del 16 Aprile 2021, n. 7 ("Regolamento regionale per lo snellimento e la semplificazione delle procedure per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di prevenzione del rischio sismico"), e considerando che il Comune di Genazzano rientra all'interno della Zona Sismica **2B** e che la Classe d'uso delle Opere da realizzare è **III**, si individua livello di Rischio Sismico **medio**.*

Le indagini, eseguite per verificare le disposizioni richieste dalla normativa vigente, considerando anche la tipologia di materiale affiorante, sono consistite in:

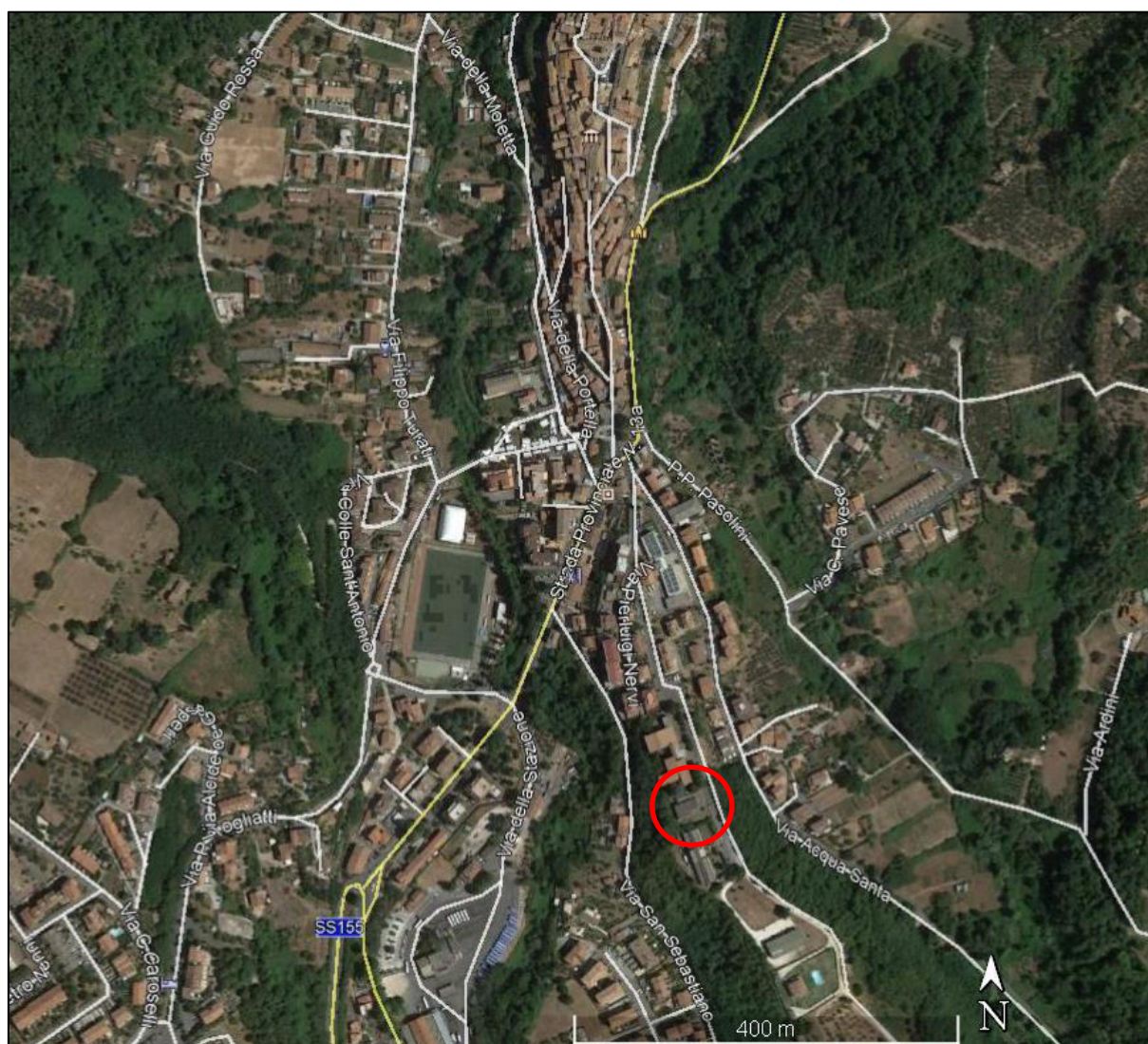
- un rilevamento geologico di superficie che ha permesso di individuare i litotipi affioranti e i loro rapporti stratigrafici, le condizioni morfologiche ed idrogeologiche del terreno interessato;
- N. 1 Sondaggio geognostico (S1) a -30,00m, con prelievo di n.1 campione indisturbato, esecuzione di n.2 prove SPT in foro ed installazione di tubazione in pvc per prova geofisica down-hole;
- N.1 prova di laboratorio geotecnico;
- N.1 Prova Penetrometrica DPSH;
- N.1 indagine geofisica in foro down-hole;
- N.2 prospezioni sismiche MASW;
- N.1 misura di frequenza fondamentale del terreno HVSr;
- Studio di risposta sismica locale.

Si allegano i seguenti elaborati:

1. Carta Topografica – scala 1:25.000
2. Corografia Generale - scala 1:10.000
3. Carta Geologica – scala 1:5.000
4. Ubicazione Indagini
5. Ubicazione sezione geologica
- 5.1 Sezione geologica A-B
6. Indagini geognostiche
7. Studio di Risposta Sismica Locale

Il territorio comunale di Genazzano, si estende su una superficie di 32,04 km² ed è situato nella catena montuosa appenninica dei Monti Prenestini, limitata a Nord dal fosso d'Empiglione, a Nord-Est dai Monti Ruffi, a Sud dalla Valle del Fiume Sacco e ad Ovest dai Colli Albani.

Topograficamente l'area dell'indagine rientra nella Tavoleta scala 1:25.000 F° 150 II NE della Carta d'Italia dell'I.G.M., è sita nel Comune di Genazzano ad una quota di circa 327 metri s.l.m. e rientra nella sezione n° 375160 della Carta Tecnica Regionale a scala 1:10.000.



DOTT. GEOLOGO Norman Abballe

RELAZIONE GEOLOGICA

INQUADRAMENTO GEOLOGICO-REGIONALE

Il territorio del Comune di Genazzano (RM) è rappresentato nella Carta Geologica d'Italia "Foglio 375 Tivoli" in scala 1:50.000.

L'area in esame si sviluppa in un settore in cui affiorano i depositi dell'unità arenaceo-pelitica che costituiscono l'ossatura delle colline circostanti, alternati con terreni di natura piroclastica e tufacea e depositi alluvionali derivanti dal Fiume Sacco e dai torrenti maggiori.

In particolare il centro abitato del Comune di Genazzano sorge lungo una stretta fascia collinare costituita da vulcaniti appartenenti alle successioni del Vulcano Laziale. La sequenza stratigrafica delle eruzioni dei Colli Albani è suddivisa in tre fasi principali a seconda dei volumi e dei differenti meccanismi eruttivi (De Rita et al., 1988, 1995; Giordano et al., 2006; Tabella 1). Partendo dalla fase più antica si riconoscono: la fase Tuscolano-Artemisio (c. 561–366 ka; Karner et al., 2001; Marra et al., 2009), la fase delle Faete (c. 308–250 ka; Marra et al., 2003) e la più recente fase idro-magmatica (c. 200–36 ka; Marra et al., 2003; Freda et al., 2006; Giaccio et al., 2007).

INQUADRAMENTO GEOLOGICO-LOCALE

Le informazioni ricavate dalla Carta Geologica d'Italia Foglio n°375 Tivoli hanno evidenziato la presenza in affioramento dell'unità Vulcanica delle Pozzolane Rosse (RED) impostata al di sopra dell'unità arenaceo-pelitica (UAP b).

Dalle informazioni ricavate dalla Carta Geologica, dal rilevamento geologico eseguito e dalle risultanze delle indagini geologiche è emerso che nel sito in esame affiorano depositi piroclastici a comportamento prevalentemente coesivo, con granulometria da sabbioso-limosa a limoso-sabbiosa a e grado di addensamento /consistenza medio.

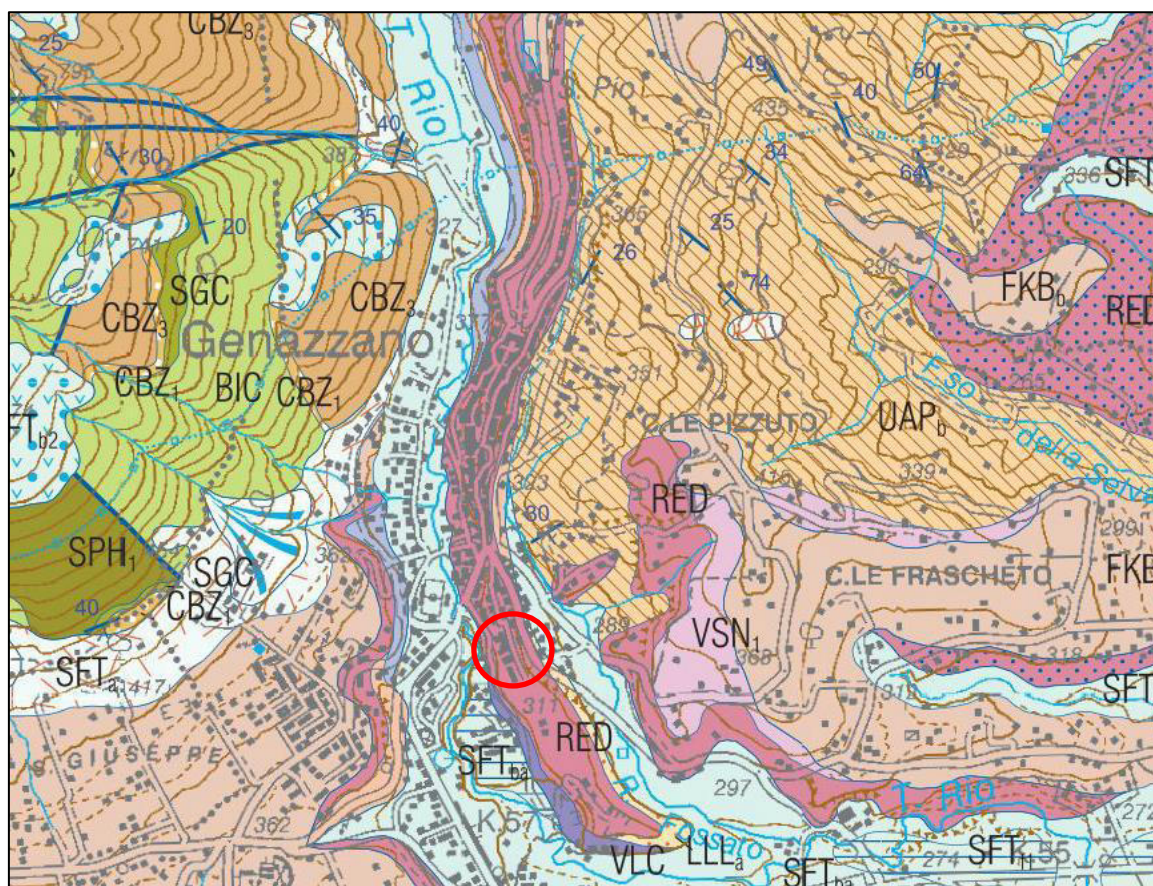


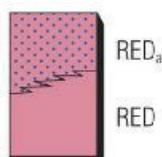
Fig.2 - Stralcio Carta Geologica Foglio 375 Tivoli (scala 1:50.000)

Deposito alluvionale

Alternanze di sabbie, silt, argille e livelli ricchi di materia organica. Spessore fino a 60 m.
OLOCENE

POZZOLANE ROSSE

Deposito piroclastico massivo e caotico, da viola a grigio scuro, semicoerente, a matrice cineritica grossolana, e abbondante scheletro composto da scorie rosse, litici lavici, sedimentari termometamorfosati e olocristallini di dimensioni fino a 20 cm, e cristalli di leucite, clinopirosseno e biotite. Chimismo tefritico⁽¹⁾. Età radiometrica 457 ± 4 ka⁽²⁾. Spessore fino a 80 m da sondaggio.



litofacies sabbioso-conglomeratica (RED_a), Deposito sabbioso, poco coerente, con scorie e litici lavici centimetrici, da massivo a poco organizzato, debolmente classato. Il deposito affiora nei versanti carbonatici dei Monti Prenestini, rimaneggiato sotto forma di *lahar* con frequenti intercalazioni di ciottoli calcarei. Spessore variabile tra 2 e 6 m.

PLEISTOCENE MEDIO p.p.

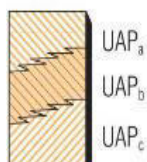
UNITÀ ARENACEO-PELITICA

litofacies pelitico-arenacea (UAP_a), peliti con intercalati sottili livelli di arenarie e arenarie siltose. Spessore variabile da 0 a circa 40 m.

litofacies arenaceo-pelitica (UAP_b), arenarie a composizione litoarenitica e litoarenitica-feldspatica, in strati da spessi a molto spessi, alternati a livelli pelitici subordinati. Spessore variabile sino a un massimo di 350 m.

litofacies arenacea (UAP_c), arenarie a composizione litoarenitica e litoarenitica-feldspatica, in strati da spessi a molto spessi o massicci, con frequenti fenomeni di amalgamazione. Spessore variabile sino a un massimo di 250-350 m.

TORTONIANO p.p.



CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

L'area interessata dall'indagine si sviluppa in un territorio collinare all'interno del territorio comunale di Genazzano ed è posta ad una quota media di 327 m s.l.m. La morfologia del territorio è stata influenzata in maniera diretta dalle vicissitudini geologiche del vulcanismo laziale e dall'azione dei corsi d'acqua, primo tra tutti il Sacco, che con l'incessante attività erosiva, di trasporto e deposito, hanno modellato i rilievi e agito sulle valli e sulle pianure, modificandole continuamente.

Il sito in esame si trova sul punto più alto di una cresta collinare; il versante interessato presenta pendenze mediamente comprese tra il 15 ed il 25% con pendenze massime intorno ai 13/14°.

PIANO STRALCIO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO – Autorità del Fiume Tevere

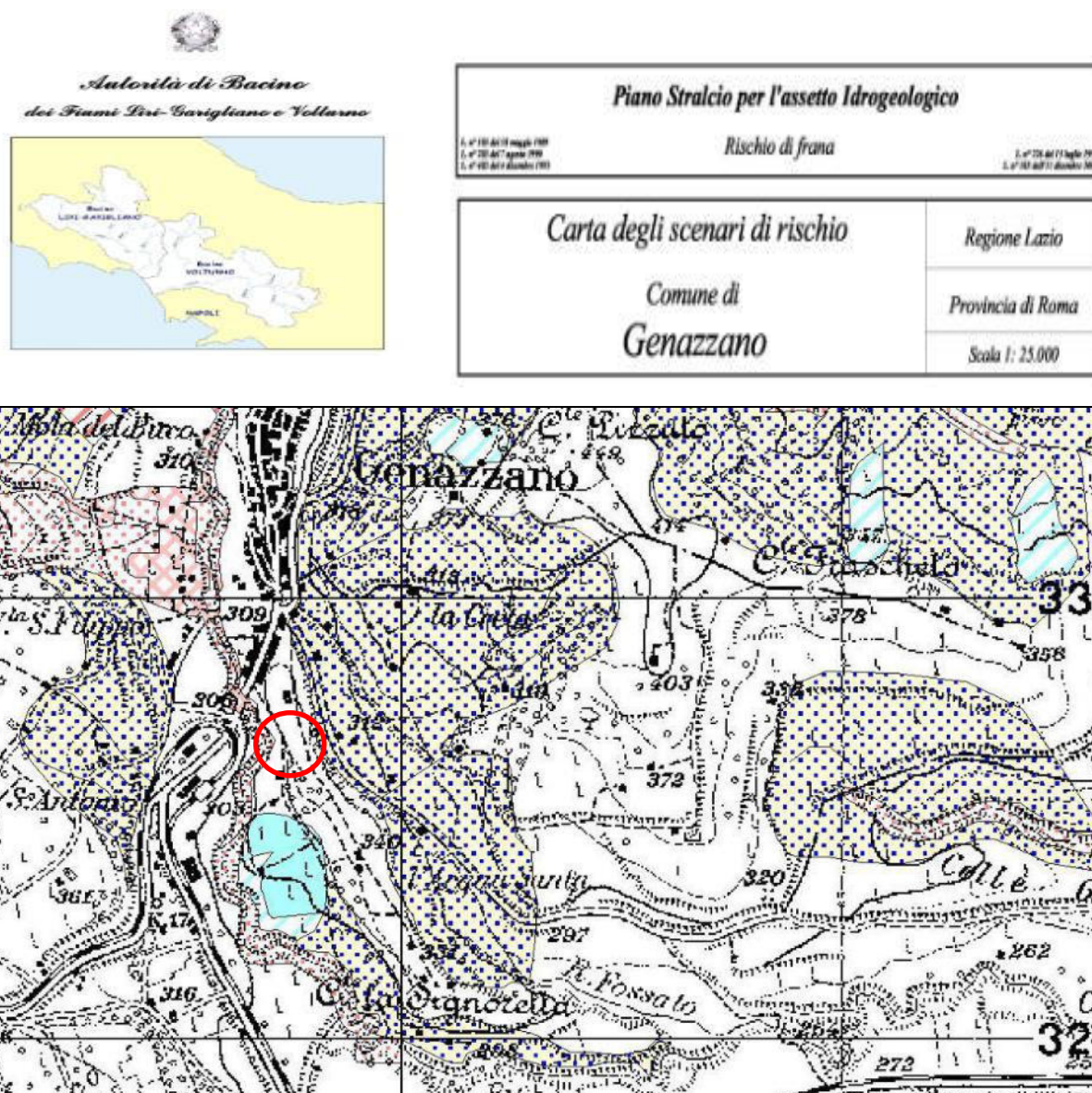


Fig.3 – Piano Stralcio per l'assetto Idrogeologico – Autorità di bacino dei Fiumi Liri-Garigliano-Volturno

La presente cartografia riporta le situazioni di pericolo connesse alla presenza di frane rilevate e cartografate dall'Autorità di Bacino dei Fiumi Liri Garigliano e Volturno.

La consultazione della carta del Rischio, ha permesso di valutare l'interazione tra l'area di progetto e il livello di rischio frana. Si è potuto constatare che il sito non rientra in alcune delle classi di Rischio individuate dal Piano.

CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

L'area oggetto del presente studio è collocata all'interno del bacino del fiume Sacco che costituisce l'estrema porzione occidentale del più grande bacino idrografico del Fiume Liri – Garigliano.

La circolazione idrica sotterranea dell'area in esame è notevolmente influenzata dalle caratteristiche litologiche dei litotipi affioranti. Si individuano così una serie di complessi idrogeologici con omogenee caratteristiche di permeabilità e di capacità di immagazzinamento che regolano il tipo di circolazione idrica sotterranea. In particolare nell'area esaminata si individua il complesso dei Tufi stratificati e delle facies freatomagmatiche, caratterizzato da una potenzialità acquifera bassa. In generale l'area presenta un'elevata densità di drenaggio dovuta appunto ai bassi valori di permeabilità dei litotipi affioranti: le acque meteoriche in minima parte si infiltrano mentre, per la quasi totalità, tendono a confluire nei fossi o ad imbibire le coltri superficiali generando una circolazione idrica superficiale.

La circolazione idrica superficiale del sito è strettamente connessa ai periodi piovosi e si realizza mediante una serie di fossi locali: questi raccolgono le acque meteoriche e le drenano in direzione sud e sud-est immettendosi poi nel Fiume Sacco. L'area in esame è caratterizzata dalla vicinanza del Fosso di Capranica, che scorre a meno di 200 metri dal sito, in direzione nord-sud.

Nelle vicinanze dell'area in esame sono localizzate una serie di sorgenti puntuali e lineari, con una portata compresa tra 10 e 50 L/s, impostatesi al contatto tra terreni a bassa potenzialità acquifera (complesso dei tufi stratificati e delle facies idromagmatiche) e altri a più alta permeabilità (complesso calcareo-marnoso di piattaforma).

Durante l'esecuzione del sondaggio geognostico è stata rinvenuta falda acquifera a profondità comprese tra 9 e 15 metri.

CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS)

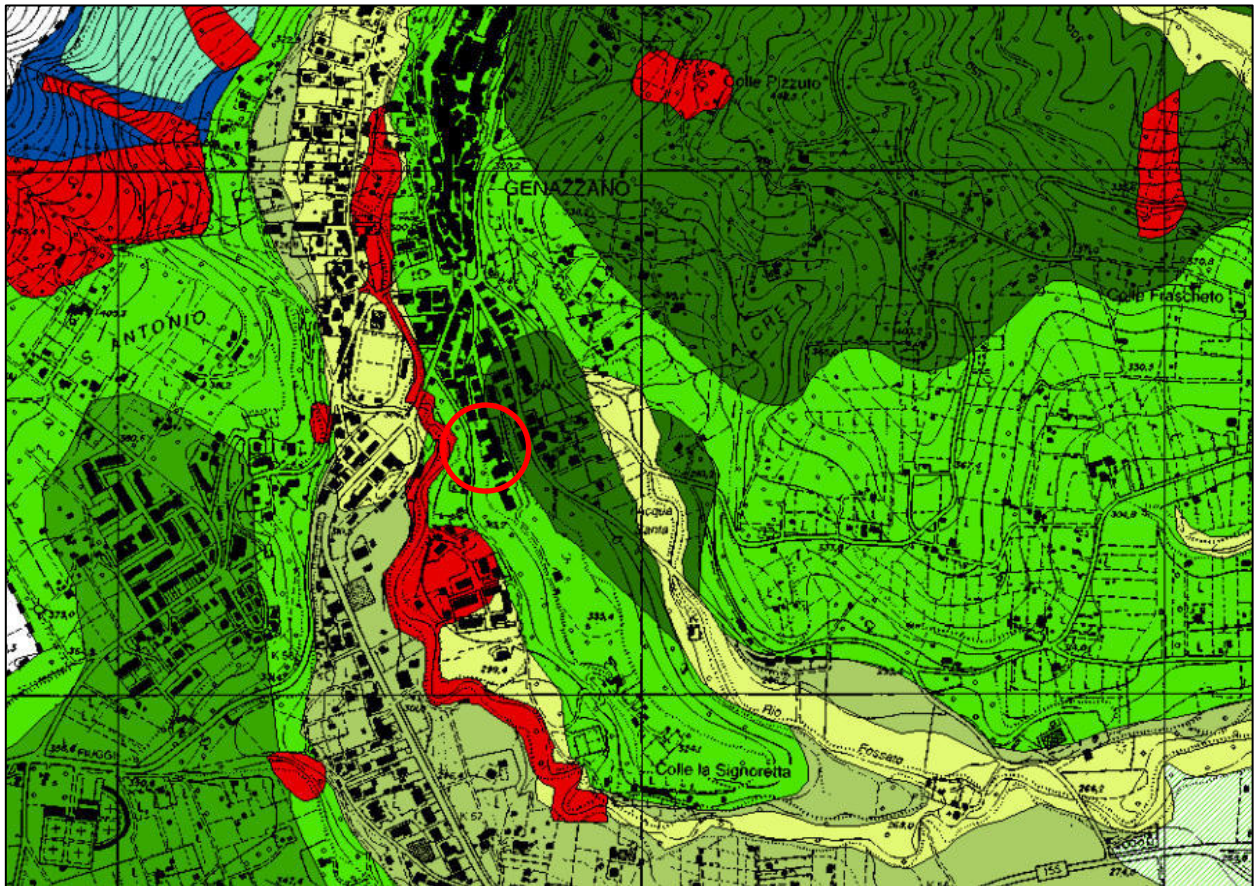
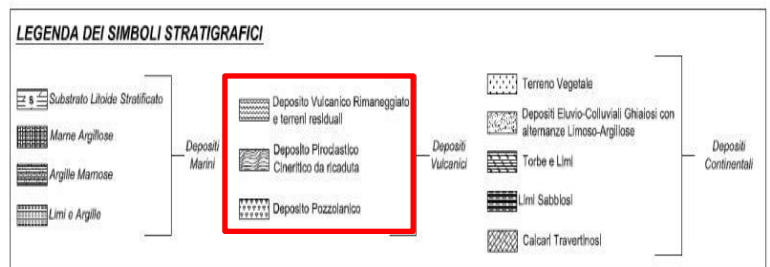
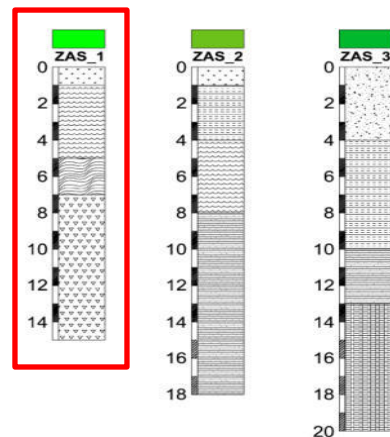
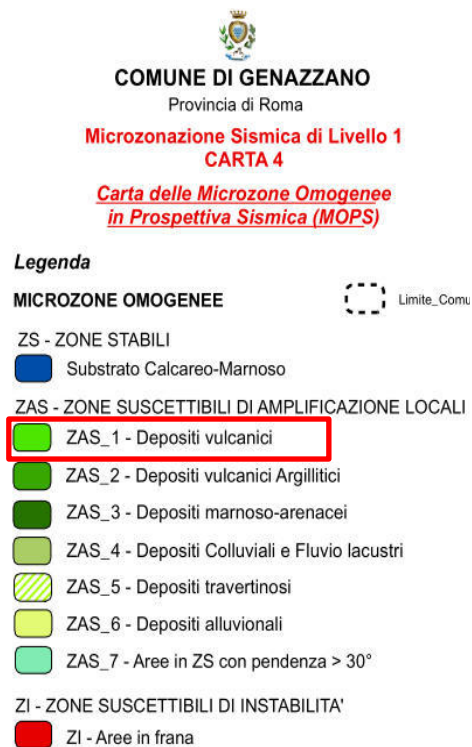


Fig. 5 - Stralcio Carta MOPS del comune di Genazzano in scala 1:10.000



VINCOLO IDROGEOLOGICO

Questa porzione di territorio comunale è compresa nell'area coperta dal Vincolo Idrogeologico ai sensi del R.D.L. 3267/23, D.G.R. 6215/96 , D.G.R. 3888/98, come visibile nella cartografia del PRG del comune di Genazzano.

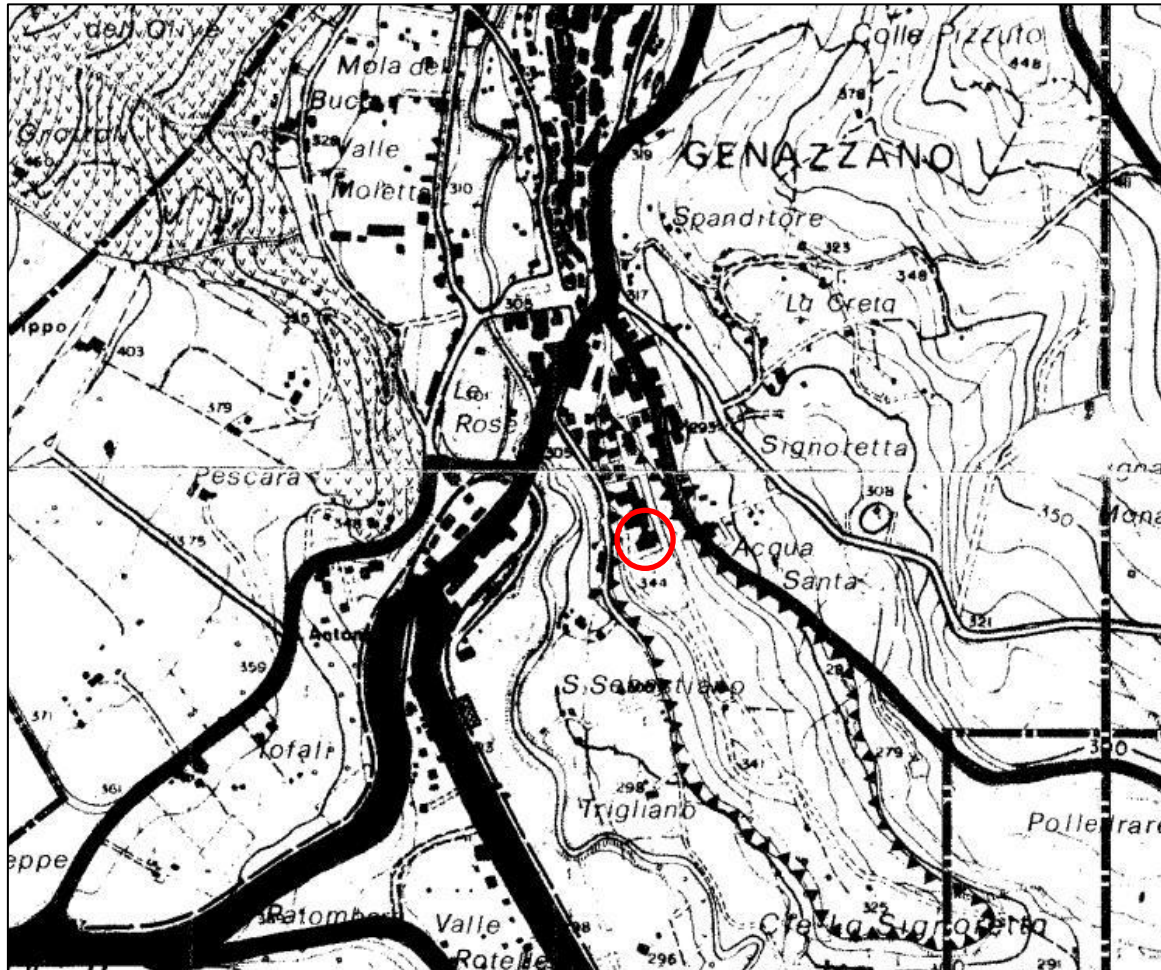


Fig. 6 - Stralcio P.R.G. del comune di Genazzano



IDROGEOLOGICO G₁

ZONA G
ZONE VINCOLATE

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

PREMESSA

Per la definizione dell'assetto stratigrafico, geologico e geofisico dell'area sono stati utilizzati i dati acquisiti da

- N.1 sondaggio geognostico a -30m da p.c.
- N.2 prove SPT in foro
- prove di laboratorio geotecnico su campione indisturbato prelevato durante il sondaggio
- N.1 prova penetrometrica DPSH

Dal punto di vista geofisico sono state invece eseguite le seguenti indagini:

- N.1 indagine geofisica in foro down-hole;
- N.2 prospezioni sismiche MASW;
- N.1 misura di frequenza fondamentale del terreno HVSr.

SONDAGGIO GEOGNOSTICO

La successione stratigrafica, evidenziata tramite l'esecuzione del sondaggio geognostico, ha permesso di ricostruire l'assetto geologico del sottosuolo come schematizzato nella sezione geologica allegata (Allegato 5.1).

Si descrivono di seguito i litotipi incontrati in successione stratigrafica dal sondaggio geognostico eseguito, le cui caratteristiche sono dettagliate nei certificati stratigrafici allegati.

S1 – sondaggio a -30m – n.1 campione indisturbato – n.2 SPT – attrezzato a DH

0,00 – 0,50m → Terreno di riporto

0,50 – 4,00m → piroclastite sabbioso-limosa, di colore marrone rossiccio, mediamente addensata

4,00 – 7,20m → piroclastite sabbiosa grossolana debolmente limosa, di colore da beige a marrone, mediamente addensata

7,20 – 9,00m → Piroclastite limosa di colore marrone, mediamente consistente

9,00 – 15,00m → Piroclastite sabbiosa grossolana con limo di colore marrone chiaro e marrone – in falda

15,00 – 30,00m → Piroclastite limoso-sabbiosa e sabbioso-limosa con tracce di leucite e minerali femici, mediamente consistente/addensata. Da 16,00 a 16,50m: livello di tufo litoide di colore marrone

S1C1 2,50 – 3,00 m

SPT 3,00m = 4-6-6; N_{spt} = 12

SPT 8,00m = 5-7-8; N_{spt} = 15

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH

Per la prova penetrometrica è stato utilizzato un penetrometro dinamico DPSH della Deep Drill motorizzato. Si vuole precisare che i dati ricavati tramite lo strumento in questione sono in tutto paragonabili a quelli della prova SPT (Standard Penetration Test) in foro di sondaggio. La prova penetrometrica dinamica (DPSH) consiste nell'infiggere verticalmente nel terreno una punta conica metallica posta all'estremità di un'asta d'acciaio, prolungabile con l'aggiunta di aste successive. L'infissione avviene per battitura facendo cadere da un'altezza costante un maglio di peso predefinito. Si contano i colpi necessari per la penetrazione di ciascun tratto di lunghezza stabilita, in questo caso ogni 30 cm la resistenza del terreno è funzione inversa della penetrazione per ciascun colpo di maglio e diretta del numero di colpi (Ndp) per una data penetrazione. Verranno di seguito forniti i parametri geotecnici dei terreni investigati, ricordando che le prove sono spinte ad una profondità tale da caratterizzare il volume significativo di terreno o fino alla profondità limite dove si ha un rifiuto strumentale.

Le prove penetrometriche dinamiche hanno raggiunto le seguenti profondità dal p.c.:

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE	PROFONDITA' (m)
DPSH 1	8.40

Di seguito è riportata una scheda sintetica dei parametri geotecnici desunti sia dalle prove di laboratorio eseguite sul campione prelevato durante il sondaggio, che dalla prova penetrometrica DPSH e SPT che da informazioni bibliografiche; per i dettagli vedere gli allegati a fine relazione.

SINTESI PARAMETRI GEOTECNICI					
Litotipo	Profondità (m)	γ_n kN/m³	ϕ (°)	C' (kPa)	Nspt
Piroclastite sabbiosa debolmente limosa, mediamente addensata	0 – 4,00	14,5	34,8°	0	13
Piroclastite sabbiosa grossolana debolmente limosa, mediamente addensata	4,00 – 9,00	16	34°	1	19
Piroclastite sabbiosa grossolana con intercalazione di livello cineritico – IN FALDA	9,00 – 15,00	16	32°	0	--
Piroclastite limoso-sabbiosa e sabbioso-limosa, mediamente consistente/addensata	15,00 – 30,00	18	28°	10	--

γ_n = peso unità di volume naturale

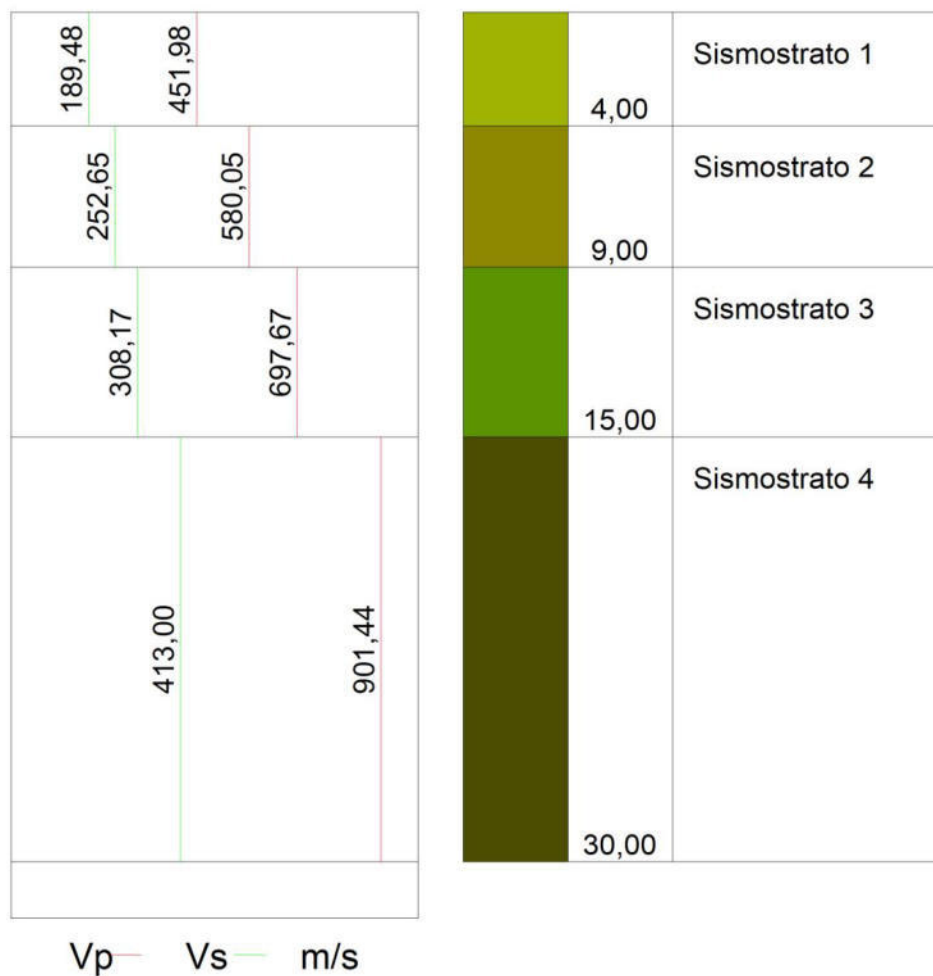
ϕ = angolo di resistenza al taglio

C = coesione efficace

INDAGINI GEOFISICHE

INDAGINE GEOFISICA IN FORO DOWN-HOLE

Nel metodo sismico down hole (DH) viene misurato il tempo necessario per le onde P e S di spostarsi tra una sorgente sismica, posta in superficie, e i ricevitori, posti all'interno del foro di sondaggio. Di seguito è riportata la sismostratigrafia ottenuta e il corrispondente valore di VSh ottenuto. Per i risultati si rimanda alla relazione geofisica contenuta negli allegati.



Vs,eq [m/sec] | 310,27
(H=30.00 m)

ANALISI MASW

Al fine di effettuare la caratterizzazione microsismica del sito, come previsto dalla normativa vigente, sono state eseguite n.2 sezioni sismiche con acquisizione dei dati finalizzata all'analisi "Masw", ovvero Multichannel Analysis of Surface Waves.

Il sistema Masw consiste nel misurare le velocità delle onde superficiali a differenti frequenze, la variazione delle quali viene chiamata dispersione, dovuta alla stratificazione delle velocità delle onde S nella determinazione dello spettro di velocità. Grazie ad un metodo di inversione della curva di dispersione con software Easy Masw, le misure permettono di determinare il profilo verticale delle Vsh che rappresenta un valore medio della velocità delle onde S fino alla profondità del substrato rigido.

Lo strumento è composto da una sorgente di onde sismiche, da 12 geofoni con frequenza 4,5 Hz per la misurazione dell'intensità e dei tempi di arrivo del treno di onde e da un dispositivo hardware di registrazione dei dati.

La sorgente delle onde sismiche è costituita dall'impatto di un martello di 8 Kg su una piastra posizionata perpendicolarmente al terreno, in grado di generare un treno di onde sismiche, i cui tempi di arrivo e l'intensità delle stesse vengono registrate dai geofoni ed inviate al sismografo centrale di acquisizione.

Si eseguono diverse energizzazioni e si misura l'attenuazione del segnale sismico lungo la stessa.

I risultati delle prove consistono in una curva di dispersione ed in uno spettro di velocità, con un profilo verticale delle onde S.

La velocità di propagazione media delle onde di taglio o "S" calcolata fino alla profondità del substrato rigido, dei terreni in oggetto è stata determinata utilizzando i dati del modello medio ottenuto dall'inversione delle curve di dispersione e risulta pari a:

MASW 1 – VSh del modello medio: 305.31 m/sec

MASW 2 – VSh del modello medio: 308.81 m/sec

Per i dettagli si rimanda alla relazione geofisica consultabile negli Allegati.

ANALISI HVSR

Al fine di valutare la frequenza fondamentale di risonanza del sito in esame, è stata eseguita n.1 analisi HVSR.

La tecnica dei rapporti spettrali H/V (tecnica HVSR) negli ultimi anni ha acquistato sempre maggiore importanza per la valutazione delle caratteristiche dinamiche di un sito dal punto di vista sismico. Tale tecnica necessita, per l'applicazione, di registrazioni passive di rumore sismico ambientale. Si effettua posizionando sul terreno un geofono a tre componenti attraverso il quale risulta possibile registrare il tremore lungo due direzioni orizzontali ortogonali (solitamente est-ovest, ew, e nord-sud, ns) ed una verticale (up-down, ud).

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici e dall'attività antropica oltre che 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.

La tecnica HVSR (o di Nakamura), consente di valutare la frequenza fondamentale di risonanza di uno strato sovrastante a partire dalle sole registrazioni del rumore in superficie.

La principale applicazione della tecnica del rapporto spettrale H/V è quindi quella di consentire in modo semplice e veloce l'identificazione della frequenza fondamentale f_0 di diverse zone.

La tecnica utilizzata è basata sul rapporto spettrale tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale, HSRV, che è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali di risonanza dei sottosuoli e, tramite opportuna inversione, delle profondità dei substrati rocciosi e delle discontinuità all'interno delle coperture sedimentarie.

Le analisi spettrali eseguite nel sito di indagine evidenziano la presenza di un picco di risonanza di frequenza pari a circa **2.30 Hz**.

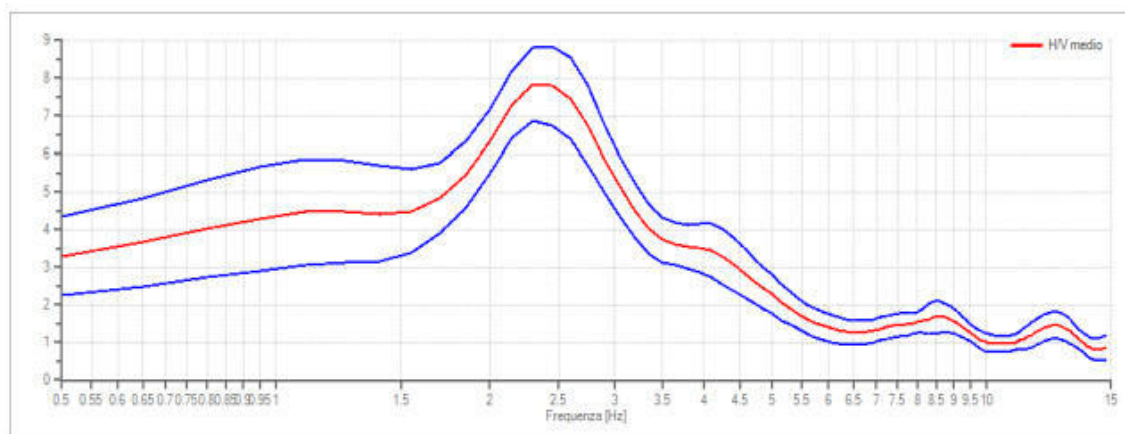


Fig. 7 – Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

SISMICITA'

CONSIDERAZIONI SUL COMPORTAMENTO SISMICO DEI TERRENI DI FONDAZIONE IN BASE AL DM 17/01/2018

Dall'analisi della pericolosità sismica storica locale nelle UAS del Lazio si può osservare che le più elevate intensità sismiche risentite nell'area sono connesse con i seguenti centri sismici:

- Centri sismici Avezzano e Aquilano, caratterizzati da eventi con magnitudo 6.5–7.0 ed intensità epicentrali tra il IX-X e l'XI grado MCS. La distribuzione dei risentimenti degli eventi collegati a questi centri sismici presenta un andamento a carattere regionale.
- Centri Lazio meridionale, con magnitudo 6.0-6.5 ma intensità epicentrali tra il IX-X e il X MCS e tendenza ad una maggiore attenuazione delle intensità con la distanza epicentrale, cui corrisponde una distribuzione a carattere provinciale.

DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA

La definizione dell'azione sismica di progetto è calcolata in conformità alle disposizioni dell'attuale Decreto Ministeriale "17 Gennaio 2018" che identifica nuovi criteri per l'identificazione della accelerazione orizzontale massima al sito, categoria di suolo di fondazione e dell'accelerazione massima orizzontale del terreno.

Con il DGR n. 387 del 2009 - "Nuova Classificazione Sismica della Regione Lazio" - il territorio amministrativo del comune di Genazzano, ove è sito il lotto di terreno in esame, rientra in zona sismica 2, sottozona B, avente valori di a_g (accelerazione orizzontale massima su suolo rigido) compresi tra 0,15 e 0,20 con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

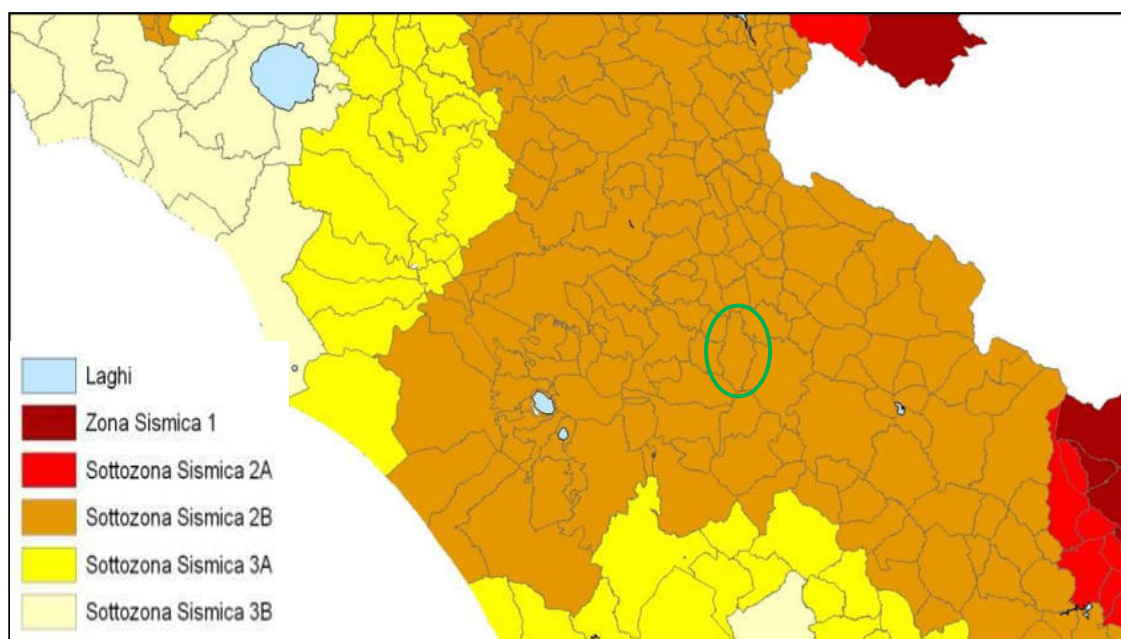


Fig. 8 – Classificazione Sismica della Regione Lazio con indicazione del Comune di Genazzano

COORDINATE

In Base al Decreto Ministeriale 17 Gennaio 2018 il valore di accelerazione massima sul suolo ag è identificata per diversi stati limite su un reticolo a maglia inferiore a 10 Km. Le coordinate del sito in esame sono le seguenti:

Lat. 41.825783° Long. 12.973716°

CATEGORIA TOPOGRAFICA

Considerando che il sito di progetto si trova in un'area caratterizzata da versanti con pendenza media $<15^\circ$ si può adottare la **Categoria Topografica T1**.

Per la determinazione dello spettro di velocità in base al Decreto ministeriale 2018 si può fare riferimento allo studio di Risposta Sismica Locale, riportata in Allegato 7.

SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE

I fenomeni di liquefazione sono collegati ad una diminuzione di resistenza al taglio e/o rigidità causata dall'aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante l'azione sismica tale da generare deformazioni permanenti significative e l'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno.

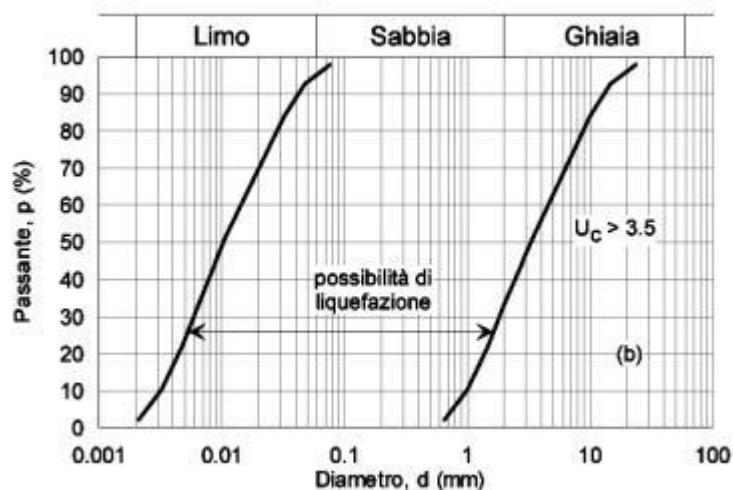
La verifica alla suscettibilità alla liquefazione assume rilevanza quando la falda si trova in prossimità della superficie ed il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti di sabbie sciolte in falda, anche con una frazione fine limoso-argillosa.

I fenomeni di liquefazione dipendono quindi da:

- proprietà geotecniche dei terreni;
- caratteristiche delle vibrazioni sismiche e loro durata;
- genesi e storia geologica dei terreni;
- fattori ambientali.

Nello specifico nel paragrafo 7.11.3.4 delle NTC 2018, la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di $0,1g$;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. seguente:



Per il sito in esame, sulla base di quanto riportato nella relazione geologica, la verifica a liquefazione può essere omessa, ai sensi del paragrafo 7.11.3.4 delle NTC 2018, in quanto non i terreni non rientrano nel fuso granulometrico della liquefazione, come da curva granulometrica ottenuta da prove di laboratorio geotecnico (Fig. seguente).

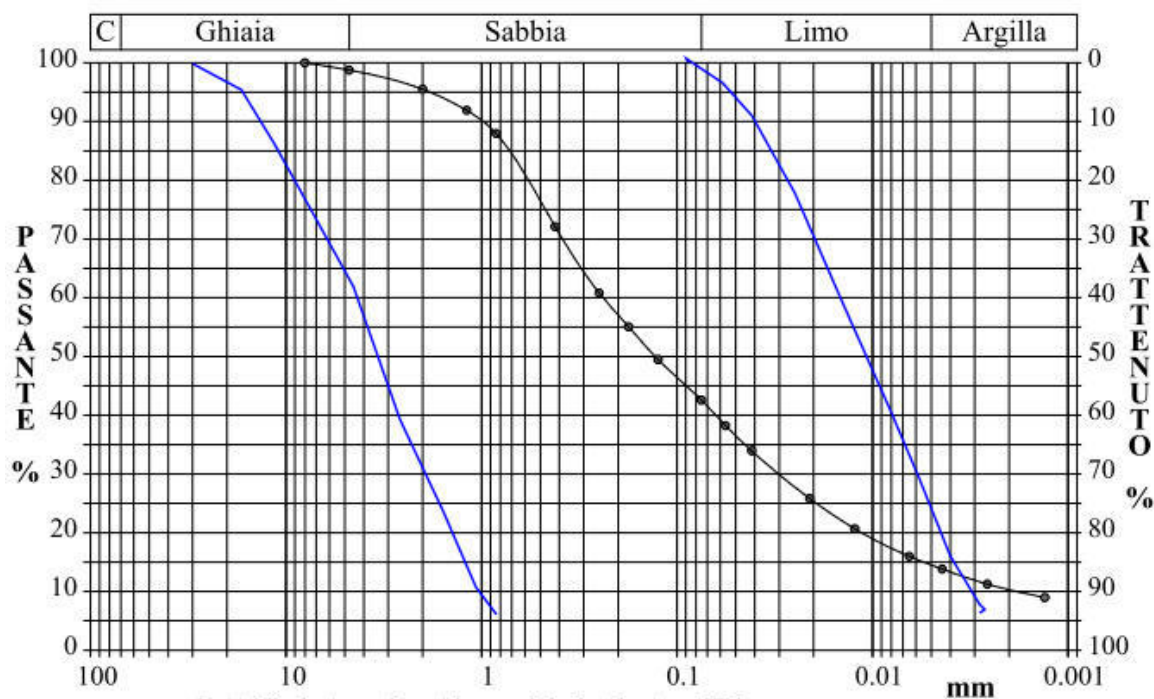


Fig. 9 – Curva granulometrica del campione di terreno prelevato con indicazione del fuso con possibilità di liquefazione (linea blu); la curva granulometrica sfiora rispetto a questo range

Si ritiene pertanto che i terreni possano essere classificati come non liquefacibili in fase sismica in riferimento alla normativa vigente.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

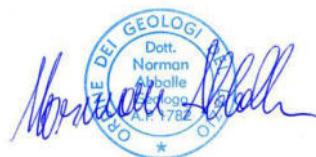
Da quanto è emerso dall'indagine geologica eseguita si possono trarre le seguenti conclusioni:

1. In base al nuovo Regolamento Regionale del 16 Aprile 2021, n. 7 ("Regolamento regionale per lo snellimento e la semplificazione delle procedure per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di prevenzione del rischio sismico"), e considerando che il Comune di Genazzano rientra all'interno della Zona Sismica **2B** e che la Classe d'uso delle Opere da realizzare è **III**, si individua livello di Rischio Sismico **medio**.
2. L'area d'indagine si trova nel comune di Genazzano, nella parte meridionale della stessa e dista dal centro del comune circa 1 Km. In particolare il sito in esame si trova sul punto più alto di una cresta collinare; il versante interessato presenta pendenze mediamente comprese tra il 15 ed il 25% con pendenze massime intorno ai 13/14°.
3. Dalle informazioni ricavate dalla Carta Geologica, dal rilevamento geologico eseguito e dalle risultanze delle indagini geologiche è emerso che nel sito in esame affiorano depositi piroclastici a comportamento prevalentemente coesivo, con granulometria da sabbioso-limosa a limoso-sabbiosa a e grado di addensamento /consistenza medio.
4. Durante l'esecuzione del sondaggio geognostico è stata rinvenuta falda acquifera a profondità comprese tra 9 e 15 metri.
5. Nell'area investigata non si evidenziano segni potenziali di instabilità geomorfologica pertanto il sito è da considerarsi geomorfologicamente stabile.
6. La consultazione della carta del Rischio frana dell'Autorità di Bacino dei Fiumi Liri Garigliano e Volturno, ha permesso di constatare che il sito non rientri in alcune delle classi di Rischio individuate dal Piano.
7. Il sito ricade in aree sottoposte a vincolo Idrogeologico
8. Essendo manifestata la condizione 4 del paragrafo 7.11.3.4 delle NTC 2018 la verifica a liquefazione può essere omessa, in quanto i terreni non rientrano nel fuso granulometrico della liquefazione, come da curva granulometrica ottenuta da prove di laboratorio geotecnico.
9. Per la determinazione dello spettro di velocità in base al Decreto ministeriale 2018 si può fare riferimento allo studio di Risposta Sismica Locale in allegato.

Pertanto, sulla base degli elementi sopra elencati, con riferimento alla proposta progettuale in esame, si esprime parere favorevole sulla fattibilità geologica delle opere previste dal progetto.

Frosinone, luglio 2023

Dott. Geol. Norman Abballe



ALLEGATI GRAFICI

Allegato 1 – Carta Topografica - scala 1:25.000

Allegato 2 – Corografia generale - scala 1:10.000

Allegato 3 – Carta Geologica - scala 1:5.000

Allegato 4 – Ubicazione Indagini

Allegato 5 – Ubicazione sezione geologica

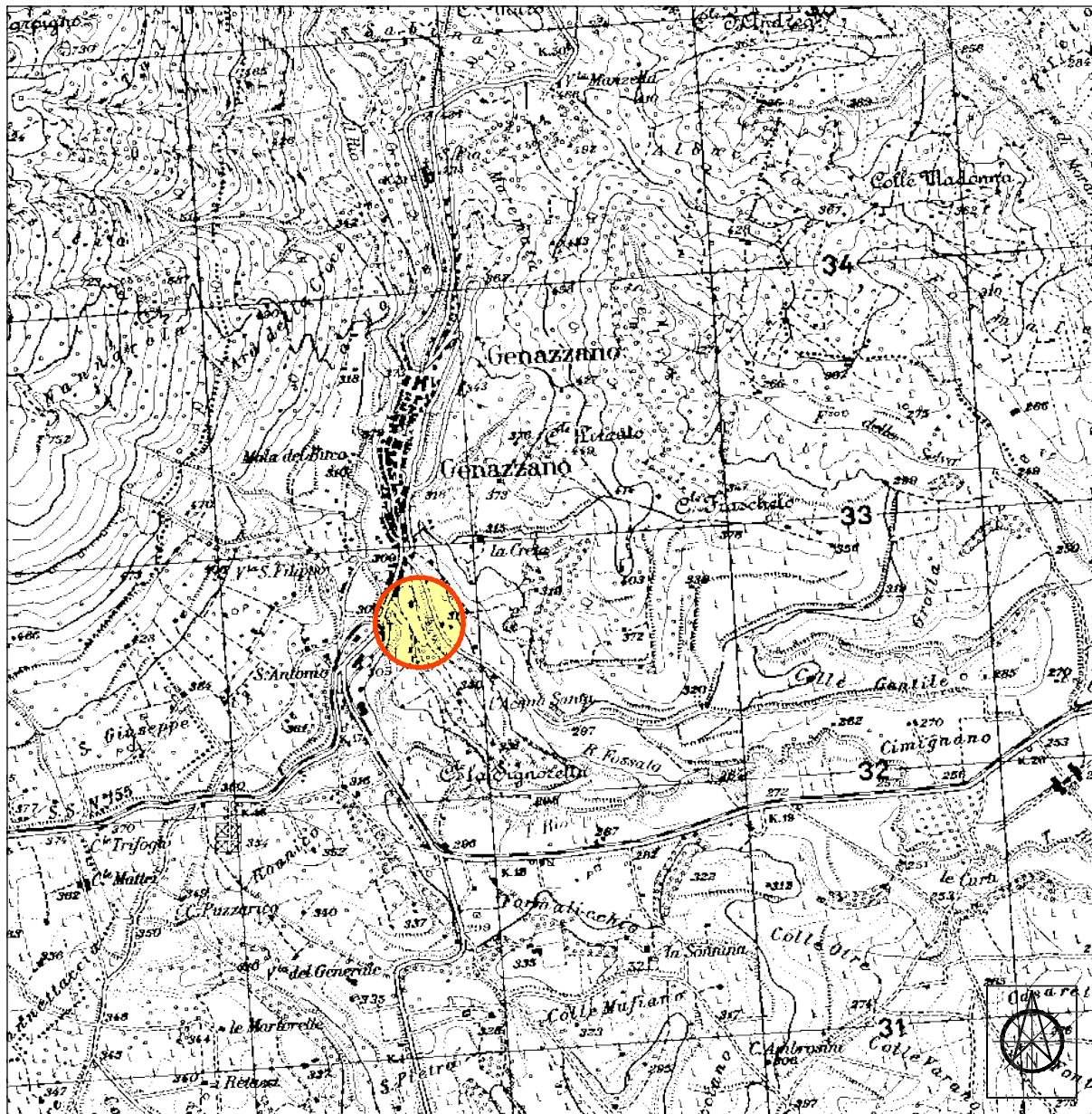
Allegato 5.1 – Sezione geologica A-B

Allegato 6 – Indagini geognostiche e geofisiche

Allegato 7 – Studio di Risposta Sismica Locale

CARTA TOPOGRAFICA
Foglio N°151 I.G.M.
Tavoletta IV SO

SCALA 1:25.000



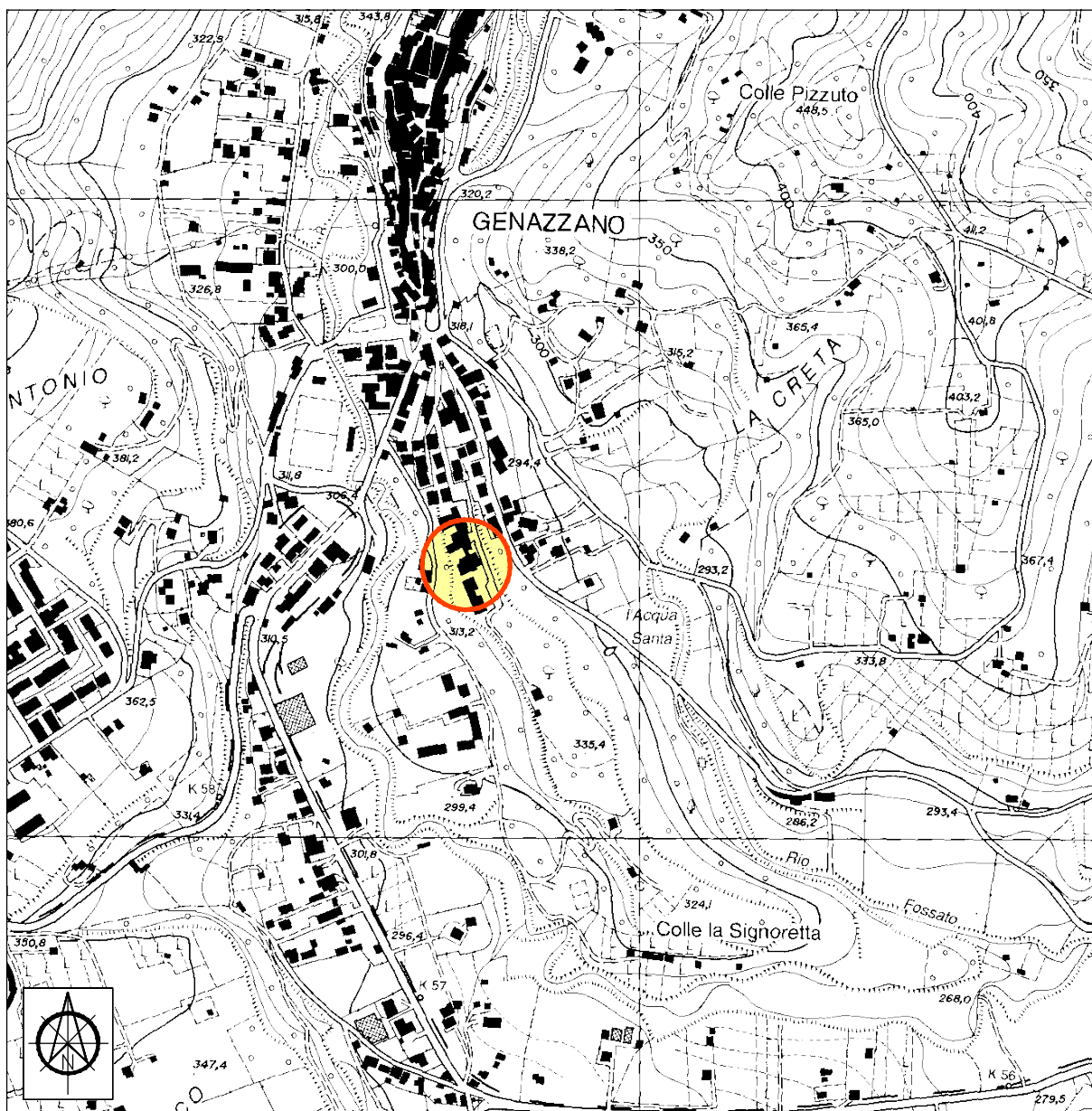
LEGENDA



UBICAZIONE AREA DI INDAGINE

COROGRAFIA GENERALE
STRALCIO C.T.R.
SEZ.
"375160"

SCALA 1:10.000



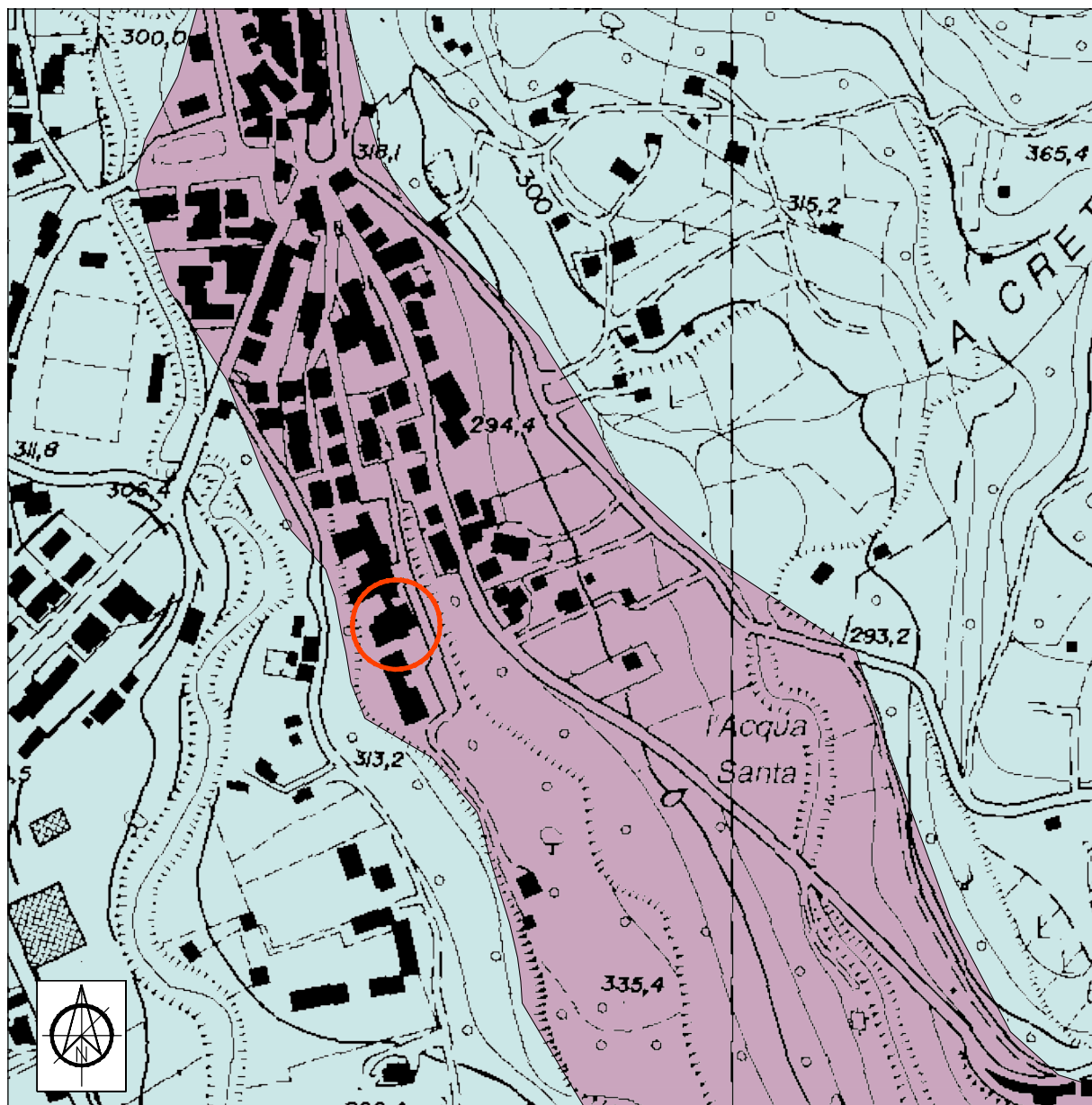
LEGENDA



UBICAZIONE AREA DI PROGETTO

CARTA GEOLOGICA

SCALA 1:5.000



LEGENDA



Depositi alluvionali recenti



POZZOLANE ROSSE – RED
Deposito piroclastico massivo e caotico di colore da viola a grigio scuro



UBICAZIONE AREA DI PROGETTO

UBICAZIONE INDAGINI



LEGENDA



SONDAGGIO GEOGNOSTICO CON SPT,
PRELIEVO CAMPIONE E DOWN-HOLE



PROVA PENETROMETRICA DPSH



STESA SISMICA MASW

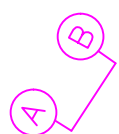


INDAGINE GEOFISICA HVSR

UBICAZIONE SEZIONE GEOLOGICA

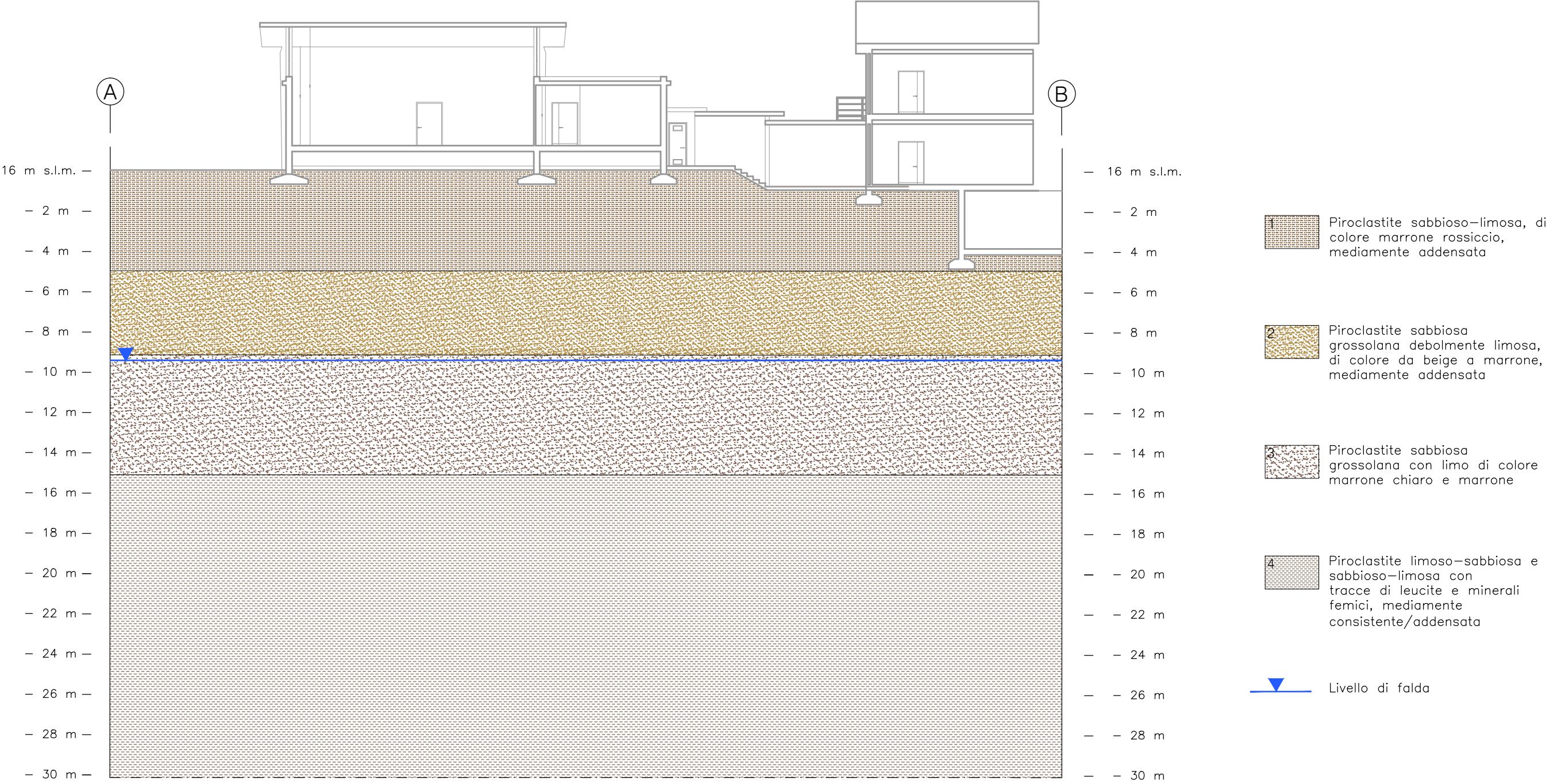


LEGENDA



Traccia della sezione geotecnica

SEZIONE GEOLOGICA A-B
Scala 1 : 200



ALLEGATO 6

Indagini Geognostiche

Sondaggi Geognostici

Caratteristiche tecniche generali "Fraste MITO 8" con matricola 854073

Carro:

Lunghezza min/max: 1600-2200 mm

Larghezza pattino: 400 mm

Passo cingolo: 1925 mm

Pendenza max. superabile: 50%

Motore diesel:

Potenza: 106 – 110 Kw

Capacità serbatoio gasolio: 150 l

Antenna:

Corsa testa di rotazione: 1300 - 3800mm

Tiro: 7000 daN

Spinta: 7000 daN

Velocità salita – discesa: 40m/min

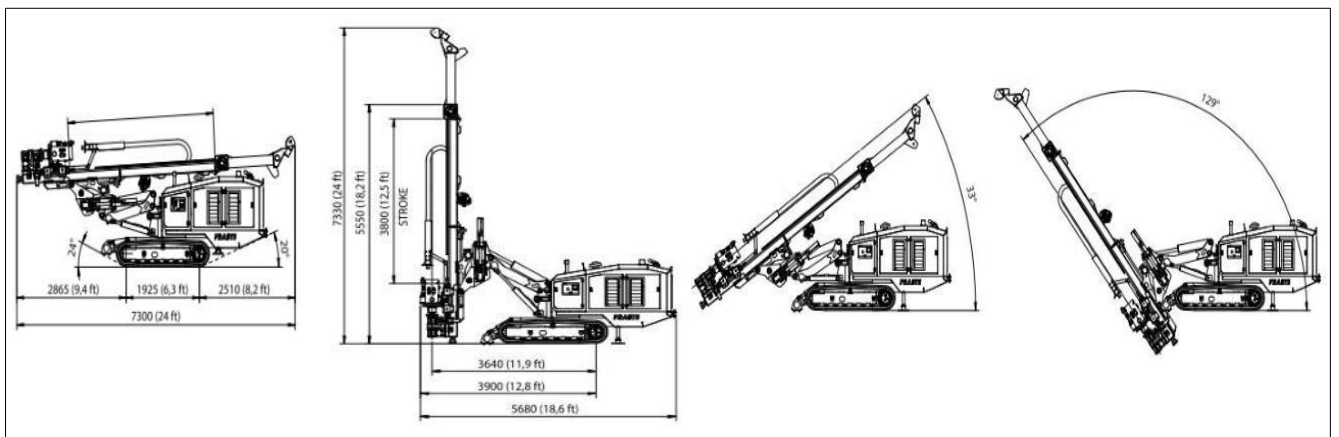
Testa rotante:

Coppia max: 2400 daNm

Velocità max: 1220 rpm

Morsa di bloccaggio: Ø 48-360 mm

Peso: 9900 kg





Certificato n° 19 del 2023	Verbale di accett n° del
Committente: Comune di Genazzano	Sondaggio: S1
Riferimento: Scuola media statale "Concetto Marchesi - Genazzano (RM)	Data: 16/06/2023
Coordinate: Lat. 41.826578° Long. 12.973553°	Quota: 327 m s.l.m.
Perforazione: carotaggio continuo	

LEGENDA STRATIGRAFIA

Ø mm	R v	metri batt.	RP	LITOLOGIA	prof. m	DESCRIZIONE	A r s	Campioni	Standard Penetration Test			Prel. % 0 --- 100	Cass.	DH
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

- 1) Diametro del foro / Tipo di carotiere
- 2) Rivestimento
- 3) Scala metrica con limiti delle battute (>)
- 4) Resistenza alla punta (kg/cm²)
- 5) Simbolo litologico
- 6) Profondità della base dello strato (m)
- 7) Descrizione della litologia dello strato
- 8) Profondità dell'acqua (rinvenimento e stabilizzazione)
- 9) Campioni (numero, tipo, profondità testa e scarpa)
- 10) Profondità di inizio della prova S.P.T.
- 11) Prova S.P.T.
- 12) Valore di N_{spt}
- 13) Percentuale di prelievo (1-10, 11-20, ..., 91-100 %)
- 14) Cassette catalogatrici
- 15)

She = Shelby
Den = Denison
Ost = Osterberg
Maz = Mazier
Crp = Craps
nk3 = NK3
Ind = Indisturbato
Dis = Disturbato
SDi = Semi disturbato
SPT = SPT



Certificato n° 19 del 2023

Committente: Comune di Genazzano

Sondaggio: S1

Riferimento: Scuola media statale "Concetto Marchesi - Genazzano (RM)

Data: 16/06/2023

Coordinate: Lat. 41.826578° Long. 12.973553°

Quota: 327 m s.l.m.

Perforazione: carotaggio continuo

SCALA 1:165

STRATIGRAFIA

Pagina 1/1

Ø mm	R v	metri batt.	RP	LITOLOGIA	prof. m	DESCRIZIONE	A r s	Campioni	Standard Penetration Test m	S.P.T.	Test N	Prel. % 0 --- 100	Cass.	DH
		1			0.5	Terreno di riporto breccioso								
		2				Piroclastite sabbioso-limosa, di colore marrone rossiccio, mediamente addensata								
		3						C1) Ind < 2,50 3,00	3,0	4-6-6	12		1	
		4			4.0	Piroclastite sabbiosa grossolana debolmente limosa, di colore da beige a marrone, mediamente addensata								
		5							6,0	5-7-8	15			
		6												
		7			7.2	Piroclastite limosa di colore marrone, mediamente consistente							2	
		8												
		9			9.0	Piroclastite sabbiosa grossolana con limo di colore marrone chiaro e marrone								
		10												
		11												
		12												
		13				Da 13,0,0 a 15,00m: livello cineritico sabbioso bianco, ricco di scorie nere e femici							3	
		14												
		15			15.0	Piroclastite limoso-sabbiosa e sabbioso-limosa con tracce di leucite e minerali femici, mediamente consistente/addensata								
		16				Da 16,00 a 16,50m: livello di tufo litoide di colore marrone							4	
		17												
		18												
		19												
		20												
		21											5	
		22												
		23												
		24												
		25												
		26												
		27												
		28											6	
		29												
101		30			30.0									

Il foro è stato allestito con tubazione in pvc fino a fondo foro per esecuzione prova geofisica down-hole



Certificato n° 19 del 2023

Verbale di accett n° del

Committente: Comune di Genazzano

Sondaggio: S1

Riferimento: Scuola media statale "Concetto Marchesi - Genazzano (RM)

Data: 16/06/2023

Fotografie - Pagina 1/2

Pagina 1



Cassetta n° 1 - profondità da m 0,00 a m 5,00



Cassetta n° 2 - profondità da m 5,00 a m 10,00



Cassetta n° 3 - profondità da m 10,00 a m 15,00



Cassetta n° 4 - profondità da m 15,00 a m 20,00



Cassetta n° 5 - profondità da m 20,00 a m 25,00



Cassetta n° 6 - profondità da m 25,00 a m 30,00



Postazione del sondaggio S1

Certificati di Laboratorio

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04411	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 06/07/23	Inizio analisi: 03/07/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 243 del 26/06/23		Apertura campione: 03/07/23	Fine analisi: 03/07/23

COMMITTENTE: Comune di Genazzano				
RIFERIMENTO: Genazzano - Scuola Marchesi				
SONDAGGIO: S1		CAMPIONE: C1		PROFONDITA': m 2.50-3.00

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 14,5 kN/m³

Piroclastite a granulometria sabbioso limosa, di colore marrone ($R_p = 120-150$ kPa).

1
40380

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04663	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 18/07/23	Inizio analisi: 14/07/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 243 del 26/06/23		Apertura campione: 03/07/23	Fine analisi: 14/07/23

COMMITTENTE: Comune di Genazzano
RIFERIMENTO: Genazzano - Scuola Marchesi
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 2.50-3.00

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma ASTM D 854

γ_s = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) = 2,54

γ_{sc} = Peso specifico dei granuli corretto a 20° = 2,54

Metodo: ☒ A ☐ B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 28,5 °C

Disaerazione eseguita per bollitura

Piroclastite a granulometria sabbioso limosa, di colore marrone ($R_p = 120-150$ kPa).

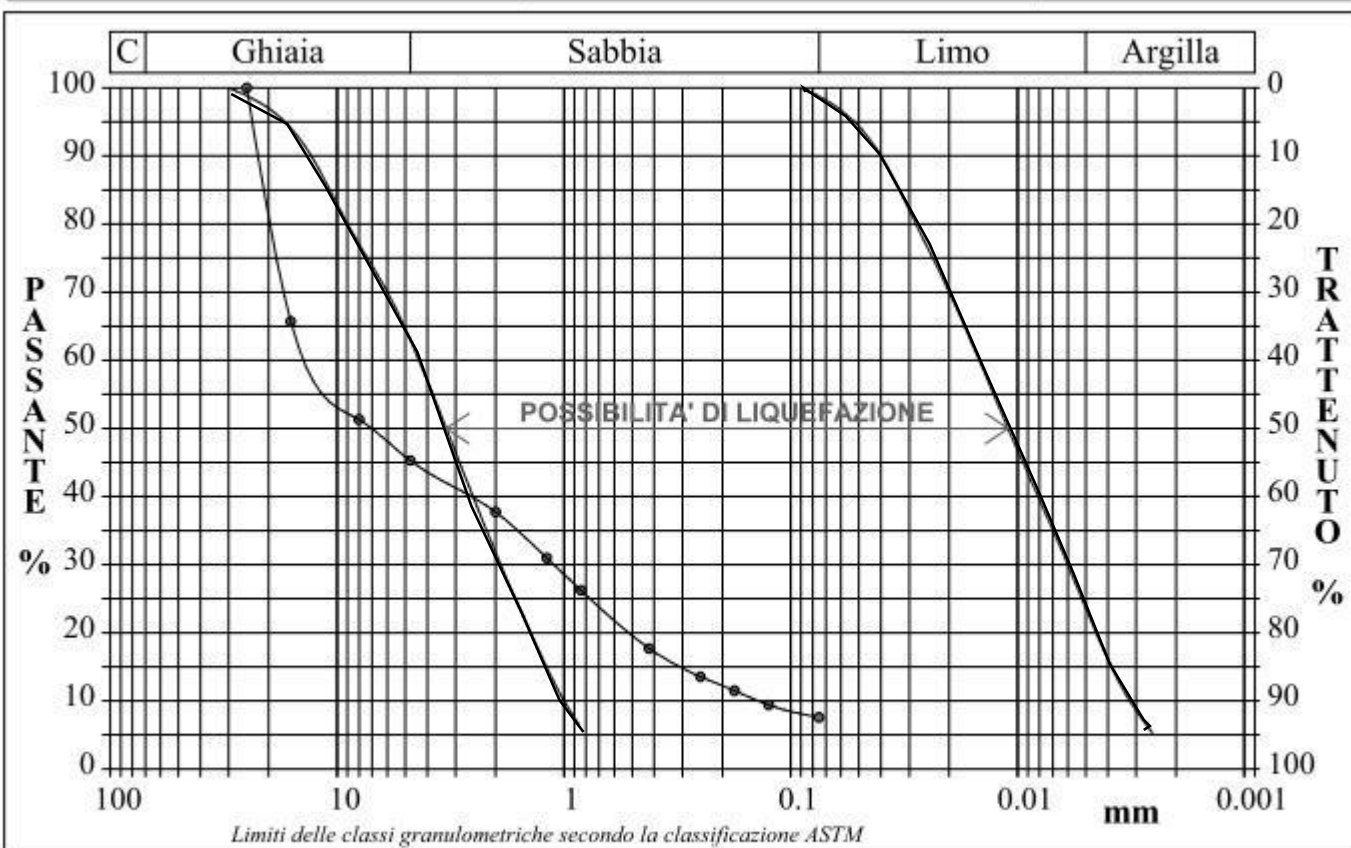
CERTIFICATO DI PROVA N°: 04662	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 18/07/23	Inizio analisi: 14/07/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 243 del 26/06/23		Apertura campione: 03/07/23	Fine analisi: 17/07/23

COMMITTENTE: Comune di Genazzano
RIFERIMENTO: Genazzano - Scuola Marchesi
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 2.50-3.00

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422

Ghiaia	1,3 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	95,5 %	D10	0,00178 mm
Sabbia	56,1 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	72,1 %	D30	0,02974 mm
Limo	28,1 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	42,6 %	D50	0,12902 mm
Argilla	14,5 %			D60	0,23798 mm
Coefficiente di uniformità	87,91	Coefficiente di curvatura	0,73	D90	21,94995 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
25,0000	100,00	1,1900	30,98	0,1250	9,39				
4,7500	98,75	0,2500	60,82	0,0415	33,96	0,0026	11,26		
2,0000	95,49	0,1770	55,08	0,0209	25,83	0,0013	8,98		
1,1900	91,89	0,1250	49,49	0,0123	20,69			Setacci	9
0,8410	87,94	0,0750	42,58	0,0065	15,98			Punti sediment.	8

Piroclastite a granulometria sabbioso limosa, di colore marrone ($R_p = 120-150$ kPa).

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04410 Pagina 1/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 243 del 26/06/23

DATA DI EMISSIONE: 06/07/23

Inizio analisi: 03/07/23

Apertura campione: 03/07/23

Fine analisi: 04/07/23

COMMITTENTE: Comune di Genazzano

RIFERIMENTO: Genazzano - Scuola Marchesi

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 2.50-3.00

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Tempo di consolidazione (ore):	24	24	24
Pressione verticale (kPa):	100,0	200,0	300,0
Umidità naturale (%):	---	---	---
Peso di volume (kN/m³):	14,6	14,6	14,4
Tipo di prova: Consolidata - lenta		Velocità di deformazione: 0,027 mm / min	

DIAGRAMMA
Tensione
Deformazione orizzontale

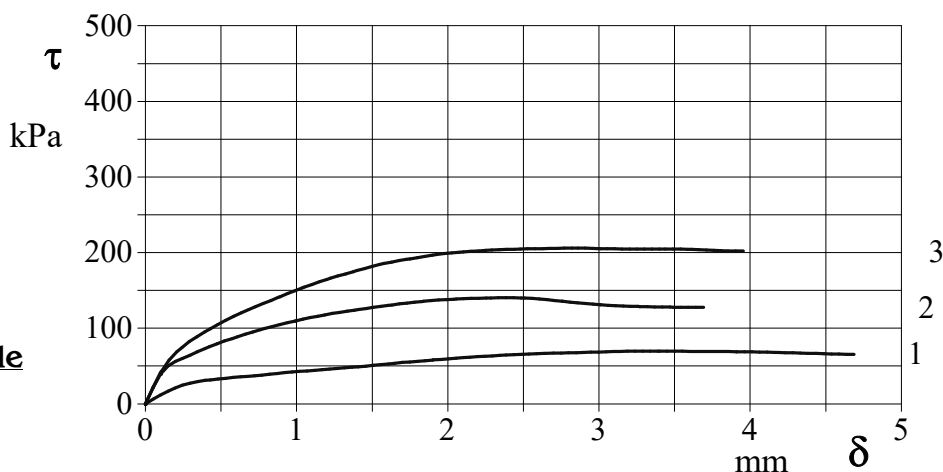
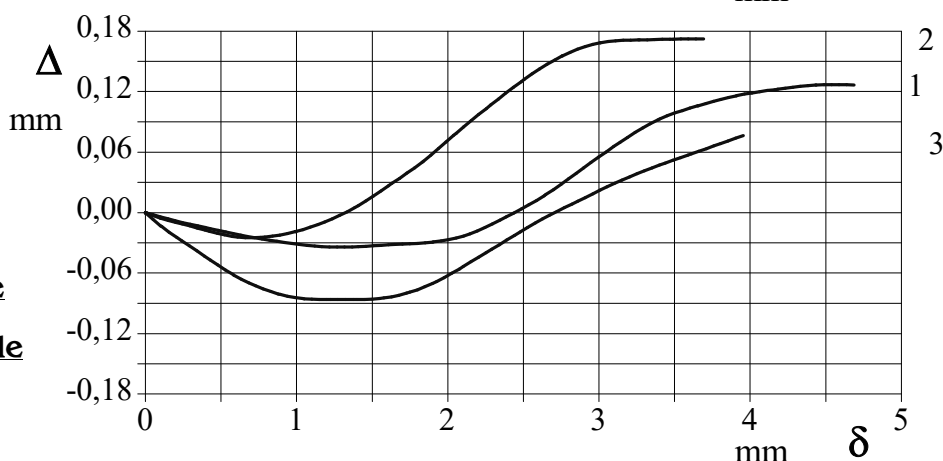


DIAGRAMMA
Deformazione verticale
Deformazione orizzontale



Piroclastite a granulometria sabbioso limosa, di colore marrone ($R_p = 120-150$ kPa).

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04410	Pagina 2/4	DATA DI EMISSIONE: 06/07/23	Inizio analisi: 03/07/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 243 del 26/06/23		Apertura campione: 03/07/23	Fine analisi: 04/07/23

COMMITTENTE: Comune di Genazzano

RIFERIMENTO: Genazzano - Scuola Marchesi

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 2.50-3.00

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

[illegible]

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04410 Pagina 3/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 243 del 26/06/23

DATA DI EMISSIONE: 06/07/23

Inizio analisi: 03/07/23

Apertura campione: 03/07/23

Fine analisi: 04/07/23

COMMITTENTE: Comune di Genazzano

RIFERIMENTO: Genazzano - Scuola Marchesi

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 2.50-3.00

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Diagramma TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 1	
Pressione (kPa)	100
Altezza iniziale (cm)	1,600
Altezza finale (cm)	1,597
Sezione (cm²):	36,00
T ₁₀₀ (min)	21,0
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0,024

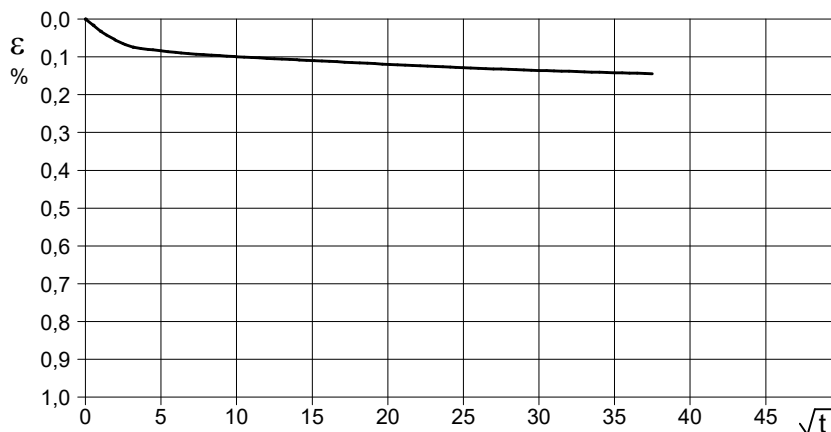


Diagramma TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2	
Pressione (kPa)	200
Altezza iniziale (cm)	1,600
Altezza finale (cm)	1,593
Sezione (cm²):	36,00
T ₁₀₀ (min)	16,2
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0,031

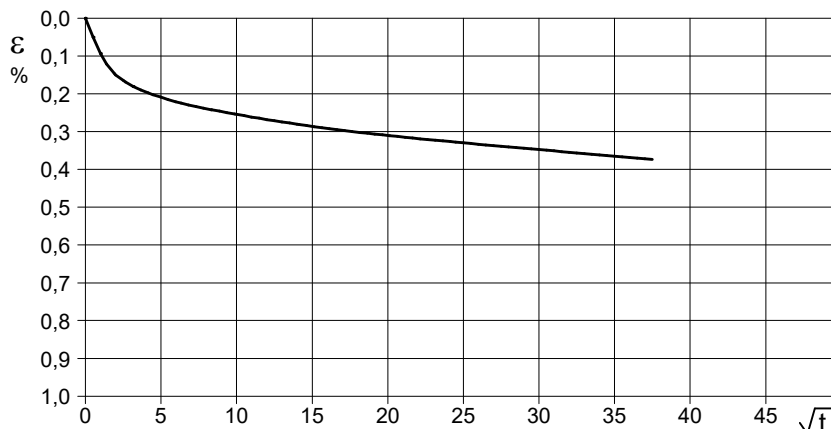
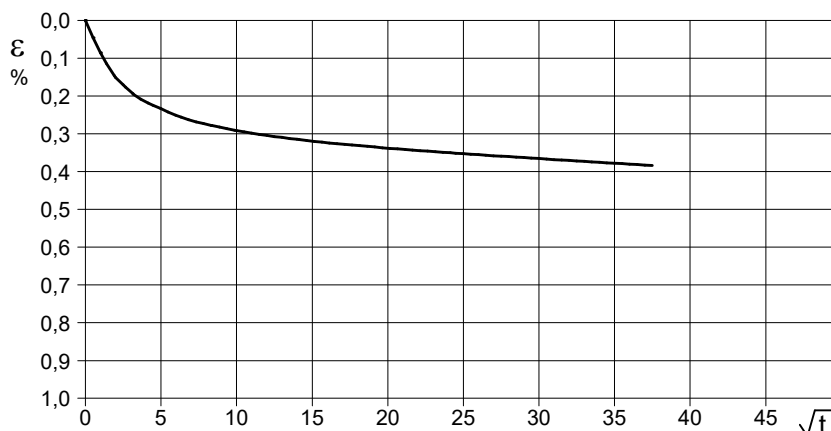


Diagramma TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 3	
Pressione (kPa)	300
Altezza iniziale (cm)	1,600
Altezza finale (cm)	1,592
Sezione (cm²):	36,00
T ₁₀₀ (min)	19,9
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0,025



1
40380

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

tf = 10 x T₁₀₀

Vs = Df / tf

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04410	Pagina 4/4	DATA DI EMISSIONE: 06/07/23	Inizio analisi: 03/07/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 243 del 26/06/23		Apertura campione: 03/07/23	Fine analisi: 04/07/23

COMMITTENTE: Comune di Genazzano			
RIFERIMENTO: Genazzano - Scuola Marchesi			
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m	2.50-3.00

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

[illegible]

Prova Penetrometrica – DPSH

Caratteristiche tecniche generali “Penetrometro SP200SM”:

Gruppo motore: Centralina oleodinamica dotata di motore a scoppio bicilindrico, 4 tempi, 16Hp di potenza ed avviamento elettrico.

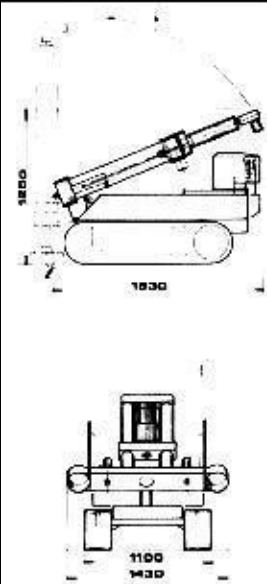
Sistema di infissione: In acciaio, è costituito da due cilindri oleodinamici a doppio effetto e da un trave in acciaio di collegamento e contrasto

Chiavi idrauliche

ed automatiche: Potenziate, scorrenti su guida in acciaio, permettono l’infissione e l’estrazione delle coclee senza nessuno sforzo da parte dell’operatore, in quanto sono dotate di un sistema idraulico automatico, spingente in fase di ancoraggio e di recupero a fine prova

Sistema di misura: Idraulico con lettura diretta dei valori di Rp-RI-Rt su due manometri ad alta precisione ed a scala differenziata

Forniture opzionali: Campione in fustella in PVC

● DIMENSIONI E PESI		
	Centralina oleodinamica	Kg 065
	Apparato d'infissione	Kg 190
	Sistema di misura	Kg 005
	Asta completa Ø 36x1000 mm	Kg 007,5
	Chiave idraulica automatica completa	Kg 032
	Coclea d'ancoraggio Ø 200x1300 mm	Kg 022
	Gruppo DPSH asta Ø 32x900 mm	Kg 130 Kg 005,5
	Gruppo penetrometro dinamico asta Ø 22x700 mm	Kg 30+13 Kg 002,1
	Gruppo sonda coclea Ø 70x800 mm	Kg 026 Kg 004,5
	prolunga Ø 34x800 mm	Kg 003,0
	Peso complessivo SP200 SM	Kg 1010
	Peso complessivo SP200 SM con gruppo DPSH	Kg 1140

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Comune di Genazzano Descrizione: Scuola media statale "Concetto Marchesi" Localita': Via Donato Bramante, Genazzano (RM)	Codice commessa: 00980 Numero certificati allegati: 2
---	--

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: Deep Drill SP200-SM

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	73 Kg
Altezza di caduta libera	0.75 m
Peso sistema di battuta	5 Kg
Diametro punta conica	50.46 mm
Area di base punta	20 cm ²
Lunghezza delle aste	0.9 m
Peso aste a metro	5 Kg/m
Profondita' giunzione prima asta	0.80 m
Avanzamento punta	0.30 m
Numero colpi per punta	N(30)
Coeff. Correlazione	1.199
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °

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 Δz) 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) Δz ;
- 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:

$$N_{SPT} = \beta_t \cdot N$$

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.

Calcolo di $(N_1)_{60}$

$(N_1)_{60}$ è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{(Pa' / \sigma_{vo})} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa (Liao e Whitman 1986)}$$

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_s \cdot C_r \cdot C_d$$

ER/60	rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.
C_s	parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).
C_d	funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).
C_r	parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

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:

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

dove $\sigma_{N_{spt}}$ 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 m ed immersione $d = 1$ m.

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

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

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 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m 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 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda) $\varphi > 5$ 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 D_r %.
 - 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 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $\varphi > 15$ t/mq.
 - Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONAL 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 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $s > 15$ t/mq.
 - Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.
 - 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

- 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 $\bar{\sigma}_d$ 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/s)

- 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). C_u (min-max).
 - Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensibilità > 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 , (C_u - N_{spt} -grado di plasticità).
-

-
- Schmertmann (1975), Cu (Kg/cm²) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con $N_c = 20$ e $Q_c/N_{spt} = 2$.
 - Schmertmann (1975), Cu (Kg/cm²) (valori minimi), valida per argille NC .
 - Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata Cu (Kg/cm²), 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/cm²)-, 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.
-

PROVA ...DPSH 1

Strumento utilizzato... Deep Drill SP200-SM
Prova eseguita in data 16-06-2023
Profondita' prova 8.40 mt
Falda non rilevata
Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (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)
0.30	8	0.853	54.75	64.20	2.74	3.21
0.60	9	0.847	61.18	72.23	3.06	3.61
0.90	12	0.842	76.44	90.84	3.82	4.54
1.20	12	0.836	75.96	90.84	3.80	4.54
1.50	15	0.781	88.70	113.54	4.44	5.68
1.80	14	0.776	77.85	100.28	3.89	5.01
2.10	14	0.772	77.38	100.28	3.87	5.01
2.40	13	0.767	71.43	93.11	3.57	4.66
2.70	10	0.813	55.25	67.97	2.76	3.40
3.00	12	0.809	65.96	81.57	3.30	4.08
3.30	11	0.805	60.17	74.77	3.01	3.74
3.60	11	0.801	56.97	71.14	2.85	3.56
3.90	13	0.747	62.82	84.07	3.14	4.20
4.20	11	0.794	56.46	71.14	2.82	3.56
4.50	16	0.740	73.06	98.69	3.65	4.93
4.80	18	0.737	81.83	111.02	4.09	5.55
5.10	17	0.734	76.96	104.85	3.85	5.24
5.40	17	0.731	73.26	100.21	3.66	5.01
5.70	20	0.728	85.85	117.90	4.29	5.89
6.00	16	0.725	68.43	94.32	3.42	4.72
6.30	16	0.723	65.29	90.32	3.26	4.52
6.60	18	0.720	73.20	101.61	3.66	5.08
6.90	17	0.718	68.90	95.97	3.44	4.80
7.20	23	0.666	82.91	124.56	4.15	6.23
7.50	19	0.713	73.41	102.90	3.67	5.14
7.80	20	0.711	77.04	108.31	3.85	5.42
8.10	17	0.709	62.75	88.47	3.14	4.42
8.40	18	0.707	66.25	93.67	3.31	4.68

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
4.2	11.79	84	Incoerente - coesivo	0	0.43	1.2	13	Strato 1
8.4	18	102.34	Incoerente - coesivo	0	1.3	1.2	19	Strato 2



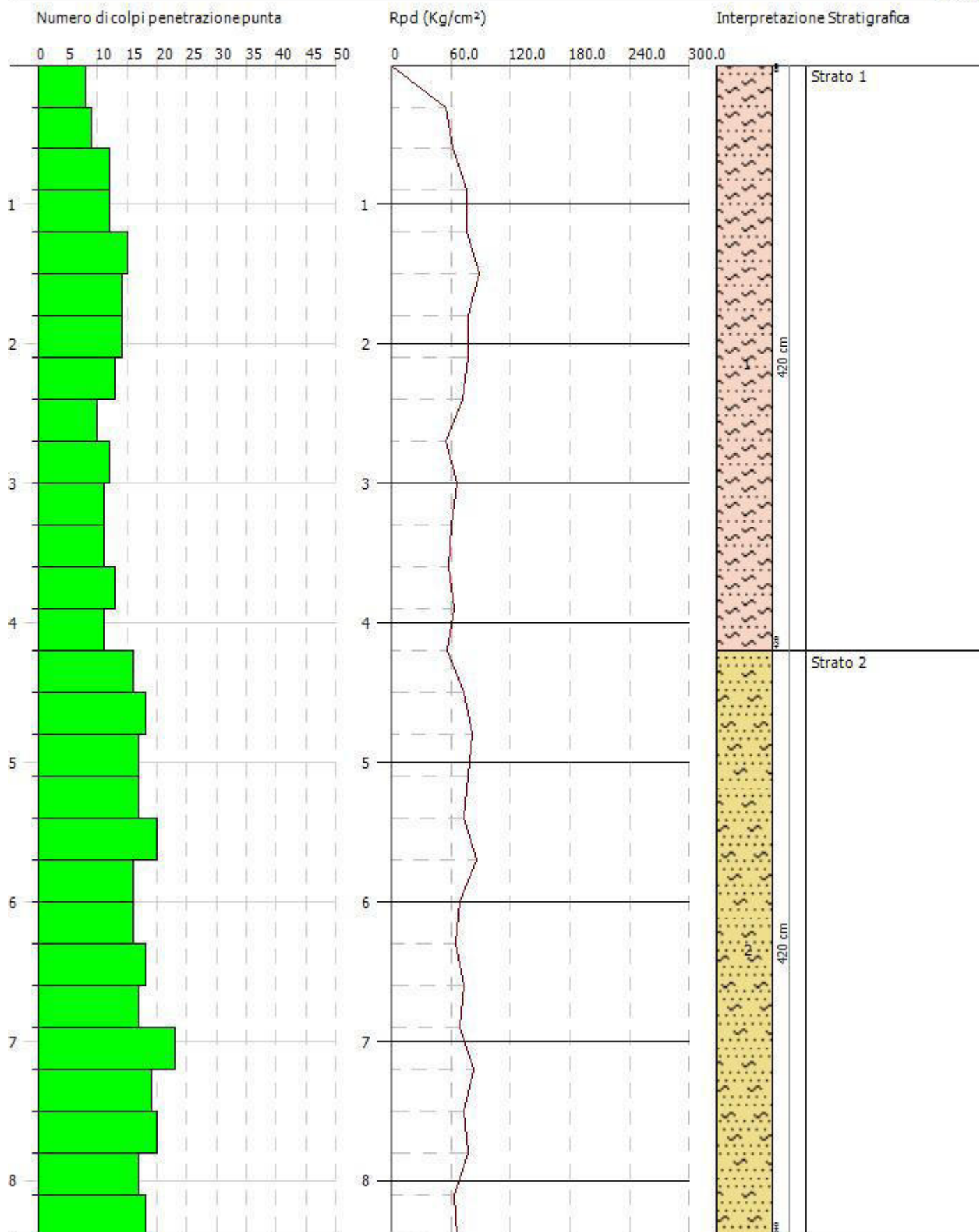
Tecnogeo Group srl
Via Case Palmerini, 85
03029 Frosinone
www.tecnogeo.net

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH 1
Strumento utilizzato... Deep Drill SP200-SM

Committente: Comune di Genazzano
Descrizione: Scuola media statale "Concetto Marchesi"
Località: Via Donato Bramante, Genazzano (RM)

16-06-2023

Scala 1:40



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH 1**TERRENI COESIVI****Coesione non drenata (Kg/cm²)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D. M.S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] - Strato 1	13	4.20	0.88	1.63	0.00	0.52	1.28	2.52	1.14	1.45	0.65	1.71	1.63
[2] - Strato 2	19	8.40	1.28	2.38	0.00	0.74	1.88	3.07	1.62	1.99	0.95	2.13	2.38

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - Strato 1	13	4.20	Robertson (1983)	26.00
[2] - Strato 2	19	8.40	Robertson (1983)	38.00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Strato 1	13	4.20	59.64	--	134.38	130.00
[2] - Strato 2	19	8.40	87.17	--	195.58	190.00

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Strato 1	13	4.20	129.10	130.00
[2] - Strato 2	19	8.40	198.10	190.00

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Strato 1	13	4.20	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[2] - Strato 2	19	8.40	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m ³)
[1] - Strato 1	13	4.20	Meyerhof	2.04
[2] - Strato 2	19	8.40	Meyerhof	2.10

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m³)
[1] - Strato 1	13	4.20	Meyerhof	2.24
[2] - Strato 2	19	8.40	Meyerhof	2.31

TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Strato 1	13	4.20	38.04	71.28	72.83	39.24
[2] - Strato 2	19	8.40	34.43	64.76	65.31	49.72

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertman (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owaski & Iwasaki
[1] - Strato 1	13	4.20	13	30.71	23.71	31.64	31	34.77	37.98	30-32	28.96	30.9	39.76	31.12
[2] - Strato 2	19	8.40	19	32.43	25.43	33.32	29.2	36.77	37.07	30-32	31.88	32.7	39.77	34.49

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertman (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appolloni e altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Strato 1	13	4.20	13	257.36	104.00	154.10	277.50	140.00
[2] - Strato 2	19	8.40	19	311.13	152.00	224.90	322.50	170.00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Strato 1	13	4.20	13	78.00	54.17	92.30	95.98
[2] - Strato 2	19	8.40	19	114.00	66.49	134.90	122.74

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato 1	13	4.20	13	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

[2] - Strato 2	19	8.40	19	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
----------------	----	------	----	--------------------------	----------------------------

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m ³)
[1] - Strato 1	13	4.20	13	Terzaghi-Peck 1948	1.51
[2] - Strato 2	19	8.40	19	Terzaghi-Peck 1948	1.58

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m ³)
[1] - Strato 1	13	4.20	13	Terzaghi-Peck 1948	1.94
[2] - Strato 2	19	8.40	19	Terzaghi-Peck 1948	1.99

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Strato 1	13	4.20	13	724.47	599.14
[2] - Strato 2	19	8.40	19	1035.00	755.49

PROVA ...DPSH 2

Strumento utilizzato... Deep Drill SP200-SM
Prova eseguita in data 16-06-2023
Profondita' prova 7.50 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (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)
0.30	10	0.853	68.43	80.26	3.42	4.01
0.60	7	0.847	47.58	56.18	2.38	2.81
0.90	13	0.792	77.89	98.40	3.89	4.92
1.20	12	0.836	75.96	90.84	3.80	4.54
1.50	12	0.831	75.50	90.84	3.78	4.54
1.80	12	0.826	71.02	85.95	3.55	4.30
2.10	11	0.822	64.74	78.79	3.24	3.94
2.40	10	0.817	58.53	71.63	2.93	3.58
2.70	12	0.813	66.30	81.57	3.31	4.08
3.00	11	0.809	60.46	74.77	3.02	3.74
3.30	13	0.755	66.69	88.36	3.33	4.42
3.60	14	0.751	67.99	90.54	3.40	4.53
3.90	12	0.797	61.87	77.61	3.09	3.88
4.20	15	0.744	72.14	97.01	3.61	4.85
4.50	17	0.740	77.63	104.85	3.88	5.24
4.80	15	0.737	68.19	92.52	3.41	4.63
5.10	15	0.734	67.91	92.52	3.40	4.63
5.40	18	0.731	77.57	106.11	3.88	5.31
5.70	18	0.728	77.27	106.11	3.86	5.31
6.00	17	0.725	72.70	100.21	3.64	5.01
6.30	19	0.723	77.53	107.26	3.88	5.36
6.60	17	0.720	69.13	95.97	3.46	4.80
6.90	17	0.718	68.90	95.97	3.44	4.80
7.20	20	0.716	77.51	108.31	3.88	5.42
7.50	19	0.713	73.41	102.90	3.67	5.14

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
3.9	11.46	81.98	Incoerente - coesivo	0	0.4	1.2	13	Strato 1
7.5	17.25	100.81	Incoerente - coesivo	0	1.17	1.2	20	Strato 2



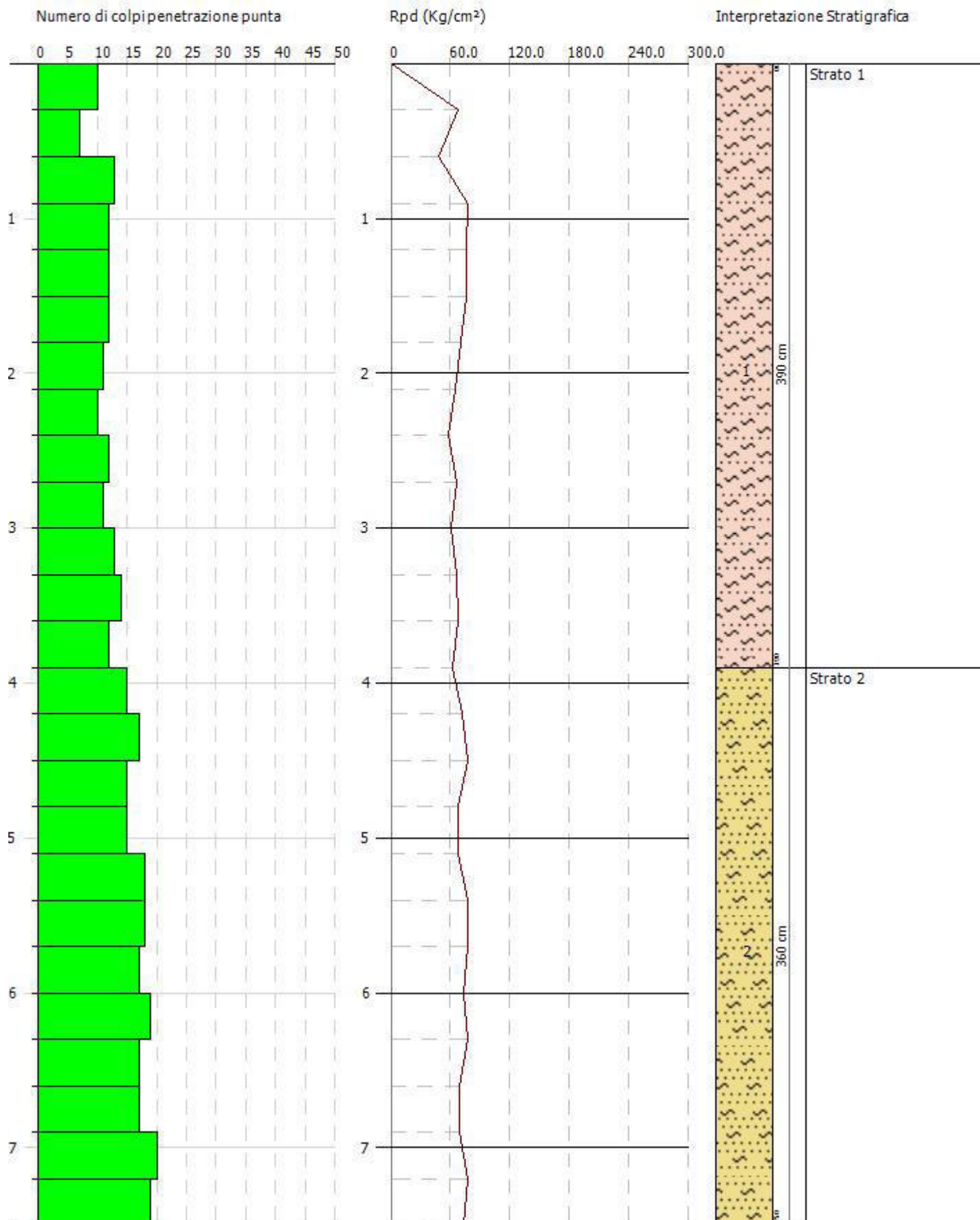
Tecnogeo Group srl
Via Case Palmerini, 85
03029 Frosinone
www.tecnogeo.net

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH 2
Strumento utilizzato... Deep Drill SP200-SM

Committente: Comune di Genazzano
Descrizione: Scuola media statale "Concetto Marchesi"
Località: Via Donato Bramante, Genazzano (RM)

16-06-2023

Scala 1:36



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH 2**TERRENI COESIVI****Coesione non drenata (Kg/cm²)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D. M.S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] - Strato 1	13	3.90	0.88	1.63	0.00	0.52	1.28	2.46	1.14	1.45	0.65	1.75	1.63
[2] - Strato 2	20	7.50	1.35	2.50	0.00	0.78	1.98	3.02	1.70	2.08	1.00	2.45	2.50

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - Strato 1	13	3.90	Robertson (1983)	26.00
[2] - Strato 2	20	7.50	Robertson (1983)	40.00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Strato 1	13	3.90	59.64	--	134.38	130.00
[2] - Strato 2	20	7.50	91.76	--	205.78	200.00

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Strato 1	13	3.90	129.10	130.00
[2] - Strato 2	20	7.50	209.60	200.00

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Strato 1	13	3.90	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[2] - Strato 2	20	7.50	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m ³)
[1] - Strato 1	13	3.90	Meyerhof	2.04
[2] - Strato 2	20	7.50	Meyerhof	2.10

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m³)
[1] - Strato 1	13	3.90	Meyerhof	2.24
[2] - Strato 2	20	7.50	Meyerhof	2.31

TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Strato 1	13	3.90	38.59	72.27	74.26	39.24
[2] - Strato 2	20	7.50	36.88	68.61	68.72	51.23

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertman (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Strato 1	13	3.90	13	30.71	23.71	31.64	31.16	34.77	38.12	30-32	28.96	30.9	39.88	31.12
[2] - Strato 2	20	7.50	20	32.71	25.71	33.6	29.51	37.07	37.61	30-32	32.32	33	40.69	35

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appolloni e altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Strato 1	13	3.90	13	257.36	104.00	154.10	277.50	140.00
[2] - Strato 2	20	7.50	20	319.22	160.00	236.70	330.00	175.00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Strato 1	13	3.90	13	78.00	54.17	92.30	95.98
[2] - Strato 2	20	7.50	20	120.00	68.55	142.00	127.20

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato 1	13	3.90	13	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

[2] - Strato 2	20	7.50	20	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
----------------	----	------	----	--------------------------	----------------------------

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m ³)
[1] - Strato 1	13	3.90	13	Terzaghi-Peck 1948	1.51
[2] - Strato 2	20	7.50	20	Terzaghi-Peck 1948	1.60

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m ³)
[1] - Strato 1	13	3.90	13	Terzaghi-Peck 1948	1.94
[2] - Strato 2	20	7.50	20	Terzaghi-Peck 1948	1.99

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Strato 1	13	3.90	13	724.47	599.14
[2] - Strato 2	20	7.50	20	1086.13	779.54



Indagine Geofisica

Down hole

Caratteristiche tecniche generali "Sismografo DoReMi":

<i>Classe strumentale:</i>	<i>sismografo multicanale per geofisica</i>
<i>Topologia:</i>	<i>rete differenziale RS485 half-duplex multipunto</i>
<i>Lunghezza max rete:</i>	<i>virtualmente illimitata con l'uso di ripetitori</i>
<i>N. max canali per tratta:</i>	<i>255</i>
<i>Dimensioni elemento:</i>	<i>80x55x18 mm</i>
<i>Peso:</i>	<i>250 g (per elemento con cavo di 5 metri)</i>
<i>Cavo:</i>	<i>per geofisica 1x2x0.5 + 1x2x0.25 twisted pair schermato</i>
<i>Memoria:</i>	<i>60 kBytes (30000 campioni)</i>
<i>Frequenze selezionabili:</i>	<i>da 500 a 20000 Hz (passi di campionamento da 2 a 0.05 ms)</i>
<i>Convertitore:</i>	<i>tipo SAR a 16 bit (96 dB)</i>
<i>Amplificatore:</i>	<i>ultra-low noise con ingresso differenziale</i>
<i>Banda passante:</i>	<i>2Hz - 200Hz</i>
<i>Reiezione modo comune:</i>	<i>>80dB</i>
<i>Diafonia (crosstalk):</i>	<i>zero, la trasmissione è digitale</i>
<i>Dinamica del sistema:</i>	
<i>Risoluzione:</i>	<i>7.6 μV @ 27dB; 0.076 μV @ 60dB</i>
<i>Dinamica di base:</i>	<i>96dB (16 bit)</i>
<i>S/N ratio fra 0.5 e 30Hz:</i>	<i>>94dB (> 150dB con l'uso del PGA)</i>
<i>Alimentazione:</i>	<i>batteria ricaricabile interna operativa 10-15Vdc</i>
<i>Alimentazione:</i>	<i>Interfaccia 80 mA, canale 30mA per una stringa da 12 canali: < 500mA</i>
<i>Consumo di energia:</i>	



REGIONE LAZIO
PROVINCIA DI ROMA

RELAZIONE GEOFISICA

**Prospezione Geofisica
Down Hole**

LOCALITA': Via Donato Bramante – Genazzano (RM)

Luglio 2023

RELAZIONE GEOFISICA

Metodologia d'indagine

Per una definizione sismo-stratigrafica di dettaglio è stata eseguita nel comune di Genazzano, un'indagine sismica di tipo Down Hole nel foro di sondaggio.

Nel metodo sismico down hole (DH) viene misurato il tempo necessario per le onde P e S di spostarsi tra una sorgente sismica, posta in superficie, e i ricevitori, posti all'interno di un foro di sondaggio (figura 1). Le componenti indispensabili per una misura DH accurata consistono in:

- una sorgente meccanica in grado di generare onde elastiche ricche di energia e direzionali;
- uno o più geofoni tridimensionali, con appropriata risposta in frequenza (4,5-14 Hz), direzionali e dotati di un sistema di ancoraggio alle pareti del tubo-foro;
- un sismografo multi-canale, in grado di registrare le forme d'onda in modo digitale e di registrarle su memoria di massa;
- un trasduttore (trigger) alloggiato nella sorgente necessario per l'identificazione dell'istante di partenza della sollecitazione dinamica mediante massa battente.

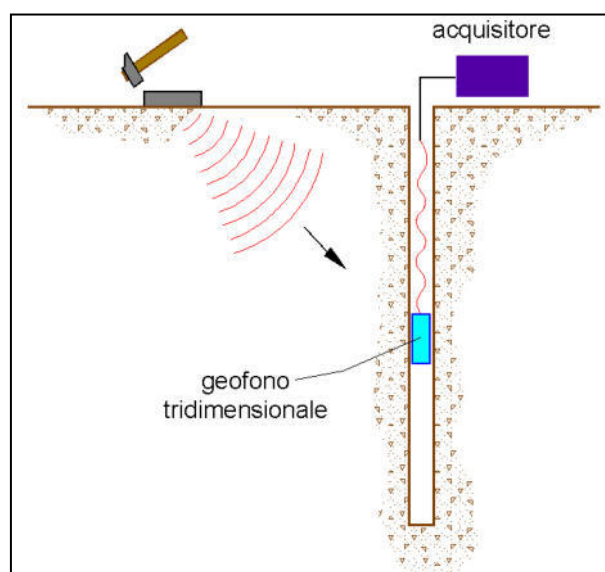


Figura 1 – Schema down hole ad un solo ricevitore

Durante la perforazione, per ridurre l'effetto di disturbo nel terreno, i fori vengono sostenuti mediante fanghi bentonici e il loro diametro viene mantenuto piuttosto piccolo (mediamente 15 cm).

I fori vengono poi rivestiti mediante tubazioni, generalmente in PVC, e riempiti con una malta a ritiro controllato, generalmente composta di acqua, cemento e bentonite rispettivamente in proporzione di 100, 30 e 5 parti in peso.

Procedura sperimentale

La sorgente, una piastra di battuta, viene adagiata in superficie ad una distanza di 1,5 – 2,5 m dal foro e orientata in direzione ortogonale ad un raggio uscente dall'asse foro. Alla sorgente è agganciato il trasduttore di velocità utilizzato come trigger.

Se si dispone di due ricevitori, questi vengono collegati in modo da impedirne la rotazione relativa e da fissarne la distanza. Il primo dei due ricevitori viene raccordato ad una batteria di aste che ne permette l'orientamento dalla superficie e lo spostamento.

Una volta raggiunta la profondità di prova, i geofoni vengono orientati in modo che un trasduttore di ogni sensore sia diretto parallelamente all'asse della sorgente (orientamento assoluto).

A questo punto i ricevitori vengono assicurati alle pareti del tubo di rivestimento, la sorgente viene colpita in senso verticale (per generare onde di compressione P) o lateralmente (per generare onde di taglio SH) e, contemporaneamente, parte la registrazione del segnale di trigger e dei ricevitori.

Eseguite le registrazioni la profondità dei ricevitori viene modificata e la procedura sperimentale ripetuta.

Interpretazione in down hole con il metodo diretto

Per poter interpretare il down hole con il metodo diretto, inizialmente, bisogna correggere i tempi di tragitto (t) misurati lungo i percorsi sorgente-ricevitore per tenere conto dell'inclinazione del percorso delle onde. Se d è la distanza della sorgente dall'asse del foro (figura 2), r la distanza fra la sorgente e la tripletta di sensori, z la profondità di misura è possibile ottenere i tempi corretti (t_{corr}) mediante la seguente formula di conversione:

$$1.0) t_{\text{corr}} = \frac{z}{r} t$$

Calcolati i tempi corretti sia per le onde P che per le onde S si realizza il grafico t_{corr} – z in modo che la velocità media delle onde sismiche in strati omogenei di terreno è rappresentata dall'inclinazione dei segmenti di retta lungo i quali si allineano i dati sperimentali (figura 3).

Ottenuti graficamente i sismostrati si ottengono la densità media, funzione della velocità e della profondità, e i seguenti parametri:

- coefficiente di Poisson medio:

$$2.0) \nu_{\text{medio}} = 0.5 \frac{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 1}$$

- modulo di deformazione a taglio medio:

$$3.0) G_{\text{medio}} = \rho V_s^2$$

- modulo di compressibilità edometrica medio:

$$4.0) E_{\text{dmedio}} = \rho V_p^2$$

- modulo di Young medio:

$$5.0) E_{\text{medio}} = 2\rho V_s^2 (1 + \nu)$$

- modulo di compressibilità volumetrica medio:

$$6.0) E_{\text{vmedio}} = \rho \left(V_p^2 - \frac{4}{3} V_s^2 \right)$$

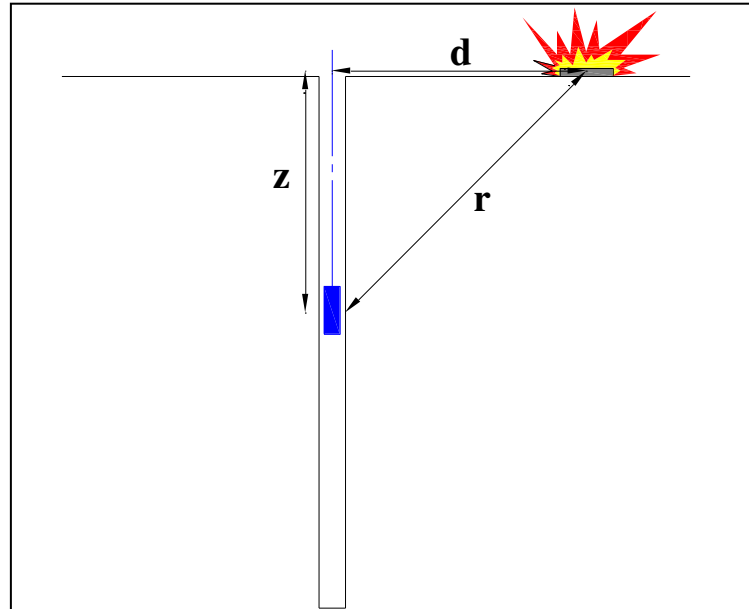


Figura 2 – Schema di down hole con metodo diretto

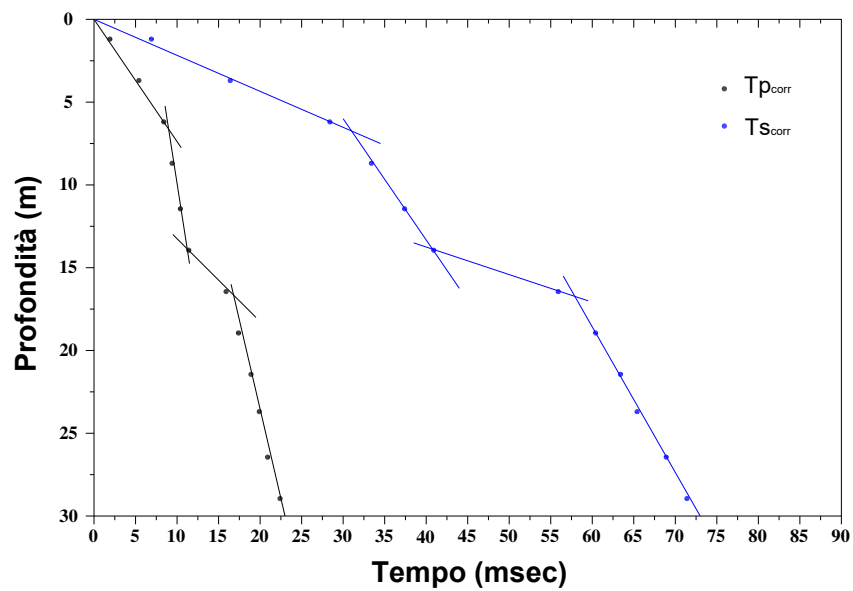


Figura 3 – Dromocrone

MISURE DOWN HOLE

Dati iniziali

Offset scoppio [m]	Numero di ricezioni	Posizione primo geofono [m]	Interdistanza [m]
2	30	1	1

Dati misure down hole

Registrazioni Nr.	Z [m]	Tp [msec]	Ts [msec]
1	1,00	7,3	16,3
2	2,00	7,8	17,6
3	3,00	8,6	21
4	4,00	9,9	23,6
5	5,00	11,2	26,2
6	6,00	12,9	31,1
7	7,00	15,2	35,8
8	8,00	16,9	37,7
9	9,00	17,9	41,9
10	10,00	18,6	43,6
11	11,00	20,1	47,2
12	12,00	21,7	50,4
13	13,00	22,7	53,8
14	14,00	24,3	56,1
15	15,00	26,3	60,9
16	16,00	27,6	64,2
17	17,00	28,9	67,8
18	18,00	30,1	68,7
19	19,00	31,2	72,1
20	20,00	32,5	73,9
21	21,00	33,6	77,1
22	22,00	35	78,2
23	23,00	36	80,5
24	24,00	36,4	83
25	25,00	38,5	85,3
26	26,00	40,1	87,5
27	27,00	40,6	88,7
28	28,00	41,2	92,2
29	29,00	41,6	95,2
30	30,00	42,8	96,9

Risultati

SR [m]	Tpcorr [msec]	Tscorr [msec]
2,2361	3,2647	7,2896
2,8284	5,5154	12,4451
3,6056	7,1556	17,4731
4,4721	8,8548	21,1085
5,3852	10,3989	24,3261
6,3246	12,2380	29,5041
7,2801	14,6152	34,4226
8,2462	16,3954	36,5744
9,2195	17,4738	40,9022
10,1980	18,2388	42,7533
11,1803	19,7758	46,4387
12,1655	21,4048	49,7143
13,1530	22,4360	53,1744
14,1421	24,0558	55,5362
15,1328	26,0693	60,3658
16,1245	27,3869	63,7042
17,1172	28,7021	67,3356
18,1108	29,9159	68,2798
19,1050	31,0286	71,7038
20,0998	32,3387	73,5333
21,0950	33,4487	76,7527
22,0907	34,8563	77,8789
23,0868	35,8647	80,1974
24,0832	36,2743	82,7133
25,0799	38,3774	85,0284
26,0768	39,9819	87,2423
27,0740	40,4891	88,4577
28,0713	41,0953	91,9657
29,0689	41,5014	94,9744
30,0666	42,7052	96,6854

Metodo diretto

Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	310,27
Categoria del suolo	C

Suolo di tipo C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

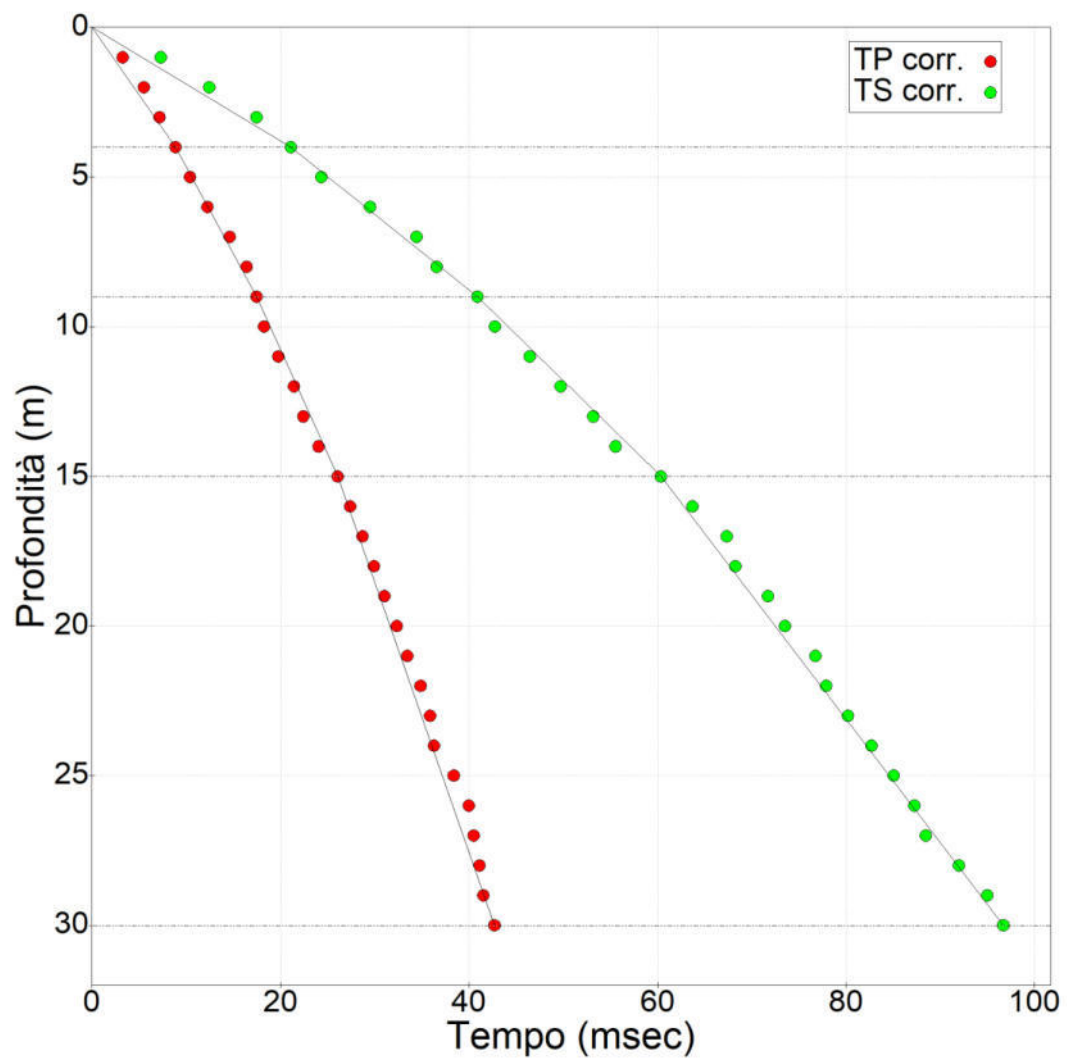
Sismostrati con metodo diretto

Descrizione [-]	Profondità [m]
Sismostrato 1	4.00
Sismostrato 2	9.00
Sismostrato 3	15.00
Sismostrato 4	30.00

Valori medi

Vp medio [m/s]	Vs medio [m/s]	g medio [kN/mc]	ni medio	G medio [MPa]	Ed medio [MPa]	E medio [MPa]	Ev medio [MPa]
451,98	189,48	18,41	0,39	67,41	383,52	187,85	293,65
580,05	252,65	19,32	0,38	125,76	662,85	347,83	495,17
697,67	308,17	19,91	0,38	192,79	988,14	531,64	731,09
901,44	413	20,27	0,37	352,64	1680,02	964,23	1209,84

Dromocrone e sismostratigrafia



	189,48	451,98
	252,65	580,05
	308,17	697,67
	413,00	901,44

Vp Vs m/s

	4,00	Sismostrato 1
	9,00	Sismostrato 2
	15,00	Sismostrato 3
	30,00	Sismostrato 4

Indagine Geofisica - MASW

Caratteristiche tecniche generali "Sismografo DoReMi":

<i>Classe strumentale:</i>	<i>sismografo multicanale per geofisica</i>
<i>Topologia:</i>	<i>rete differenziale RS485 half-duplex multipunto</i>
<i>Lunghezza max rete:</i>	<i>virtualmente illimitata con l'uso di ripetitori</i>
<i>N. max canali per tratta:</i>	<i>255</i>
<i>Dimensioni elemento:</i>	<i>80x55x18 mm</i>
<i>Peso:</i>	<i>250 g (per elemento con cavo di 5 metri)</i>
<i>Cavo:</i>	<i>per geofisica 1x2x0.5 + 1x2x0.25 twisted pair schermato</i>
<i>Memoria:</i>	<i>60 kBytes (30000 campioni)</i>
<i>Frequenze selezionabili:</i>	<i>da 500 a 20000 Hz (passi di campionamento da 2 a 0.05 ms)</i>
<i>Convertitore:</i>	<i>tipo SAR a 16 bit (96 dB)</i>
<i>Amplificatore:</i>	<i>ultra-low noise con ingresso differenziale</i>
<i>Banda passante:</i>	<i>2Hz - 200Hz</i>
<i>Reiezione modo comune:</i>	<i>>80dB</i>
<i>Diafonia (crosstalk):</i>	<i>zero, la trasmissione è digitale</i>
<i>Dinamica del sistema:</i>	
<i>Risoluzione:</i>	<i>7.6 μV @ 27dB; 0.076 μV @ 60dB</i>
<i>Dinamica di base:</i>	<i>96dB (16 bit)</i>
<i>S/N ratio fra 0.5 e 30Hz:</i>	<i>>94dB (> 150dB con l'uso del PGA)</i>
<i>Alimentazione:</i>	
<i>Alimentazione:</i>	<i>batteria ricaricabile interna operativa 10-15Vdc</i>
<i>Consumo di energia:</i>	<i>Interfaccia 80 mA, canale 30mA per una stringa da 12 canali: < 500mA</i>



REGIONE LAZIO
PROVINCIA DI ROMA

RELAZIONE GEOFISICA

DETERMINAZIONE V_{sh} CON METODOLOGIA MASW

LOCALITA': Via Donato Bramante – Genazzano (RM)

LUGLIO 2023

RELAZIONE GEOFISICA

Premessa

È stata eseguita un'indagine geofisica nel comune di Genazzano, al fine di determinare la velocità delle onde sismiche Vs.

L'indagine è consistita nella realizzazione di n.2 sezioni sismiche a 12 canali con acquisizione dei dati ottimizzata per elaborazione mediante analisi "MASW", ovvero Multichannel Analysis of Surface Waves, consentendo la determinazione delle Vsh dell'area in esame.

Metodologia d'indagine

Al fine di effettuare la caratterizzazione microsismica del sito, come previsto dalla normativa vigente, sono state eseguite n.2 sezioni sismiche con acquisizione dei dati finalizzata all'analisi "Masw", ovvero Multichannel Analysis of Surface Waves.

Il sistema Masw consiste nel misurare le velocità delle onde superficiali a differenti frequenze, la variazione delle quali viene chiamata dispersione, dovuta alla stratificazione delle velocità delle onde S nella determinazione dello spettro di velocità. Grazie ad un metodo di inversione della curva di dispersione con software Easy Masw, le misure permettono di determinare il profilo verticale delle Vsh che rappresenta un valore medio della velocità delle onde S fino alla profondità del substrato rigido.

Lo strumento è composto da una sorgente di onde sismiche, da 12 geofoni con frequenza 4,5 Hz per la misurazione dell'intensità e dei tempi di arrivo del treno di onde e da un dispositivo hardware di registrazione dei dati.

La sorgente delle onde sismiche è costituita dall'impatto di un martello di 8 Kg su una piastra posizionata perpendicolarmente al terreno, in grado di generare un treno di onde sismiche, i cui tempi di arrivo e l'intensità delle stesse vengono registrate dai geofoni ed inviate al sismografo centrale di acquisizione.

Si eseguono diverse energizzazioni e si misura l'attenuazione del segnale sismico lungo la stessa.

I risultati delle prove consistono in una curva di dispersione ed in uno spettro di velocità, con un profilo verticale delle onde S.

La velocità di propagazione media delle onde di taglio o "S" calcolata fino alla profondità del substrato rigido, dei terreni in oggetto è stata determinata utilizzando i dati del modello medio ottenuto dall'inversione delle curve di dispersione e risulta pari a:

MASW 1 – VSh del modello medio: 305.31 m/sec

MASW 2 – VSh del modello medio: 308.81 m/sec

Tipo di suolo : C

(sulla base del modello medio)

Dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008; successivo aggiornamento approvato con Decreto Ministeriale del 17/01/2018 pubblicato su Gazzetta Ufficiale Serie Generale n.42 del 20-02-2018 - Suppl. Ordinario n. 8).

A – Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

B – Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s).

C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

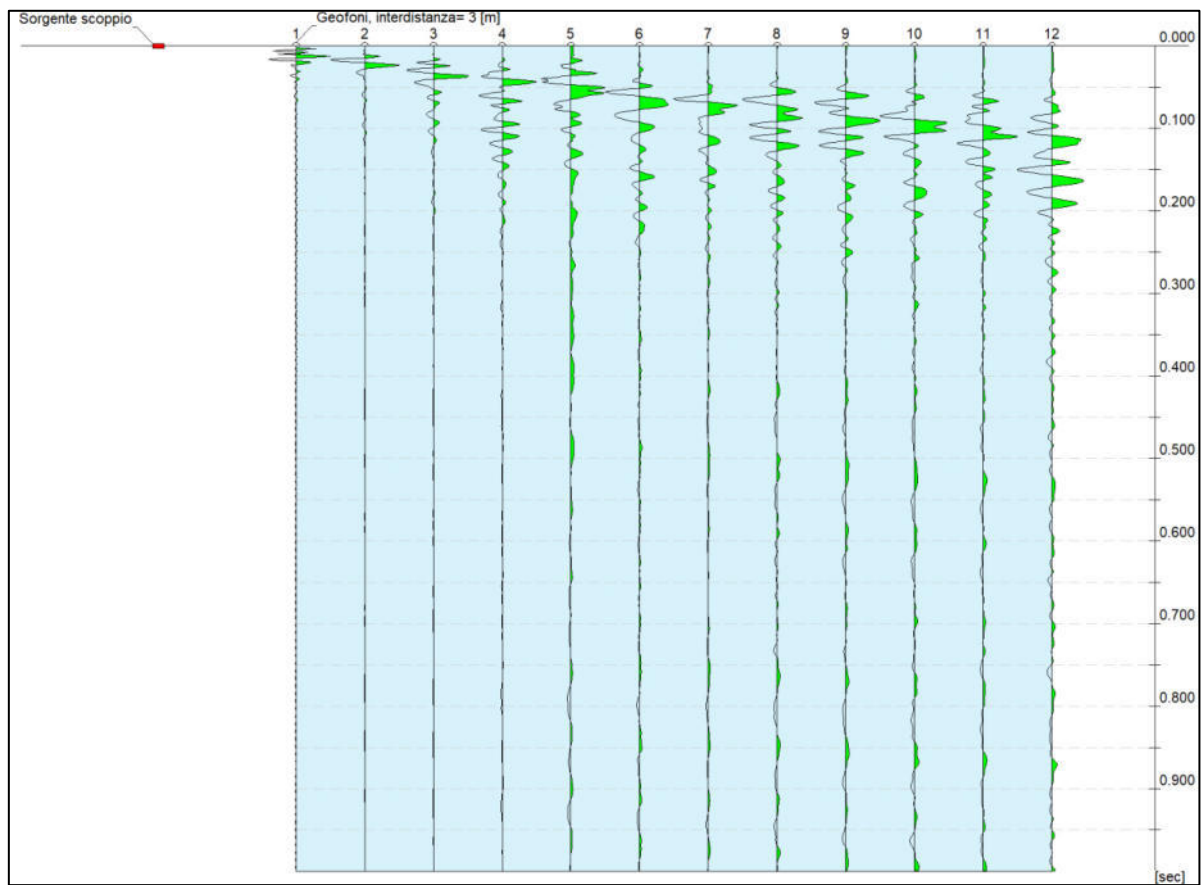
D - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s

E – Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Risultati analisi

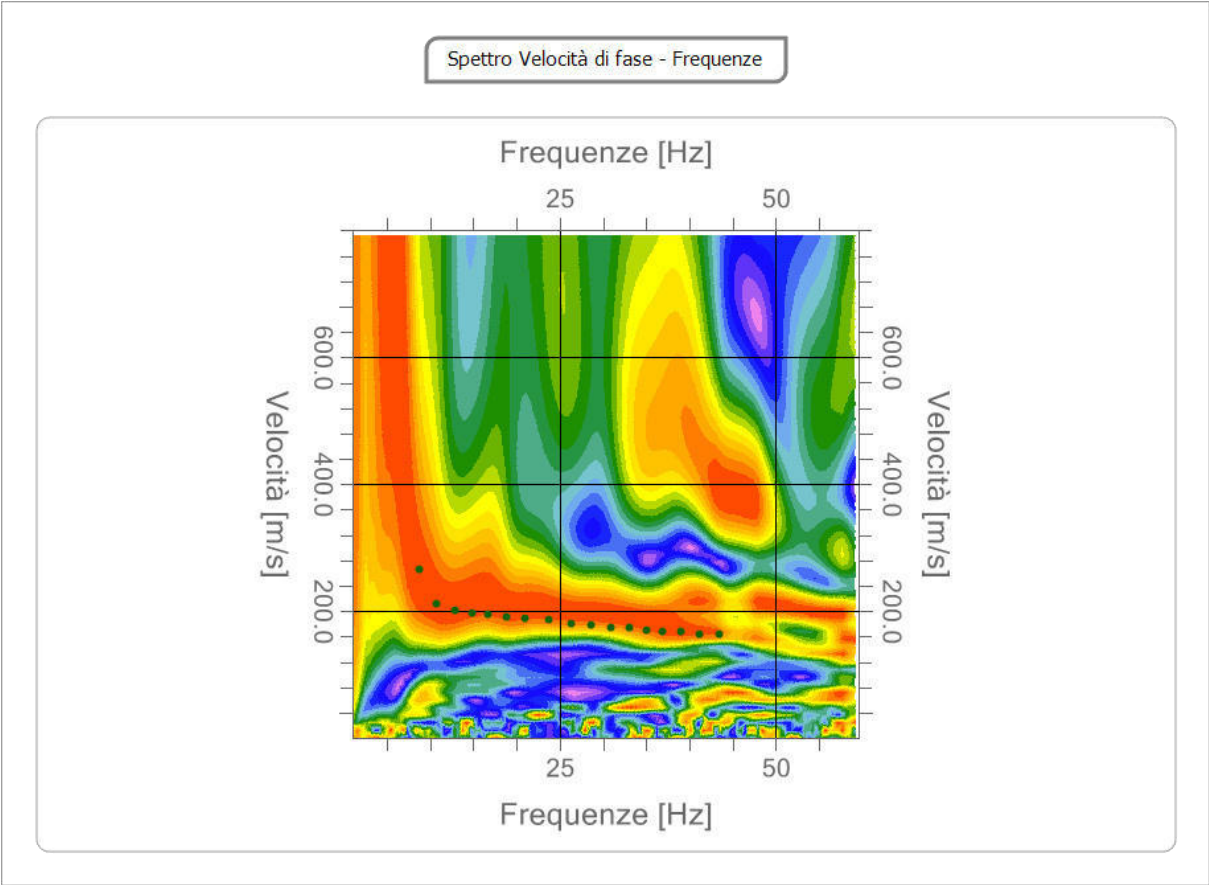
ELABORAZIONE ANALISI MASW – 1

Tracce



Curva di dispersione

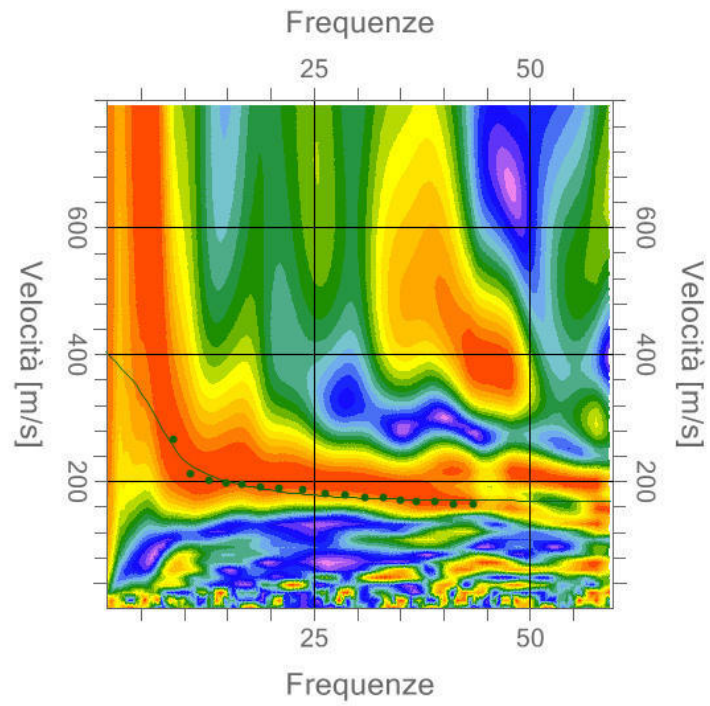
n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	43.4	163.9	0
2	8.7	265.2	0
3	10.8	211.9	0
4	12.8	201.3	0
5	14.9	196.9	0
6	16.7	194.7	0
7	18.8	190.3	0
8	20.9	188.1	0
9	23.7	185.9	0
10	26.3	181.5	0
11	28.7	179.3	0
12	30.9	174.9	0
13	33.0	174.9	0
14	35.0	170.5	0
15	36.9	168.3	0
16	39.0	168.3	0
17	41.1	163.9	0



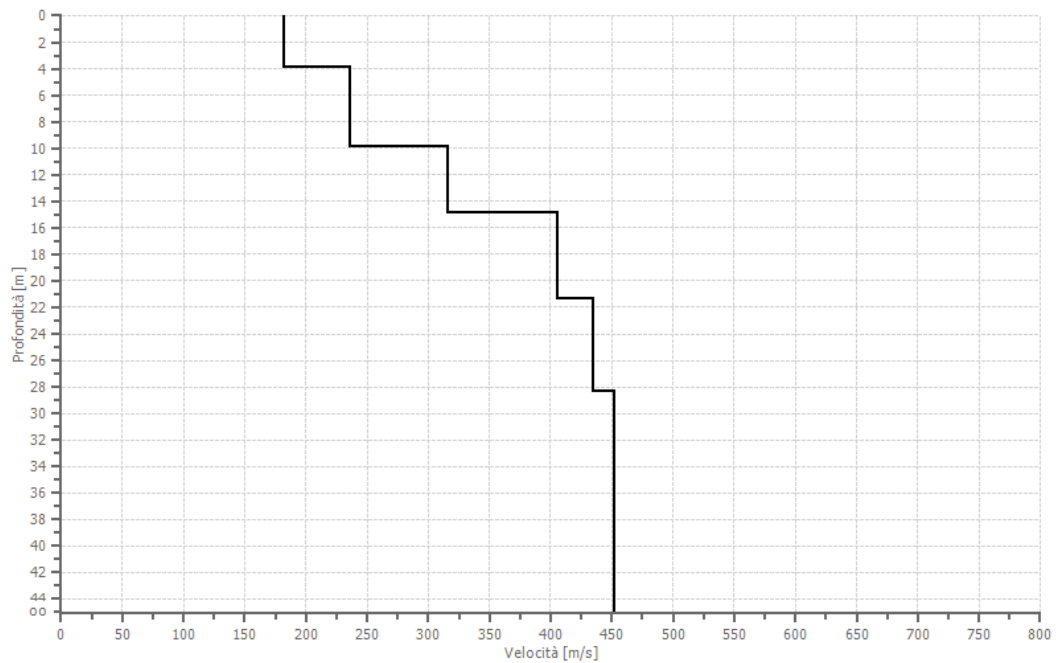
Inversione

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		3.87	3.87	1800.0	0.3	No	339.9	181.7
2		9.87	6.00	1800.0	0.3	No	442.0	236.3
3		14.87	5.00	1800.0	0.3	No	591.0	315.9
4		21.36	6.49	1800.0	0.3	No	758.0	405.2
5		28.36	7.00	1800.0	0.3	No	813.7	435.0
6		oo	oo	1800.0	0.3	No	845.6	452.0

Inversione



Profilo di velocità



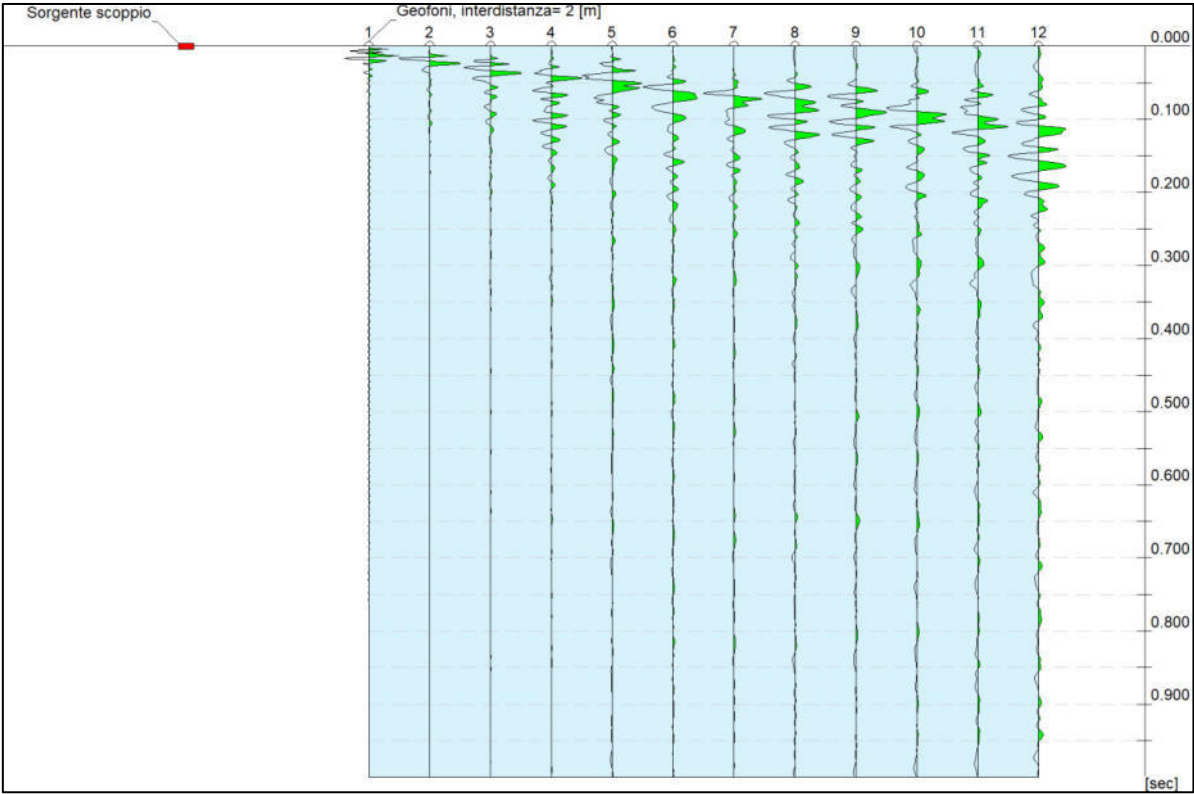
Risultati

Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	305.31
Categoria del suolo	C

Suolo di tipo C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

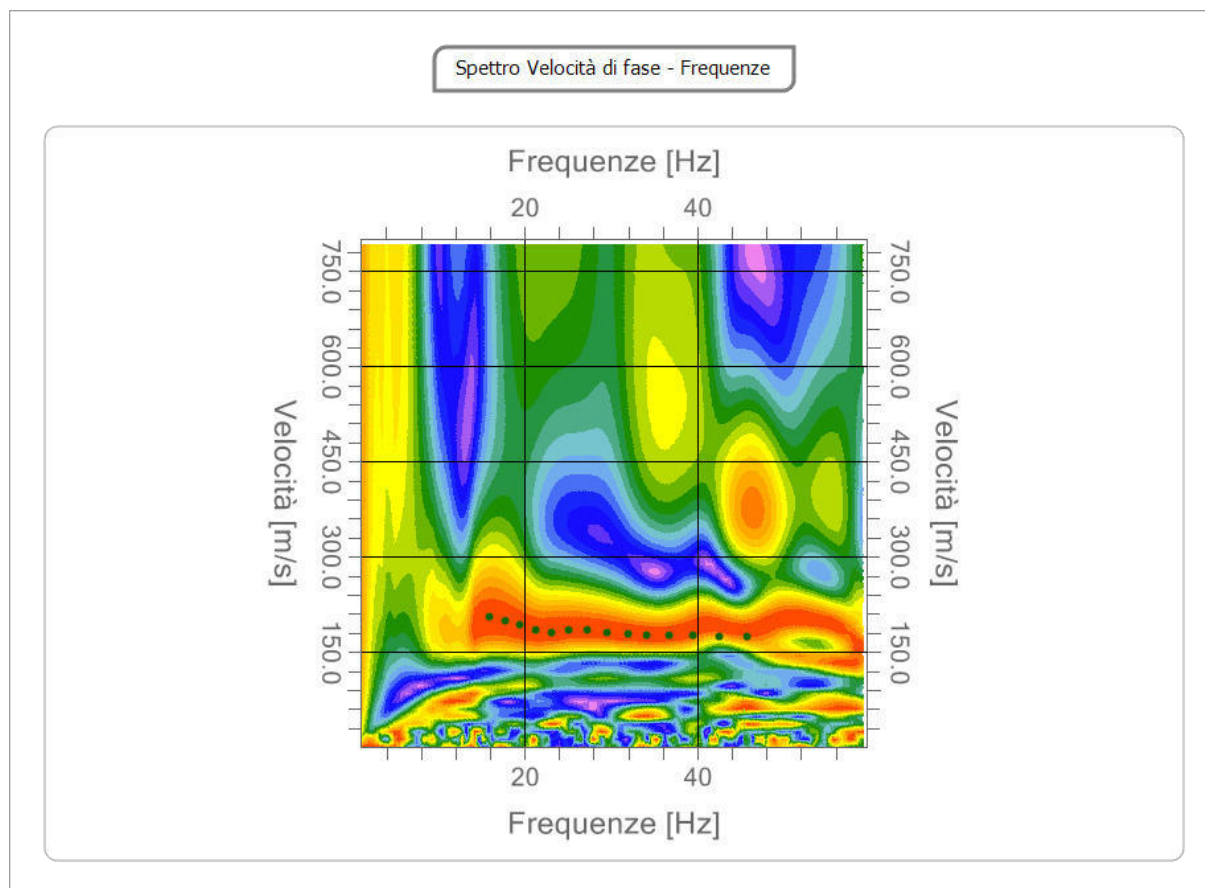
ELABORAZIONE ANALISI MASW – 2

Tracce



Curva di dispersione

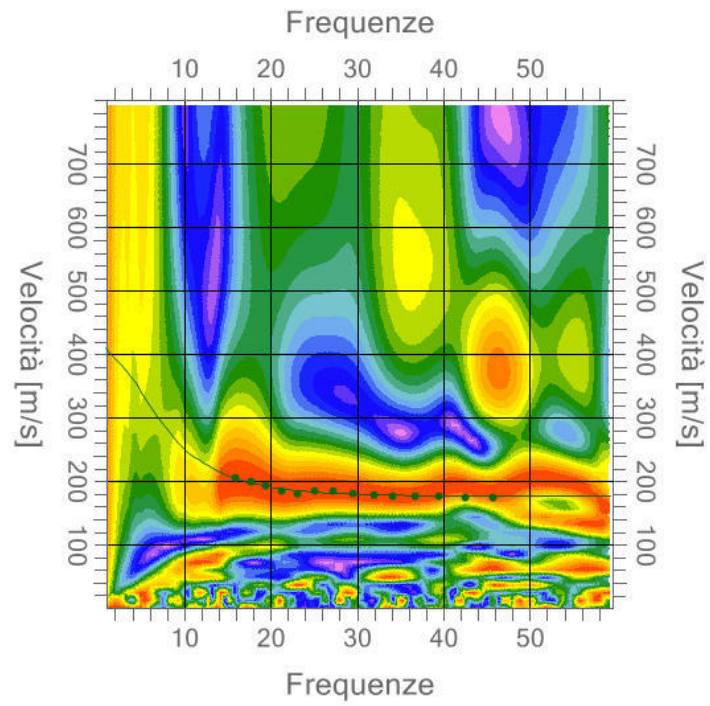
n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	15.9	205.7	0
2	17.8	199.1	0
3	19.5	192.5	0
4	21.2	183.7	0
5	23.2	181.5	0
6	25.1	183.7	0
7	27.2	183.7	0
8	29.5	181.5	0
9	31.9	179.3	0
10	34.2	177.1	0
11	36.8	177.1	0
12	39.5	177.1	0
13	42.6	174.9	0
14	45.7	174.9	0



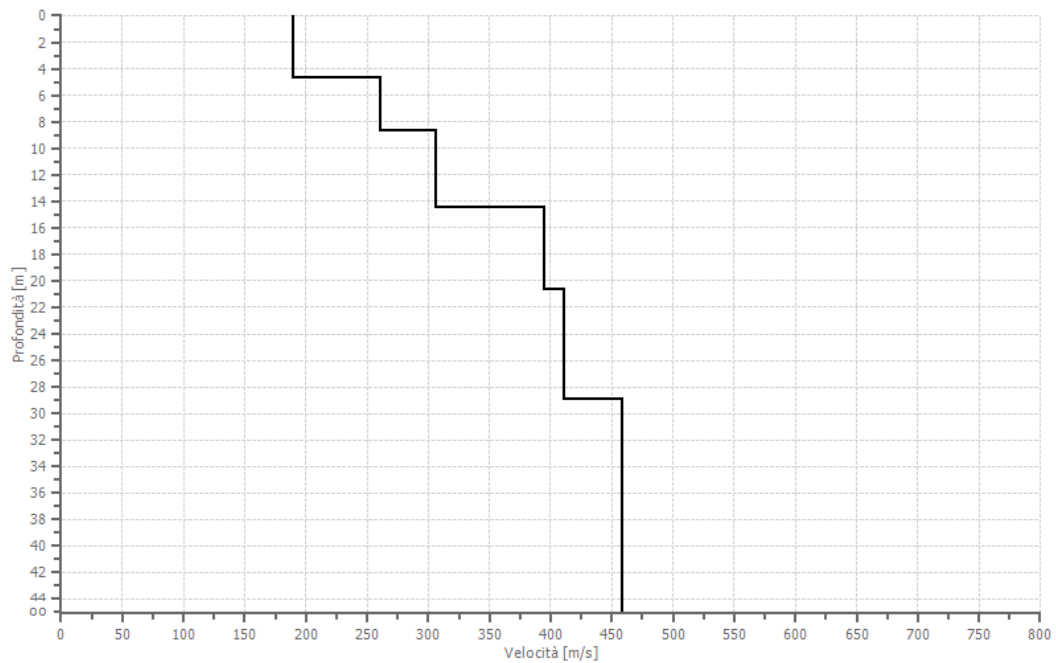
Inversione

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		4.68	4.68	1800.0	0.3	No	354.7	189.6
2		8.69	4.00	1800.0	0.3	No	486.9	260.3
3		14.48	5.80	1800.0	0.3	No	571.8	305.6
4		20.67	6.19	1800.0	0.3	No	738.4	394.7
5		28.89	8.22	1800.0	0.3	No	768.9	411.0
6		oo	oo	1800.0	0.3	No	858.3	458.8

Inversione



Profilo di velocità



Risultati

Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	308.81
Categoria del suolo	C

Suolo di tipo C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.





Misura di frequenza fondamentale del terreno

HVSR

Caratteristiche tecniche generali "Sismografo GEOBOX":

<i>Alimentazione:</i>	<i>batteria interna ricaricabile, consumo minore di 1W</i>
<i>Numero canali ed a/d converter:</i>	<i>3 (SD) dinamica di 144dB (24 bit effettivi fra 0.1 e 10Hz, ENOB)</i>
<i>Sensibilità: con velocimetri da 4.5Hz:</i>	<i>< 1 nanometro/secondo per count</i>
<i>Campionamento:</i>	<i>simultaneo sui tre canali a 10,20,50,100,200,300,400,480,600Hz</i>
<i>Real Time Clock:</i>	<i>Sincronizzato da GPS via PPS modulato (su richiesta)</i>
<i>Precisione RTC:</i>	<i>+/-10ppm fra -20/+50°C (+/-40ms rispetto ad UTC)</i>
<i>Antenna GPS:</i>	<i>esterna con 10mt di cavo e connettore BNC</i>
<i>Interfaccia dati:</i>	<i>RS232 con cavo da 8 metri e adattatore USB in dotazione</i>
<i>Contenitore:</i>	<i>Monoblocco in alluminio IP66</i>
<i>Dimensioni e peso:</i>	<i>155x140x110 mm 3.1kg con sensori da 4.5Hz</i>
<i>Temperatura operativa:</i>	<i>-20/+50°C</i>
<i>Conformità:</i>	<i>CE</i>



REGIONE LAZIO
PROVINCIA DI ROMA

RELAZIONE GEOFISICA

MISURA DI FREQUENZA FONDAMENTALE DEL TERRENO HVSR

LOCALITA': via Donato Bramante – Genazzano (RM)

Luglio 2023

RELAZIONE GEOFISICA

Premessa

Sono state eseguite nel comune di Genazzano, misure di risonanza di sito mediante lo spettro H/V.

La caratterizzazione sismica dei terreni è avvenuta tramite la tecnica di indagine sismica passiva HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio – Metodo di Nakamura).

L'indagine ha previsto la realizzazione di:

- n. 1 analisi HVSR

Cenni sulla teoria della tecnica HVSR

La tecnica HVSR permette in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito. Successivamente, come ulteriore sviluppo, la stima del parametro normativo V_{sh} attraverso un processo di inversione del problema iniziale. Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; le sorgenti di rumore sono uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Se queste sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi che vengono di seguito illustrate. Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione. Tale registrazione deve essere effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata non inferiore ai 20 minuti. Si esegue un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del suddetto progetto SESAME tale dimensione, detta Long Period, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre "long", che sono sincronizzate fra le tracce.

Queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.

Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a tapering e/o lisciamento secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee. Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea.

Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing. Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito. L'ulteriore ipotesi che questo rapporto spettrale possa ritenersi una buona approssimazione dell'ellitticità del modo fondamentale della propagazione delle onde di Rayleigh, permette di confrontare questi due al fine di ottenere una stima del profilo stratigrafico. Tale procedura, detta di inversione, consente di definire il profilo sostanzialmente in termini di spessore e velocità delle onde di taglio. Avendo quindi una stima del profilo della velocità delle onde di taglio, è possibile valutarne il parametro normativo V_{sh} .

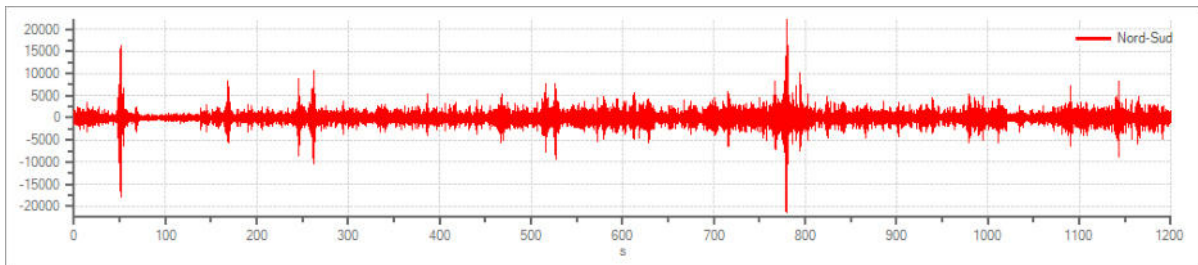
ELABORAZIONE ANALISI HVSR (H1)

Tracce in input

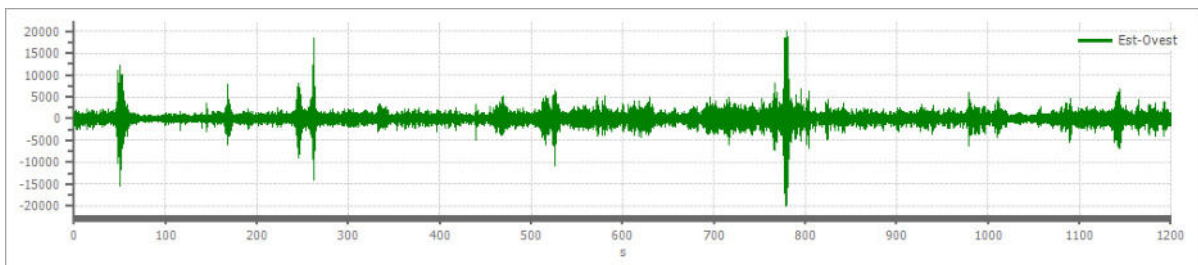
Dati riepilogativi:

Numero tracce: 3
Durata registrazione: 1200 s
Frequenza di campionamento: 300.00 Hz
Numero campioni: 360000
Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

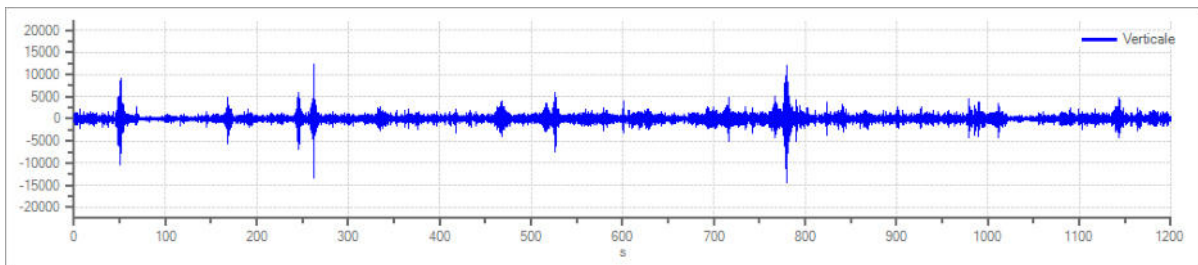
Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

Finestre selezionate

Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 45

Numero finestre incluse nel calcolo: 45

Dimensione temporale finestre: 20.000 s

Tipo di lisciamiento: Triangolare proporzionale

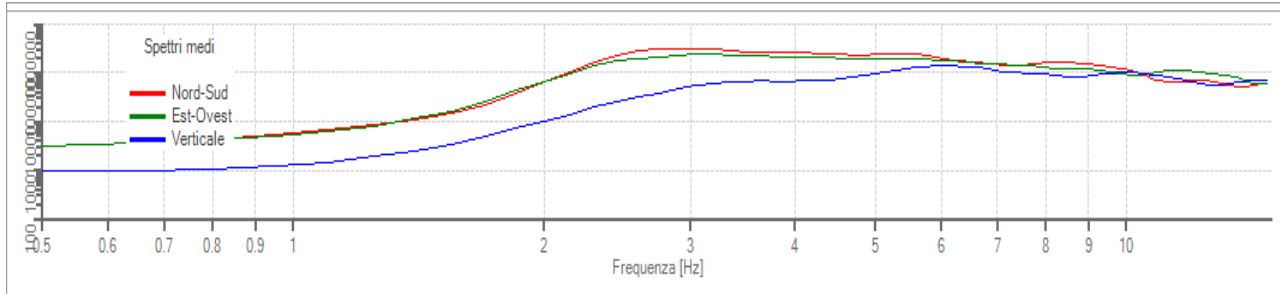
Percentuale di lisciamiento: 5.00 %

Tabella finestre:

Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	0	20	Inclusa
2	20	40	Inclusa
3	60	80	Inclusa
4	80	100	Inclusa
5	100	120	Inclusa
6	120	140	Inclusa
7	140	160	Inclusa
8	180	200	Inclusa
9	200	220	Inclusa
10	220	240	Inclusa
11	280	300	Inclusa
12	300	320	Inclusa
13	320	340	Inclusa
14	340	360	Inclusa
15	360	380	Inclusa
16	380	400	Inclusa
17	400	420	Inclusa
18	420	440	Inclusa
19	440	460	Inclusa
20	480	500	Inclusa
21	520	540	Inclusa
22	540	560	Inclusa
23	560	580	Inclusa
24	580	600	Inclusa
25	640	660	Inclusa
26	660	680	Inclusa
27	680	700	Inclusa
28	700	720	Inclusa
29	720	740	Inclusa
30	740	760	Inclusa
31	800	820	Inclusa
32	820	840	Inclusa
33	840	860	Inclusa
34	860	880	Inclusa

35	880	900	Inclusa
36	900	920	Inclusa
37	920	940	Inclusa
38	940	960	Inclusa
39	1000	1020	Inclusa
40	1020	1040	Inclusa
41	1040	1060	Inclusa
42	1060	1080	Inclusa
43	1080	1100	Inclusa
44	1100	1120	Inclusa
45	1120	1140	Inclusa

Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni

Rapporto spettrale H/V

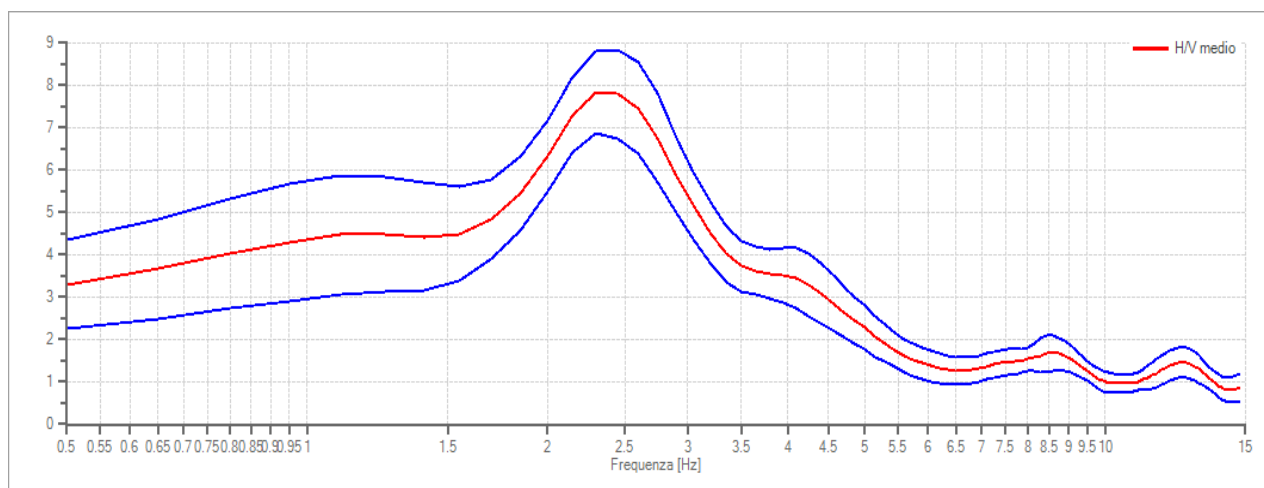
Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 15.00 Hz
 Frequenza minima: 0.50 Hz
 Passo frequenze: 0.15 Hz
 Tipo lisciamento:: Triangolare proporzionale
 Percentuale di lisciamento: 5.00 %
 Tipo di somma direzionale: Media aritmetica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: **2.30 Hz ± 0.12 Hz**

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifiche SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$	Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Non superato
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	
$A_0 > 2$	Ok
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

ALLEGATO 7

Studio di Risposta Sismica Locale

RELAZIONE RISPOSTA SISMICA LOCALE

Premessa

È stato eseguito uno studio di Risposta Sismica Locale, nel comune di Genazzano (RM). Lo studio di Risposta Sismica Locale è consistito in:

- 1) Utilizzo delle risultanze di prove geognostiche e geofisiche (*per i risultati si rimanda alla relazione geologica*).
- 2) Ricostruzione del modello geologico e delle caratteristiche fisico-meccaniche degli strati di copertura.
- 3) Scelta degli accelerogrammi compatibili per analisi dinamiche.
- 4) Analisi della Risposta Sismica Locale tramite l'utilizzo di procedure di calcolo monodimensionale (1D) con l'ausilio del Software Geostru RSL III (2018).
- 5) Confronto tra lo spettro elastico di risposta calcolato tramite lo studio di RSL (spettro derivato dalla media tra gli spettri di risposta calcolati per i 7 accelerogrammi di riferimento) e quello previsto dalla Normativa (NTC 2018) relativo a suoli di categoria A B C D E e categoria topografica T1, per il sito di interesse.

Al fine di analizzare la Risposta Sismica Locale è stato necessario l'utilizzo di procedure di calcolo monodimensionale (1D) con l'ausilio del Software Geostru RSL III 2018. Tali procedure si basano su un modello di strati con rapporto spessore/estensione laterale molto basso (strati continui) e comportamento visco-elastico lineare.

Fornendo opportunamente le caratteristiche fisico meccaniche degli strati di copertura (V_s , Peso di volume...) e 7 accelerogrammi di un moto al bedrock sulla base del quale analizzare la R.S.L. (moto di input), attraverso passaggi iterativi ed integrativi il modello restituisce i relativi spettri attesi su uno degli strati di copertura (di default, in superficie).

Le proprietà fisico meccaniche sono calcolate sperimentalmente attraverso opportune prove in sito - *per i risultati delle quali si rimanda alla relazione geologica*), la sismo-stratigrafia è stata ricostruita utilizzando prevalentemente i risultati dal sondaggio geognostico integrandolo con i dati forniti dalla prova geofisica in foro down-hole; inoltre per la determinazione del moto di input sono stati utilizzati gli accelerogrammi in funzione di parametri sismologici, quali ad esempio il valore di a_g e i dati di disaggregazione (variabilità in termini di magnitudo e distanza).



È possibile infatti ottenere informazioni sul contributo alla pericolosità sismica di un sito della coppia magnitudo-distanza epicentrale. Questi parametri sono importanti per l'estrazione degli accelerogrammi naturali sismo-compatibili con le caratteristiche del sito in esame, i quali costituiscono l'input sismico nelle analisi di risposta sismica locale.

Per l'estrazione degli accelerogrammi di input si è reso necessario ricavare per il sito in esame i dati di disaggregazione (variabilità in termini di magnitudo e distanza), desunti dal sito dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia di Milano dedicato ai dati di pericolosità sismica nazionale

Il software Rexel v3.5 ha permesso l'estrazione di accelerogrammi di input naturali da più banche dati, quali la banca dati europea ESD (Ambraseys et al., 2004), la banca dati italiana ITACA e la banca dati Simbad in ambiente Matlab.

Gli accelerogrammi sono stati inseriti come dati di input all'interno del codice del Software Geostru RSL III, insieme alle caratteristiche fisico-meccaniche e sismiche degli strati di copertura (V_s , peso di volume...).

Le simulazioni numeriche dinamiche sono state ripetute adottando come input sismico tutte le 7 tracce accelerometriche relative al sito di interesse. Il risultato finale è stato calcolato come media dei valori di amplificazione locale ottenuti da tutte le simulazioni numeriche eseguite.

Stati limite				
	Classe Edificio			
	III. Affollamento significativo...			
	Vita Nominale	50		
	Interpolazione	Media ponderata		
CU = 1.5				
Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F_o	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	45	0.066	2.464	0.273
Danno (SLD)	75	0.081	2.472	0.283
Salvaguardia vita (SLV)	712	0.178	2.486	0.315
Prevenzione collasso (SLC)	1462	0.218	2.505	0.324
Periodo di riferimento per l'azione sismica:		75		

Valori di INPUT dei parametri a_g , F_o , T_c^* per i periodi di ritorno Tr associati a ciascun stato limite

Definito l'input in termini di eventi sismici da sottoporre a simulazione, abbiamo determinato le caratteristiche sismostratigrafiche del volume di terreno d'indagine ed oggetto della probabile amplificazione. A seguito di un rilevamento geologico di campagna e di esplorazioni geologiche di dettaglio (geofisica e geotecnica) che ha discretizzato il sottosuolo dell'area in esame, si è potuto ricostruire un modello geologico del sottosuolo.

La prima informazione necessaria per la definizione dell'input sismico (definizione dei 7 accelerogrammi) è l'accelerazione di base del sito di progetto (a_g), al valore della quale bisognerà scalare ognuno dei 7 accelerogrammi, costituenti l'input sismico.

Per la definizione di tale parametro sono necessarie alcune informazioni relative al progetto ed alla sua localizzazione spaziale. In particolare, i nostri 7 accelerogrammi sono stati estratti considerando una categoria topografica T1, classe d'uso III (il cui coefficiente d'uso è pari a 1.5) e Vita nominale di 50 anni.

Modello stratigrafico

Dall'analisi delle prove geofisiche effettuate, si ottiene il seguente modello di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità (modello sismico monodimensionale):

Spessore max	Litologia prevalente	V_s (m/s)	γ_n (kN/m ³)
0 – 4,00 m	Piroclastite sabbioso-limosa mediamente addensata	189	14.5
4,00 – 9,00 m	Piroclastite sabbiosa grossolana debolmente limosa mediamente addensata	252	16
9,00 – 15,00	Piroclastite sabbiosa grossolana con limo in falda	308	16
15,00 – 30,00	Piroclastite limoso-sabbiosa e sabbioso- limosa	413	18

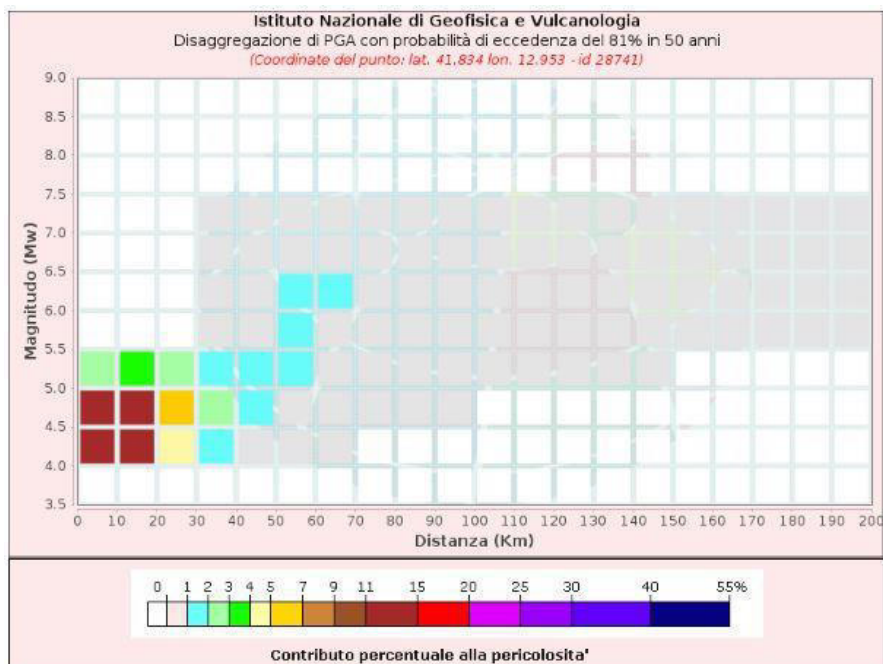
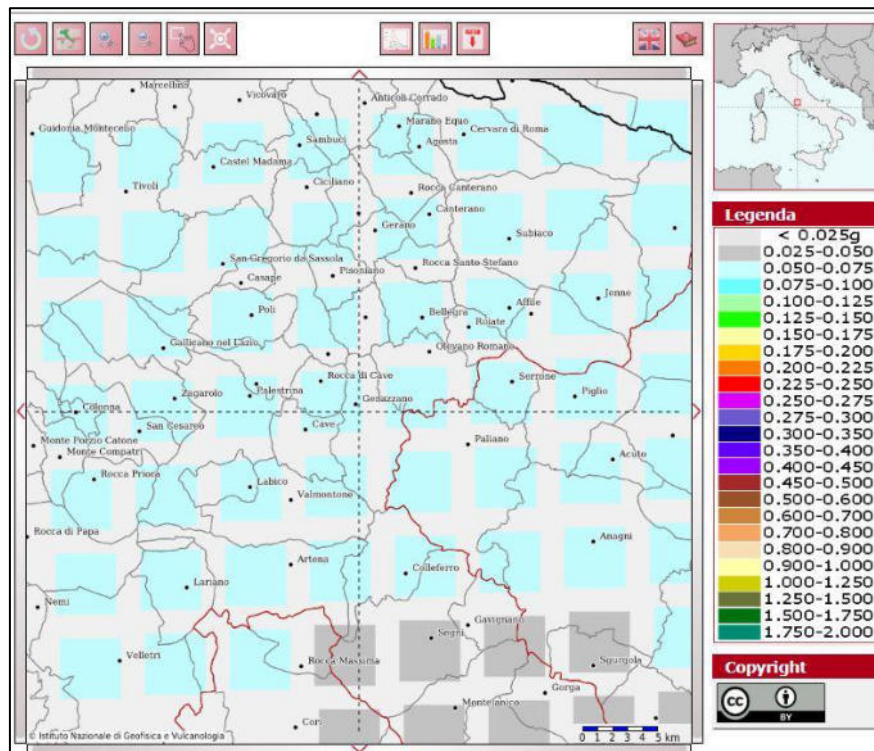
$>30.00\text{ m} = \text{bedrock sismico } V_s > 800\text{ m/s}$

Studio di risposta sismica locale - SLO

Parametri di progettazione

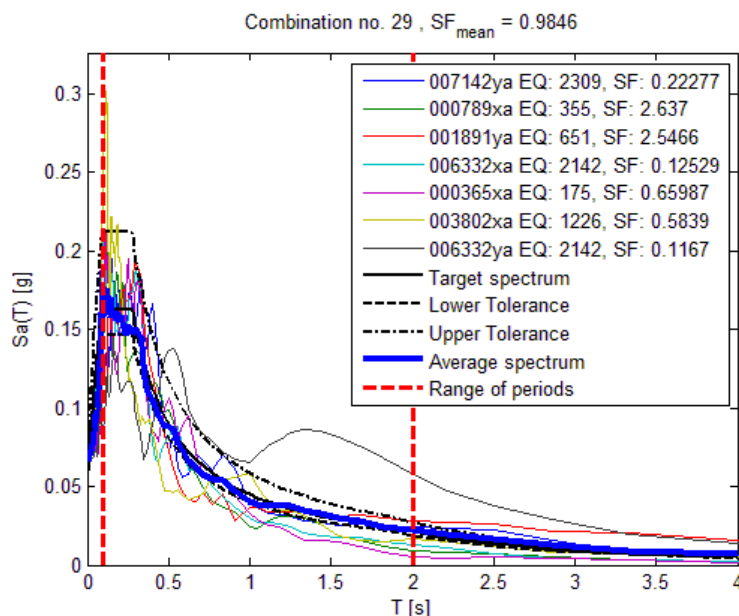
Coordinate del sito(ED50)	LAT. 41.827399°	LONG. 12.974297°
Progettazione	Vn = 50	Classe Uso=III Coeff. Uso =1.5
Stato limite a cui è stata eseguita l'analisi	SLO	
Categoria topografica	T1	

Dati di disaggregazione-SLO



Estrazione Accelerogrammi di Input

L'estrazione degli accelerogrammi di input naturali è avvenuta per mezzo del software Rexel v.3.5 messo a punto dalla ReLUI di Napoli utilizzando i parametri di progettazione allo stato limite SLO e i dati di disaggregazione sopra riportati.



Spettri degli accelerogrammi utilizzati per l'analisi

I sismo-strati sono stati inseriti come dati di input all'interno del codice del Software Geostru RSL III, insieme alle caratteristiche fisico-meccaniche. Sono state inoltre inserite nel Software le curve di decadimento della rigidezza (G) e di incremento dello smorzamento (D) con la deformazione per ciascun litotipo fornite dalla Regione Lazio (queste curve sono state predisposte dal Dipartimento di Ingegneria Strutturale del Politecnico di Milano).

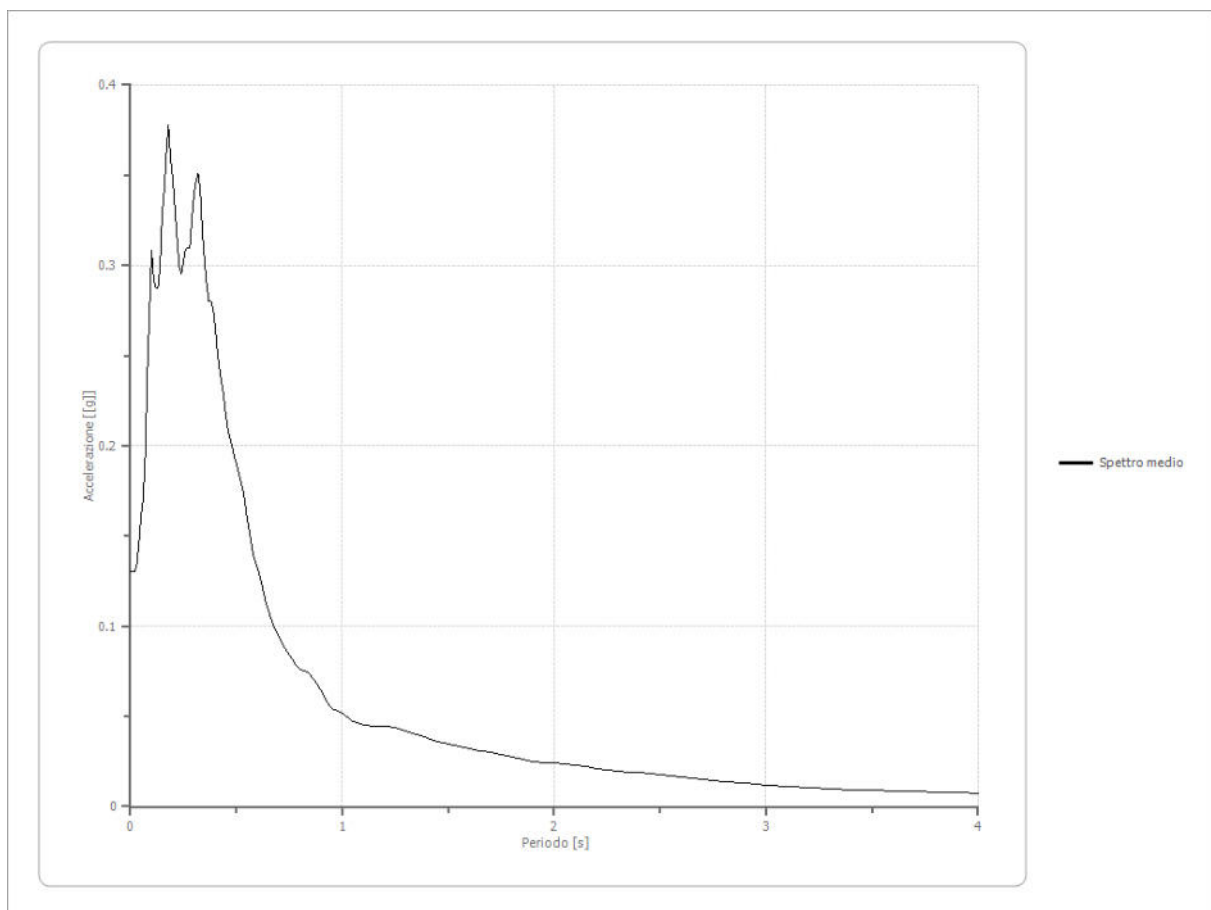
La Profondità del Bedrock Sismico è posta a quote $> 30,00$ m dal p.c. in funzione delle considerazioni scaturite dal modello geologico riportato nella relazione geologica.

Dati di Output - risultati analisi

STATO LIMITE SLO

Spettro medio di risposta elastico

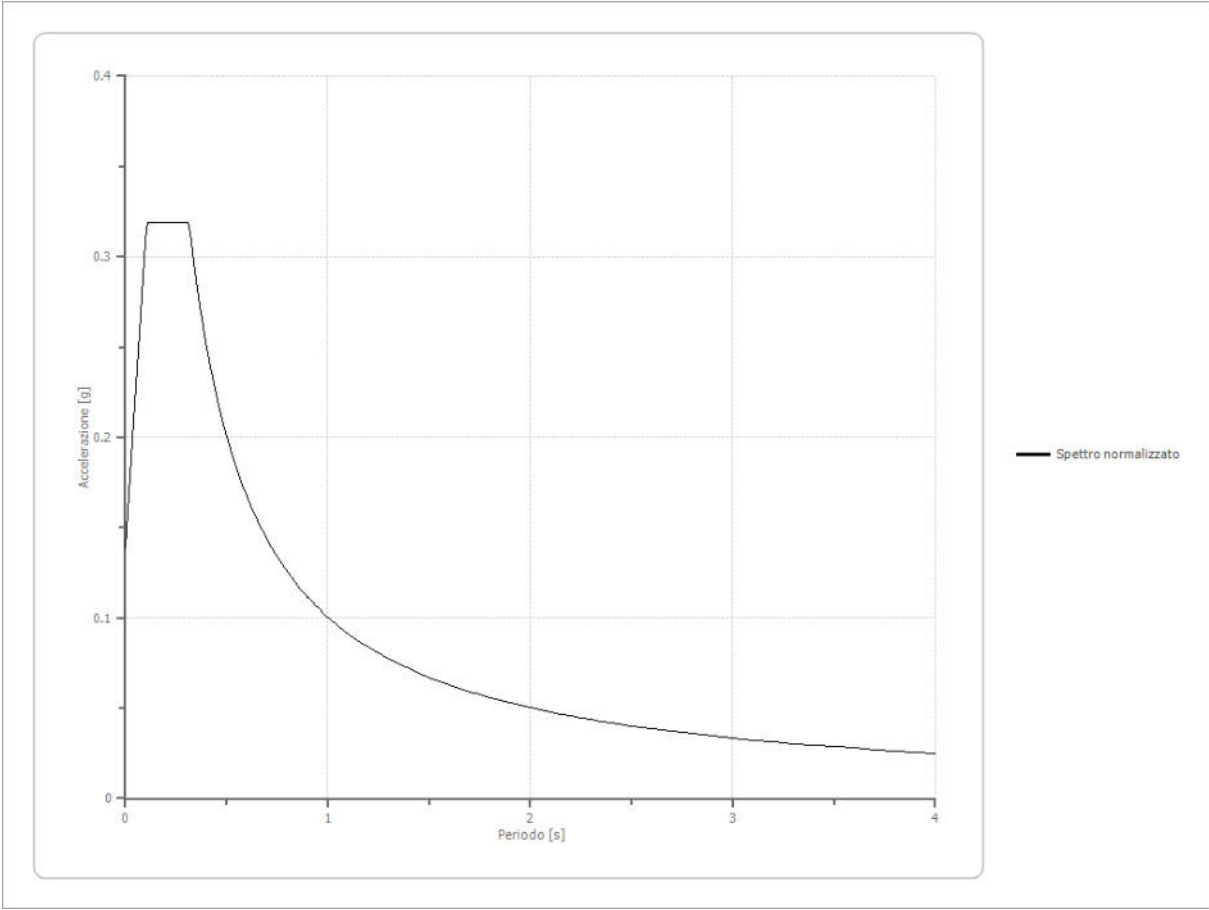
Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]
0.00	0.1304	0.26	0.3087	0.52	0.1804	0.98	0.0533	2.25	0.0203
0.01	0.1304	0.27	0.3097	0.53	0.1762	1.00	0.0520	2.30	0.0196
0.02	0.1304	0.28	0.3098	0.54	0.1695	1.05	0.0471	2.35	0.0191
0.03	0.1345	0.29	0.3260	0.55	0.1606	1.10	0.0450	2.40	0.0188
0.04	0.1456	0.30	0.3391	0.56	0.1531	1.15	0.0447	2.50	0.0178
0.05	0.1601	0.31	0.3471	0.57	0.1459	1.20	0.0443	2.60	0.0166
0.06	0.1701	0.32	0.3506	0.58	0.1396	1.25	0.0436	2.70	0.0153
0.07	0.1952	0.33	0.3417	0.60	0.1322	1.30	0.0422	2.80	0.0141
0.08	0.2416	0.34	0.3177	0.62	0.1232	1.35	0.0399	2.90	0.0129
0.09	0.2736	0.35	0.3025	0.64	0.1126	1.40	0.0378	3.00	0.0119
0.10	0.3083	0.36	0.2896	0.66	0.1051	1.45	0.0362	3.10	0.0110
0.11	0.2929	0.37	0.2801	0.68	0.0991	1.50	0.0345	3.20	0.0104
0.12	0.2875	0.38	0.2803	0.70	0.0944	1.55	0.0331	3.30	0.0099
0.13	0.2872	0.39	0.2764	0.72	0.0900	1.60	0.0322	3.40	0.0094
0.14	0.2999	0.40	0.2667	0.74	0.0859	1.65	0.0311	3.50	0.0090
0.15	0.3294	0.41	0.2526	0.76	0.0822	1.70	0.0299	3.60	0.0087
0.16	0.3418	0.42	0.2428	0.78	0.0785	1.75	0.0287	3.70	0.0083
0.17	0.3632	0.43	0.2348	0.80	0.0757	1.80	0.0274	3.80	0.0080
0.18	0.3780	0.44	0.2279	0.82	0.0753	1.85	0.0261	3.90	0.0076
0.19	0.3587	0.45	0.2176	0.84	0.0742	1.90	0.0250	4.00	0.0071
0.20	0.3483	0.46	0.2093	0.86	0.0714	1.95	0.0244		
0.21	0.3313	0.47	0.2041	0.88	0.0680	2.00	0.0240		
0.22	0.3153	0.48	0.1995	0.90	0.0641	2.05	0.0234		
0.23	0.2994	0.49	0.1939	0.92	0.0597	2.10	0.0226		
0.24	0.2950	0.50	0.1903	0.94	0.0553	2.15	0.0219		
0.25	0.3014	0.51	0.1854	0.96	0.0539	2.20	0.0212		



Spettro normalizzato di risposta elastico

Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]
0.00	0.1390	0.26	0.3188	0.52	0.1931	0.98	0.1024	2.25	0.0446
0.01	0.1561	0.27	0.3188	0.53	0.1894	1.00	0.1004	2.30	0.0436
0.02	0.1733	0.28	0.3188	0.54	0.1859	1.05	0.0956	2.35	0.0427
0.03	0.1904	0.29	0.3188	0.55	0.1825	1.10	0.0913	2.40	0.0418
0.04	0.2075	0.30	0.3188	0.56	0.1793	1.15	0.0873	2.50	0.0402
0.05	0.2246	0.31	0.3188	0.57	0.1761	1.20	0.0837	2.60	0.0386
0.06	0.2417	0.32	0.3137	0.58	0.1731	1.25	0.0803	2.70	0.0372
0.07	0.2589	0.33	0.3042	0.60	0.1673	1.30	0.0772	2.80	0.0359
0.08	0.2760	0.34	0.2953	0.62	0.1619	1.35	0.0744	2.90	0.0346
0.09	0.2931	0.35	0.2868	0.64	0.1569	1.40	0.0717	3.00	0.0335
0.10	0.3102	0.36	0.2789	0.66	0.1521	1.45	0.0692	3.10	0.0324
0.11	0.3188	0.37	0.2713	0.68	0.1476	1.50	0.0669	3.20	0.0314
0.12	0.3188	0.38	0.2642	0.70	0.1434	1.55	0.0648	3.30	0.0304
0.13	0.3188	0.39	0.2574	0.72	0.1394	1.60	0.0627	3.40	0.0295
0.14	0.3188	0.40	0.2510	0.74	0.1357	1.65	0.0608	3.50	0.0287
0.15	0.3188	0.41	0.2449	0.76	0.1321	1.70	0.0591	3.60	0.0279
0.16	0.3188	0.42	0.2390	0.78	0.1287	1.75	0.0574	3.70	0.0271
0.17	0.3188	0.43	0.2335	0.80	0.1255	1.80	0.0558	3.80	0.0264
0.18	0.3188	0.44	0.2282	0.82	0.1224	1.85	0.0543	3.90	0.0257
0.19	0.3188	0.45	0.2231	0.84	0.1195	1.90	0.0528	4.00	0.0251
0.20	0.3188	0.46	0.2182	0.86	0.1167	1.95	0.0515		

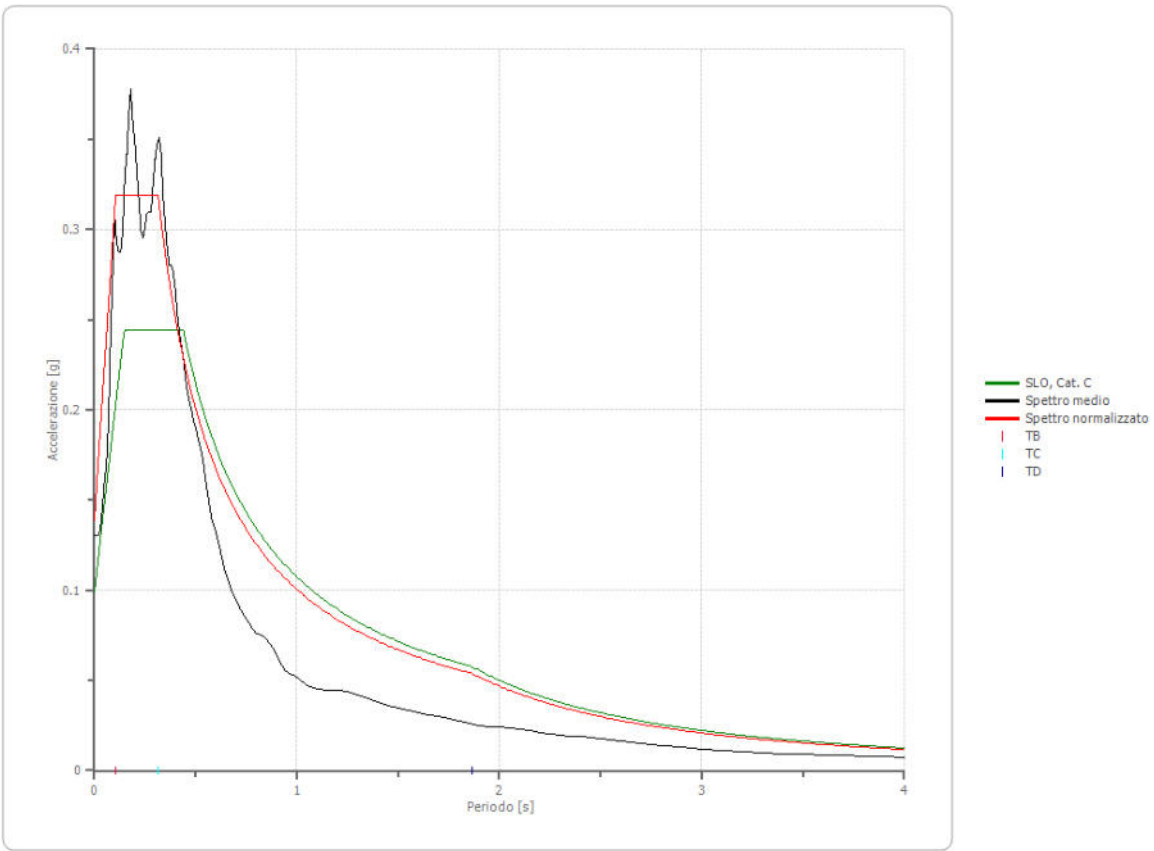
0.21	0.3188	0.47	0.2136	0.88	0.1141	2.00	0.0502		
0.22	0.3188	0.48	0.2091	0.90	0.1115	2.05	0.0490		
0.23	0.3188	0.49	0.2049	0.92	0.1091	2.10	0.0478		
0.24	0.3188	0.50	0.2008	0.94	0.1068	2.15	0.0467		
0.25	0.3188	0.51	0.1968	0.96	0.1046	2.20	0.0456		



Parametri spettro normalizzato

Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
0.139	2.293	0.195	0.105	0.315	1.864	0.139	0.319

Confronto spettro normativa

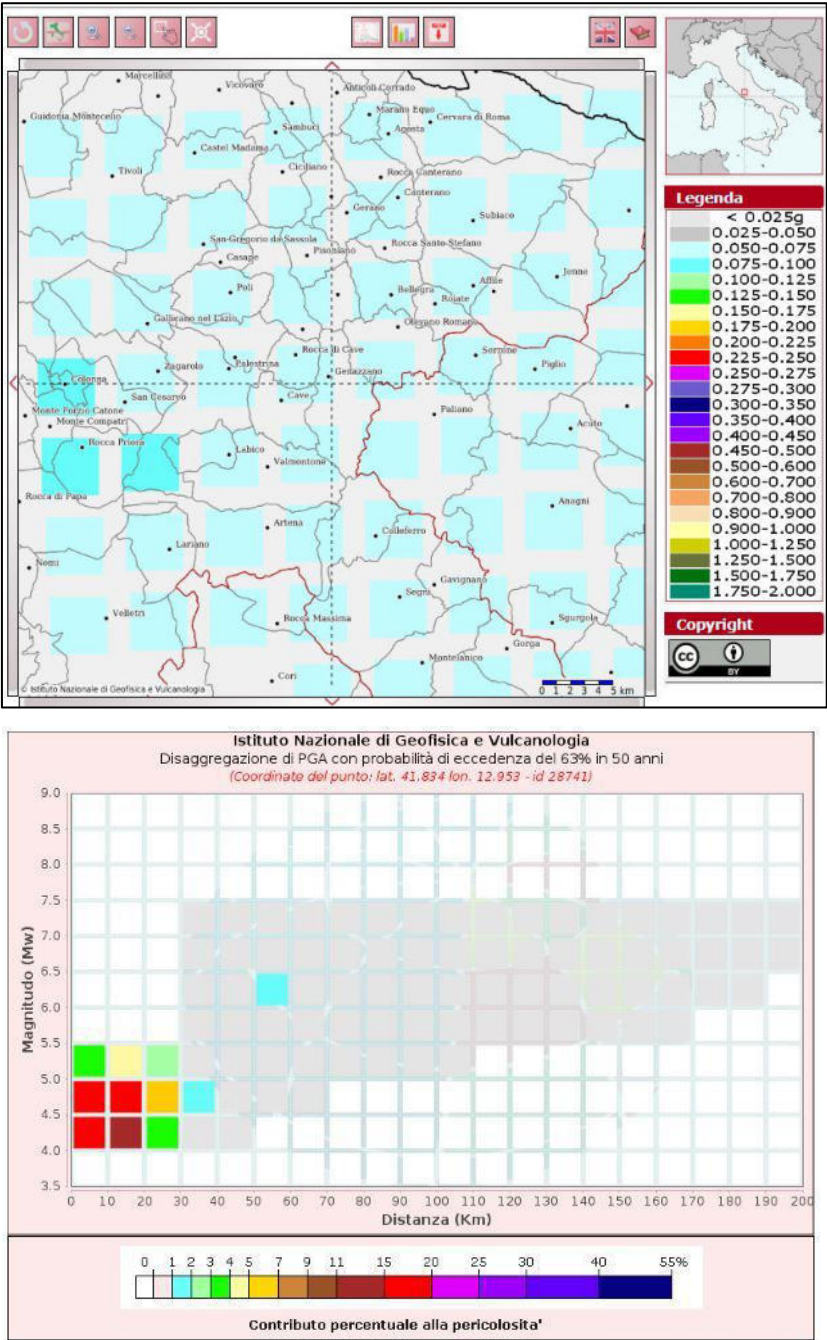


Studio di risposta sismica locale - SLD

Parametri di progettazione

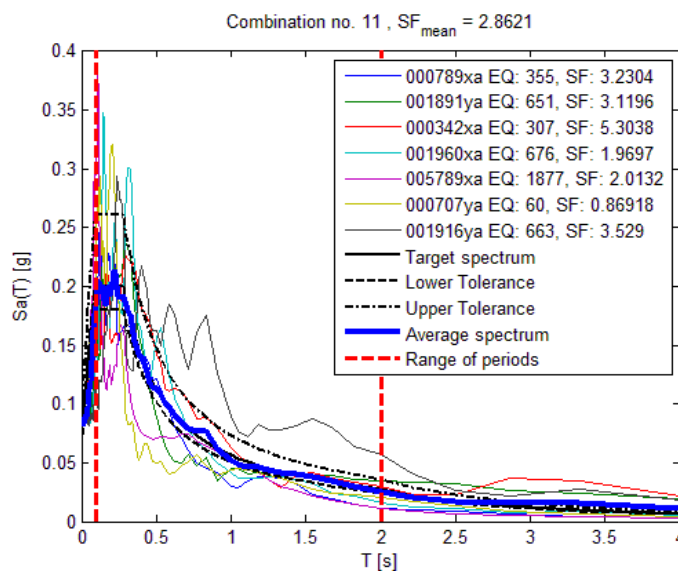
Coordinate del sito(ED50)	LAT. 41.827399°	LONG. 12.974297°
Progettazione	Vn = 50	Classe Uso=III Coeff. Uso=1.5
Stato limite a cui è stata eseguita l'analisi	SLD	
Categoria topografica	T1	

Dati di disaggregazione-SLD



Estrazione Accelerogrammi di Input

L'estrazione degli accelerogrammi di input naturali è avvenuta per mezzo del software Roxel v.3.5 messo a punto dalla ReLUIS di Napoli utilizzando i parametri di progettazione allo stato limite SLD e i dati di disaggregazione sopra riportati.



Spettri degli accelerogrammi utilizzati per l'analisi

I sismo-strati sono stati inseriti come dati di input all'interno del codice del Software Geostru RSL III, insieme alle caratteristiche fisico-meccaniche. Sono state inoltre inserite nel Software le curve di decadimento della rigidezza (G) e di incremento dello smorzamento (D) con la deformazione per ciascun litotipo fornite dalla Regione Lazio (queste curve sono state predisposte dal Dipartimento di Ingegneria Strutturale del Politecnico di Milano).

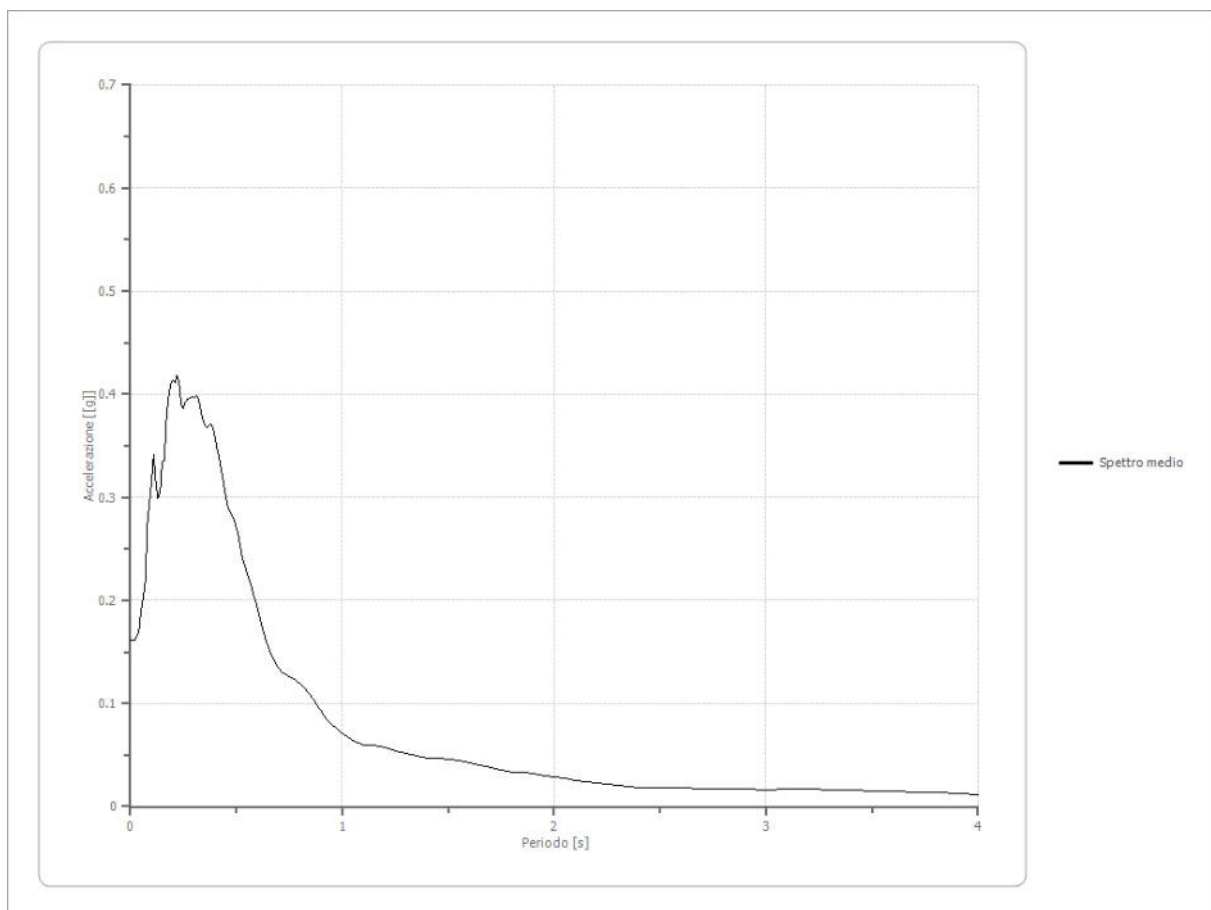
La Profondità del Bedrock Sismico è posta a quote $> 30,00$ m dal p.c. in funzione delle considerazioni scaturite dal modello geologico riportato nella relazione geologica.

Dati di Output - risultati analisi

STATO LIMITE SLD

Spettro medio di risposta elastico

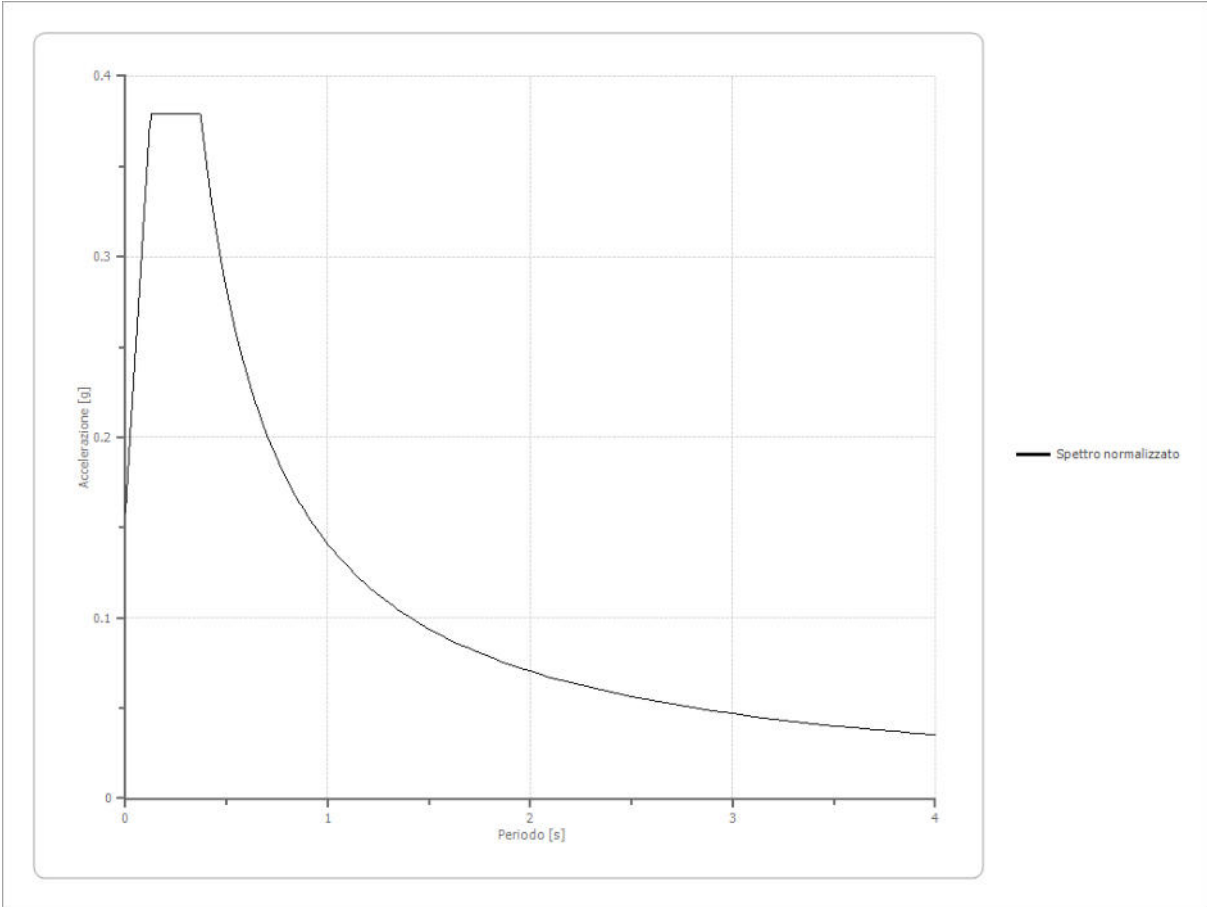
Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]
0.00	0.1620	0.26	0.3930	0.52	0.2508	0.98	0.0746	2.25	0.0221
0.01	0.1620	0.27	0.3957	0.53	0.2399	1.00	0.0714	2.30	0.0209
0.02	0.1620	0.28	0.3969	0.54	0.2333	1.05	0.0641	2.35	0.0199
0.03	0.1652	0.29	0.3974	0.55	0.2265	1.10	0.0592	2.40	0.0189
0.04	0.1692	0.30	0.3967	0.56	0.2198	1.15	0.0594	2.50	0.0182
0.05	0.1886	0.31	0.3985	0.57	0.2138	1.20	0.0572	2.60	0.0179
0.06	0.2017	0.32	0.3959	0.58	0.2063	1.25	0.0539	2.70	0.0177
0.07	0.2171	0.33	0.3871	0.60	0.1927	1.30	0.0511	2.80	0.0173
0.08	0.2740	0.34	0.3769	0.62	0.1751	1.35	0.0487	2.90	0.0167
0.09	0.2942	0.35	0.3699	0.64	0.1605	1.40	0.0474	3.00	0.0165
0.10	0.3151	0.36	0.3680	0.66	0.1496	1.45	0.0467	3.10	0.0168
0.11	0.3409	0.37	0.3689	0.68	0.1404	1.50	0.0458	3.20	0.0168
0.12	0.3148	0.38	0.3711	0.70	0.1335	1.55	0.0442	3.30	0.0165
0.13	0.2991	0.39	0.3679	0.72	0.1293	1.60	0.0424	3.40	0.0160
0.14	0.3048	0.40	0.3577	0.74	0.1266	1.65	0.0400	3.50	0.0153
0.15	0.3340	0.41	0.3458	0.76	0.1254	1.70	0.0376	3.60	0.0145
0.16	0.3354	0.42	0.3371	0.78	0.1229	1.75	0.0352	3.70	0.0138
0.17	0.3765	0.43	0.3250	0.80	0.1196	1.80	0.0337	3.80	0.0132
0.18	0.3966	0.44	0.3136	0.82	0.1160	1.85	0.0327	3.90	0.0123
0.19	0.4099	0.45	0.3008	0.84	0.1104	1.90	0.0316	4.00	0.0112
0.20	0.4131	0.46	0.2909	0.86	0.1049	1.95	0.0298		
0.21	0.4110	0.47	0.2863	0.88	0.0987	2.00	0.0285		
0.22	0.4182	0.48	0.2821	0.90	0.0923	2.05	0.0272		
0.23	0.4100	0.49	0.2780	0.92	0.0857	2.10	0.0256		
0.24	0.3892	0.50	0.2708	0.94	0.0813	2.15	0.0240		
0.25	0.3859	0.51	0.2622	0.96	0.0776	2.20	0.0232		



Spettro normalizzato di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.1586	0.26	0.3789	0.52	0.2709	0.98	0.1437	2.25	0.0626
0.01	0.1764	0.27	0.3789	0.53	0.2658	1.00	0.1409	2.30	0.0612
0.02	0.1942	0.28	0.3789	0.54	0.2609	1.05	0.1342	2.35	0.0599
0.03	0.2120	0.29	0.3789	0.55	0.2561	1.10	0.1281	2.40	0.0587
0.04	0.2297	0.30	0.3789	0.56	0.2515	1.15	0.1225	2.50	0.0563
0.05	0.2475	0.31	0.3789	0.57	0.2471	1.20	0.1174	2.60	0.0542
0.06	0.2653	0.32	0.3789	0.58	0.2429	1.25	0.1127	2.70	0.0522
0.07	0.2831	0.33	0.3789	0.60	0.2348	1.30	0.1084	2.80	0.0503
0.08	0.3009	0.34	0.3789	0.62	0.2272	1.35	0.1043	2.90	0.0486
0.09	0.3186	0.35	0.3789	0.64	0.2201	1.40	0.1006	3.00	0.0470
0.10	0.3364	0.36	0.3789	0.66	0.2134	1.45	0.0971	3.10	0.0454
0.11	0.3542	0.37	0.3789	0.68	0.2072	1.50	0.0939	3.20	0.0440
0.12	0.3720	0.38	0.3707	0.70	0.2012	1.55	0.0909	3.30	0.0427
0.13	0.3789	0.39	0.3612	0.72	0.1956	1.60	0.0880	3.40	0.0414
0.14	0.3789	0.40	0.3522	0.74	0.1904	1.65	0.0854	3.50	0.0402
0.15	0.3789	0.41	0.3436	0.76	0.1853	1.70	0.0829	3.60	0.0391
0.16	0.3789	0.42	0.3354	0.78	0.1806	1.75	0.0805	3.70	0.0381
0.17	0.3789	0.43	0.3276	0.80	0.1761	1.80	0.0783	3.80	0.0371
0.18	0.3789	0.44	0.3201	0.82	0.1718	1.85	0.0761	3.90	0.0361
0.19	0.3789	0.45	0.3130	0.84	0.1677	1.90	0.0741	4.00	0.0352
0.20	0.3789	0.46	0.3062	0.86	0.1638	1.95	0.0722		

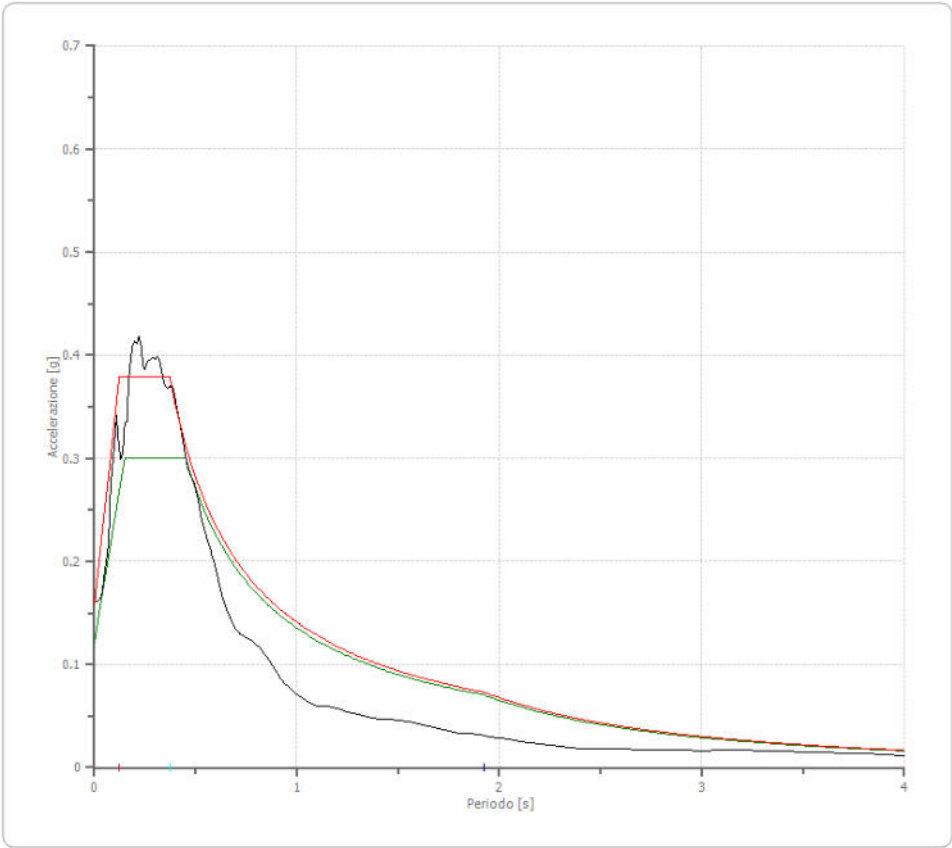
0.21	0.3789	0.47	0.2997	0.88	0.1601	2.00	0.0704		
0.22	0.3789	0.48	0.2935	0.90	0.1565	2.05	0.0687		
0.23	0.3789	0.49	0.2875	0.92	0.1531	2.10	0.0671		
0.24	0.3789	0.50	0.2817	0.94	0.1499	2.15	0.0655		
0.25	0.3789	0.51	0.2762	0.96	0.1467	2.20	0.0640		



Parametri spettro normalizzato

Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
0.159	2.389	0.234	0.124	0.372	1.924	0.159	0.379

Confronto spettro normativa



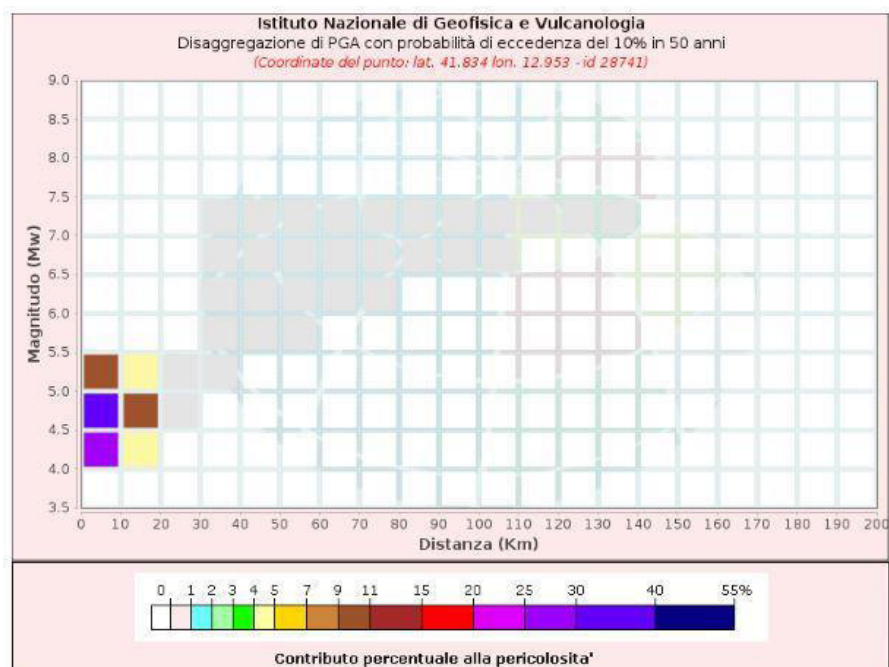
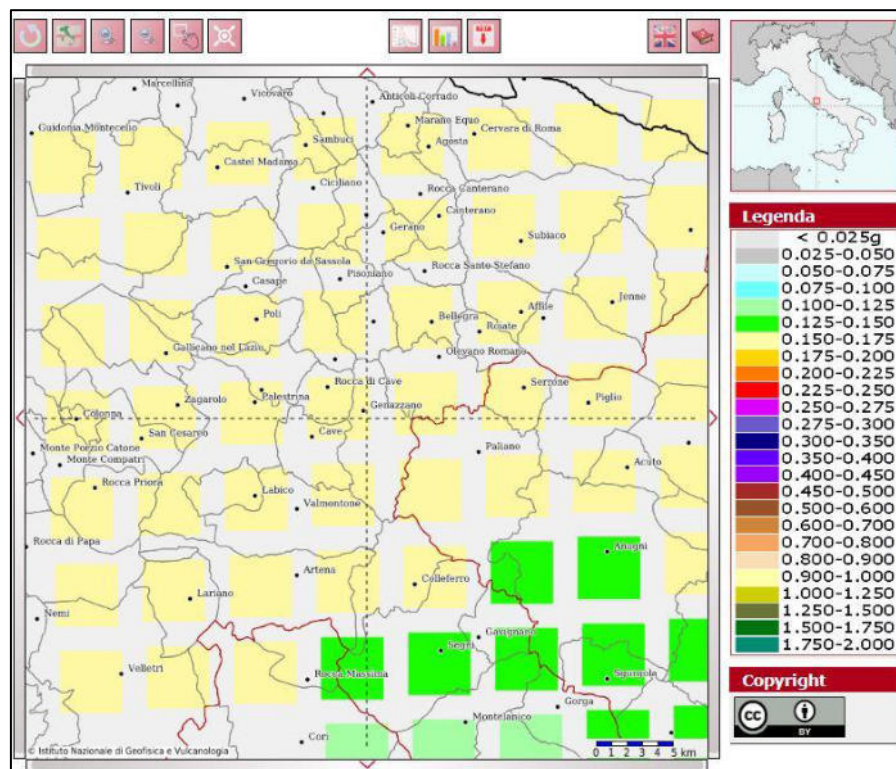
- SLD, Cat. C
- Spettro medio
- Spettro normalizzato
- TB
- TC
- TD

Studio di risposta sismica locale - SLV

Parametri di progettazione

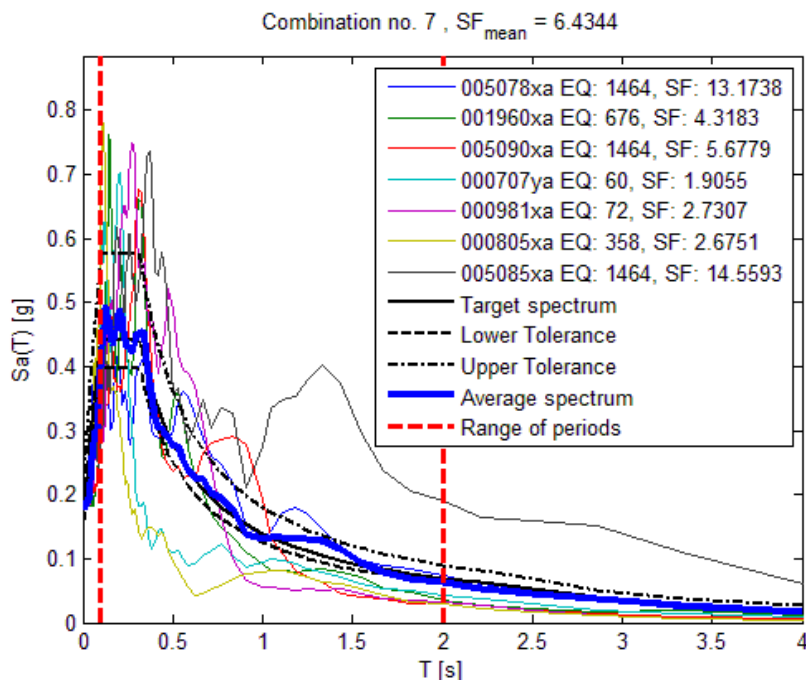
Coordinate del sito(ED50)	LAT. 41.827399°	LONG. 12.974297°
Progettazione	Vn = 50	Classe Uso=III Coeff. Uso =1.5
Stato limite a cui è stata eseguita l'analisi	SLV	
Categoria topografica	T1	

Dati di disaggregazione-SLV



Estrazione Accelerogrammi di Input

L'estrazione degli accelerogrammi di input naturali è avvenuta per mezzo del software Rexel v,3,5 messo a punto dalla ReLUIS di Napoli utilizzando i parametri di progettazione allo stato limite SLV e i dati di disaggregazione sopra riportati.



Spettri degli accelerogrammi utilizzati per l'analisi

I sismo-strati sono stati inseriti come dati di input all'interno del codice del Software Geostru RSL III, insieme alle caratteristiche fisico-meccaniche. Sono state inoltre inserite nel Software le curve di decadimento della rigidezza (G) e di incremento dello smorzamento (D) con la deformazione per ciascun litotipo fornite dalla Regione Lazio (queste curve sono state predisposte dal Dipartimento di Ingegneria Strutturale del Politecnico di Milano).

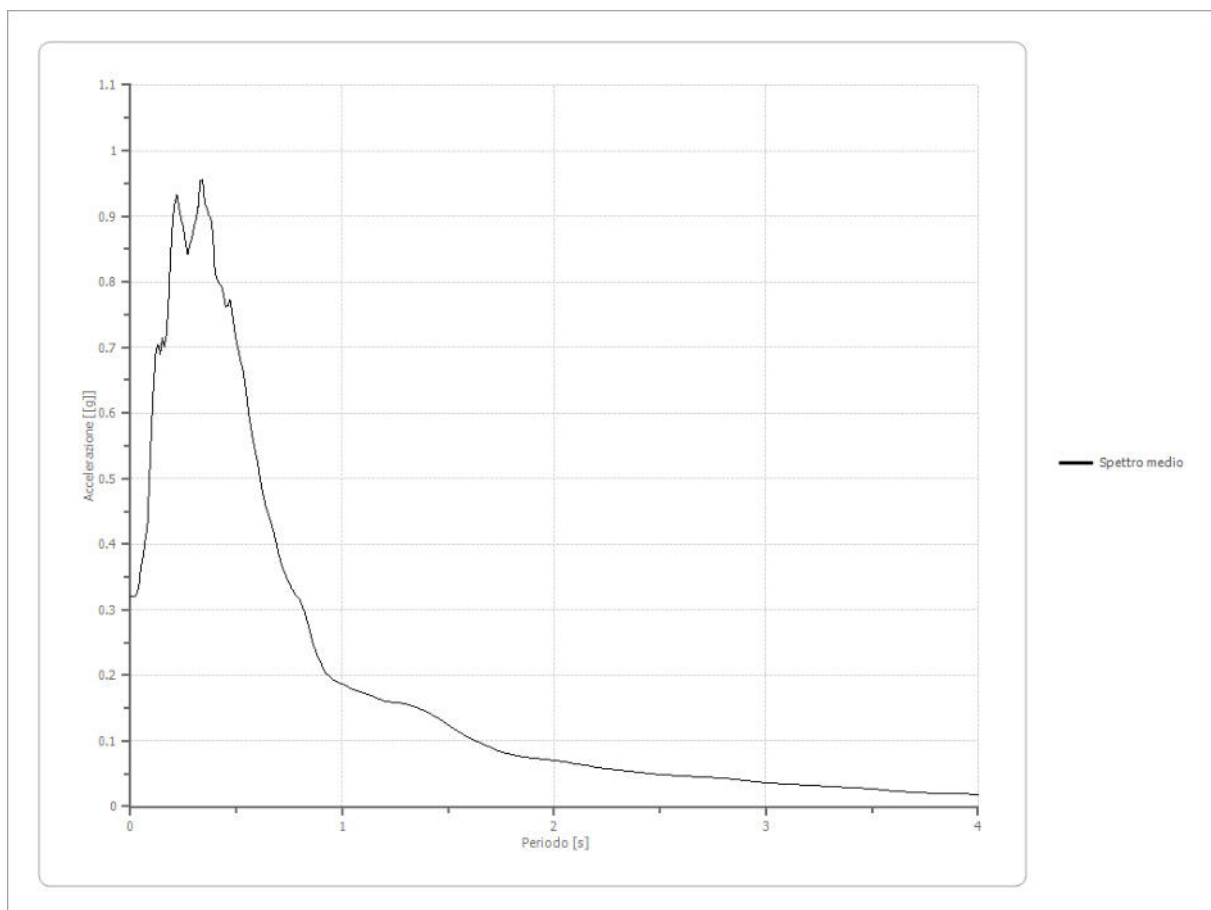
La Profondità del Bedrock Sismico è posta a quote $> 30,00$ m dal p.c. in funzione delle considerazioni scaturite dal modello geologico riportato nella relazione geologica.

Dati di Output - risultati analisi

STATO LIMITE SLV

Spettro medio di risposta elastico

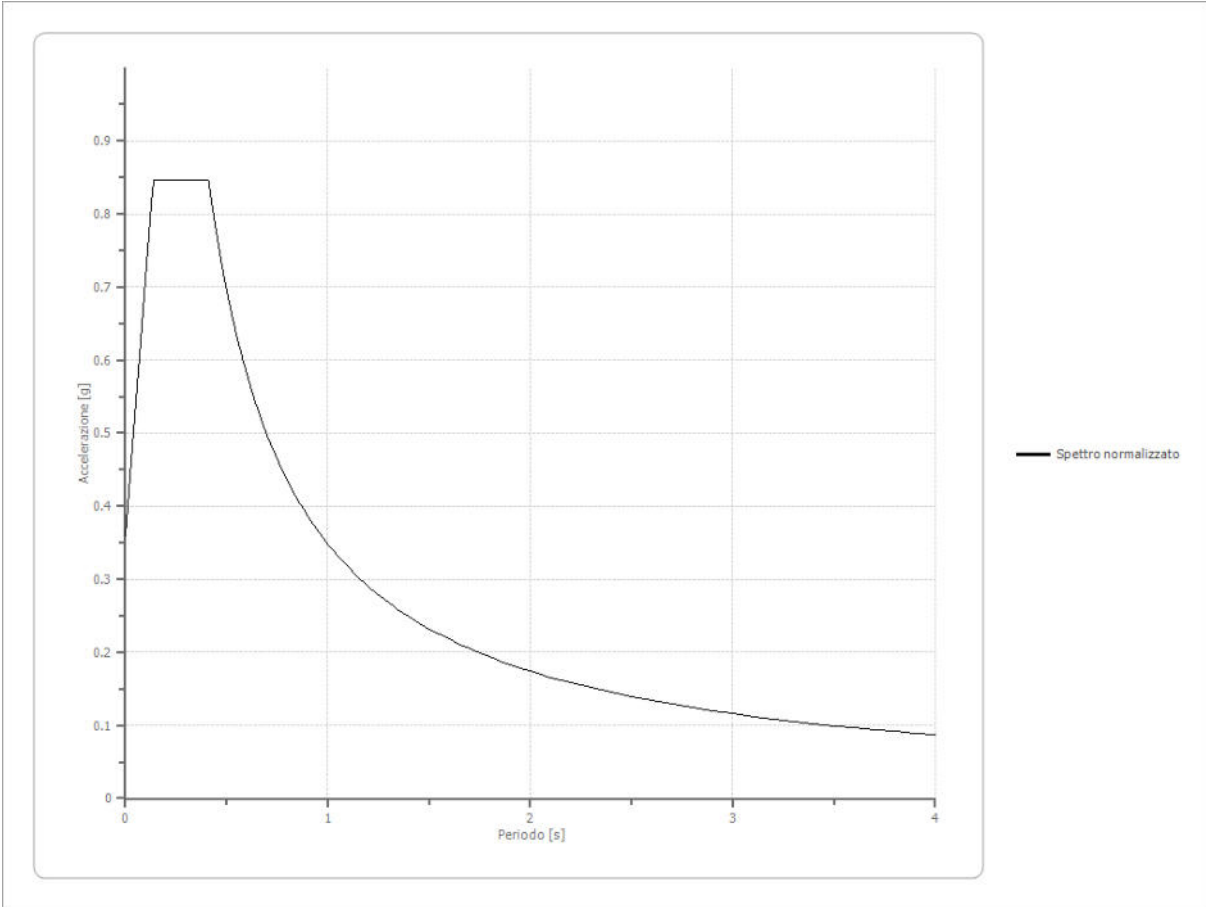
Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]
0.00	0.3205	0.26	0.8611	0.52	0.6788	0.98	0.1888	2.25	0.0578
0.01	0.3205	0.27	0.8420	0.53	0.6676	1.00	0.1868	2.30	0.0555
0.02	0.3205	0.28	0.8564	0.54	0.6479	1.05	0.1779	2.35	0.0534
0.03	0.3246	0.29	0.8664	0.55	0.6220	1.10	0.1734	2.40	0.0517
0.04	0.3336	0.30	0.8840	0.56	0.5942	1.15	0.1680	2.50	0.0495
0.05	0.3647	0.31	0.8953	0.57	0.5738	1.20	0.1610	2.60	0.0471
0.06	0.3813	0.32	0.9145	0.58	0.5572	1.25	0.1580	2.70	0.0448
0.07	0.4076	0.33	0.9541	0.60	0.5258	1.30	0.1565	2.80	0.0423
0.08	0.4274	0.34	0.9568	0.62	0.4844	1.35	0.1519	2.90	0.0396
0.09	0.4997	0.35	0.9207	0.64	0.4559	1.40	0.1443	3.00	0.0368
0.10	0.5791	0.36	0.9134	0.66	0.4373	1.45	0.1347	3.10	0.0340
0.11	0.6402	0.37	0.9015	0.68	0.4139	1.50	0.1240	3.20	0.0320
0.12	0.6933	0.38	0.8981	0.70	0.3835	1.55	0.1139	3.30	0.0301
0.13	0.7035	0.39	0.8712	0.72	0.3611	1.60	0.1046	3.40	0.0283
0.14	0.6887	0.40	0.8116	0.74	0.3473	1.65	0.0963	3.50	0.0263
0.15	0.7148	0.41	0.8022	0.76	0.3337	1.70	0.0893	3.60	0.0243
0.16	0.7010	0.42	0.7973	0.78	0.3229	1.75	0.0829	3.70	0.0224
0.17	0.7187	0.43	0.7942	0.80	0.3153	1.80	0.0786	3.80	0.0207
0.18	0.7646	0.44	0.7800	0.82	0.2986	1.85	0.0760	3.90	0.0190
0.19	0.8406	0.45	0.7616	0.84	0.2751	1.90	0.0743	4.00	0.0173
0.20	0.8967	0.46	0.7629	0.86	0.2510	1.95	0.0723		
0.21	0.9217	0.47	0.7727	0.88	0.2330	2.00	0.0700		
0.22	0.9325	0.48	0.7524	0.90	0.2176	2.05	0.0677		
0.23	0.9107	0.49	0.7284	0.92	0.2042	2.10	0.0653		
0.24	0.8950	0.50	0.7100	0.94	0.1973	2.15	0.0628		
0.25	0.8841	0.51	0.6952	0.96	0.1921	2.20	0.0603		



Spettro normalizzato di risposta elastico

Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]
0.00	0.3587	0.26	0.8459	0.52	0.6697	0.98	0.3553	2.25	0.1548
0.01	0.3942	0.27	0.8459	0.53	0.6570	1.00	0.3482	2.30	0.1514
0.02	0.4297	0.28	0.8459	0.54	0.6449	1.05	0.3316	2.35	0.1482
0.03	0.4652	0.29	0.8459	0.55	0.6331	1.10	0.3166	2.40	0.1451
0.04	0.5007	0.30	0.8459	0.56	0.6218	1.15	0.3028	2.50	0.1393
0.05	0.5362	0.31	0.8459	0.57	0.6109	1.20	0.2902	2.60	0.1339
0.06	0.5718	0.32	0.8459	0.58	0.6004	1.25	0.2786	2.70	0.1290
0.07	0.6073	0.33	0.8459	0.60	0.5804	1.30	0.2679	2.80	0.1244
0.08	0.6428	0.34	0.8459	0.62	0.5617	1.35	0.2579	2.90	0.1201
0.09	0.6783	0.35	0.8459	0.64	0.5441	1.40	0.2487	3.00	0.1161
0.10	0.7138	0.36	0.8459	0.66	0.5276	1.45	0.2402	3.10	0.1123
0.11	0.7493	0.37	0.8459	0.68	0.5121	1.50	0.2321	3.20	0.1088
0.12	0.7848	0.38	0.8459	0.70	0.4975	1.55	0.2247	3.30	0.1055
0.13	0.8203	0.39	0.8459	0.72	0.4836	1.60	0.2176	3.40	0.1024
0.14	0.8459	0.40	0.8459	0.74	0.4706	1.65	0.2110	3.50	0.0995
0.15	0.8459	0.41	0.8459	0.76	0.4582	1.70	0.2048	3.60	0.0967
0.16	0.8459	0.42	0.8291	0.78	0.4464	1.75	0.1990	3.70	0.0941
0.17	0.8459	0.43	0.8098	0.80	0.4353	1.80	0.1935	3.80	0.0916
0.18	0.8459	0.44	0.7914	0.82	0.4247	1.85	0.1882	3.90	0.0893
0.19	0.8459	0.45	0.7738	0.84	0.4146	1.90	0.1833	4.00	0.0871
0.20	0.8459	0.46	0.7570	0.86	0.4049	1.95	0.1786		

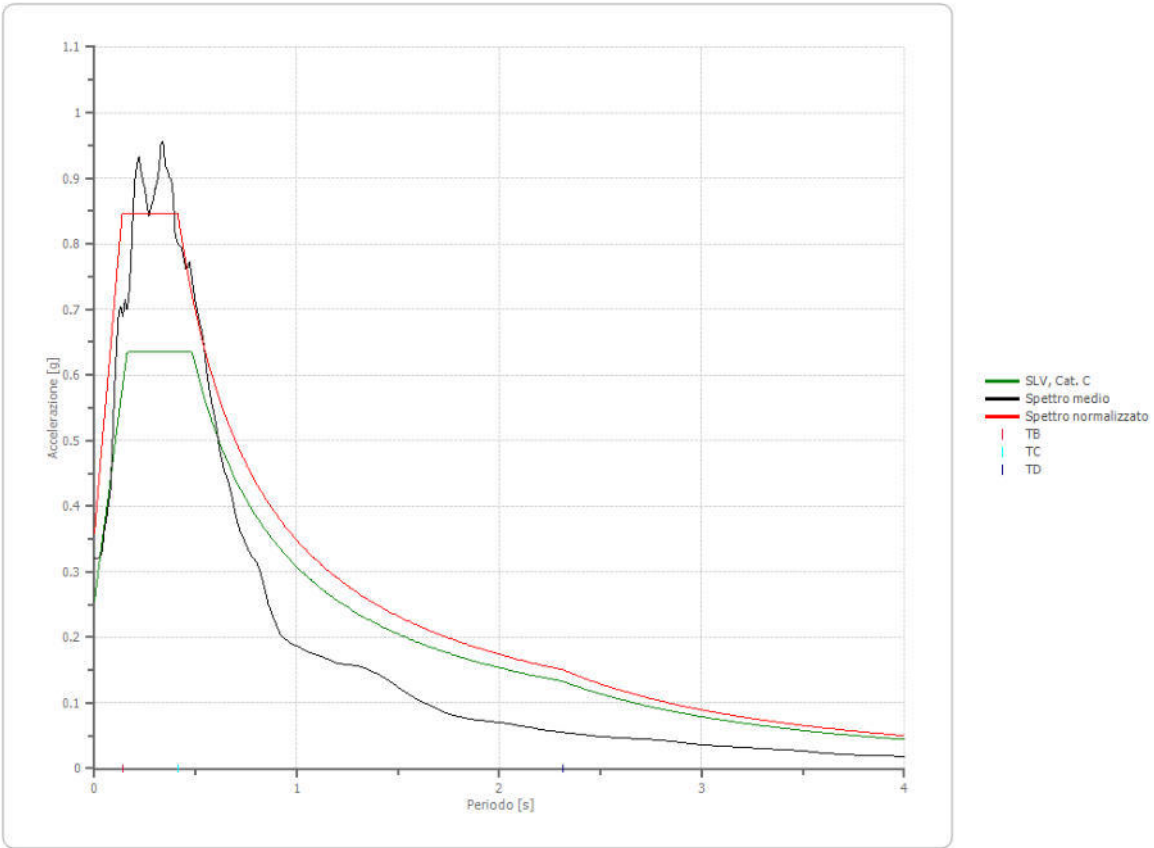
0.21	0.8459	0.47	0.7409	0.88	0.3957	2.00	0.1741		
0.22	0.8459	0.48	0.7255	0.90	0.3869	2.05	0.1699		
0.23	0.8459	0.49	0.7107	0.92	0.3785	2.10	0.1658		
0.24	0.8459	0.50	0.6964	0.94	0.3705	2.15	0.1620		
0.25	0.8459	0.51	0.6828	0.96	0.3627	2.20	0.1583		



Parametri spettro normalizzato

Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
0.359	2.358	0.267	0.137	0.412	2.312	0.359	0.846

Confronto spettro normativa

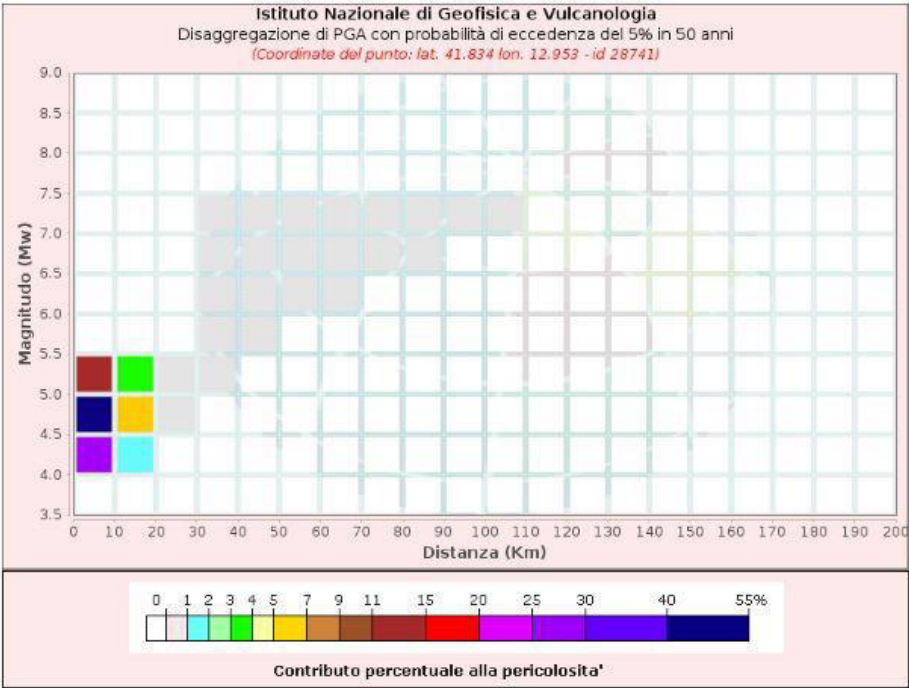
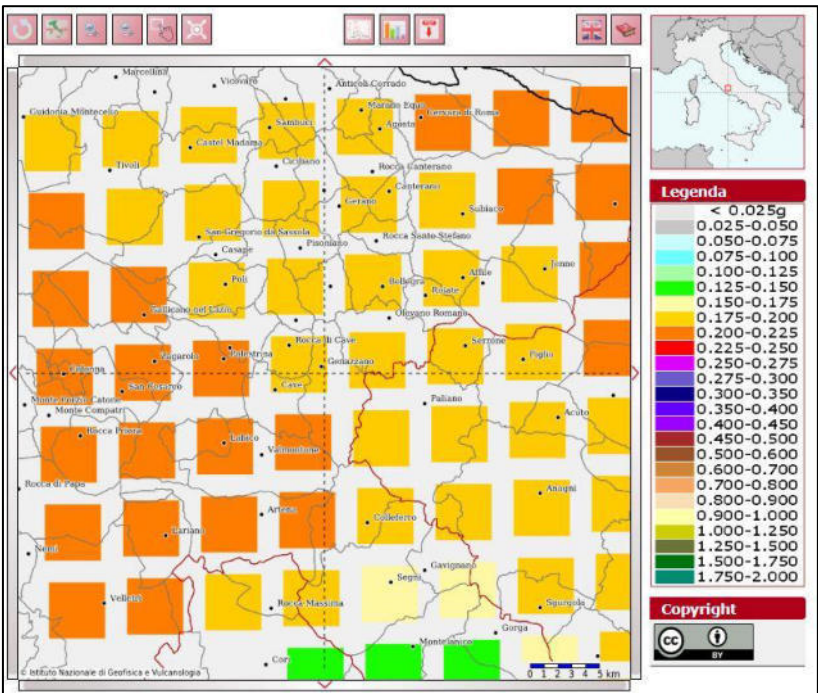


Studio di risposta sismica locale - SLC

Parametri di progettazione

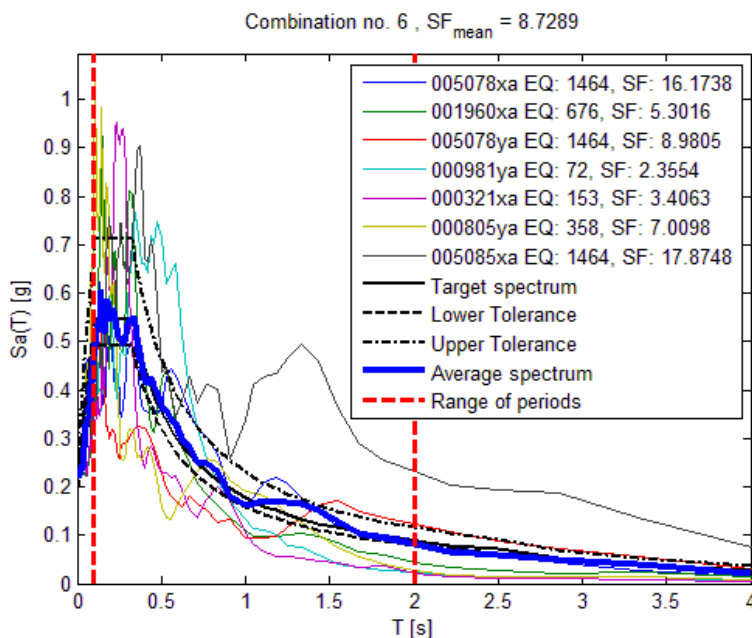
Coordinate del sito(ED50)	LAT. 41.827399°	LONG. 12.974297°
Progettazione	Vn = 50	Classe Uso=III Coeff. Uso =1.5
Stato limite a cui è stata eseguita l'analisi	SLC	
Categoria topografica	T1	

Dati di disaggregazione-SLC



Estrazione Accelerogrammi di Input

L'estrazione degli accelerogrammi di input naturali è avvenuta per mezzo del software Rexel v,3,5 messo a punto dalla ReLUIS di Napoli utilizzando i parametri di progettazione allo stato limite SLC e i dati di disaggregazione sopra riportati.



Spettri degli accelerogrammi utilizzati per l'analisi

I sismo-strati sono stati inseriti come dati di input all'interno del codice del Software Geostru RSL III, insieme alle caratteristiche fisico-meccaniche. Sono state inoltre inserite nel Software le curve di decadimento della rigidezza (G) e di incremento dello smorzamento (D) con la deformazione per ciascun litotipo fornite dalla Regione Lazio (queste curve sono state predisposte dal Dipartimento di Ingegneria Strutturale del Politecnico di Milano).

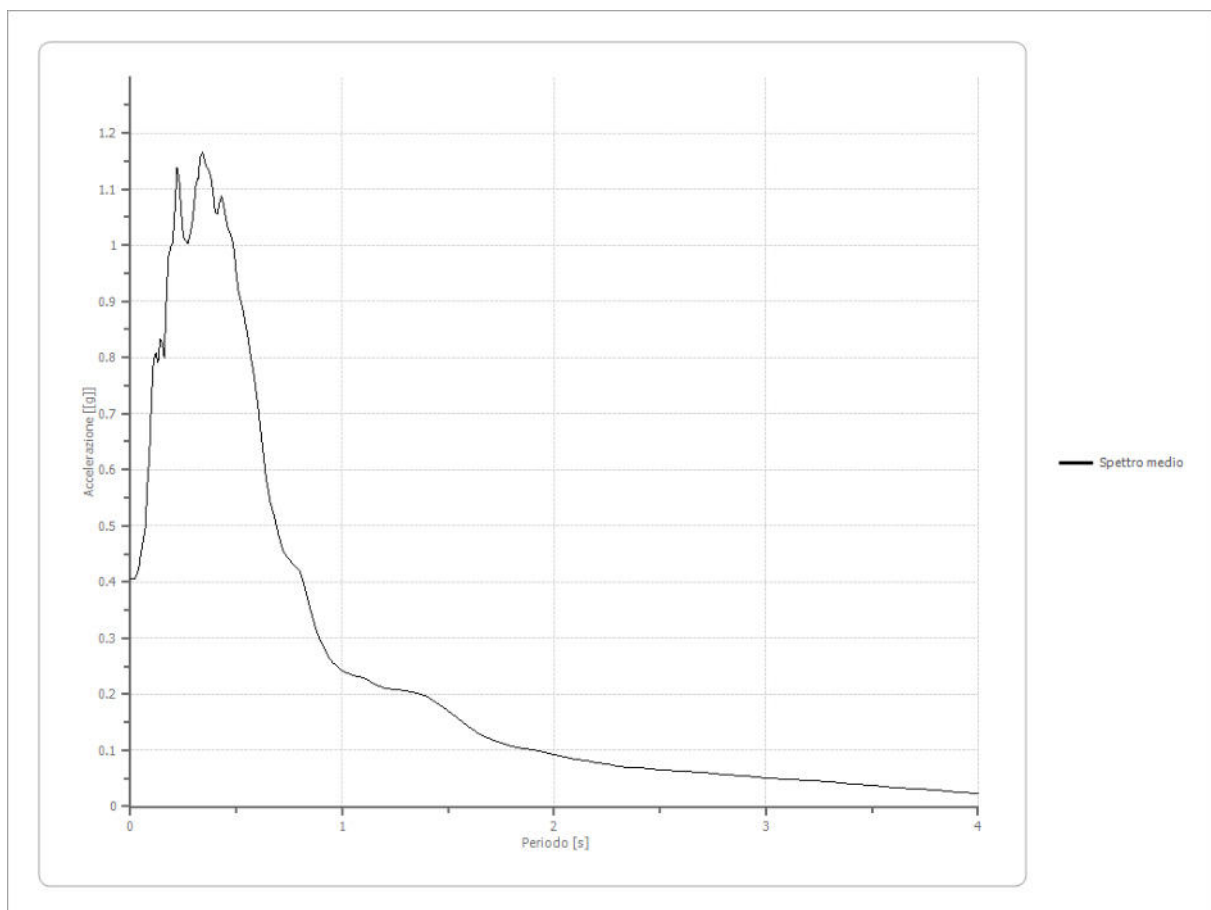
La Profondità del Bedrock Sismico è posta a quote $> 30,00$ m dal p.c. in funzione delle considerazioni scaturite dal modello geologico riportato nella relazione geologica.

Dati di Output - risultati analisi

STATO LIMITE SLC

Spettro medio di risposta elastico

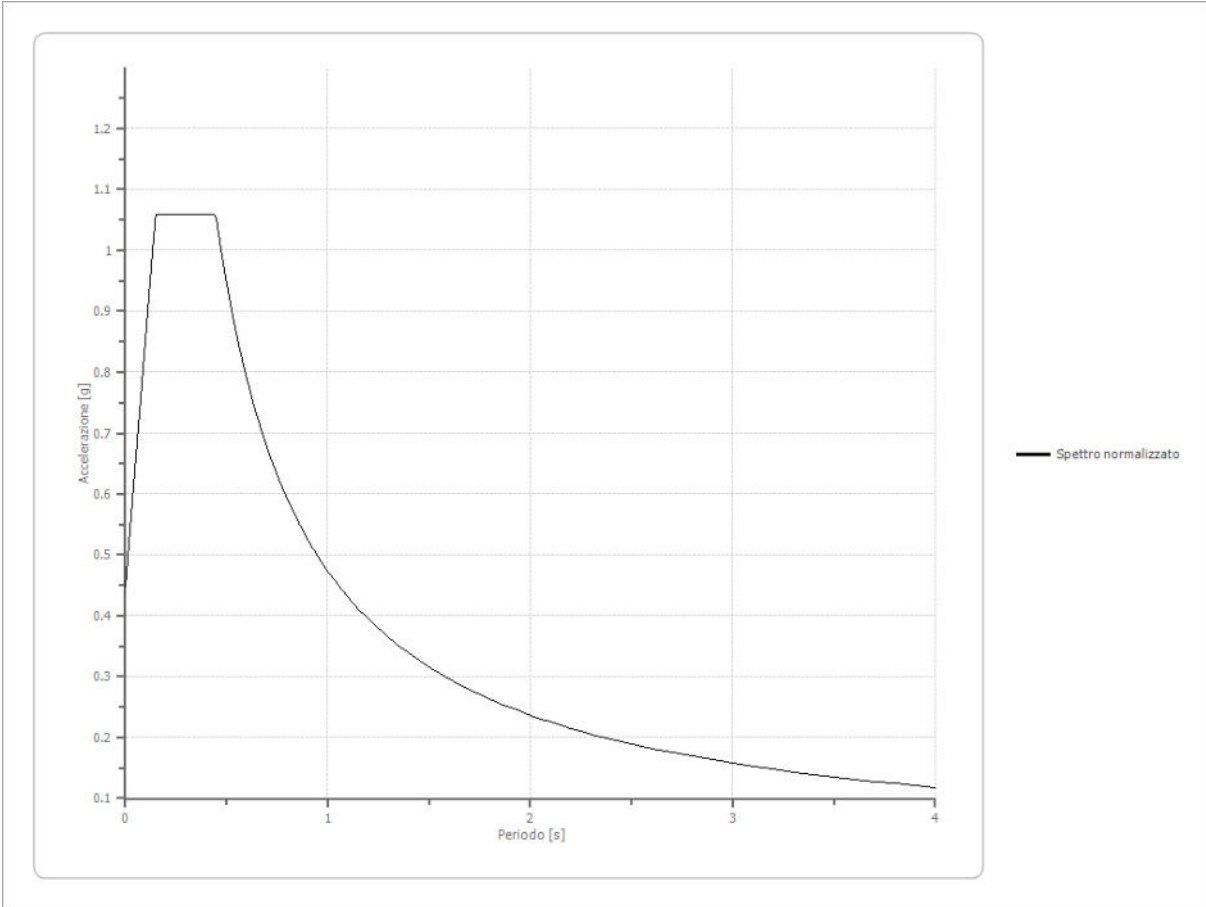
Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.4064	0.26	1.0079	0.52	0.9033	0.98	0.2474	2.25	0.0753
0.01	0.4064	0.27	1.0040	0.53	0.8873	1.00	0.2427	2.30	0.0725
0.02	0.4065	0.28	1.0190	0.54	0.8677	1.05	0.2344	2.35	0.0703
0.03	0.4116	0.29	1.0351	0.55	0.8450	1.10	0.2286	2.40	0.0684
0.04	0.4224	0.30	1.0696	0.56	0.8202	1.15	0.2184	2.50	0.0658
0.05	0.4530	0.31	1.1080	0.57	0.7946	1.20	0.2105	2.60	0.0630
0.06	0.4742	0.32	1.1186	0.58	0.7761	1.25	0.2083	2.70	0.0601
0.07	0.4954	0.33	1.1571	0.60	0.7222	1.30	0.2065	2.80	0.0569
0.08	0.5739	0.34	1.1644	0.62	0.6519	1.35	0.2023	2.90	0.0542
0.09	0.6239	0.35	1.1504	0.64	0.5857	1.40	0.1955	3.00	0.0514
0.10	0.7275	0.36	1.1384	0.66	0.5421	1.45	0.1835	3.10	0.0483
0.11	0.7957	0.37	1.1334	0.68	0.5147	1.50	0.1694	3.20	0.0458
0.12	0.8076	0.38	1.1213	0.70	0.4827	1.55	0.1547	3.30	0.0432
0.13	0.7905	0.39	1.0951	0.72	0.4567	1.60	0.1404	3.40	0.0403
0.14	0.8340	0.40	1.0586	0.74	0.4429	1.65	0.1287	3.50	0.0372
0.15	0.8258	0.41	1.0560	0.76	0.4347	1.70	0.1190	3.60	0.0342
0.16	0.8002	0.42	1.0746	0.78	0.4273	1.75	0.1127	3.70	0.0314
0.17	0.9023	0.43	1.0882	0.80	0.4182	1.80	0.1080	3.80	0.0288
0.18	0.9796	0.44	1.0736	0.82	0.3957	1.85	0.1041	3.90	0.0263
0.19	0.9944	0.45	1.0492	0.84	0.3648	1.90	0.1002	4.00	0.0239
0.20	1.0049	0.46	1.0303	0.86	0.3360	1.95	0.0958		
0.21	1.0682	0.47	1.0233	0.88	0.3114	2.00	0.0919		
0.22	1.1373	0.48	1.0122	0.90	0.2930	2.05	0.0886		
0.23	1.1172	0.49	0.9862	0.92	0.2776	2.10	0.0851		
0.24	1.0597	0.50	0.9472	0.94	0.2628	2.15	0.0817		
0.25	1.0168	0.51	0.9173	0.96	0.2552	2.20	0.0784		



Spettro normalizzato di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.4470	0.26	1.0591	0.52	0.9104	0.98	0.4830	2.25	0.2104
0.01	0.4881	0.27	1.0591	0.53	0.8932	1.00	0.4734	2.30	0.2058
0.02	0.5292	0.28	1.0591	0.54	0.8766	1.05	0.4508	2.35	0.2014
0.03	0.5703	0.29	1.0591	0.55	0.8607	1.10	0.4304	2.40	0.1972
0.04	0.6114	0.30	1.0591	0.56	0.8453	1.15	0.4116	2.50	0.1894
0.05	0.6525	0.31	1.0591	0.57	0.8305	1.20	0.3945	2.60	0.1821
0.06	0.6936	0.32	1.0591	0.58	0.8162	1.25	0.3787	2.70	0.1753
0.07	0.7346	0.33	1.0591	0.60	0.7890	1.30	0.3641	2.80	0.1691
0.08	0.7757	0.34	1.0591	0.62	0.7635	1.35	0.3507	2.90	0.1632
0.09	0.8168	0.35	1.0591	0.64	0.7397	1.40	0.3381	3.00	0.1578
0.10	0.8579	0.36	1.0591	0.66	0.7173	1.45	0.3265	3.10	0.1527
0.11	0.8990	0.37	1.0591	0.68	0.6962	1.50	0.3156	3.20	0.1479
0.12	0.9401	0.38	1.0591	0.70	0.6763	1.55	0.3054	3.30	0.1435
0.13	0.9812	0.39	1.0591	0.72	0.6575	1.60	0.2959	3.40	0.1392
0.14	1.0222	0.40	1.0591	0.74	0.6397	1.65	0.2869	3.50	0.1353
0.15	1.0591	0.41	1.0591	0.76	0.6229	1.70	0.2785	3.60	0.1315
0.16	1.0591	0.42	1.0591	0.78	0.6069	1.75	0.2705	3.70	0.1279
0.17	1.0591	0.43	1.0591	0.80	0.5917	1.80	0.2630	3.80	0.1246
0.18	1.0591	0.44	1.0591	0.82	0.5773	1.85	0.2559	3.90	0.1214
0.19	1.0591	0.45	1.0520	0.84	0.5636	1.90	0.2492	4.00	0.1183
0.20	1.0591	0.46	1.0291	0.86	0.5504	1.95	0.2428		

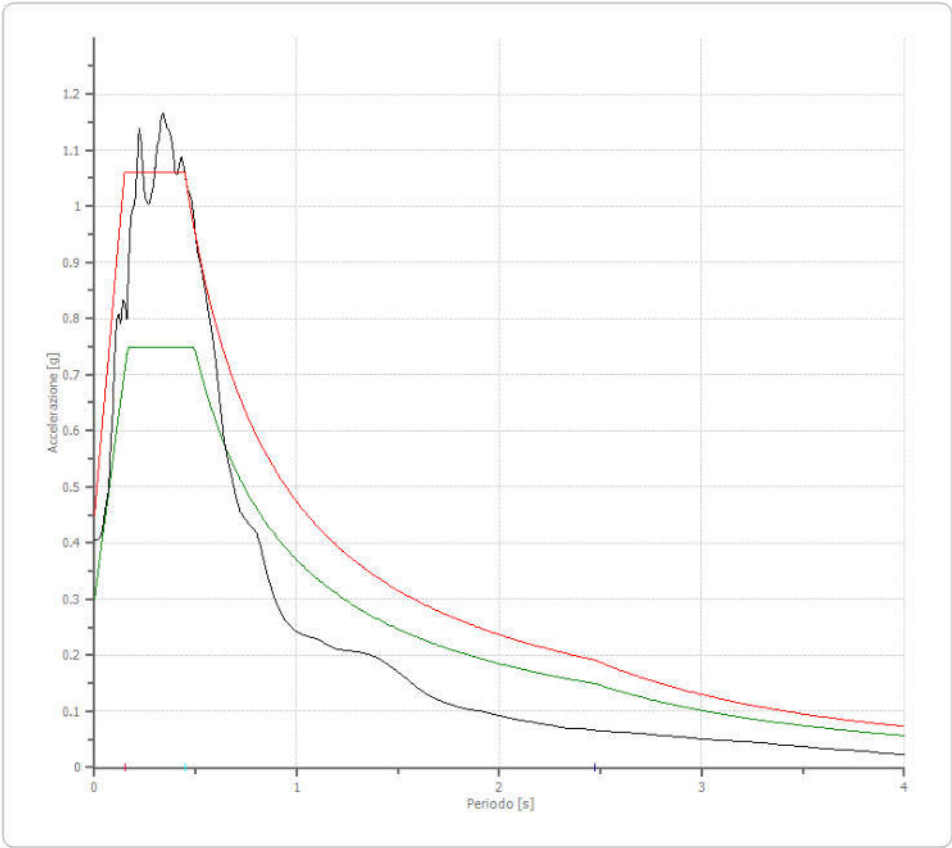
0.21	1.0591	0.47	1.0072	0.88	0.5379	2.00	0.2367		
0.22	1.0591	0.48	0.9862	0.90	0.5260	2.05	0.2309		
0.23	1.0591	0.49	0.9661	0.92	0.5146	2.10	0.2254		
0.24	1.0591	0.50	0.9468	0.94	0.5036	2.15	0.2202		
0.25	1.0591	0.51	0.9282	0.96	0.4931	2.20	0.2152		



Parametri spettro normalizzato

Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
0.447	2.369	0.294	0.149	0.447	2.472	0.447	1.059

Confronto spettro normativa



- SLC, Cat. C
- Spettro medio
- Spettro normalizzato
- TB
- TC
- TD

Curve di Decadimento

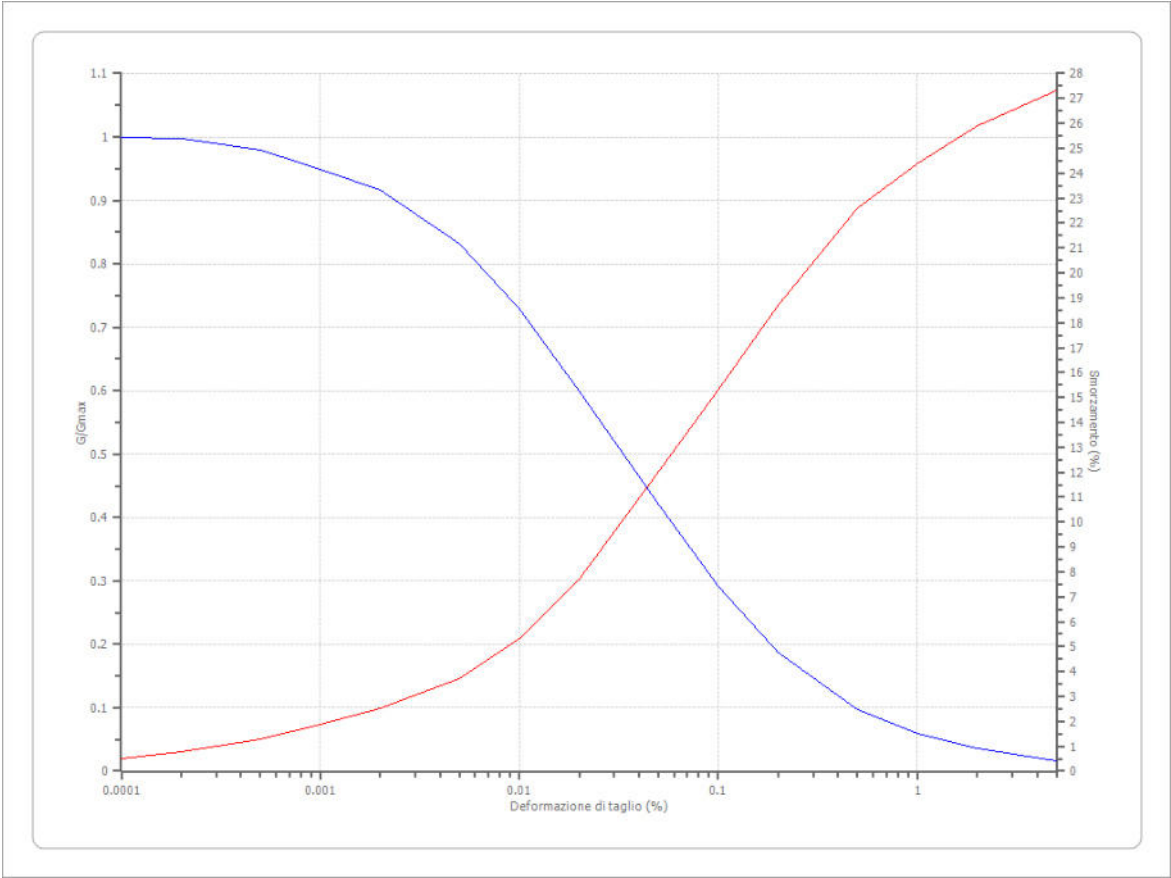
Il comportamento dinamico sotto azioni sismiche (decadimento del modulo di taglio normalizzato G/G_0 e dello smorzamento D con la deformazione) dei vari strati di sottosuolo identificati è stato portato in conto dalle seguenti curve derivanti da prove di laboratorio e da deduzioni da letteratura scientifica.

Di seguito sono riportate le curve di decadimento per le litologie presenti nella regione Lazio.

I comportamenti dinamici sono stati così identificati:

Seed et al. (1986) Sand - Average

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	0.500
0.0002	0.998	0.0002	0.800
0.0005	0.980	0.0005	1.300
0.001	0.949	0.001	1.900
0.002	0.917	0.002	2.500
0.005	0.832	0.005	3.700
0.010	0.729	0.010	5.300
0.020	0.600	0.020	7.700
0.050	0.421	0.050	12.000
0.100	0.291	0.100	15.300
0.200	0.188	0.200	18.700
0.500	0.098	0.500	22.600
1.000	0.060	1.000	24.400
2.000	0.036	2.000	25.900
5.000	0.016	5.000	27.300



Lombardia - Limi sabbiosi

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.00008	1.000	0.00008	1.9826
0.0001	0.99915	0.0001	1.98695
0.0002	0.9985	0.0002	1.9903
0.0003	0.9974	0.0003	1.9962
0.0005	0.9953	0.0005	2.0067
0.0008	0.9918	0.0008	2.02525
0.0014	0.98555	0.0014	2.05825
0.0024	0.97465	0.0024	2.11705
0.0041	0.956	0.0041	2.222
0.007	0.9246	0.007	2.4103
0.0119	0.87385	0.0119	2.7498
0.0202	0.7964	0.0202	3.36165
0.0343	0.6886	0.0343	4.4464
0.0583	0.556	0.0583	6.2701
0.099	0.41535	0.099	9.0215
0.1684	0.2876	0.1684	12.55055
0.2862	0.1867	0.2862	16.2968
0.4866	0.11545	0.4866	19.6163
0.8272	0.0691	0.8272	22.15295
1.4063	0.0405	1.4063	23.89285

