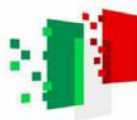




**Finanziato
dall'Unione europea**
NextGenerationEU



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



**MINISTERO
DELL'INTERNO**



COMUNE DI FOLIGNO - PG

PNRR - DECRETO DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI DEL 21 GENNAIO 2021 RIGENERAZIONE URBANA: IL COMPARTO DEL CENTRO STORICO STRALCIO B - CUP C67H21002400001 CIG: 9482293BB7 - SISTEMAZIONE AREA ESTERNA EX MOLINO PAMBUFFETTI, SISTEMAZIONE AREA ESTERNA ALBERGO DELLA GIOVENTU', RICOSTRUZIONE EDIFICIO COMUNALE IN VIA PIERANTONI (EX FORESTERIA)

FINANZIATO DALL'UNIONE EUROPEA NEXT GENERATION EU

PROGETTO ESECUTIVO



DIRIGENTE: ANNA CONTI ARCHITETTO

R.U.P.: MASSIMO DI MARIO INGEGNERE

GRUPPO DI PROGETTAZIONE COSTITUITO IN R.T.P.:

Maurizio Tonti Architetto	Mandatario (prog. arch., strutt., DL)
Giovanni Tonti Architetto	Mandante (prog. arch., strutt.)
Laura Bacchi Architetto i.	Mandante (prog. arch.)
Ing. Stefano Innocenzi	Mandante (prog. impianti)
Geom. Emanuele Bronzini	Mandante (sicurezza)
Dott. Alessandro Spigarelli Geologo	Mandante (geologia)

Studio Tonti via Terminillo, 4 - 06034 Foligno (PG)
Tel.: 0742 615203 Tel. / Fax: 0742 718216 www.tontiarts.it
Email: maurizio.tonti@tiscali.it Pec: maurizio.tonti@archiworldpec.it

.....
(timbrt e firme)

TAVOLA

PROGETTO

OGGETTO

RELAZIONE GEOLOGICA, SISMICA E
CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA
REPORT INDAGINI GEOGNOSTICHE

N.:

B.02.a

SCALA:

1:100

PROCEDIMENTI REVISIONI	REDAZIONE	NOTE	PROCEDIMENTI	REDAZIONE	NOTE
00	18 APRILE 2023	...			
01	21 GIUGNO 2023				

PROVINCIA DI PERUGIA



COMUNE DI FOLIGNO

COMMITTENTE:

COMUNE DI FOLIGNO

OGGETTO

DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE DI UNA PROPRIETÀ COMUNALE, UBICATA IN VIA PIERANTONI A FOLIGNO (PG) F. 156 P. 198, DA DESTINARE ALLA CREAZIONE DI SPAZI DI ACCOGLIENZA E, LA SISTEMAZIONE DI DUE SPAZI CHE SONO IN STRETTA RELAZIONE CON ESSA.

ELABORATO:

- **RELAZIONE GEOLOGICA**
- **RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA**
- **RELAZIONE SISMICA.**

	FOGLIO n. 156 PARTICELLA n. 198
<p>Il Geologo: Dott. Geologo Alessandro Spigarelli</p>   	<p>Il progettista: Arch. Maurizio Tonti.</p>

INDICE:

<i>Premessa.....</i>	<i>3</i>
<i>Quadro normativo.....</i>	<i>3</i>
<i>Inquadramento geografico.....</i>	<i>4</i>
<i>Inquadramento geologico.....</i>	<i>5</i>
<i>Litostratigrafia/Sezione geologica.....</i>	<i>8</i>
<i>Inquadramento idraulico.....</i>	<i>10</i>
<i>Sismicità dell'area.....</i>	<i>15</i>
<i>Analisi elementi di rischio.....</i>	<i>17</i>
<i>Caratterizzazione geofisica.....</i>	<i>18</i>
<i>Rischio macrosismico.....</i>	<i>25</i>
<i>Conclusioni.....</i>	<i>42</i>
<i>Allegato (report indagini geognostiche)</i>	

1. PREMESSA

Su incarico e committenza del Comune di Foligno (PG) è stato redatto è stato eseguito uno studio geologico e di modellazione geotecnica sismica relativo alla: “Demolizione e ricostruzione di una proprietà comunale in abbandono da anni, ubicata in via Pierantonini, da destinare alla creazione di spazi di accoglienza e, la sistemazione di due spazi che sono in stretta relazione con essa.nel Comune di Foligno (PG).

Il presente lavoro è volto ad individuare gli aspetti geomorfologici, idrogeologici e geolitologici dell'area in esame, così da accertare l'idoneità del sito e la compatibilità ambientale alla realizzazione delle opere in progetto.

2. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

La redazione della seguente relazione è stata definita seguendo le disposizioni contenute nelle normative di riferimento di seguito elencate:

- O.P.C.M. 3274 del 20 marzo 2003. “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- O.P.C.M. 3316. “Modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 Marzo 2003”.
- D.M. 21 Ottobre 2003. “Disposizioni attuative dell'art. 2, commi 2, 3 e 4, dell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica»”.
- O.P.C.M. 3519 del 28 aprile 2006. “criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”.
- D.M. 17 Gennaio 2018. “Norme Tecniche per le Costruzioni”. D.M. 17 gennaio NTC 2018.
- Eurocodice EC7.1; EC7.2; EC7.3 per la progettazione geotecnica.
- Eurocodice EC8 per la progettazione delle strutture per la resistenza sismica.

3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area in esame è situata a nord-est del centro storico dell'abitato di Foligno (PG) precisamente in Via Pierantoni e censita al Foglio 156, Particella 198 della mappa catastale del comune di Foligno. Tra le altre cartografie riportiamo la Corografia IGM relativa al Foglio n° 131 della Carta Topografica d'Italia.



Figura 3.1: Ortofoto – Ubicazione dell'area d'intervento 

Di seguito vengono riportate le coordinate geografiche relative al sito in esame, calcolate mediante l'apposito software GeoStru ps:

Coordinate WGS84

Latitudine 42,958246

Longitudine 12,707223

Coordinate ED50

42,959210

12, 708160



Comune di Foligno (PG) F.156 P.198.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

L'area oggetto d'intervento si inserisce in una vasta area pianeggiante, ad una quota topografica che si attesta sui 239 m s.l.m, compresa tra la valle fluviale del Topino e la conoide alluvionale formata dal fiume al suo sbocco nella valle umbra, il quale rappresenta il principale agente morfogenetico locale. La pianura alluvionale, detta anche piana a copertura alluvionale, è caratterizzata da una crescita di tipo verticale dovuta prevalentemente a processi di tracimazione e rotta fluviale che hanno portato alla deposizione di strati sub-orizzontali a geometria lenticolare probabilmente riferibili a singoli eventi alluvionali.

Le pendenze sono dell'ordine dell' $2-2,5\%/1,5^\circ$ verso NO e permettono il deflusso delle acque di precipitazione meteorica e di scorrimento superficiale, attraverso i canali presenti nelle aree urbanizzate e in definitiva verso il collettore principale rappresentato appunto dal Fiume Topino.

Da un punto di vista geologico, l'area oggetto del presente studio si colloca all'interno della pianura della Valle Umbra, vasta area pianeggiante occupata da depositi clastici di origine *fluvio-lacustri* derivanti dal colmamento dell'antico *Lago Tiberino* (Plio – Pleistocene). L'evoluzione sedimentaria del bacino tiberino

è passata da una fase di ambiente lacustre ad una fluvio-lacustre, dovuta alla progressiva chiusura del bacino ed al contemporaneo apporto di materiali ad opera dei corsi d'acqua che vi confluivano. Ciò ha comportato che in gran parte della pianura della Valle Umbra siano presenti sedimenti fluvio-lacustri caratterizzati, per genesi, da estrema variabilità sia laterale che verticale, delle proprietà litologiche e geometriche.

Le unità geologiche che caratterizzano l'area d'intervento, sono riconducibili ad un complesso argilloso-sabbioso-ghiaioso, nel sito in esame prevalentemente ghiaioso sabbiosi:

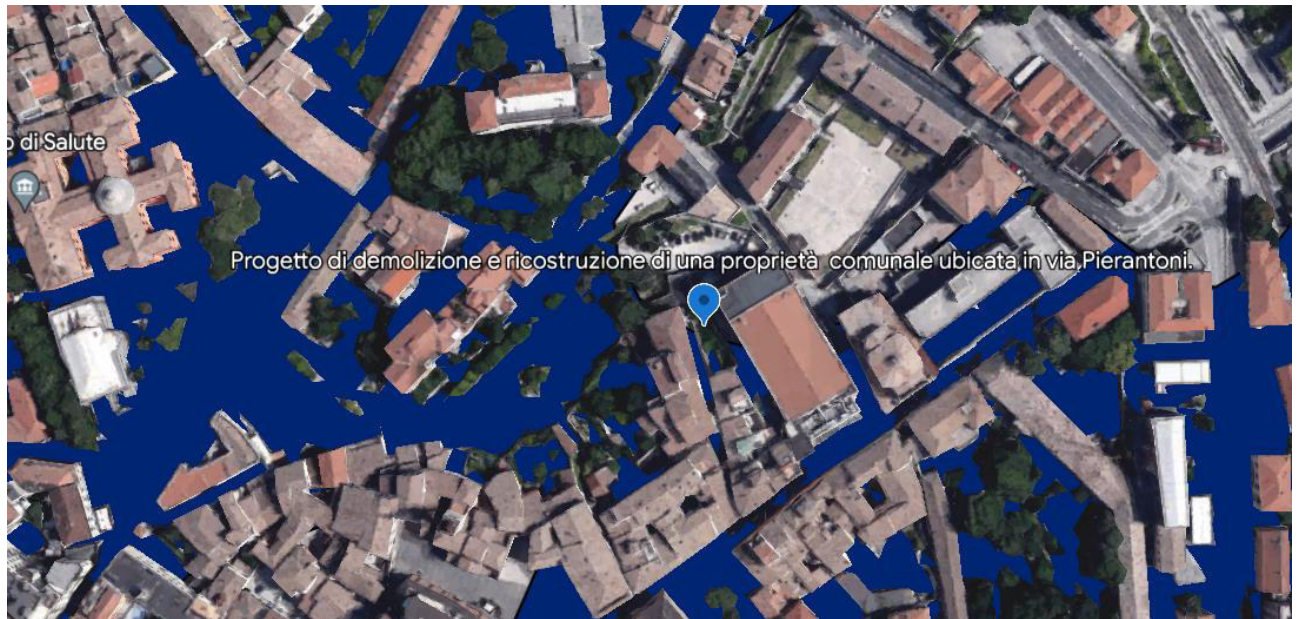
Detriti, alluvioni terrazzate, fluvio-lacustri e fluvio-glaciali (fl'). Argille, Sabbie e Ghiaie eterogenee e caotiche ad elementi delle *formazioni mesozoiche e terziarie (non affioranti nella zona di progetto)*.

Da un punto di vista geomorfologico, la pianura alluvionale, detta anche piana a copertura alluvionale, è caratterizzata da una crescita di tipo verticale dovuta prevalentemente a processi di tracimazione e rotta fluviale che hanno portato alla deposizione di strati sub-orizzontali a geometria lenticolare probabilmente riferibili a singoli eventi alluvionali.

L'attuale assetto geomorfologico dell'area conferma invece l'esistenza di un forte controllo strutturale, che si evince dall'allineamento e dalla direzione dei corsi d'acqua principali alla disposizione delle geometrie dei rilievi collinari. Nello specifico, l'area in studio risulta essere pressoché pianeggiante e stabile, con assenza di fenomeni di dissesto in atto o latenti, come mostra anche la cartografia dell'I.F.F.I. (Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani – TAV. 6).



Carta geologica formato kmz Regione Umbria n.324010 Foligno.

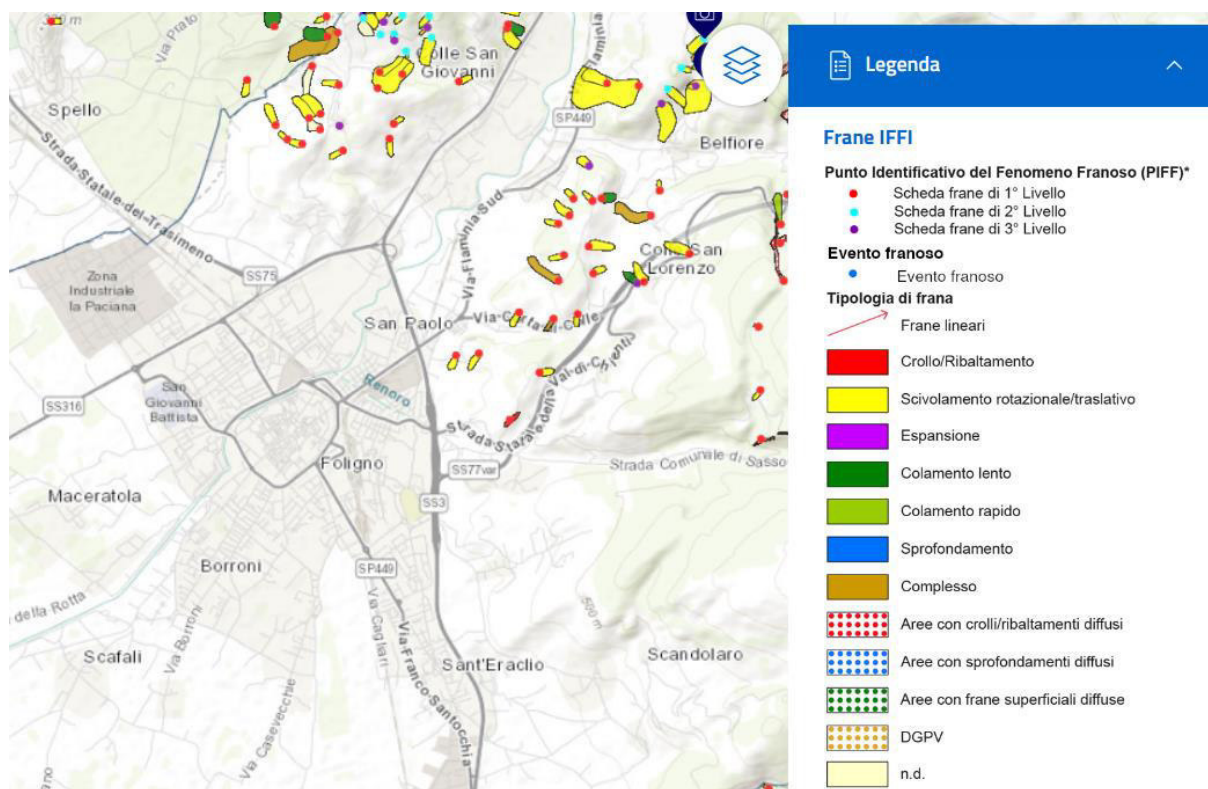


Carta geologica formato kmz Regione Umbria n.324010 Foligno. (Dettaglio zona di studio).

Legenda carta geologica Regione Umbria n. 324010.



Prg Comune di Foligno (PG).



Iffi (rischio geomorfologico Comune di Foligno (PG)).

7. LITOSTRATIGRAFIA DELL'AREA DI SEDIME/SEZIONE GEOLOGICA

Si riportano di seguito la colonna stratigrafica sulla verticale delle prove penetrometriche dinamiche dpm: I dati vengono stimati sulla base delle prove eseguite e modellati secondo la personale esperienza, per tarare modello geologico di sito più attendibile.

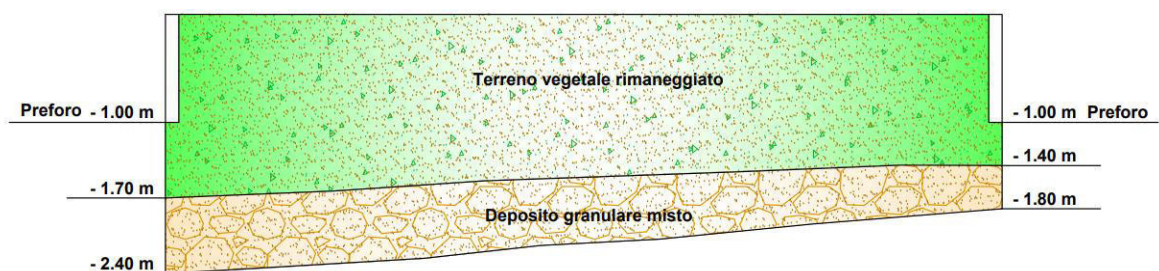
Strato	Profondità	falda	Litotipo	Parametri geotecnici
1	0,0 – 1,70 m da p.c	/	Terreno rimaneggiato / riporto	$\gamma = 1,20-1,30 \text{ (t/m}^3\text{)}$ $\gamma_{\text{sat}} = 1,35-1,40 \text{ (t/m}^3\text{)}$ $E_{\text{ed}} = 20-25 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$ $\phi = 22-24^\circ$ $Dr = 0-5\%$ $Cu = 0,10-0,15 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$
2	1,70 – 2,40 m da p.c. e oltre.	/	Deposito granulare misto	$\gamma = 1,75-1,80 \text{ (t/m}^3\text{)}$ $\gamma_{\text{sat}} = 1,95-2,00 \text{ (t/m}^3\text{)}$ $E_{\text{ed}} = 55-60 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$ $\phi = 30-32^\circ$ $Dr = 25-35\%$ $Cu = 0,15-0,20 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$ $v = 0,30-0,35$

Lo spessore dello strato di riporto/terreno rimaneggiato e relativo è puntuale alle zone dove sono state eseguite le 2 prove penetrometriche dinamiche dpm, tale valore potrebbe variare notevolmente nel sito in esame. Si consiglia in fase di escavazione di verificare lo spessore e se necessario di effettuare un sopralluogo con il sottoscritto per verificare e confermare la corrispondenza del modello geologico stimato, per il piano di posa della fondazione si consiglia di adottare lo strato denominato deposito granulare.



Dpm 2

Dpm 1



5. INQUADRAMENTO IDRAULICO-IDROGEOLOGICO

La rete idrica è costituita dal Fiume Topino, che nel tratto di pianura alluvionale considerato presenta arginature di altezze fino a 3,0-3,5 m.

Nello specifico, l'edificio in oggetto è situato in sinistra idrografica del Fiume Topino, ad una distanza pari a circa 303-305 m dall'argine fluviale.

6.2 Analisi degli elementi di rischio geomorfologico – idrogeologico

Dal rilevamento geomorfologico eseguito e verificate le cartografie regionali relative al rischio di dissesto idrogeologico, le cartografie di pianificazione territoriale si può asserire che il sito in oggetto non risulta inserito in area caratterizzata da movimenti gravitativi attivi e/o quiescenti.

In considerazione del fatto che trattasi di intervento non invasivo dal punto di vista morfologico si può affermare che la realizzazione di quanto in progetto non sarà causa di modifiche alle condizioni di quiescenza idrogeologica preesistenti e che gli esigui interventi strutturali non produrranno aumenti di carichi tali da modificarne le condizioni geomorfologiche esistenti, poiché le condizioni di rischio idrogeologico presenti non verranno alterate, ma bensì verranno prese in considerazioni delle misure di mitigazione da adottare in situazioni di emergenza e di condizioni climatiche a carattere eccezionale.

6.3 Analisi degli elementi di rischio idraulico

Sulla base del presente studio idraulico, risulta che l'area oggetto di studio ricade per intero **nell'unità idrografica del Fiume Tevere** ed è governata **dall'Autorità di Bacino del Fiume Tevere**.

Relativamente all'assetto idraulico il P.A.I. persegue, attraverso le norme d'uso del territorio e la programmazione delle relative azioni, l'obiettivo di conservare, difendere e valorizzare il suolo, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato, garantendo all'area del bacino del Fiume Tevere un livello di sicurezza idraulica adeguato rispetto agli eventi storici e probabili. A tal fine sono state individuate sul territorio tre fasce per il reticolo idrografico principale in cui la disciplina delle attività di trasformazione del suolo è volta al raggiungimento degli obiettivi di assetto.

La modellazione condotta ha portato alla redazione delle “mappe di pericolosità e rischio idraulico nel bacino del Fiume Topino, come nel caso del reticolo principale, sono rappresentate le fasce di esondazione del corso d'acqua per i diversi tempi di ritorno.

La fascia “**A**” è quella corrispondente ad un evento con tempo di ritorno di 50 anni, la fascia “**B**” di 200 anni e la fascia “**C**” di 500 anni. Con il progetto del primo aggiornamento del VI stralcio funzionale l'Autorità di Bacino del Fiume Tevere ha ricompreso nelle cartografie quanto emerso dagli studi del Consorzio della Bonificazione Umbra riferiti al bacino del Fiume Topino.

Esaminata la morfologia dell'area e secondo quanto riportato nel PAI (Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico) risulta che l'area in oggetto ricade in **Fascia idraulica di esondazione B**, che

per definizione comprende le aree di esondazione diretta con tempo di ritorno Tr. 200 anni, classificata come zona a probabilità di inondazione, con rischio elevato R3.



... Geoportale Nazionale ... (minambiente.it) (Rischio di inondazione R3 elevato).

Legenda - Alluvioni - (PGRA_2021) Classi di Rischio

Classi di rischio

- | | |
|---|------------------|
|  | R1_moderato |
|  | R2_medio |
|  | R3_elevato |
|  | R4_molto elevato |



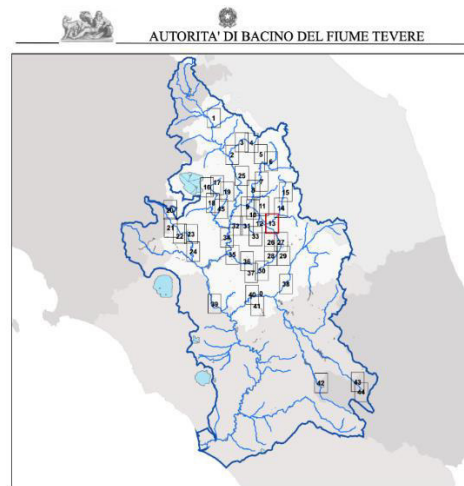
... Geoportale Nazionale ... (minambiente.it) (Pericolosità geologico idraulica Elevata)



... Geoportale Nazionale ... (minambiente.it) (Reticolo idrografico)



Cartografia Tav. Pb13 Rischio geologico idraulico Foligno capoluogo (PG).



PAI - PIANO STRALCIO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO
Primo aggiornamento
luglio 2012

Fasce idrauliche sul reticolo secondario e minore

PAI - PIANO STRALCIO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO
Primo aggiornamento
luglio 2012

Fasce idrauliche sul reticolo secondario e minore

Legenda

Fascia A

 Fascia B

 Fascia C

/// Pai (DPCM 10. XI. 2006)

Tav. PB13 Topino

® Scala 1:10.000

Da un punto di vista geologico, la zona oggetto del presente studio si colloca all'interno della pianura della Valle Umbra, vasta area pianeggiante occupata da depositi clastici di origine fluvio-lacustri derivanti dal colmamento dell'antico Lago Tiberino (Plio – Pleistocene). L'evoluzione sedimentaria del bacino tiberino è passata da una fase di ambiente lacustre ad una fluvio-lacustre, dovuta alla progressiva chiusura del bacino ed al contemporaneo apporto di materiali ad opera dei corsi d'acqua che vi confluivano. Ciò ha comportato che in gran parte della pianura della Valle Umbra siano presenti sedimenti fluvio-lacustri caratterizzati, per genesi, da estrema variabilità sia laterale che verticale, delle proprietà litologiche e geometriche.

Le unità geologiche che caratterizzano l'area d'intervento, sono riconducibili ad un complesso ghiaioso-sabbioso:

Conoide alluvionale: corpo sedimentario costituito da un accumulo di detriti, alluvioni terrazzate, fluviolacustri.

I primi metri di terreno sono dunque costituiti da depositi alluvionali quali terreni ghiaioso-sabbiosi prevalenti, variamente intercalati a livelli limo argillosi.

L'attuale assetto geomorfologico dell'area conferma invece l'esistenza di un forte controllo strutturale, che si evince dall'allineamento e dalla direzione dei corsi d'acqua principali alla disposizione delle geometrie dei rilievi collinari. Nello specifico, l'area in studio risulta essere pressoché pianeggiante e stabile, con assenza di fenomeni di dissesto in atto o latenti, come mostra anche la cartografia dell'I.F.F.I. (Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani)

Da ciò deriva che la categoria topografica del sito in esame risulta essere **T1**: *“superficie pianeggiante con inclinazione media inferiore a 15°, secondo quanto previsto dal DM del 17 gennaio 2018 delle NTC2018”*.

4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Dal punto di vista idrogeologico i terreni della conoide alluvionale del Topino presentano, data la granulometria prevalentemente ghiaiosa, un elevato grado di permeabilità e consentono la formazione di una estesa falda freatica, espressione più superficiale di un sistema idrico di tipo multifalda interconnesso, che nella zona in questione si colloca ad una profondità maggiore di 20 m dal piano campagna (valore altamente variabile nel tempo). Tali depositi di subalveo svolgono un importante ruolo nell'alimentazione della falda contenuta nelle alluvioni della Valle Umbra.

In riferimento alle caratteristiche idrogeologiche dell'area, le indagini effettuate non hanno evidenziato la presenza di falde freatiche superficiali, anche se è da prevedere in periodi di forti apporti meteorici localmente l'eventuale presenza di ristagni idrici superficiali dovuti prevalentemente ai terreni di natura limo argillosa nei livelli superficiali. La permeabilità dei terreni è variabile a seconda della granulometria litologica medio alta ($10^{-3} < K < 10^{-1}$ cm/sec) per i depositi ghiaiosi presenti alla base dei materiali più fini.

5. SISMICITÀ DELL'AREA

Il territorio nazionale è stato classificato, in base all'intensità e frequenza dei terremoti del passato, in diverse zone sismiche. Ciò con l'intento di ridurre gli effetti di un terremoto attraverso l'emanazione di speciali norme tecniche per le costruzioni in quelle zone classificate a rischio sismico. Fino al 2003 il territorio nazionale era classificato in tre categorie sismiche.

Successivamente, in seguito all'emanazione di nuovi criteri per la classificazione sismica del territorio nazionale, basati su studi relativi alla pericolosità sismica del territorio ed in particolare sull'analisi della probabilità che un territorio venga interessato in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni) da un evento che superi una determinata soglia di intensità o magnitudo, sono state introdotte nuove norme. A tal fine il Presidente del Consiglio dei Ministri ha emesso un'Ordinanza (n. 3274 del 20 marzo 2003), nella quale vengono dettati i principi generali sulla base dei quali le Regioni hanno provveduto alla compilazione dell'elenco dei comuni con la relativa attribuzione ad una delle quattro zone nelle quali è stato riclassificato il territorio nazionale.

Zona 1	E' la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti
Zona 2	Nei Comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti
Zona 3	I Comuni inseriti in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti
Zona 4	E' la zona meno pericolosa

(Fonte: Sito del Dipartimento della Protezione Civile - Presidenza del Consiglio dei Ministri)

A ciascuna zona, inoltre, viene attribuito un valore dell'azione sismica utile per la progettazione, espresso in termini di accelerazione massima su roccia (zona 1=0.35g - zona 2=0.25g – zona 3=0.15g – zona 4=0.05g). Nel territorio ricadente nella Zona 4 (che ha sostituito le zone che nella precedente normativa risultavano non classificate) è facoltà delle Regioni prescrivere o meno l'obbligo della progettazione antisismica. In seguito ad un aggiornamento dello studio di pericolosità sismica, recepito nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006, sono stati introdotti degli intervalli di accelerazione (ag), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche.

Zona sismica	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag)
1	$ag > 0.25$
2	$0.15 < ag \leq 0.25$
3	$0.05 < ag \leq 0.15$
4	$ag \leq 0.05$

Suddivisione delle zone sismiche in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido (OPCM 3519/06)

(Fonte: Sito del Dipartimento della Protezione Civile - Presidenza del Consiglio dei Ministri)

In alcune regioni sono state introdotte anche delle sottozone (contraddistinte oltre che dal numero anche da una lettera) al fine di meglio adattare la norma alle effettive caratteristiche sismiche del proprio territorio.

Il sito in oggetto, ricadente nel comune di Foligno, è classificato come **Zona sismica 1**.

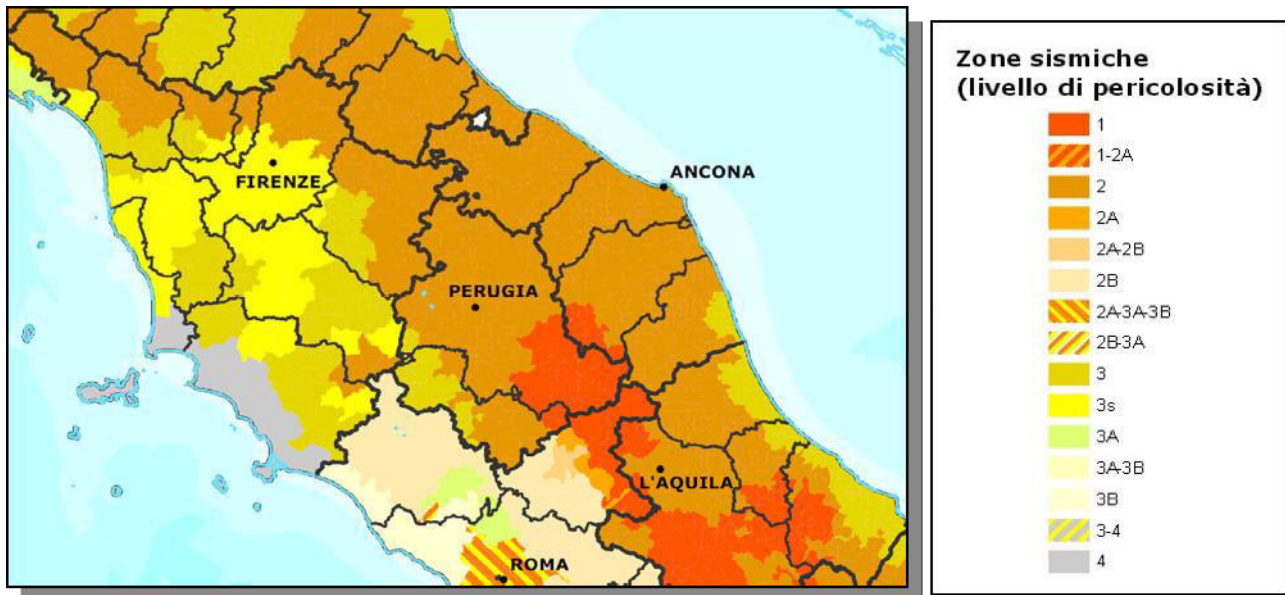


Figura 5.1: Mappa di classificazione sismica al 2012

(Fonte: Sito del Dipartimento della Protezione Civile - Presidenza del Consiglio dei Ministri)

In definitiva ad ogni zona (o sottozona) è attribuito un valore di pericolosità di base, espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido (**ag**).

Ma in seguito all'entrata in vigore delle attuali Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17 gennaio 2018), il valore di tale pericolosità di base non ha più influenza sulla progettazione.

Classificazione sismica

La **classificazione sismica** del territorio nazionale ha introdotto **normative tecniche** specifiche per le costruzioni di edifici, ponti ed altre opere in aree geografiche caratterizzate dal medesimo rischio sismico.

In basso è riportata la **zona sismica** per il territorio di Foligno, indicata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale dell'Umbria n. 1111 del 18 settembre 2012 (BUR n. 47 del 3/10/2012).

Zona sismica 1	Zona con pericolosità sismica alta. Indica la zona più pericolosa dove possono verificarsi fortissimi terremoti.
---------------------------------	---

I criteri per l'aggiornamento della mappa di **pericolosità sismica** sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'**accelerazione orizzontale massima (ag)** su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

<i>Zona sismica</i>	<i>Descrizione</i>	<i>accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [ag]</i>	<i>accelerazione orizzontale massima convenzionale (Norme Tecniche) [ag]</i>	<i>numero comuni con territori ricadenti nella zona (*)</i>
1	Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti.	$0,25 < a_g \leq 0,35 \text{ g}$	0,35 g	740
2	Zona dove possono verificarsi forti terremoti.	$0,15 < a_g \leq 0,25 \text{ g}$	0,25 g	2.367
3	Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari.	$0,05 < a_g \leq 0,15 \text{ g}$	0,15 g	3.014
4	E' la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.	$a_g \leq 0,05 \text{ g}$	0,05 g	1.788

6. ANALISI DEGLI ELEMENTI DI RISCHIO

6.1 Analisi degli elementi di rischio litologico

6.2 Analisi degli elementi di rischio geomorfologico – idrogeologico

Dal rilevamento geomorfologico eseguito e verificate le cartografie regionali relative al rischio di dissesto idrogeologico, le cartografie di pianificazione territoriale (*PAI – IFFI – TAV. 5, TAV. 6*) si può asserire che il sito in oggetto non risulta inserito in area caratterizzata da movimenti gravitativi attivi e/o quiescenti.

In considerazione del fatto che trattasi di intervento non invasivo dal punto di vista morfologico (non sono previsti sbancamenti di rilievo), si può affermare che la realizzazione di quanto in progetto non sarà causa di modifiche alle condizioni di quiescenza idrogeologica preesistenti e che gli esigui movimenti di terra previsti non modificheranno le condizioni geomorfologiche esistenti (consultare relazione di compatibilità idrogeologica).

6.3 Analisi degli elementi di rischio idraulico

Dall'esame delle cartografie ed esaminata la morfologia dell'area si può asserire che il sito in oggetto è ubicato in una zona a rischio di esondazione elevato, fascia fluviale B (consultare relazione di compatibilità idraulica).

6.4 Analisi degli elementi di rischio sismico

L'area in oggetto rientra in Zona sismica 1.

7. CARATTERIZZAZIONE GEOFISICA

In riferimento alle nuove “Norme tecniche per le costruzioni” del D.M. 17 gennaio 2018, che definiscono l'azione sismica di progetto per un qualunque sito, è importante determinare la pericolosità sismica di base del sito oggetto d'intervento, la categoria di sottosuolo attraverso una valutazione delle specifiche caratteristiche geolitologiche e stratigrafiche, la categoria topografica per valutare i fattori stratigrafici e topografici che possono determinare fenomeni di amplificazione.

Parametri sismici - Geostru software - www.geostru.com

Stati limite

Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...

Vita Nominale 50

Interpolazione Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F_o	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	30	0.073	2.402	0.272
Danno (SLD)	50	0.095	2.344	0.279
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.231	2.406	0.313
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.294	2.418	0.325

Periodo di riferimento per l'azione sismica: 50

Coefficienti sismici

Tipo Muri di sostegno NTC 2018

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m) 1 us (m) 0.1

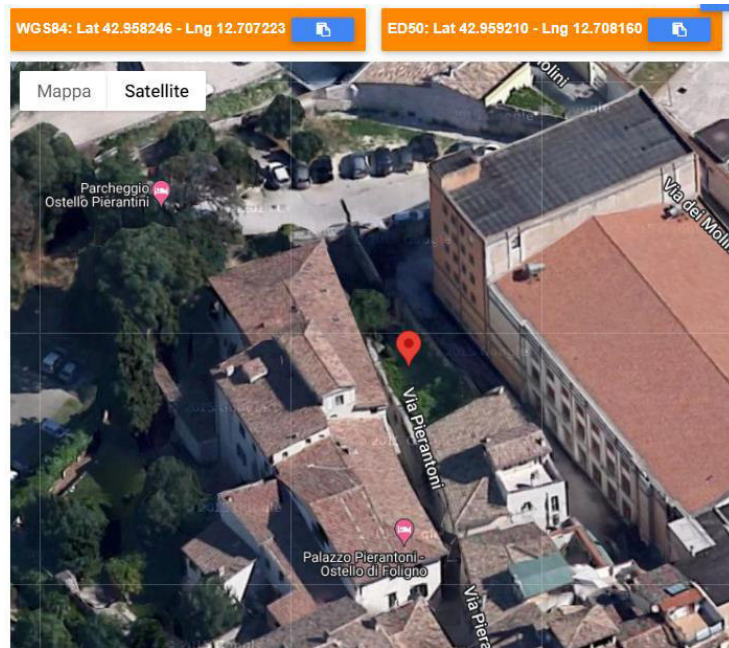
Cat. Sottosuolo B

Cat. Topografica T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,18	1,12
CC Coeff. funz categoria	1,43	1,42	1,39	1,38
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

☐ Acc.ne massima attesa al sito [m/s²] 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.000	0.054	0.104	0.000
kv	--	0.027	0.052	--
Amax [m/s²]	0.858	1.119	2.676	3.231
Beta	--	0.470	0.380	--



Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Opere di sostegno NTC 2018

Sito in esame.

latitudine: 42,9592344140665

longitudine: 12,7081440834307

Classe: 2

Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 23631	Lat: 42,9820	Lon: 12,6699	Distanza: 4009,360
Sito 2	ID: 23632	Lat: 42,9825	Lon: 12,7383	Distanza: 3560,545
Sito 3	ID: 23854	Lat: 42,9325	Lon: 12,7389	Distanza: 3890,831
Sito 4	ID: 23853	Lat: 42,9320	Lon: 12,6707	Distanza: 4299,554

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50anni

Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %

Tr: 30 [anni]

ag:	0,073 g	
Fo:	2,402	
Tc*:	0,272	[s]
Danno (SLD):		
Probabilità di superamento:	63	%
Tr:	50	[anni]
ag:	0,095 g	
Fo:	2,344	
Tc*:	0,279	[s]
Salvaguardia della vita (SLV):		
Probabilità di superamento:	10	%
Tr:	475	[anni]
ag:	0,231 g	
Fo:	2,406	
Tc*:	0,313	[s]
Prevenzione dal collasso (SLC):		
Probabilità di superamento:	5	%
Tr:	975	[anni]
ag:	0,294 g	
Fo:	2,418	
Tc*:	0,325	[s]

Coefficienti Sismici Opere di sostegno NTC 2018

SLO:

Ss:	1,200
Cc:	1,430
St:	1,000
Kh:	0,000
Kv:	0,000
Amax:	0,858
Beta:	0,000

SLD:

Ss:	1,200
-----	-------

Cc: 1,420

St: 1,000

Kh: 0,054

Kv: 0,027

Amax: 1,119

Beta: 0,470

SLV:

Ss: 1,180

Cc: 1,390

St: 1,000

Kh: 0,104

Kv: 0,052

Amax: 2,676

Beta: 0,380

SLC:

Ss: 1,120

Cc: 1,380

St: 1,000

Kh: 0,000

Kv: 0,000

Amax: 3,231

Beta: 0,000

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Geostru

Coordinate WGS84

latitudine: 42.958270

longitudine: 12.707207

Il parametro della **ag attesa** è risultato = **0.231 g** Poiché tale valore di accelerazione sismica orizzontale **ag** si riferisce al *bedrock*, per definire il valore di **ag** in superficie si calcola inizialmente il fattore stratigrafico Ss caratteristico dell'area secondo il NTC 2018 D.M. 17/01/2018 da cui si avrà:

$$1,00 \leq Ss = 1,40 - (0,40 \bullet Fo \bullet ag/g) \leq 1,20 \quad (4.1)$$

dove:

Fo = Fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2; per il sito oggetto di studio tale valore, calcolato mediante l'utilizzo di apposito software, risulta pari a **2.406**;

ag/g = accelerazione orizzontale del sito, con tempo di ritorno pari a 475 anni/accelerazione di gravità;

SS = Coefficiente di amplificazione stratigrafica o fattore stratigrafico, calcolato tramite la relazione (4.1); per il sito oggetto di studio risulta pari a **1.178**

Successivamente, sulla base delle condizioni topografiche del sito studiato, si ricava il fattore topografico ST dalla seguente tabella:

Categoria topografica Ubicazione opera/intervento ST

T1 Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$ **1.0**

T2 Pendii con inclinazione media $> 15^\circ$ **1.2**

T3 Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$ **1.2**

T4 Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $> 30^\circ$ **1.4**

Per l'area studiata, appartenente alla categoria topografica T1, si ottiene un fattore topografico

ST pari a 1.0.

In base a tali valori del fattore stratigrafico SS e del fattore topografico ST si procede al calcolo dell'accelerazione massima orizzontale **Agmax**:

$$A_{gmax} = S_s \bullet a_g = 1.178 \bullet 0.231 \text{ g} = 0.272 \text{ g}$$

I valori di accelerazione massima al suolo **A_{max}** sono riassunti nella seguente tabella:

sito:	S _s	A _{max} (g) al suolo	A _{max} (m/sec ²)
Foligno (PG)	1,178	0,272	2,66

Tab. 7.1 – Valori di accelerazione orizzontale massima in superficie A_{max} attesa al suolo

Dal valore nominale di accelerazione massima **A_{max}** attesa a_g (g) si trasforma ad a_g (m/sec²) moltiplicando per 9.81.

7.1 Categoria di sottosuolo

In base a quanto attualmente esposto delle “Norme tecniche per le costruzioni” del D.M. 17 gennaio 2018, è necessario determinare le azioni sismiche di progetto tramite specifiche analisi di sito o mediante un approccio semplificato che si basa sul calcolo della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio (V_{s,eq}) partendo dal piano di posa delle fondazioni.

Il valore di V_{s,eq} (in m/s) viene calcolato secondo la seguente espressione:

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

dove h_i e V_{s,i} indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio γ < 10⁻⁶) dello strato i-esimo, per un totale di N strati presenti al disopra del substrato sismico (con V_s > 800m/s), fino ad un H massimo di 30 m (V_{s30}).

Ai fini della definizione delle azioni sismiche, secondo le nuove “**Norme Tecniche per il progetto sismico di opere di fondazione e di sostegno dei terreni**”, evidenziando che i profili indagati hanno un lineare incremento delle caratteristiche meccaniche con la profondità e l'assenza di bedrock sismico entro i primi 30 metri di profondità dal p.c., **è consentito assegnare la categoria di Sottosuolo B (indagine masw).**

7.2 Coefficiente topografico

Per valutare i fattori stratigrafici e topografici che possono determinare fenomeni di amplificazione si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella Tab. 7.2/a, in funzione delle categorie topografiche definite in Tab. 7.2/b e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

La vigente normativa sismica prevede che, in tali condizioni morfologiche venga adottato:

$$S_T = 1.0$$

Tabella 7.2/a – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	<i>Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$</i>
T2	<i>Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$</i>
T3	<i>Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$</i>
T4	<i>Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$</i>

Tabella 7.2/b – *Valori del coefficiente di amplificazione topografica S_T*

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	---	1.0
T2	<i>In corrispondenza della sommità del pendio</i>	1.2
T3	<i>In corrispondenza della cresta del rilievo</i>	1.2
T4	<i>In corrispondenza della cresta del rilievo</i>	1.4

Il sito in esame è dunque ubicato in corrispondenza di una superficie pianeggiante con inclinazione media inferiore a 15° e pertanto, in base a quanto previsto dal DM del 17 gennaio 2018, l'area può essere classificata nella seguente categoria topografica:

Categoria topografica “T1”

1 PREMESSA

Per valutare se un'opera strutturale è sicura bisogna far riferimento a degli *stati limite*, che possono verificarsi durante un determinato *periodo di riferimento* della stessa opera. Quindi per poter stimare l'azione sismica che dovrà essere utilizzata nelle verifiche agli stati limite o nella progettazione, bisognerà stabilire:

- in primo luogo la *vita nominale* dell'opera, che congiuntamente alla *classe d'uso*, permette di determinare il *periodo di riferimento*;
- una volta definito il periodo di riferimento e i diversi stati limite da considerare, dopo aver definito le relative *probabilità di superamento* è possibile stabilire il *periodo di ritorno* associato a ciascun stato limite;
- a questo punto è possibile definire la **pericolosità sismica di base** per il sito interessato alla realizzazione dell'opera, facendo riferimento agli studi condotti sul territorio nazionale dal Gruppo di Lavoro 2004 nell'ambito della convenzione-progetto S1 DPC-INGV 2004-2006 e i cui risultati sono stati promulgati mediante l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) 3519/2006.

2 VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

Nel **DM 17 gennaio 2018**-Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» il periodo di riferimento, che non può essere inferiore a 35 anni, è dato dalla seguente relazione:

$$V_R = V_N \cdot C_U \quad (2.1)$$

dove:

V_R = periodo di riferimento

V_N = vita nominale

C_U = coefficiente d'uso

La vita nominale di un'opera strutturale V_N , secondo le NTC 2018, è definita come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata e viene definita attraverso tre diversi valori, a seconda dell'importanza dell'opera e perciò delle esigenze di durabilità.

I valori minimi di V_N da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. 2.1. Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.

Tab. 2.1 – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Nel caso specifico $V_N = 50$ anni.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso. Le NTC 2018 prevedono quattro classi d'uso a ciascuna delle quali è associato un valore del coefficiente d'uso:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli. $C_U = 0.7$;

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso *III* o in Classe d'uso *IV*, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti. $C_U = 1.0$;

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso *IV*. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso. $C_U = 1.5$;

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica. $C_U = 2.0$;

Nel caso in esame viene presa in considerazione la **classe d'uso II** a cui è associato il coefficiente d'uso $C_U = 1$.

Ricavati i valori di V_N e C_U , è possibile calcolare il periodo di riferimento V_R , che qui vale:

$$V_R = 50 * 1 = 50 \text{ anni.}$$

3 STATI LIMITE, PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO E PERIODO DI RITORNO

Le NTC 2018 prendono in considerazione 4 possibili *stati limite* (SL) individuati facendo riferimento alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti: due sono *stati limite di esercizio* (SLE) e due sono *stati limite ultimi* (SLU). Uno stato limite è una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per la quale è stata progettata.

Più in particolare le opere e le varie tipologie strutturali devono essere dotate di capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (sicurezza nei confronti di SLE) e di capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e di dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone o comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera (sicurezza nei confronti di SLU).

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività** (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno** (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita** (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso** (SLC): a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Ad ogni stato limite è associata una *probabilità di superamento* P_{VR} (Tabella 3.1), ovvero la probabilità che, nel periodo di riferimento V_R , si verifichi almeno un evento sismico ($n \geq 1$) di a_g prefissata (a_g = accelerazione orizzontale massima del suolo) avente frequenza media annua di ricorrenza $\lambda = 1/T_R$ (T_R = periodo di ritorno).

Tabella 3.1- Stati limite e rispettive probabilità di superamento, nel periodo di riferimento V_R

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	$P_{VR} = 81\%$
Stato limite di esercizio: danno	SLD	$P_{VR} = 63\%$
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	$P_{VR} = 10\%$
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	$P_{VR} = 5\%$

Fissati V_R e P_{VR} associata ad ogni stato limite, è possibile calcolare il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R , espresso in anni, mediante l'espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} \quad (3.1)$$

Tale relazione tra P_{VR} (probabilità) e T_R (statistica) risulta biunivoca poiché utilizza la distribuzione discreta Poissoniana.

Poiché è $V_R = 50$ anni, il tempo di ritorno T_R sarà:

Tabella 3.2- Stati limite e rispettivi tempi di ritorno, nel periodo di riferimento V_R

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	$T_R = 30$
Stato limite di esercizio: danno	SLD	$T_R = 50$
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	$T_R = 475$
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	$T_R = 975$

4 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

La pericolosità sismica di base, cioè le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di interesse, nelle NTC 2018, per una determinata probabilità di superamento, si può ritenere definita quando vengono designati un'accelerazione orizzontale massima (a_g) ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione, riferiti ad un suolo rigido e ad una superficie topografica orizzontale.

Per poter definire la pericolosità sismica di base le NTC 2018 si rifanno ad una procedura basata sui risultati disponibili anche sul sito web dell'INGV <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>, nella sezione "Mappe interattive della pericolosità sismica".

Secondo le NTC 2018 le forme spettrali sono definite per 9 differenti periodi di ritorno T_R (30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni) a partire dai valori dei seguenti parametri riferiti a terreno rigido orizzontale, cioè valutati in condizioni ideali di sito, definiti nell'**Allegato A** alle NTC08:

a_g = accelerazione orizzontale massima;

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

T_C^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I tre parametri si ricavano per il 50° percentile ed attribuendo a:

a_g , il valore previsto dalla pericolosità sismica S1

F_0 e T_C^* i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC08 scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica S1 (il minimo è ottenuto ai minimi quadrati, su valori normalizzati).

I valori di questi parametri vengono forniti in tabella (Tabella 4.1), contenuta nell'Allegato B delle NTC08 (a cui le NTC 2018 fanno riferimento), per i 10751 punti di un reticolo di riferimento in cui è suddiviso il territorio nazionale, identificati dalle coordinate geografiche longitudine e latitudine.

Tabella 4.1- Stralcio della tabella contenuta nell'Allegato B delle NTC08, che fornisce i 3 parametri di pericolosità sismica, per diversi periodi di ritorno e per ogni nodo del reticolo che viene identificato da un ID e dalle coordinate geografiche.

ID	LON	LAT	$T_R = 30$			$T_R = 50$			$T_R = 72$			$T_R = 101$		
			a_g	F_0	T_C^*	a_g	F_0	T_C^*	a_g	F_0	T_C^*	a_g	F_0	T_C^*
13111	6.5448	45.1340	0.263	2.500	0.180	0.340	2.510	0.210	0.394	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13333	6.5506	45.0850	0.264	2.490	0.180	0.341	2.510	0.210	0.395	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13555	6.5564	45.0350	0.264	2.500	0.180	0.340	2.510	0.200	0.393	2.550	0.220	0.466	2.500	0.240
13777	6.5621	44.9850	0.263	2.500	0.180	0.338	2.520	0.200	0.391	2.550	0.220	0.462	2.510	0.240
12890	6.6096	45.1880	0.284	2.460	0.190	0.364	2.510	0.210	0.431	2.500	0.220	0.509	2.480	0.240
13112	6.6153	45.1390	0.286	2.460	0.190	0.366	2.510	0.210	0.433	2.500	0.220	0.511	2.480	0.240
13334	6.6210	45.0890	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.434	2.500	0.220	0.511	2.490	0.240
13556	6.6268	45.0390	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.433	2.510	0.220	0.510	2.490	0.240
13778	6.6325	44.9890	0.288	2.460	0.190	0.366	2.520	0.210	0.430	2.510	0.220	0.507	2.500	0.240
14000	6.6383	44.9390	0.286	2.470	0.190	0.363	2.520	0.210	0.426	2.520	0.220	0.502	2.500	0.240
14222	6.6439	44.8890	0.284	2.470	0.190	0.360	2.530	0.210	0.421	2.530	0.220	0.497	2.500	0.240
12891	6.6803	45.1920	0.306	2.430	0.200	0.389	2.500	0.210	0.467	2.470	0.230	0.544	2.490	0.230
10228	6.6826	45.7940	0.283	2.420	0.200	0.364	2.460	0.220	0.430	2.460	0.240	0.505	2.440	0.250
13113	6.6860	45.1430	0.309	2.430	0.200	0.391	2.510	0.210	0.470	2.470	0.230	0.546	2.490	0.230
10450	6.6885	45.7450	0.278	2.440	0.200	0.356	2.480	0.220	0.415	2.500	0.230	0.485	2.470	0.250
13335	6.6915	45.0930	0.310	2.430	0.200	0.392	2.510	0.210	0.470	2.480	0.230	0.546	2.500	0.230
10672	6.6942	45.6950	0.275	2.450	0.200	0.351	2.490	0.210	0.406	2.520	0.230	0.475	2.490	0.250
13557	6.6973	45.0430	0.311	2.440	0.200	0.392	2.520	0.210	0.469	2.480	0.230	0.545	2.500	0.230
13779	6.7029	44.9930	0.310	2.440	0.200	0.391	2.520	0.210	0.467	2.480	0.230	0.543	2.500	0.230

Qualora la pericolosità sismica del sito sul reticolo di riferimento non consideri il periodo di ritorno T_R corrispondente alla V_R e P_{VR} fissate, il valore del generico parametro p ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione (Figura 4.1), a partire dai dati relativi ai tempi di ritorno previsti nella pericolosità di base, utilizzando la seguente espressione dell'Allegato A alle NTC08:

$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1} \quad (4.1)$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (a_g, F_0, T_C^*) corrispondente al periodo di ritorno T_R desiderato, mentre $p_1, 2$ è il valore di tale parametro corrispondente al periodo di ritorno $T_{R1, 2}$.

Per un qualunque punto del territorio non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri p possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando l'espressione dell'Allegato A alle NTC08:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 p_i d_i}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}} \quad (4.2)$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (a_g, F_o, T_C^*) corrispondente al punto considerato, p_i è il valore di tale parametro nell' i -esimo vertice della maglia elementare contenente il punto in esame e d_i è la distanza del punto in esame dall' i -esimo vertice della suddetta maglia.

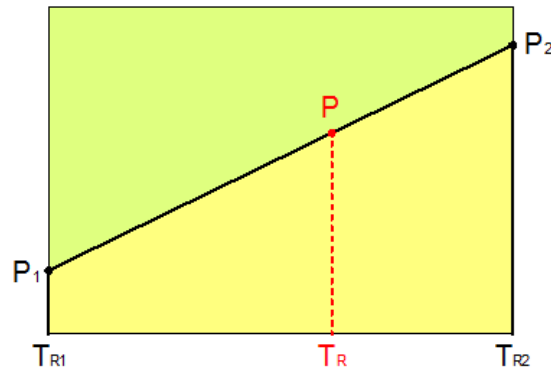


Figura 4.1 - Interpolazione dei periodi di ritorno, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC08.

La procedura per interpolare le coordinate geografiche è schematizzata nella Figura 4.2

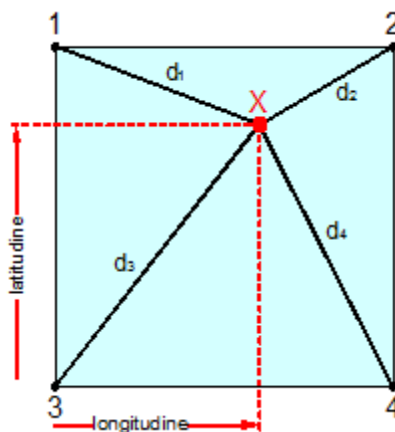


Figura 4.2 - Interpolazione delle coordinate geografiche, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC08.

Pertanto per poter procedere all'interpolazione delle coordinate geografiche, in accordo alla procedura delle NTC08, bisogna calcolare le distanze che intercorrono tra i 4 punti del reticolo e il punto di interesse. Questo calcolo può essere eseguito approssimativamente utilizzando le formule della trigonometria sferica, che danno la distanza geodetica tra due punti, di cui siano note le coordinate geografiche. Utilizzando quindi il teorema di Eulero, la distanza d tra due punti, di cui siano note latitudine e longitudine, espresse però in radianti, si ottiene dall'espressione seguente:

$$d = R \cdot \arccos[\sin(\text{lat}\beta) \cdot \sin(\text{lat}\alpha) + \cos(\text{lat}\beta) \cdot \cos(\text{lat}\alpha) \cdot \cos(\text{lon}\alpha - \text{lon}\beta)] \quad (4.3)$$

dove $R = 6371$ è il raggio medio terrestre in km, mentre $\text{lat}\alpha$, $\text{lon}\alpha$, $\text{lat}\beta$ e $\text{lon}\beta$ sono la latitudine e la longitudine, espresse in radianti, di due punti A e B di cui si vuole calcolare la distanza.

La formula di interpolazione sopra proposta, semplice da usare, presenta però l'inconveniente di condurre a valori di pericolosità lievemente diversi per punti affacciati ma appartenenti a maglie contigue. La modestia delle differenze (scostamenti in termini di PGA dell'ordine di $\pm 0,01g$ ossia della precisione dei dati) a fronte della semplicità d'uso, rende tale stato di cose assolutamente accettabile.

Qualora si vogliano rappresentazioni continue della funzione interpolata, si dovrà ricorrere a metodi di interpolazione più complessi, ad esempio i polinomi di Lagrange.

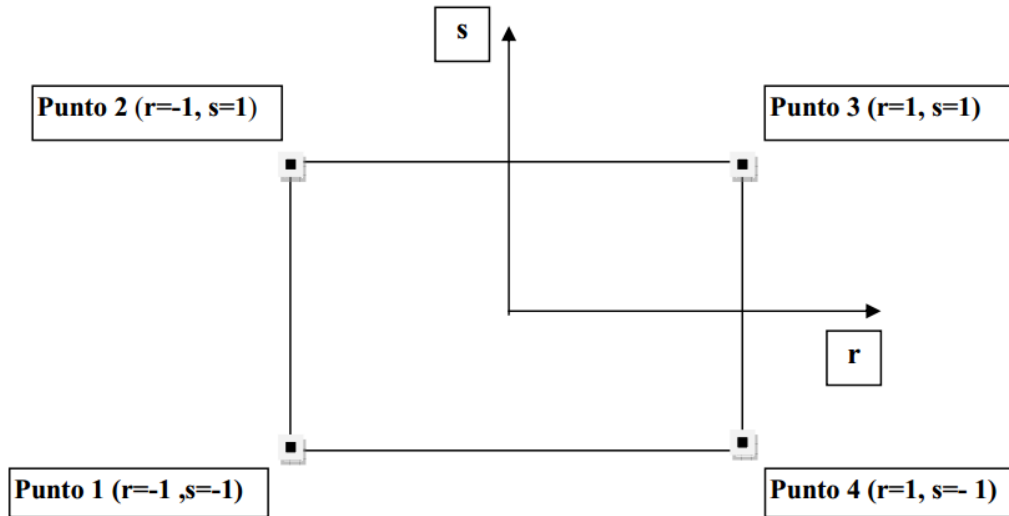


Figura 4.3 - Applicazione dell'interpolazione bilineare.

Definiti i 4 vertici di una generica maglia i polinomi di Lagrange sono così determinati:

$$h_1 = (1-r) \cdot (1-s)/4 \quad (4.4)$$

$$h_2 = (1-r) \cdot (1+s)/4 \quad (4.5)$$

$$h_3 = (1+r) \cdot (1+s)/4 \quad (4.6)$$

$$h_4 = (1+r) \cdot (1-s)/4 \quad (4.7)$$

Tra le coordinate x, y di un punto generico e le coordinate r, s dello stesso punto valgono le seguenti relazioni:

$$4x = \sum_{i=1}^4 h_i \cdot x_i = [(1-r) \cdot (1-s) \cdot x_1 + (1-r) \cdot (1+s) \cdot x_2 + (1+r) \cdot (1+s) \cdot x_3 + (1+r) \cdot (1-s) \cdot x_4] \quad (4.8)$$

$$4y = \sum_{i=1}^4 h_i \cdot y_i = [(1-r) \cdot (1-s) \cdot y_1 + (1-r) \cdot (1+s) \cdot y_2 + (1+r) \cdot (1+s) \cdot y_3 + (1+r) \cdot (1-s) \cdot y_4] \quad (4.9)$$

La soluzione del sistema di equazioni non lineari è ottenuta iterativamente e, tramite i valori di r ed s , si determinano i parametri a_g, F_0, T_c^* dall'equazione:

$$4p = \sum_{i=1}^4 h_i \cdot p_i = [(1-r) \cdot (1-s) \cdot p_1 + (1-r) \cdot (1+s) \cdot p_2 + (1+r) \cdot (1+s) \cdot p_3 + (1+r) \cdot (1-s) \cdot p_4] \quad (4.10)$$

Dove p rappresenta il parametro cercato.

5 Pericolosità sismica di sito

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Per la singola opera o per il singolo sistema geotecnico la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti,

rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A, definito al § 3.2.2).

5.1 Coefficienti sismici

I coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v dipendono del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi e del tipo di opera da calcolare. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno (T_R) dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} \quad (5.1)$$

Con V_R vita di riferimento della costruzione e P_{VR} probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso V_R non può essere inferiore a 35 anni.

5.2 Stabilità dei pendii e fondazioni

Nel caso di stabilità dei pendii i coefficienti k_h e k_v sono così determinati:

$$k_h = \beta_s \cdot \left(\frac{a_{\max}}{g} \right) \quad (5.2)$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h \quad (5.3)$$

Con

β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{\max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

I valori di β_s sono riportati nella tabella 5.1.

Tabella 5.1- Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0.2 < a_g(g) \leq 0.4$	0.30	0.28
$0.1 < a_g(g) \leq 0.2$	0.27	0.24
$a_g(g) \leq 0.1$	0.20	0.20

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa al sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{\max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (5.4)$$

S_s (effetto di amplificazione stratigrafica) ($0.90 \leq S_s \leq 1.80$) è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E), e del rapporto a_g/g . S_T (effetto di amplificazione topografica), varia con il variare delle quattro categorie topografiche:

T1: $S_T = 1.0$; **T2:** $S_T = 1.20$; **T3:** $S_T = 1.20$; **T4:** $S_T = 1.40$.

5.3 Fronti scavo e rilevati

Il comportamento in condizioni sismiche dei fronti di scavo e dei rilevati può essere analizzato con gli stessi metodi impiegati per i pendii naturali; specificamente mediante metodi pseudostatici, metodi degli spostamenti e metodi avanzati di analisi dinamica.

Nei metodi pseudostatici l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile. Le componenti orizzontale e verticale di tale forza devono essere ricavate in funzione delle proprietà del moto atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e della capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza.

In mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale della forza statica equivalente possono esprimersi come

$$F_h = k_h \cdot W \text{ ed } F_v = k_v \cdot W$$

con k_h e k_v rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale definiti nel § 7.11.3.5.2 e adottando i seguenti valori del coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito:

$\beta_s = 0.38$ nelle verifiche dello stato limite ultimo (SLV)

$\beta_s = 0.47$ nelle verifiche dello stato limite di esercizio (SLD).

Nelle verifiche di sicurezza si deve controllare che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni (condizione [6.2.1]) impiegando lo stesso approccio di cui al § 6.8.2 per le opere di materiali sciolti e fronti di scavo, ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici (§ 7.11.1) e impiegando le resistenze di progetto calcolate con un coefficiente parziale pari a $\gamma_R = 1.2$.

Si deve inoltre tener conto della presenza di manufatti interagenti con l'opera.

5.4 Muri di sostegno

Per i muri di sostegno pendii i coefficienti k_h e k_v sono così determinati:

$$k_h = \beta_m \cdot \left(\frac{a_{\max}}{g} \right) \quad (5.5)$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h \quad (5.6)$$

Con:

β_m coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito, per i muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno assume valore unitario altrimenti assume i valori riportati di seguito.

$\beta_m = 0.38$ nelle verifiche allo stato limite ultimo (SLV)

$\beta_m = 0.47$ nelle verifiche allo stato limite di esercizio (SLD).

I valori del coefficiente β_m possono essere incrementati in ragione di particolari caratteristiche prestazionali del muro, prendendo a riferimento il diagramma di in Figura 5.2.

a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{\max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (5.7)$$

S è il coefficiente comprendente l'effetto di amplificazione stratigrafica S_S e di amplificazione topografica S_T .

a_g accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

5.5 Paratie

In mancanza di studi specifici, a_h (accelerazione orizzontale) può essere legata all'accelerazione di picco a_{\max} attesa nel volume di terreno significativo per l'opera mediante la relazione:

$$a_h = k_h \cdot g = \alpha \cdot \beta \cdot a_{\max} \quad (5.8)$$

dove:

g è l'accelerazione di gravità;

k_h è il coefficiente sismico in direzione orizzontale;

$\alpha \leq 1$ è un coefficiente che tiene conto della deformabilità dei terreni interagenti con l'opera. Può essere ricavato a partire dall'altezza complessiva **H** della paratia e dalla categoria di sottosuolo mediante il diagramma in Figura 5.1:

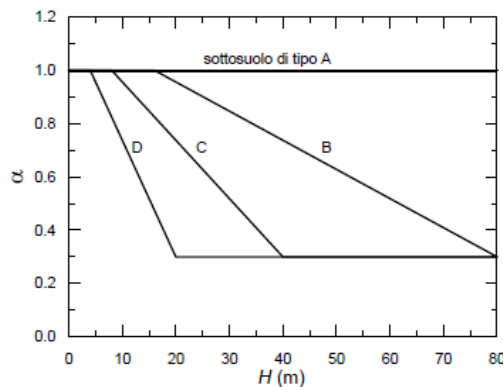


Figura 5.1 - Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità α .

Per il sottosuolo di categoria E si utilizzano le curve dei sottosuoli C o D in dipendenza dei valori assunti dalla velocità equivalente V_s . Per la valutazione della spinta nelle condizioni di equilibrio limite passivo deve porsi $\alpha = 1$.

Il valore del coefficiente β può essere ricavato dal diagramma riportato in Figura 5.2, in funzione del massimo spostamento u_s che l'opera può tollerare senza riduzioni di resistenza.

Per $u_s = 0$ si ha $\beta = 1$; $u_s \leq 0.005 \cdot H$

Se $\alpha \cdot \beta \leq 0.2$ deve assumersi $k_h = 0.2 \cdot a_{\max} / g$

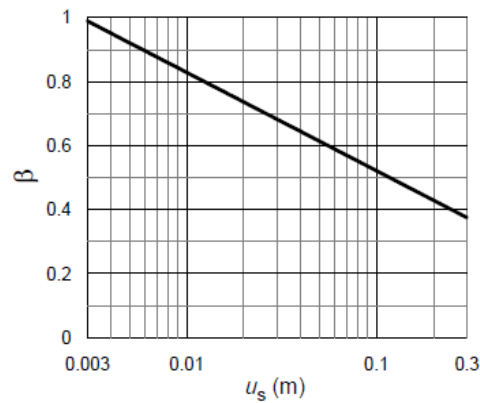


Figura 5.2 - Diagramma per la valutazione del coefficiente di spostamento β .

L'accelerazione di picco a_{\max} è valutata mediante un'analisi di risposta sismica locale, ovvero come

$$a_{\max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (5.9)$$

dove:

S è il coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T), di cui al § 3.2.3.2;

a_g è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

PERICOLOSITÀ SISMICA

Data: 08/06/2023

Vita nominale (V_n): 50 [anni]
 Classe d'uso: II
 Coefficiente d'uso (C_u): 1
 Periodo di riferimento (V_r): 50 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 42,9580002 [°]
 Longitudine (WGS84): 12,7069998 [°]
 Latitudine (ED50): 42,9589653 [°]
 Longitudine (ED50): 12,7079372 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	23631	42,982000	12,669930	4015,40

2	23632	42,982460	12,738270	3593,93
3	23854	42,932460	12,738920	3878,84
4	23853	42,931990	12,670660	4266,46

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,072	2,404	0,272
SLD	50	0,094	2,340	0,278
	72	0,111	2,340	0,283
	101	0,128	2,338	0,287
	140	0,146	2,345	0,291
	201	0,168	2,358	0,295
SLV	475	0,230	2,405	0,312
SLC	975	0,292	2,422	0,323
	2475	0,391	2,408	0,338

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,074	2,394	0,273
SLD	50	0,097	2,339	0,280
	72	0,113	2,345	0,285
	101	0,131	2,333	0,288
	140	0,150	2,335	0,293
	201	0,172	2,348	0,298
SLV	475	0,235	2,407	0,314
SLC	975	0,298	2,412	0,326
	2475	0,394	2,425	0,341

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,074	2,399	0,273
SLD	50	0,096	2,344	0,280
	72	0,112	2,350	0,285
	101	0,130	2,340	0,289
	140	0,149	2,342	0,294
	201	0,171	2,349	0,299
SLV	475	0,234	2,406	0,314
SLC	975	0,297	2,413	0,327
	2475	0,394	2,418	0,342

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,071	2,414	0,272

Geologo Alessandro Spigarelli

SLD	50	0,093	2,353	0,279
	72	0,109	2,344	0,283
	101	0,126	2,347	0,287
	140	0,144	2,354	0,291
	201	0,166	2,360	0,296
SLV	475	0,226	2,407	0,312
SLC	975	0,288	2,427	0,324
	2475	0,385	2,412	0,338

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,073	2,402	0,272
SLD	50	0,095	2,344	0,279
SLV	475	0,231	2,406	0,313
SLC	975	0,294	2,418	0,325

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITOCoefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1,000

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica:

T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

Muri di sostegno NTC 2008

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,016	0,021	0,085	0,102
kv	0,008	0,010	0,042	0,051
amax [m/s ²]	0,858	1,119	2,675	3,231
Beta	0,180	0,180	0,310	0,310

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,087	0,114	0,273	0,329
kv	0,044	0,057	0,136	0,165
amax [m/s ²]	0,858	1,119	2,675	3,231
Beta	1,000	1,000	1,000	1,000

Paratie NTC 2008

Altezza paratia (H): 1,0 [m]

Spostamento ammissibile us: 0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,057	0,074	0,177	0,214
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0,858	1,119	2,675	3,231
Beta	0,650	0,650	0,650	0,650

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,017	0,023	0,076	0,092
kv	0,009	0,011	0,038	0,046
amax [m/s ²]	0,858	1,119	2,675	3,231
Beta	0,200	0,200	0,280	0,280

Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,054	0,104	--
kv	--	0,027	0,052	--
amax [m/s ²]	0,858	1,119	2,675	3,231
Beta	--	0,470	0,380	--

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,054	0,104	--
kv	--	0,027	0,052	--

amax [m/s ²]	0,858	1,119	2,675	3,231
Beta	--	0,470	0,380	--

Paratie NTC 2018

Altezza paratia (H):

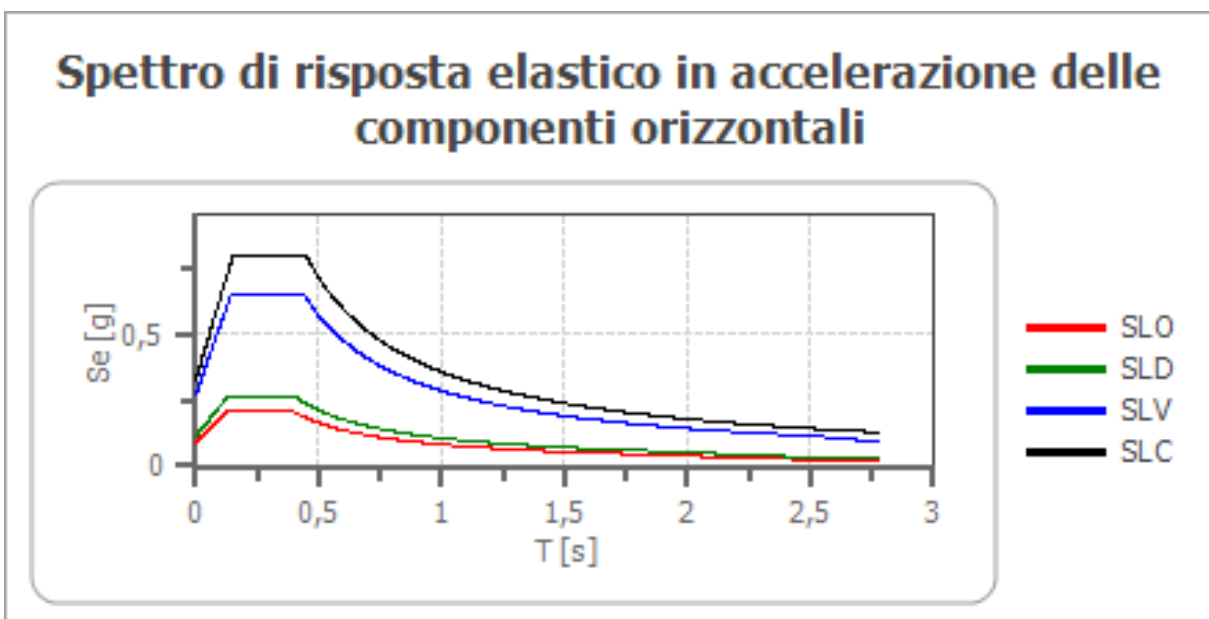
1,0 [m]

Spostamento ammissibile us:

0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,068	0,089	0,212	0,256
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0,858	1,119	2,675	3,231
Beta	0,776	0,776	0,776	0,776

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(T B) [g]
SLO	1,0	0,07 3	2,40 2	0,27 2	1,20 0	1,43 0	1,00 0	1,20 0	1,00 0	0,13 0	0,39 0	1,89 2	0,08 7	0,21 0
SLD	1,0	0,09 5	2,34 4	0,27 9	1,20 0	1,42 0	1,00 0	1,20 0	1,00 0	0,13 2	0,39 7	1,98 0	0,11 4	0,26 7
SLV	1,0	0,23 1	2,40 6	0,31 3	1,18 0	1,39 0	1,00 0	1,18 0	1,00 0	0,14 5	0,43 5	2,52 5	0,27 3	0,65 6
SLC	1,0	0,29 4	2,41 8	0,32 5	1,12 0	1,38 0	1,00 0	1,12 0	1,00 0	0,15 0	0,44 9	2,77 7	0,32 9	0,79 7

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

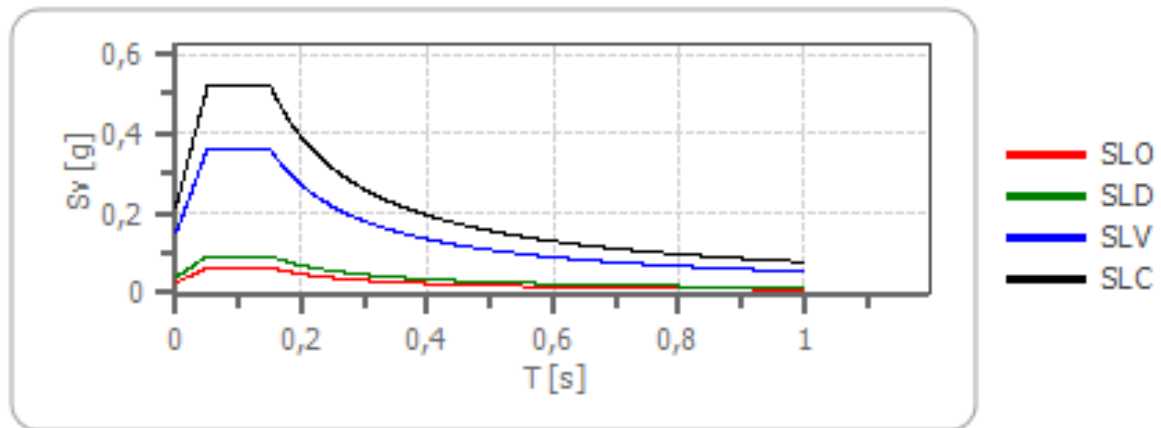
Coefficiente di smorzamento viscoso ξ:

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$:

1,000

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



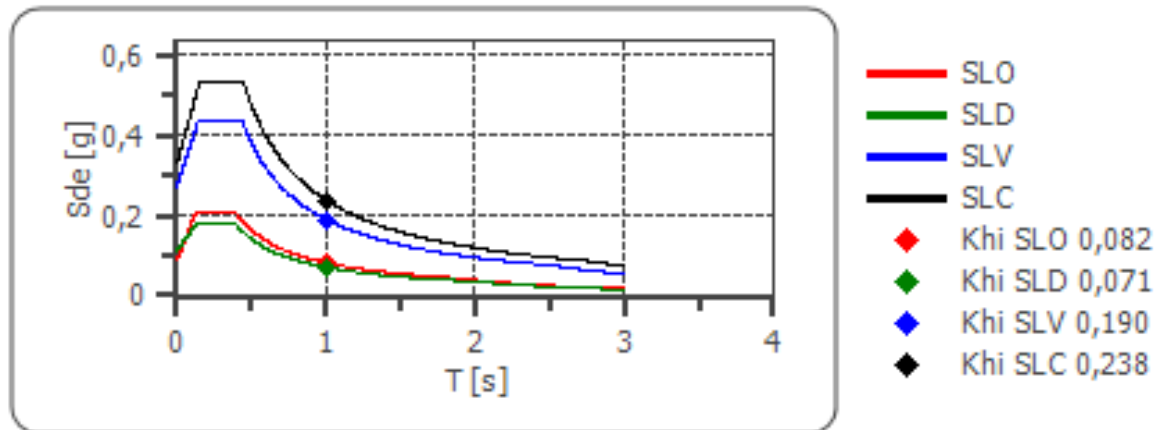
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(T B) [g]
SLO	1,0	0,07 3	2,40 2	0,27 2	1	1,43 0	1,00 0	1,00 0	1,00 0	0,05 0	0,15 0	1,00 0	0,02 7	0,06 4
SLD	1,0	0,09 5	2,34 4	0,27 9	1	1,42 0	1,00 0	1,00 0	1,00 0	0,05 0	0,15 0	1,00 0	0,04 0	0,09 3
SLV	1,0	0,23 1	2,40 6	0,31 3	1	1,39 0	1,00 0	1,00 0	1,00 0	0,05 0	0,15 0	1,00 0	0,15 0	0,36 1
SLC	1,0	0,29 4	2,41 8	0,32 5	1	1,38 0	1,00 0	1,00 0	1,00 0	0,05 0	0,15 0	1,00 0	0,21 5	0,52 1

Spettro di progetto

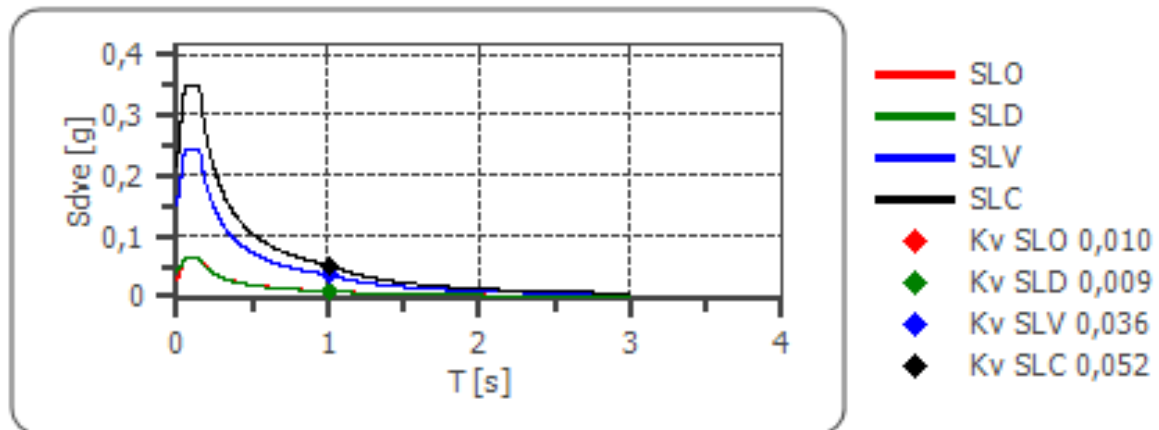
Fattore di struttura spettro orizzontale q : 1,50
 Fattore di struttura spettro verticale q : 1,50
 Periodo fondamentale T : 1,00 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
khi = Sde(T) Orizzontale [g]	0,082	0,071	0,190	0,238
kv = Sdve(T) Verticale [g]	0,010	0,009	0,036	0,052

Spettro di progetto delle componenti orizzontali



Spettro di progetto delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(T B) [g]
SLO orizz ontale	1,0	0,07 3	2,40 2	0,27 2	1,20 0	1,43 0	1,00 0	1,20 0	1,00 0	0,13 0	0,39 0	1,89 2	0,08 7	0,21 0
SLO verti cale	1,0	0,07 3	2,40 2	0,27 2	1,20 0	1,43 0	1,00 0	1,00 0	1,00 0	0,05 0	0,15 0	1,00 0	0,02 7	0,06 4
SLD orizz ontale	1,0	0,09 5	2,34 4	0,27 9	1,20 0	1,42 0	1,00 0	1,20 0	1,50 0	0,13 2	0,39 7	1,98 0	0,11 4	0,17 8
SLD verti cale	1,0	0,09 5	2,34 4	0,27 9	1,20 0	1,42 0	1,00 0	1,00 0	1,50 0	0,05 0	0,15 0	1,00 0	0,04 0	0,06 2
SLV orizz	1,0	0,23 1	2,40 6	0,31 3	1,18 0	1,39 0	1,00 0	1,18 0	1,50 0	0,14 5	0,43 5	2,52 5	0,27 3	0,43 8

ontale														
SLV verticale	1,0	0,23 1	2,40 6	0,31 3	1,18 0	1,39 0	1,00 0	1,00 0	1,50 0	0,05 0	0,15 0	1,00 0	0,15 0	0,24 1
SLC orizzontale	1,0	0,29 4	2,41 8	0,32 5	1,12 0	1,38 0	1,00 0	1,12 0	1,50 0	0,15 0	0,44 9	2,77 7	0,32 9	0,53 1
SLC verticale	1,0	0,29 4	2,41 8	0,32 5	1,12 0	1,38 0	1,00 0	1,00 0	1,50 0	0,05 0	0,15 0	1,00 0	0,21 5	0,34 7

CONCLUSIONI

Il rilevamento superficiale, la campagna d'indagine geognostica, la bibliografia specializzata e i dati derivanti dai precedenti lavori svolti nell'area, hanno consentito di delineare il modello geologico e sismico specifico. I risultati di questo lavoro sono sintetizzati nelle seguenti conclusioni:

- Le unità geologiche che caratterizzano l'area d'intervento, sono riconducibili ad un complesso Ghiaioso-sabbioso a granulometria eterogenea (deposito granulare misto).
Conoide alluvionale: corpo sedimentario costituito da un accumulo di detriti, alluvioni terrazzate, fluviolacustri.
- Geomorfologicamente, la porzione di terreno oggetto d'intervento si inserisce in una vasta area pianeggiante nella zona del centro di Foligno, ad una quota topografica che si attesta intorno ai 239 m s.l.m. L'area in esame si presenta pressoché pianeggiante e stabile, con assenza di fenomeni di dissesto in atto o latenti, come mostra anche la cartografia dell'I.F.F.I. (Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani). Il sito ricade in categoria topografica **T1**: aree con pendenza < 15%.
- La struttura sarà ubicata in una zona a rischio geologico idraulico elevato, fascia idraulica B.
- Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, secondo quanto stabilito nelle "Norme tecniche per le costruzioni" del D.M. del 17 gennaio 2018 e considerando in via cautelativa il piano di posa delle fondazioni coincidente con il piano campagna, il terreno in oggetto ricadrebbe nella **categoria di sottosuolo B**.
- Secondo la classificazione sismica vigente (classe 1) il comune di Foligno (PG) presenta un valore di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo (cioè per periodo $T=0$) $a_{refg} = 0,231$ (espressa sempre in frazione dell'accelerazione di gravità).
- Tali valori di accelerazione sismica orizzontale a_g si riferiscono al bedrock; dopo gli opportuni calcoli il valore di a_g in superficie calcolato al metodo semplificato è risultato:
 $A_{max} = 0.272g$
- L'insieme delle indagini svolte alla luce della bibliografia specialistica e dell'esperienza personale ha consentito di attribuire i parametri geotecnici nominali alle unità litotecniche discretizzate. In virtù delle condizioni geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dell'area in oggetto, si consiglia in corso d'opera di controllare la rispondenza tra il modello geologico-geotecnico ricostruito e l'effettiva situazione riscontrata considerando, se necessario, anche i dati ottenuti con misure ed osservazioni nel corso dei lavori; questo permetterà di adeguare, eventualmente, l'opera alle reali condizioni geologico-stratigrafiche del sito.

Geoumbria Service s.a.s.
Via Marconi, 6 - 06035 San Terenziano (PG)
Tel./Fax: 0742 98995
info@geoumbria.com - www.geoumbria.it



Oggetto: [PNRR - DECRETO DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI DEL 21 GENNAIO 2021 RIGENERAZIONE URBANA: IL COMPARTO DEL CENTRO STORICO STRALCIO B – CUP C67H21002400001 - CIG 96750919A9 - AFFIDAMENTO DEI SERVIZI PER LE INDAGINI GEOGNOSTICHE VIA PIERANTONI]

Committente: Comune di Foligno

Località: Foligno (PG)

Ditta esecutrice: GEOUMBRIA SERVICE s.a.s.



giugno 2023

RAPPORTO TECNICO RELATIVO ALL'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE PRESSO VIA PIERANTONI NEL COMUNE DI FOLIGNO.

PREMESSA

Nel presente rapporto tecnico vengono esposti i risultati di indagini geognostiche e geofisiche effettuate il 15 Maggio 2023 ed il 16 giugno 2023, richiesta dal comune di Foligno per ottenere la caratterizzazione litologica, geotecnica e sismica dei terreni per interventi di rigenerazione urbana PNRR denominato il comparto del centro storico stralcio B

ACQUISIZIONE DATI

INDAGINI GEOFISICHE

Nell'area oggetto di studio è stata eseguita una campagna geofisica composta da

- n°1 stendimenti MASW (M.A.S.W.)
- n°1 misurazione segnale sismico HVSR (R1)

Per qualsiasi anomalia, singolarità e/o precisazione si rimanda agli allegati:

- Report indagini geofisiche

PROVE PENETROMETRICHE

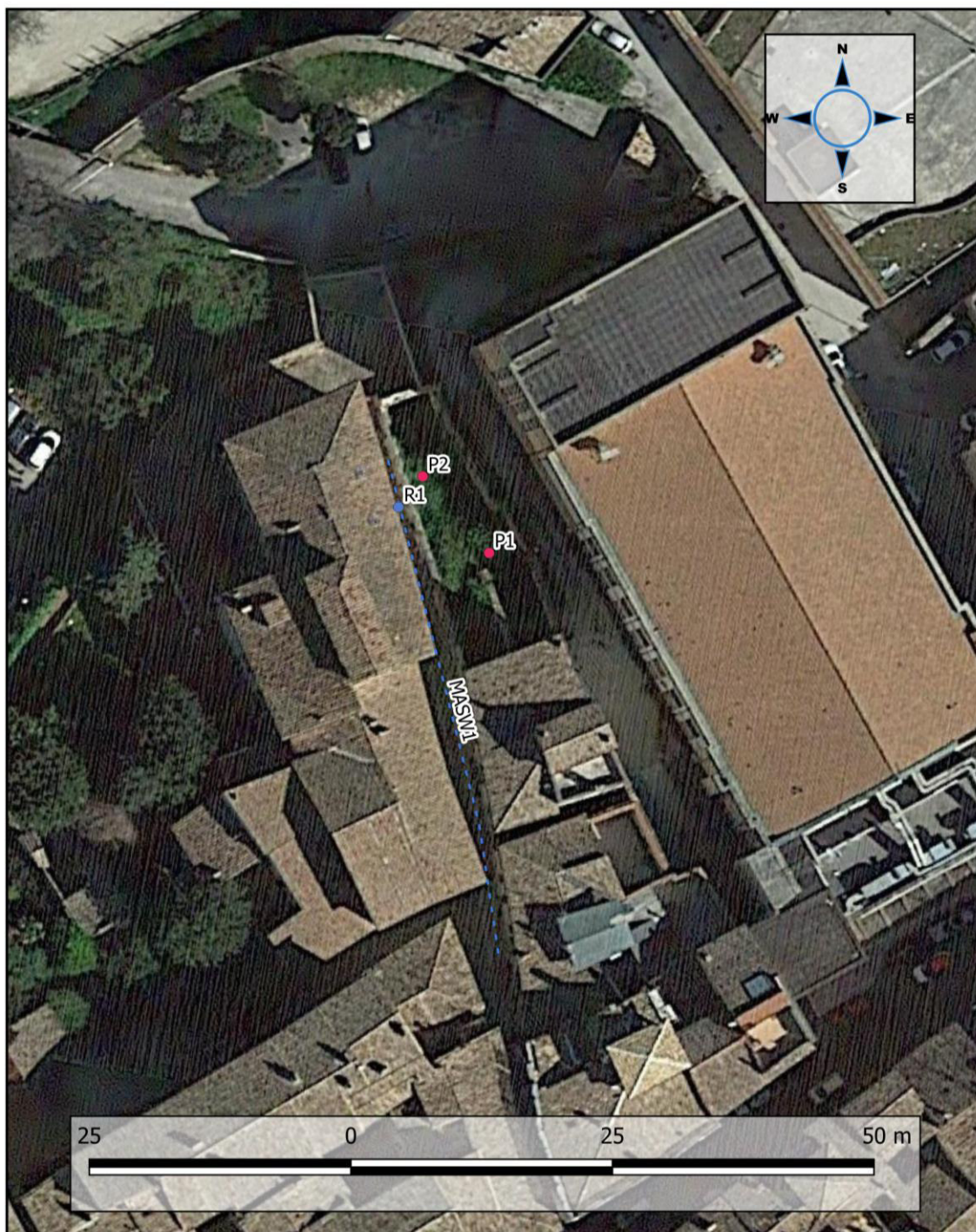
Nell'area in esame sono state eseguite n. 2 prove penetrometriche dinamiche, con penetrometro **PAGANI TG 30/20**.

In allegato:

- Diagrammi prove penetrometriche;
- Elaborazione prove penetrometriche

Geombria Service s.a.s.
Via Marconi, 6 - 06035 San Terenziano (PG)
Tel./Fax: 0742 98995
info@geombria.com - www.geombria.it

PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI



Indagini geognostiche e geofisiche

- HVSR
- Prova Penetrometrica
- Sismica con metodologia M.A.S.W.



Sondaggi geognostici
Laboratorio geotecnico
Penetrometrie statiche/dinamiche
Controlli strumentali
Geofisica

Consolidamenti
Micropali
Tiranti
Pali
Drenaggi

Geoumbria Service s.a.s.
Via Marconi, 6 - 06035 San Terenziano (PG)
Tel./Fax: 0742 98995
info@geoumbria.com - www.geoumbria.it

COMUNE DI FOLIGNO

**PNRR - DECRETO DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI DEL
21 GENNAIO 2021 RIGENERAZIONE URBANA: IL COMPARTO DEL
CENTRO STORICO STRALCIO B – CUP C67H21002400001 - CIG
96750919A9**

PROVE PENETROMETRICHE E SAGGI



Registro Imprese di Perugia n. 140541/1996 R.E.A. n. 183393 Partita IVA 02169460546
Attestazione di qualificazione alla esecuzione di Lavori Pubblici - SOA Categoria OS21 Classe II
PROTOS SOA - Codice Identificativo 06089021007 (autorizzazione n° 11 del 09/11/2000)
Azienda con certificazione di Qualità UNI EN ISO 9001:2008 N° A05817 - Settore IAF (Code: 28)

Geombria Service s.a.s.
Via Marconi, 6 - 06035 San Terenziano (PG)
Tel./Fax: 0742 98995
info@geombria.com - www.geombria.it

DOCUMENTAZIONE FOTOHGRAFICA PROVE PENETROMETRICHE



PROVA PENETROMETRICA P1 CON RELATIVO SAGGIO



Geombria Service s.a.s.
Via Marconi, 6 - 06035 San Terenziano (PG)
Tel./Fax: 0742 98995
info@geombria.com - www.geombria.it

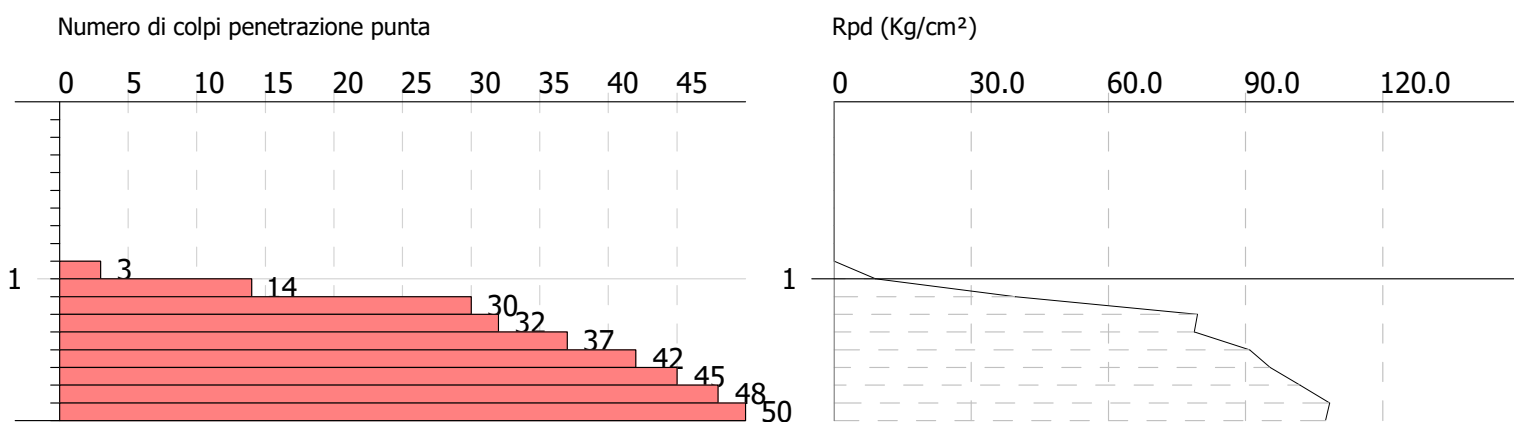


PROVA PENETROMETRICA P2 CON RELATIVO SAGGIO



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P1
Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI

Scala 1:50



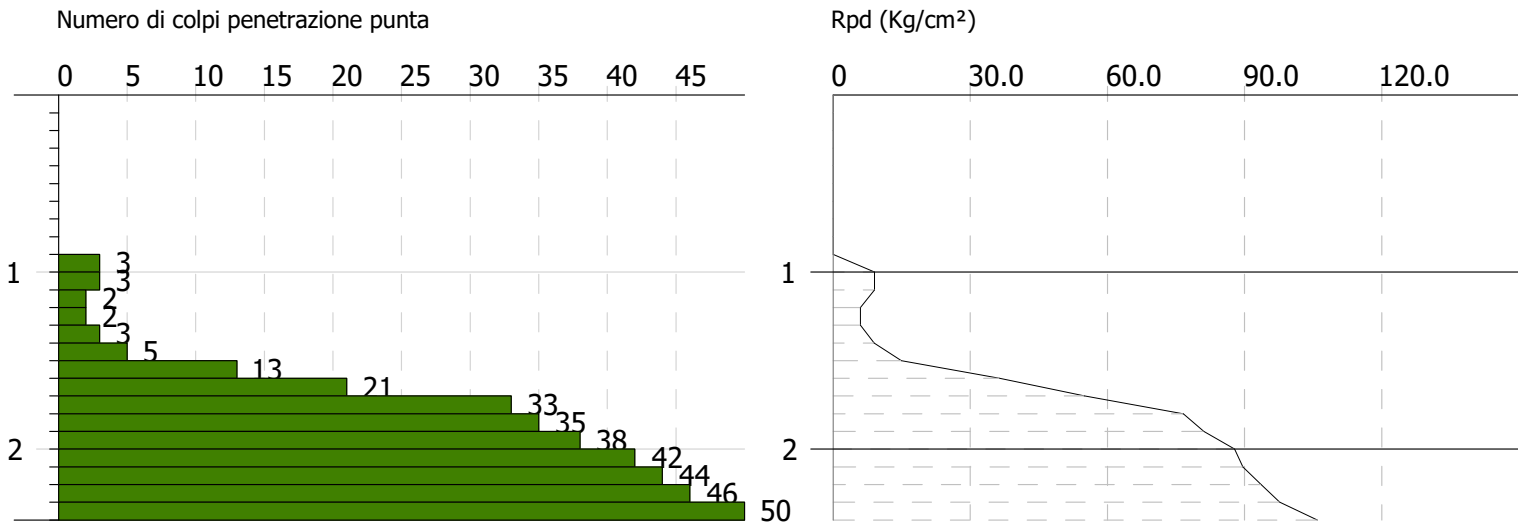
Geombria Service sas
Via Marconi 6
Fraz. San Terenziano - Gualdo Cattaneo (PG)
info@geombria.com

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P2
Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI

Committente: Comune di Foligno
Descrizione: interventi di rigenerazione urbana PNRR denominato il comparto del centro storico stralcio B
Localita': Via Pierantoni, Foligno (PG)

16-06-2023

Scala 1:50



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

<p>Committente: Comune di Foligno</p> <p>Descrizione: interventi di rigenerazione urbana PNRR denominato il comparto del centro storico stralcio B</p> <p>Localita': Via Pierantoni, Foligno (PG)</p>	
---	--

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DMP 3020 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	30 Kg
Altezza di caduta libera	0.20 m
Peso sistema di battuta	15.25 Kg
Diametro punta conica	35.68 mm
Area di base punta	10 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	2.4 Kg/m
Profondita' giunzione prima asta	0.80 m
Avanzamento punta	0.10 m
Numero colpi per punta	N(10)
Coeff. Correlazione	0.783
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 δ) misurando il numero di colpi N necessari.

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

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

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

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

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

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

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

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

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

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

Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25
--------------------------------	------	-------------	----

penetrometri in uso in Italia

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

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente $M = 30$ kg, altezza di caduta $H = 0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha=60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A=10 \text{ cm}^2$ rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente $M = 20$ kg, altezza di caduta $H=0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha= 60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A=10 \text{ cm}^2$ rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente $M = 73$ kg, altezza di caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\delta=30$ cm, punta conica ($\alpha = 60^\circ$), diametro $D = 50.8$ mm, area base cono $A=20.27 \text{ cm}^2$ rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;
- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)
 massa battente $M=63.5$ kg, altezza caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\delta=20-30$ cm, punta conica conica ($\alpha = 60^\circ-90^\circ$) diametro $D = 50.5$ mm, area base cono $A = 20 \text{ cm}^2$, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione con N_{spt}

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

$$NSPT = \beta_t \cdot N$$

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 (N₁)₆₀

(N₁)₆₀ è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{(Pa)^n \sigma_{v0}} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa (Liao e Whitman 1986)}$$

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

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 argilloso-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) $\sigma > 5$ t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- 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°).
- Schmertmann (1977)- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da Dr %.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $\sigma > 15$ 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) $\sigma > 15$ 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 Dr 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 Dr % 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 Dr % 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 τ e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

Velocità onde di taglio V_s (m/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_o)

- 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 sensitività > 5, per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , (C_u-N_{spt}-grado di plasticità).
- Schmertmann (1975), C_u (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille** e **limi argillosi** con N_c = 20 e Q_c/N_{spt} = 2.
- Schmertmann (1975), C_u (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata C_u (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson (1983) - Q_c

Modulo Edometrico-Confinato (M_o)

- Stroud e Butler (1975),- per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970), correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - M_o (Eed) (Kg/cm²)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$).
- Buisman- 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 ...P1

Strumento utilizzato...DMP 3020 PAGANI

Prova eseguita in data 16-06-2023

Profondità prova 1.80 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.10	0	0.857	0.00	0.00	0.00	0.00
0.20	0	0.855	0.00	0.00	0.00	0.00
0.30	0	0.853	0.00	0.00	0.00	0.00
0.40	0	0.851	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	0	0.849	0.00	0.00	0.00	0.00
0.60	0	0.847	0.00	0.00	0.00	0.00
0.70	0	0.845	0.00	0.00	0.00	0.00
0.80	0	0.843	0.00	0.00	0.00	0.00
0.90	0	0.842	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	3	0.840	9.06	10.79	0.45	0.54
1.10	14	0.788	39.68	50.35	1.98	2.52
1.20	30	0.736	79.44	107.89	3.97	5.39
1.30	32	0.685	78.78	115.08	3.94	5.75
1.40	37	0.683	90.87	133.07	4.54	6.65
1.50	42	0.631	95.34	151.05	4.77	7.55
1.60	45	0.630	101.89	161.84	5.09	8.09
1.70	48	0.628	108.40	172.63	5.42	8.63
1.80	50	0.626	112.63	179.82	5.63	8.99

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m³)	Peso unita' di volume saturo (t/m³)	Tension e efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.1	0	60.14	Incoerente - coesivo	0	2.04	2.24	0.01	0.78	0	Strato
0.2	0	60.14	Incoerente - coesivo	0	2.04	2.24	0.03	0.78	0	Strato
0.3	0	60.14	Incoerente - coesivo	0	2.04	2.24	0.05	0.78	0	Strato
0.4	0	60.14	Incoerente - coesivo	0	2.04	2.24	0.07	0.78	0	Strato
0.5	0	60.14	Incoerente - coesivo	0	2.04	2.24	0.09	0.78	0	Strato
0.6	0	60.14	Incoerente -	0	2.04	2.24	0.11	0.78	0	Strato

			coesivo							
0.7	0	60.14	Incoerente - coesivo	0	2.04	2.24	0.13	0.78	0	Strato
0.8	0	60.14	Incoerente - coesivo	0	2.04	2.24	0.15	0.78	0	Strato
0.9	0	60.14	Incoerente - coesivo	0	2.04	2.24	0.17	0.78	0	Strato
1	3	60.14	Incoerente - coesivo	0	2.04	2.24	0.19	0.78	2.35	Strato
1.1	14	60.14	Incoerente - coesivo	0	2.04	2.24	0.21	0.78	10.96	Strato
1.2	30	60.14	Incoerente - coesivo	0	2.04	2.24	0.23	0.78	23.49	Strato
1.3	32	60.14	Incoerente - coesivo	0	2.04	2.24	0.26	0.78	25.06	Strato
1.4	37	60.14	Incoerente - coesivo	0	2.04	2.24	0.28	0.78	28.97	Strato
1.5	42	60.14	Incoerente - coesivo	0	2.04	2.24	0.3	0.78	32.89	Strato
1.6	45	60.14	Incoerente - coesivo	0	2.04	2.24	0.32	0.78	35.24	Strato
1.7	48	60.14	Incoerente - coesivo	0	2.04	2.24	0.34	0.78	37.58	Strato
1.8	50	60.14	Incoerente - coesivo	0	2.04	2.24	0.36	0.78	39.15	Strato

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia	Trofi menkov	Buism an-Sanglera	Schmertmann	SUN DA (1983)	Fletcher (1965)	Houston (1960)	Shioi - Fukui	Bege mann	De Beer
--	------	------------------	----------	-----------	--------------	-------------------	-------------	---------------	-----------------	----------------	---------------	-----------	---------

					(1974) , Mitch ell e Gardn er	t	1975	Benas si e Vanne lli	Argill a di Chica go		1982		
[1] - Strato	0	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.80	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00
[1] - Strato	0	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.80	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00
[1] - Strato	0	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.80	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00
[1] - Strato	0	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.80	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00
[1] - Strato	0	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.80	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00
[1] - Strato	0	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.80	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00
[1] - Strato	0	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.80	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00
[1] - Strato	0	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.80	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00
[1] - Strato	0	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.80	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00
[1] - Strato	2.35	1.00	0.15	0.29	0.00	0.10	0.23	1.80	0.22	0.61	0.12	0.27	0.29
[1] - Strato	10.96	1.10	0.74	1.37	0.00	0.44	1.08	1.80	0.97	1.28	0.55	1.80	1.37
[1] - Strato	23.49	1.20	1.59	2.94	0.00	0.90	2.33	1.80	1.96	2.42	1.17	4.02	2.94
[1] - Strato	25.06	1.30	1.69	3.13	0.00	0.96	2.49	1.80	2.08	2.58	1.25	4.29	3.13
[1] - Strato	28.97	1.40	1.96	3.62	0.00	1.09	2.88	1.80	2.36	2.98	1.45	4.97	3.62
[1] - Strato	32.89	1.50	2.22	4.11	0.00	1.22	3.27	1.80	2.63	3.40	1.65	5.66	4.11
[1] - Strato	35.24	1.60	2.38	4.41	0.00	1.30	3.51	1.80	2.79	3.67	1.76	6.06	4.41
[1] - Strato	37.58	1.70	2.54	4.70	0.00	1.37	3.75	1.80	2.94	3.94	1.88	6.46	4.70
[1] - Strato	39.15	1.80	2.64	4.89	0.00	1.42	3.91	1.80	3.04	4.12	1.96	6.73	4.89

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

Modulo di Young (Kg/cm²)

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Strato	0	0.10	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
[1] - Strato	0	0.20	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
[1] - Strato	0	0.30	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA

[1] - Strato	0	0.40	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
[1] - Strato	0	0.50	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
[1] - Strato	0	0.60	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
[1] - Strato	0	0.70	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
[1] - Strato	0	0.80	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
[1] - Strato	0	0.90	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
[1] - Strato	2.35	1.00	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
[1] - Strato	10.96	1.10	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[1] - Strato	23.49	1.20	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[1] - Strato	25.06	1.30	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[1] - Strato	28.97	1.40	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[1] - Strato	32.89	1.50	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE
[1] - Strato	35.24	1.60	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE
[1] - Strato	37.58	1.70	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE
[1] - Strato	39.15	1.80	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m ³)
[1] - Strato	0	0.10	Meyerhof	1.39
[1] - Strato	0	0.20	Meyerhof	1.39
[1] - Strato	0	0.30	Meyerhof	1.39
[1] - Strato	0	0.40	Meyerhof	1.39
[1] - Strato	0	0.50	Meyerhof	1.39
[1] - Strato	0	0.60	Meyerhof	1.39
[1] - Strato	0	0.70	Meyerhof	1.39
[1] - Strato	0	0.80	Meyerhof	1.39
[1] - Strato	0	0.90	Meyerhof	1.39
[1] - Strato	2.35	1.00	Meyerhof	1.59
[1] - Strato	10.96	1.10	Meyerhof	1.99
[1] - Strato	23.49	1.20	Meyerhof	2.11
[1] - Strato	25.06	1.30	Meyerhof	2.12

[1] - Strato	28.97	1.40	Meyerhof	2.15
[1] - Strato	32.89	1.50	Meyerhof	2.22
[1] - Strato	35.24	1.60	Meyerhof	2.29
[1] - Strato	37.58	1.70	Meyerhof	2.39
[1] - Strato	39.15	1.80	Meyerhof	2.48

TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Strato	0	0.10	0	0	0	6.23
[1] - Strato	0	0.20	0	0	0	6.23
[1] - Strato	0	0.30	0	0	0	6.23
[1] - Strato	0	0.40	0	0	0	6.23
[1] - Strato	0	0.50	0	0	0	6.23
[1] - Strato	0	0.60	0	0	0	6.23
[1] - Strato	0	0.70	0	0	0	6.23
[1] - Strato	0	0.80	0	0	0	6.23
[1] - Strato	0	0.90	0	0	0	6.23
[1] - Strato	2.35	1.00	10.26	34.05	39.58	13.42
[1] - Strato	10.96	1.10	38.46	72.71	80.49	35.07
[1] - Strato	23.49	1.20	56.11	100	100	56.06
[1] - Strato	25.06	1.30	57.29	100	100	58.03
[1] - Strato	28.97	1.40	60.62	100	100	62.44
[1] - Strato	32.89	1.50	63.56	100	100	66.31
[1] - Strato	35.24	1.60	64.96	100	100	68.41
[1] - Strato	37.58	1.70	66.25	100	100	70.4
[1] - Strato	39.15	1.80	66.9	100	100	71.68

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corret to per prese nza falda	Peck- Hans on-Th ornbu rn-M eyerh of 1956	Meye rhof (1956)	Sowe rs (1961)	Malc ev (1964)	Meye rhof (1965)	Schm ertma nn (1977) Sabbi e	Mitch ell & Katti (1981)	Shioi- Fuku ni 1982 (ROA D BRID GE SPEC IFIC ATIO N)	Japan ese Natio nal Railw ay	De Mello	Owas aki & Iwasa ki
[1] - Strato	0	0.10	0	27	20	28	0	29.47	0	<30	0	27	0	15
[1] -	0	0.20	0	27	20	28	0	29.47	0	<30	0	27	0	15

Strato														
[1] - Strato	0	0.30	0	27	20	28	0	29.47	0	<30	0	27	0	15
[1] - Strato	0	0.40	0	27	20	28	0	29.47	0	<30	0	27	0	15
[1] - Strato	0	0.50	0	27	20	28	0	29.47	0	<30	0	27	0	15
[1] - Strato	0	0.60	0	27	20	28	0	29.47	0	<30	0	27	0	15
[1] - Strato	0	0.70	0	27	20	28	0	29.47	0	<30	0	27	0	15
[1] - Strato	0	0.80	0	27	20	28	0	29.47	0	<30	0	27	0	15
[1] - Strato	0	0.90	0	27	20	28	0	29.47	0	<30	0	27	0	15
[1] - Strato	2.35	1.00	2.35	27.67	20.67	28.66	29.95	30.53	0	<30	20.94	27.7	21.5	21.86
[1] - Strato	10.96	1.10	10.96	30.13	23.13	31.07	32.22	34.03	38.18	<30	27.82	30.29	27.26	29.81
[1] - Strato	23.49	1.20	23.49	33.71	26.71	34.58	33.26	38.07	42	30-32	33.77	34.05	30.08	36.67
[1] - Strato	25.06	1.30	25.06	34.16	27.16	35.02	33.19	38.49	42	32-35	34.39	34.52	30.24	37.39
[1] - Strato	28.97	1.40	28.97	35.28	28.28	36.11	33.25	39.44	42	32-35	35.85	35.69	30.72	39.07
[1] - Strato	32.89	1.50	32.89	36.4	29.4	37.21	33.3	40.27	42	32-35	37.21	36.87	31.12	40.65
[1] - Strato	35.24	1.60	35.24	37.07	30.07	37.87	33.27	40.71	42	32-35	37.99	37.57	31.3	41.55
[1] - Strato	37.58	1.70	37.58	37.74	30.74	38.52	33.24	41.11	42	35-38	38.74	38.27	31.47	42.42
[1] - Strato	39.15	1.80	39.15	38.19	31.19	38.96	33.18	41.35	42	35-38	39.23	38.74	31.55	42.98

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appolonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Strato	0	0.10	0	---	---	---	---	---
[1] - Strato	0	0.20	0	---	---	---	---	---
[1] - Strato	0	0.30	0	---	---	---	---	---
[1] -	0	0.40	0	---	---	---	---	---

Strato								
[1] - Strato	0	0.50	0	---	---	---	---	---
[1] - Strato	0	0.60	0	---	---	---	---	---
[1] - Strato	0	0.70	0	---	---	---	---	---
[1] - Strato	0	0.80	0	---	---	---	---	---
[1] - Strato	0	0.90	0	---	---	---	---	---
[1] - Strato	2.35	1.00	2.35	---	18.80	---	---	---
[1] - Strato	10.96	1.10	10.96	236.31	87.68	130.03	262.20	129.80
[1] - Strato	23.49	1.20	23.49	345.95	187.92	277.88	356.17	192.45
[1] - Strato	25.06	1.30	25.06	357.32	200.48	296.41	367.95	200.30
[1] - Strato	28.97	1.40	28.97	384.19	231.76	342.55	397.27	219.85
[1] - Strato	32.89	1.50	32.89	409.36	263.12	388.80	426.67	239.45
[1] - Strato	35.24	1.60	35.24	423.73	281.92	416.53	444.30	251.20
[1] - Strato	37.58	1.70	37.58	437.57	300.64	444.14	461.85	262.90
[1] - Strato	39.15	1.80	39.15	446.62	313.20	462.67	473.62	270.75

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sa nglarat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Strato	0	0.10	0	---	27.46	---	38.00
[1] - Strato	0	0.20	0	---	27.46	---	38.00
[1] - Strato	0	0.30	0	---	27.46	---	38.00
[1] - Strato	0	0.40	0	---	27.46	---	38.00
[1] - Strato	0	0.50	0	---	27.46	---	38.00
[1] - Strato	0	0.60	0	---	27.46	---	38.00
[1] - Strato	0	0.70	0	---	27.46	---	38.00
[1] - Strato	0	0.80	0	---	27.46	---	38.00
[1] - Strato	0	0.90	0	---	27.46	---	38.00
[1] - Strato	2.35	1.00	2.35	---	32.29	16.68	48.48
[1] - Strato	10.96	1.10	10.96	65.76	49.98	77.82	86.88
[1] - Strato	23.49	1.20	23.49	140.94	75.71	166.78	142.77

[1] - Strato	25.06	1.30	25.06	150.36	78.94	177.93	149.77
[1] - Strato	28.97	1.40	28.97	173.82	86.97	205.69	167.21
[1] - Strato	32.89	1.50	32.89	197.34	95.02	233.52	184.69
[1] - Strato	35.24	1.60	35.24	211.44	99.85	250.20	195.17
[1] - Strato	37.58	1.70	37.58	225.48	104.66	266.82	205.61
[1] - Strato	39.15	1.80	39.15	234.90	107.88	277.96	212.61

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	0	0.10	0	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[1] - Strato	0	0.20	0	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[1] - Strato	0	0.30	0	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[1] - Strato	0	0.40	0	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[1] - Strato	0	0.50	0	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[1] - Strato	0	0.60	0	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[1] - Strato	0	0.70	0	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[1] - Strato	0	0.80	0	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[1] - Strato	0	0.90	0	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[1] - Strato	2.35	1.00	2.35	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[1] - Strato	10.96	1.10	10.96	Classificazione A.G.I	MODERATAM ENTE ADDENSATO
[1] - Strato	23.49	1.20	23.49	Classificazione A.G.I	MODERATAM ENTE ADDENSATO
[1] - Strato	25.06	1.30	25.06	Classificazione A.G.I	MODERATAM ENTE ADDENSATO
[1] - Strato	28.97	1.40	28.97	Classificazione A.G.I	MODERATAM ENTE ADDENSATO
[1] - Strato	32.89	1.50	32.89	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
[1] - Strato	35.24	1.60	35.24	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

[1] - Strato	37.58	1.70	37.58	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
[1] - Strato	39.15	1.80	39.15	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m ³)
[1] - Strato	0	0.10	0	Meyerhof et al.	1.30
[1] - Strato	0	0.20	0	Meyerhof et al.	1.30
[1] - Strato	0	0.30	0	Meyerhof et al.	1.30
[1] - Strato	0	0.40	0	Meyerhof et al.	1.30
[1] - Strato	0	0.50	0	Meyerhof et al.	1.30
[1] - Strato	0	0.60	0	Meyerhof et al.	1.30
[1] - Strato	0	0.70	0	Meyerhof et al.	1.30
[1] - Strato	0	0.80	0	Meyerhof et al.	1.30
[1] - Strato	0	0.90	0	Meyerhof et al.	1.30
[1] - Strato	2.35	1.00	2.35	Meyerhof et al.	1.42
[1] - Strato	10.96	1.10	10.96	Meyerhof et al.	1.76
[1] - Strato	23.49	1.20	23.49	Meyerhof et al.	2.05
[1] - Strato	25.06	1.30	25.06	Meyerhof et al.	2.08
[1] - Strato	28.97	1.40	28.97	Meyerhof et al.	2.13
[1] - Strato	32.89	1.50	32.89	Meyerhof et al.	2.16
[1] - Strato	35.24	1.60	35.24	Meyerhof et al.	2.18
[1] - Strato	37.58	1.70	37.58	Meyerhof et al.	2.19
[1] - Strato	39.15	1.80	39.15	Meyerhof et al.	2.20

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Strato	0	0.10	0	(A.G.I.)	0.35
[1] - Strato	0	0.20	0	(A.G.I.)	0.35
[1] - Strato	0	0.30	0	(A.G.I.)	0.35
[1] - Strato	0	0.40	0	(A.G.I.)	0.35
[1] - Strato	0	0.50	0	(A.G.I.)	0.35
[1] - Strato	0	0.60	0	(A.G.I.)	0.35
[1] - Strato	0	0.70	0	(A.G.I.)	0.35
[1] - Strato	0	0.80	0	(A.G.I.)	0.35
[1] - Strato	0	0.90	0	(A.G.I.)	0.35
[1] - Strato	2.35	1.00	2.35	(A.G.I.)	0.35
[1] - Strato	10.96	1.10	10.96	(A.G.I.)	0.33
[1] - Strato	23.49	1.20	23.49	(A.G.I.)	0.31
[1] - Strato	25.06	1.30	25.06	(A.G.I.)	0.3
[1] - Strato	28.97	1.40	28.97	(A.G.I.)	0.3
[1] - Strato	32.89	1.50	32.89	(A.G.I.)	0.29

[1] - Strato	35.24	1.60	35.24	(A.G.I.)	0.28
[1] - Strato	37.58	1.70	37.58	(A.G.I.)	0.28
[1] - Strato	39.15	1.80	39.15	(A.G.I.)	0.28

PROVA ...P2

Strumento utilizzato...DMP 3020 PAGANI

Prova eseguita in data 16-06-2023

Profondita' prova 2.40 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)
0.10	0	0.857	0.00	0.00	0.00	0.00
0.20	0	0.855	0.00	0.00	0.00	0.00
0.30	0	0.853	0.00	0.00	0.00	0.00
0.40	0	0.851	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	0	0.849	0.00	0.00	0.00	0.00
0.60	0	0.847	0.00	0.00	0.00	0.00
0.70	0	0.845	0.00	0.00	0.00	0.00
0.80	0	0.843	0.00	0.00	0.00	0.00
0.90	0	0.842	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	3	0.840	9.06	10.79	0.45	0.54
1.10	3	0.838	9.04	10.79	0.45	0.54
1.20	2	0.836	6.02	7.19	0.30	0.36
1.30	2	0.835	6.00	7.19	0.30	0.36
1.40	3	0.833	8.99	10.79	0.45	0.54
1.50	5	0.831	14.95	17.98	0.75	0.90
1.60	13	0.780	36.45	46.75	1.82	2.34
1.70	21	0.728	54.98	75.52	2.75	3.78
1.80	33	0.676	80.27	118.68	4.01	5.93
1.90	35	0.675	81.05	120.11	4.05	6.01
2.00	38	0.673	87.79	130.41	4.39	6.52
2.10	42	0.622	89.60	144.14	4.48	7.21
2.20	44	0.620	93.64	151.00	4.68	7.55
2.30	46	0.619	97.66	157.86	4.88	7.89
2.40	50	0.617	105.90	171.59	5.29	8.58

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume	Peso unita' di volume	Tension e efficace	Coeff. di correlaz.	NSPT	Descrizi one
------------------	------	--------------------------	------	-------------------	-----------------------	-----------------------	--------------------	---------------------	------	--------------

					(t/m ³)	saturó (t/m ³)	(Kg/cm ²)	con Nspt		
0.1	0	49.2	Incoerente - coesivo	0	2.0	2.2	0.01	0.78	0	
0.2	0	49.2	Incoerente - coesivo	0	2.0	2.2	0.03	0.78	0	
0.3	0	49.2	Incoerente - coesivo	0	2.0	2.2	0.05	0.78	0	
0.4	0	49.2	Incoerente - coesivo	0	2.0	2.2	0.07	0.78	0	
0.5	0	49.2	Incoerente - coesivo	0	2.0	2.2	0.09	0.78	0	
0.6	0	49.2	Incoerente - coesivo	0	2.0	2.2	0.11	0.78	0	
0.7	0	49.2	Incoerente - coesivo	0	2.0	2.2	0.13	0.78	0	
0.8	0	49.2	Incoerente - coesivo	0	2.0	2.2	0.15	0.78	0	
0.9	0	49.2	Incoerente - coesivo	0	2.0	2.2	0.17	0.78	0	
1	3	49.2	Incoerente - coesivo	0	2.0	2.2	0.19	0.78	2.35	
1.1	3	49.2	Incoerente - coesivo	0	2.0	2.2	0.21	0.78	2.35	
1.2	2	49.2	Incoerente - coesivo	0	2.0	2.2	0.23	0.78	1.57	
1.3	2	49.2	Incoerente - coesivo	0	2.0	2.2	0.25	0.78	1.57	
1.4	3	49.2	Incoerente - coesivo	0	2.0	2.2	0.27	0.78	2.35	
1.5	5	49.2	Incoerente - coesivo	0	2.0	2.2	0.29	0.78	3.91	

1.6	13	49.2	Incoerente - coesivo	0	2.0	2.2	0.31	0.78	10.18	
1.7	21	49.2	Incoerente - coesivo	0	2.0	2.2	0.33	0.78	16.44	
1.8	33	49.2	Incoerente - coesivo	0	2.0	2.2	0.35	0.78	25.84	
1.9	35	49.2	Incoerente - coesivo	0	2.0	2.2	0.37	0.78	27.4	
2	38	49.2	Incoerente - coesivo	0	2.0	2.2	0.39	0.78	29.75	
2.1	42	49.2	Incoerente - coesivo	0	2.0	2.2	0.41	0.78	32.89	
2.2	44	49.2	Incoerente - coesivo	0	2.0	2.2	0.43	0.78	34.45	
2.3	46	49.2	Incoerente - coesivo	0	2.0	2.2	0.45	0.78	36.02	
2.4	50	49.2	Incoerente - coesivo	0	2.0	2.2	0.47	0.78	39.15	

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P2

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia	Trofi menkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat	Schmertmann 1975	SUN DA (1983) Benassi e Vanelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Bege mann	De Beer
[1] -	0	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.48	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00
[1] -	0	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.48	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00
[1] -	0	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.48	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00
[1] -	0	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.48	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00

[1] -	0	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.48	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00
[1] -	0	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.48	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00
[1] -	0	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.48	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00
[1] -	0	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.48	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00
[1] -	0	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.48	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00
[1] -	2.35	1.00	0.15	0.29	0.00	0.10	0.23	1.48	0.22	0.61	0.12	0.28	0.29
[1] -	2.35	1.10	0.15	0.29	0.00	0.10	0.23	1.48	0.22	0.61	0.12	0.26	0.29
[1] -	1.57	1.20	0.10	0.20	0.00	0.06	0.15	1.48	0.14	0.56	0.08	0.11	0.20
[1] -	1.57	1.30	0.10	0.20	0.00	0.06	0.15	1.48	0.14	0.56	0.08	0.10	0.20
[1] -	2.35	1.40	0.15	0.29	0.00	0.10	0.23	1.48	0.22	0.61	0.12	0.22	0.29
[1] -	3.91	1.50	0.24	0.49	0.00	0.16	0.38	1.48	0.36	0.73	0.20	0.48	0.49
[1] -	10.18	1.60	0.69	1.27	0.00	0.41	1.00	1.48	0.90	1.21	0.51	1.59	1.27
[1] -	16.44	1.70	1.11	2.06	0.00	0.64	1.62	1.48	1.42	1.75	0.82	2.69	2.06
[1] -	25.84	1.80	1.74	3.23	0.00	0.98	2.57	1.48	2.14	2.66	1.29	4.36	3.23
[1] -	27.4	1.90	1.85	3.43	0.00	1.04	2.72	1.48	2.25	2.82	1.37	4.62	3.43
[1] -	29.75	2.00	2.01	3.72	0.00	1.12	2.96	1.48	2.42	3.06	1.49	5.03	3.72
[1] -	32.89	2.10	2.22	4.11	0.00	1.22	3.27	1.48	2.63	3.40	1.65	5.57	4.11
[1] -	34.45	2.20	2.33	4.31	0.00	1.27	3.43	1.48	2.74	3.58	1.72	5.84	4.31
[1] -	36.02	2.30	2.43	4.50	0.00	1.32	3.59	1.48	2.84	3.76	1.80	6.10	4.50
[1] -	39.15	2.40	2.64	4.89	0.00	1.42	3.91	1.48	3.04	4.12	1.96	6.65	4.89

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

Modulo di Young (Kg/cm²)

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	0	0.10	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
[1] -	0	0.20	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
[1] -	0	0.30	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
[1] -	0	0.40	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
[1] -	0	0.50	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
[1] -	0	0.60	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
[1] -	0	0.70	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
[1] -	0	0.80	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA

[1] -	0	0.90	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
[1] -	2.35	1.00	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
[1] -	2.35	1.10	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
[1] -	1.57	1.20	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
[1] -	1.57	1.30	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
[1] -	2.35	1.40	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
[1] -	3.91	1.50	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
[1] -	10.18	1.60	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[1] -	16.44	1.70	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[1] -	25.84	1.80	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[1] -	27.4	1.90	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[1] -	29.75	2.00	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[1] -	32.89	2.10	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE
[1] -	34.45	2.20	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE
[1] -	36.02	2.30	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE
[1] -	39.15	2.40	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m ³)
[1] -	0	0.10	Meyerhof	1.39
[1] -	0	0.20	Meyerhof	1.39
[1] -	0	0.30	Meyerhof	1.39
[1] -	0	0.40	Meyerhof	1.39
[1] -	0	0.50	Meyerhof	1.39
[1] -	0	0.60	Meyerhof	1.39
[1] -	0	0.70	Meyerhof	1.39
[1] -	0	0.80	Meyerhof	1.39
[1] -	0	0.90	Meyerhof	1.39
[1] -	2.35	1.00	Meyerhof	1.59
[1] -	2.35	1.10	Meyerhof	1.59

[1] -	1.57	1.20	Meyerhof	1.53
[1] -	1.57	1.30	Meyerhof	1.53
[1] -	2.35	1.40	Meyerhof	1.59
[1] -	3.91	1.50	Meyerhof	1.69
[1] -	10.18	1.60	Meyerhof	1.97
[1] -	16.44	1.70	Meyerhof	2.08
[1] -	25.84	1.80	Meyerhof	2.12
[1] -	27.4	1.90	Meyerhof	2.13
[1] -	29.75	2.00	Meyerhof	2.16
[1] -	32.89	2.10	Meyerhof	2.22
[1] -	34.45	2.20	Meyerhof	2.27
[1] -	36.02	2.30	Meyerhof	2.32
[1] -	39.15	2.40	Meyerhof	2.48

TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	0	0.10	0	0	0	6.23
[1] -	0	0.20	0	0	0	6.23
[1] -	0	0.30	0	0	0	6.23
[1] -	0	0.40	0	0	0	6.23
[1] -	0	0.50	0	0	0	6.23
[1] -	0	0.60	0	0	0	6.23
[1] -	0	0.70	0	0	0	6.23
[1] -	0	0.80	0	0	0	6.23
[1] -	0	0.90	0	0	0	6.23
[1] -	2.35	1.00	10.32	34.12	39.79	13.42
[1] -	2.35	1.10	10.02	33.75	38.76	13.42
[1] -	1.57	1.20	3.75	27.29	31.21	11.1
[1] -	1.57	1.30	3.48	27	30.53	11.1
[1] -	2.35	1.40	9.14	32.69	36.29	13.42
[1] -	3.91	1.50	17.1	41.73	45.43	17.87
[1] -	10.18	1.60	34.97	66.67	70.53	33.39
[1] -	16.44	1.70	45.21	83.9	87.25	45.55
[1] -	25.84	1.80	55.87	100	100	58.96
[1] -	27.4	1.90	56.95	100	100	60.75
[1] -	29.75	2.00	58.66	100	100	63.25
[1] -	32.89	2.10	60.88	100	100	66.31
[1] -	34.45	2.20	61.69	100	100	67.72
[1] -	36.02	2.30	62.46	100	100	69.09
[1] -	39.15	2.40	64.3	100	100	71.68

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof.	Nspt	Peck-	Meye	Sowe	Malc	Meye	Schm	Mitch	Shioi-	Japan	De	Owas
--	------	-------	------	-------	------	------	------	------	------	-------	--------	-------	----	------

		Strato (m)	corret to per presen za falda	Hans on-Th ornbu rn-M eyerh of 1956	rhof (1956)	rs (1961)	ev (1964)	rhof (1965)	ertma nn (1977) Sabbie	ell & Katti (1981)	Fuku ni 1982 (ROA D BRID GE SPEC IFIC ATIO N)	ese Natio nal Railw ay	Mello	aki & Iwasa ki
[1] -	0	0.10	0	27	20	28	0	29.47	0	<30	0	27	0	15
[1] -	0	0.20	0	27	20	28	0	29.47	0	<30	0	27	0	15
[1] -	0	0.30	0	27	20	28	0	29.47	0	<30	0	27	0	15
[1] -	0	0.40	0	27	20	28	0	29.47	0	<30	0	27	0	15
[1] -	0	0.50	0	27	20	28	0	29.47	0	<30	0	27	0	15
[1] -	0	0.60	0	27	20	28	0	29.47	0	<30	0	27	0	15
[1] -	0	0.70	0	27	20	28	0	29.47	0	<30	0	27	0	15
[1] -	0	0.80	0	27	20	28	0	29.47	0	<30	0	27	0	15
[1] -	0	0.90	0	27	20	28	0	29.47	0	<30	0	27	0	15
[1] -	2.35	1.00	2.35	27.67	20.67	28.66	29.99	30.53	0	<30	20.94	27.7	21.52	21.86
[1] -	2.35	1.10	2.35	27.67	20.67	28.66	29.77	30.53	0	<30	20.94	27.7	21.44	21.86
[1] -	1.57	1.20	1.57	27.45	20.45	28.44	28.92	30.18	0	<30	19.85	27.47	19.84	20.6
[1] -	1.57	1.30	1.57	27.45	20.45	28.44	28.74	30.18	0	<30	19.85	27.47	19.76	20.6
[1] -	2.35	1.40	2.35	27.67	20.67	28.66	29.23	30.53	0	<30	20.94	27.7	21.21	21.86
[1] -	3.91	1.50	3.91	28.12	21.12	29.09	29.9	31.21	0	<30	22.66	28.17	23.07	23.84
[1] -	10.18	1.60	10.18	29.91	22.91	30.85	31.3	33.74	37.33	<30	27.36	30.05	26.62	29.27
[1] -	16.44	1.70	16.44	31.7	24.7	32.6	31.94	35.95	39.75	30-32	30.7	31.93	28.36	33.13
[1] -	25.84	1.80	25.84	34.38	27.38	35.24	32.55	38.69	42	32-35	34.69	34.75	30	37.73
[1] -	27.4	1.90	27.4	34.83	27.83	35.67	32.52	39.07	42	32-35	35.27	35.22	30.15	38.41
[1] -	29.75	2.00	29.75	35.5	28.5	36.33	32.54	39.61	42	32-35	36.12	35.92	30.38	39.39
[1] -	32.89	2.10	32.89	36.4	29.4	37.21	32.59	40.27	42	32-35	37.21	36.87	30.69	40.65
[1] -	34.45	2.20	34.45	36.84	29.84	37.65	32.57	40.57	42	32-35	37.73	37.33	30.79	41.25
[1] -	36.02	2.30	36.02	37.29	30.29	38.09	32.54	40.85	42	32-35	38.24	37.81	30.88	41.84
[1] -	39.15	2.40	39.15	38.19	31.19	38.96	32.58	41.35	42	35-38	39.23	38.74	31.12	42.98

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertm ann (1978) (Sabbie)	Schultze- Menzenba ch (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollo nia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	0	0.10	0	---	---	---	---	---
[1] -	0	0.20	0	---	---	---	---	---
[1] -	0	0.30	0	---	---	---	---	---
[1] -	0	0.40	0	---	---	---	---	---
[1] -	0	0.50	0	---	---	---	---	---

[1] -	0	0.60	0	---	---	---	---	---
[1] -	0	0.70	0	---	---	---	---	---
[1] -	0	0.80	0	---	---	---	---	---
[1] -	0	0.90	0	---	---	---	---	---
[1] -	2.35	1.00	2.35	---	18.80	---	---	---
[1] -	2.35	1.10	2.35	---	18.80	---	---	---
[1] -	1.57	1.20	1.57	---	12.56	---	---	---
[1] -	1.57	1.30	1.57	---	12.56	---	---	---
[1] -	2.35	1.40	2.35	---	18.80	---	---	---
[1] -	3.91	1.50	3.91	---	31.28	---	---	---
[1] -	10.18	1.60	10.18	227.74	81.44	120.82	256.35	125.90
[1] -	16.44	1.70	16.44	289.42	131.52	194.69	303.30	157.20
[1] -	25.84	1.80	25.84	362.84	206.72	305.61	373.80	204.20
[1] -	27.4	1.90	27.4	373.63	219.20	324.02	385.50	212.00
[1] -	29.75	2.00	29.75	389.33	238.00	351.75	403.12	223.75
[1] -	32.89	2.10	32.89	409.36	263.12	388.80	426.67	239.45
[1] -	34.45	2.20	34.45	418.95	275.60	407.21	438.38	247.25
[1] -	36.02	2.30	36.02	428.39	288.16	425.74	450.15	255.10
[1] -	39.15	2.40	39.15	446.62	313.20	462.67	473.62	270.75

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sa nglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbac h e Malcev (Sabbia media)
[1] -	0	0.10	0	---	27.46	---	38.00
[1] -	0	0.20	0	---	27.46	---	38.00
[1] -	0	0.30	0	---	27.46	---	38.00
[1] -	0	0.40	0	---	27.46	---	38.00
[1] -	0	0.50	0	---	27.46	---	38.00
[1] -	0	0.60	0	---	27.46	---	38.00
[1] -	0	0.70	0	---	27.46	---	38.00
[1] -	0	0.80	0	---	27.46	---	38.00
[1] -	0	0.90	0	---	27.46	---	38.00
[1] -	2.35	1.00	2.35	---	32.29	16.68	48.48
[1] -	2.35	1.10	2.35	---	32.29	16.68	48.48
[1] -	1.57	1.20	1.57	---	30.69	11.15	45.00
[1] -	1.57	1.30	1.57	---	30.69	11.15	45.00
[1] -	2.35	1.40	2.35	---	32.29	16.68	48.48
[1] -	3.91	1.50	3.91	---	35.50	27.76	55.44
[1] -	10.18	1.60	10.18	61.08	48.37	72.28	83.40
[1] -	16.44	1.70	16.44	98.64	61.23	116.72	111.32
[1] -	25.84	1.80	25.84	155.04	80.54	183.46	153.25
[1] -	27.4	1.90	27.4	164.40	83.75	194.54	160.20
[1] -	29.75	2.00	29.75	178.50	88.57	211.23	170.68
[1] -	32.89	2.10	32.89	197.34	95.02	233.52	184.69
[1] -	34.45	2.20	34.45	206.70	98.23	244.60	191.65

[1] -	36.02	2.30	36.02	216.12	101.45	255.74	198.65
[1] -	39.15	2.40	39.15	234.90	107.88	277.96	212.61

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	0	0.10	0	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[1] -	0	0.20	0	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[1] -	0	0.30	0	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[1] -	0	0.40	0	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[1] -	0	0.50	0	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[1] -	0	0.60	0	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[1] -	0	0.70	0	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[1] -	0	0.80	0	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[1] -	0	0.90	0	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[1] -	2.35	1.00	2.35	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[1] -	2.35	1.10	2.35	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[1] -	1.57	1.20	1.57	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[1] -	1.57	1.30	1.57	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[1] -	2.35	1.40	2.35	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[1] -	3.91	1.50	3.91	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[1] -	10.18	1.60	10.18	Classificazione A.G.I	MODERATAM ENTE ADDENSATO
[1] -	16.44	1.70	16.44	Classificazione A.G.I	MODERATAM ENTE ADDENSATO
[1] -	25.84	1.80	25.84	Classificazione A.G.I	MODERATAM ENTE ADDENSATO
[1] -	27.4	1.90	27.4	Classificazione	MODERATAM

				A.G.I	ENTE ADDENSATO
[1] -	29.75	2.00	29.75	Classificazione A.G.I	MODERATAM ENTE ADDENSATO
[1] -	32.89	2.10	32.89	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
[1] -	34.45	2.20	34.45	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
[1] -	36.02	2.30	36.02	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
[1] -	39.15	2.40	39.15	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m ³)
[1] -	0	0.10	0	Meyerhof et al.	1.30
[1] -	0	0.20	0	Meyerhof et al.	1.30
[1] -	0	0.30	0	Meyerhof et al.	1.30
[1] -	0	0.40	0	Meyerhof et al.	1.30
[1] -	0	0.50	0	Meyerhof et al.	1.30
[1] -	0	0.60	0	Meyerhof et al.	1.30
[1] -	0	0.70	0	Meyerhof et al.	1.30
[1] -	0	0.80	0	Meyerhof et al.	1.30
[1] -	0	0.90	0	Meyerhof et al.	1.30
[1] -	2.35	1.00	2.35	Meyerhof et al.	1.42
[1] -	2.35	1.10	2.35	Meyerhof et al.	1.42
[1] -	1.57	1.20	1.57	Meyerhof et al.	1.38
[1] -	1.57	1.30	1.57	Meyerhof et al.	1.38
[1] -	2.35	1.40	2.35	Meyerhof et al.	1.42
[1] -	3.91	1.50	3.91	Meyerhof et al.	1.49
[1] -	10.18	1.60	10.18	Meyerhof et al.	1.74
[1] -	16.44	1.70	16.44	Meyerhof et al.	1.92
[1] -	25.84	1.80	25.84	Meyerhof et al.	2.09
[1] -	27.4	1.90	27.4	Meyerhof et al.	2.11
[1] -	29.75	2.00	29.75	Meyerhof et al.	2.13
[1] -	32.89	2.10	32.89	Meyerhof et al.	2.16
[1] -	34.45	2.20	34.45	Meyerhof et al.	2.17
[1] -	36.02	2.30	36.02	Meyerhof et al.	2.18
[1] -	39.15	2.40	39.15	Meyerhof et al.	2.20

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
--	------	---------------------	--	--------------	---------

[1] -	0	0.10	0	(A.G.I.)	0.35
[1] -	0	0.20	0	(A.G.I.)	0.35
[1] -	0	0.30	0	(A.G.I.)	0.35
[1] -	0	0.40	0	(A.G.I.)	0.35
[1] -	0	0.50	0	(A.G.I.)	0.35
[1] -	0	0.60	0	(A.G.I.)	0.35
[1] -	0	0.70	0	(A.G.I.)	0.35
[1] -	0	0.80	0	(A.G.I.)	0.35
[1] -	0	0.90	0	(A.G.I.)	0.35
[1] -	2.35	1.00	2.35	(A.G.I.)	0.35
[1] -	2.35	1.10	2.35	(A.G.I.)	0.35
[1] -	1.57	1.20	1.57	(A.G.I.)	0.35
[1] -	1.57	1.30	1.57	(A.G.I.)	0.35
[1] -	2.35	1.40	2.35	(A.G.I.)	0.35
[1] -	3.91	1.50	3.91	(A.G.I.)	0.35
[1] -	10.18	1.60	10.18	(A.G.I.)	0.33
[1] -	16.44	1.70	16.44	(A.G.I.)	0.32
[1] -	25.84	1.80	25.84	(A.G.I.)	0.3
[1] -	27.4	1.90	27.4	(A.G.I.)	0.3
[1] -	29.75	2.00	29.75	(A.G.I.)	0.3
[1] -	32.89	2.10	32.89	(A.G.I.)	0.29
[1] -	34.45	2.20	34.45	(A.G.I.)	0.29
[1] -	36.02	2.30	36.02	(A.G.I.)	0.28
[1] -	39.15	2.40	39.15	(A.G.I.)	0.28



Sondaggi geognostici
Laboratorio geotecnico
Penetrometrie statiche/dinamiche
Controlli strumentali
Geofisica

Consolidamenti
Micropali
Tiranti
Pali
Drenaggi

Geoumbria Service s.a.s.
Via Marconi, 6 - 06035 San Terenziano (PG)
Tel./Fax: 0742 98995
info@geoumbria.com - www.geoumbria.it

COMUNE DI FOLIGNO

**PNRR - DECRETO DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI DEL
21 GENNAIO 2021 RIGENERAZIONE URBANA: IL COMPARTO DEL
CENTRO STORICO STRALCIO B – CUP C67H21002400001 - CIG
96750919A9**

INDAGINI GEOFISICHE

**M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves)
H.V.S.R. (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)**



Registro Imprese di Perugia n. 140541/1996 R.E.A. n. 183393 Partita IVA 02169460546
Attestazione di qualificazione alla esecuzione di Lavori Pubblici - SOA Categoria OS21 Classe II
PROTOS SOA - Codice Identificativo 06089021007 (autorizzazione n° 11 del 09/11/2000)
Azienda con certificazione di Qualità UNI EN ISO 9001:2008 N° A05817 - Settore IAF (Code: 28)

Geombria Service s.a.s.
Via Marconi, 6 - 06035 San Terenziano (PG)
Tel./Fax: 0742 98995
info@geombria.com - www.geombria.it



Oggetto: PROGETTI DI RIGENERAZIONE URBANA VOLTI A RIDURRE
SITUAZIONE DI EMARGINAZIONE E DEGRADO SOCIALE".
INTERVENTO COMPARTO DEL CENTRO STORICO - STRALCIO B

Località: Via Pierantoni, Foligno (PG)

Committente: COMUNE DI FOLIGNO

Ditta esecutrice: GEOUMBRIA SERVICE s.a.s.


GEOUMBRIA SERVICE s.a.s.
Maggio 2023

INDAGINE M.A.S.W.



INDAGINE SISMICA CON METODOLOGIA MASW

DATA: MAGGIO 2023

LOCALITA': VIA PIERANTONI, FOLGINO (PG)

COORDIATE (ED50): 42.958980, 12.708200

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che individua (al centro dello stendimento) il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato, le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase, anche se influenzate dalla Vp (Velocità delle onde P) e della densità, esse sono strettamente correlate alla Vs (parametro di fondamentale importanza nella caratterizzazione geotecnica di un sito e negli studi di amplificazione dello scuotimento sismico).

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

In questo metodo le onde superficiali generate in un punto, sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori i quali permettono di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, dando così, informazioni sui primi 30m-50m di profondità di indagine, in funzione della rigidità del suolo.

Il processo di caratterizzazione basato sul metodo delle onde superficiali, schematizzato in Figura 1 e 2, può essere suddiviso in tre fasi:

- 1) Acquisizione (Figura 1);
- 2) Elaborazione (Figura 2);
- 3) Inversione (Figura 3).

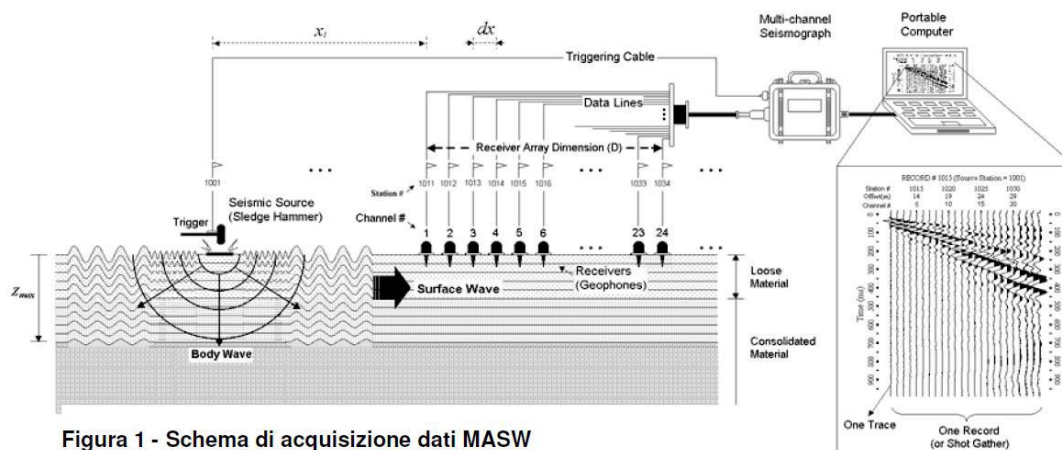


Figura 1 - Schema di acquisizione dati MASW

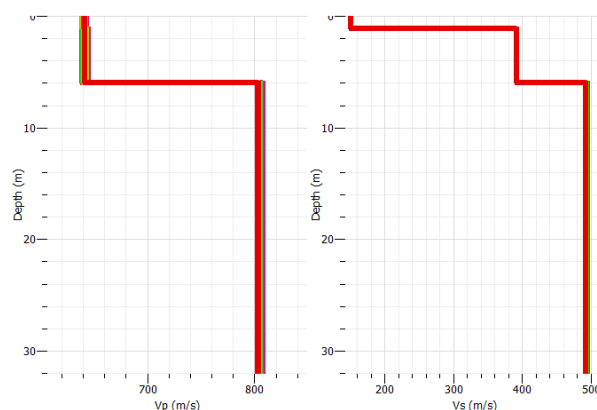
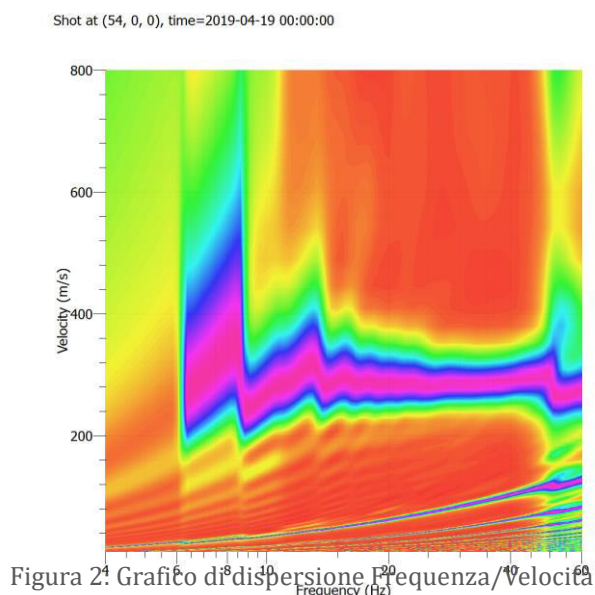
ACQUISIZIONE

La prova è consistita nel produrre sulla superficie del terreno, in prossimità del sito da investigare, sollecitazioni dinamiche verticali, per la generazione delle onde P, e nel registrare le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate mediante sensori (geofoni) a componente verticale.

ELABORAZIONE

I dati acquisiti vengono sottoposti ad una fase di processing che consente di stimare la curva di dispersione caratteristica del sito in oggetto ovvero, la velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza (il codice di calcolo utilizzato è EasyMasw®)

in un grafico, si ottiene la curva di dispersione utilizzabile nella successiva fase di inversione (Figura 2).



INVERSIONE

La fase di inversione deve essere preceduta da una parametrizzazione del sottosuolo, che viene di norma schematizzato come un mezzo viscoelastico a strati piano-paralleli, omogenei ed isotropi, nel quale l'eterogeneità è rappresentata dalla differenziazione delle caratteristiche meccaniche degli strati.

Il processo di inversione è iterativo: il problema diretto viene risolto diverse volte variando i parametri che definiscono il modello. Il processo termina quando viene individuato quel set di parametri di modello che minimizza la differenza fra il set di dati sperimentali (curva di dispersione misurata) e il set di dati calcolati (curva di dispersione sintetica). Usualmente, algoritmi di minimizzazione ai minimi quadrati vengono utilizzati per automatizzare la procedura (Figura 3).

La presente relazione illustra e descrive le indagini geofisiche di tipo sismico (MASW – Multichannel Analysis of Surface Waves) realizzate nel territorio comunale di Foligno in Via dei molini relativamente a “PROGETTI DI RIGENERAZIONE URBANA VOLTI A RIDURRE SITUAZIONE DI EMARGINAZIONE E DEGRADO SOCIALE”. INTERVENTO COMPARTO DEL CENTRO STORICO - STRALCIO B”, l’indagine è stata realizzata nei pressi dell’area di sedime

Scopo dell’indagine è definire il parametro Vs30 per la classificazione sismica dei suoli (in accordo al Decreto. 17.01.2018) e successivi aggiornamenti. In quanto segue si illustrano ed analizzano i risultati ottenuti.

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

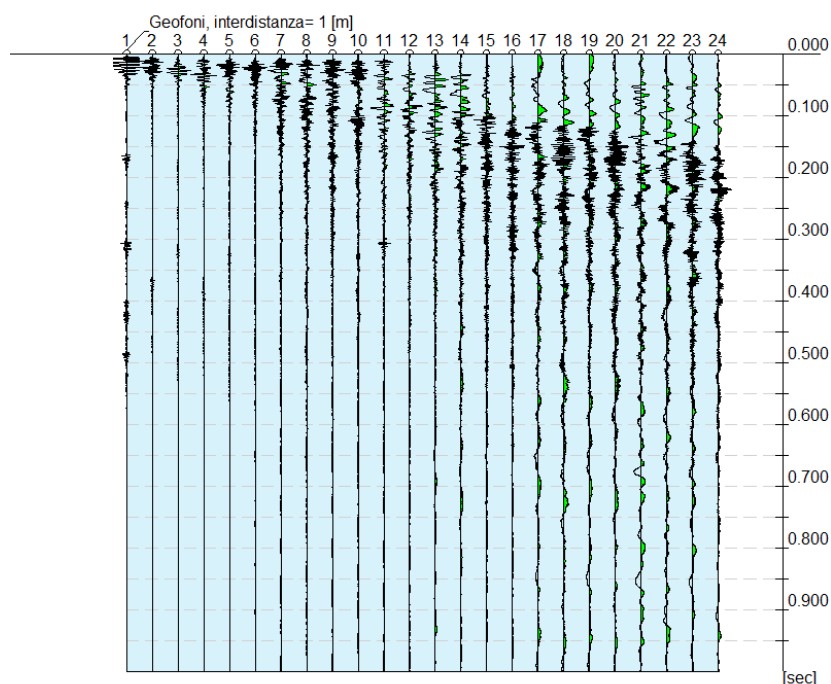
L’acquisizione dei dati sismici è stata realizzata con un sismografo a 12 canali (Do.Re.Mi., Sara electronic instruments) dotato di un convertitore analogico/digitale a 24 bit (unità SR04GeoBox, Sara electronic instruments). Lo strumento è fornito di una connessione di rete standard 10/100 (base RS323) per la comunicazione con un computer portatile su cui è installato un apposito programma (Do.Re.Mi.) che gestisce la visualizzazione, l’analisi e la memorizzazione delle forme d’onda registrate.

I geofoni utilizzati (Sara electronic instruments) possiedono una frequenza di risonanza pari 4.5 Hz con distorsione inferiore allo 0.2%.

L’energizzazione si è ottenuta con massa battente da 3 Kg su piastra in PVC. Per l’innesco (trigger) si è utilizzato uno “shock sensor” posto in vicinanza della battuta e connesso via cavo al sismografo.

UBICAZIONE INDAGINI ED ACQUISIZIONE DATI

L’indagine ha previsto la realizzazione di una prova MASW che, compatibilmente con gli spazi disponibili in sito, è stata ubicata lungo la strada (ubicazione riportata in Figura 1). Lo stendimento è stato realizzato posizionando 12 geofoni a 4.5 Hz equispaziati di 4 m, per un totale di 56 m lineari di stendimento.



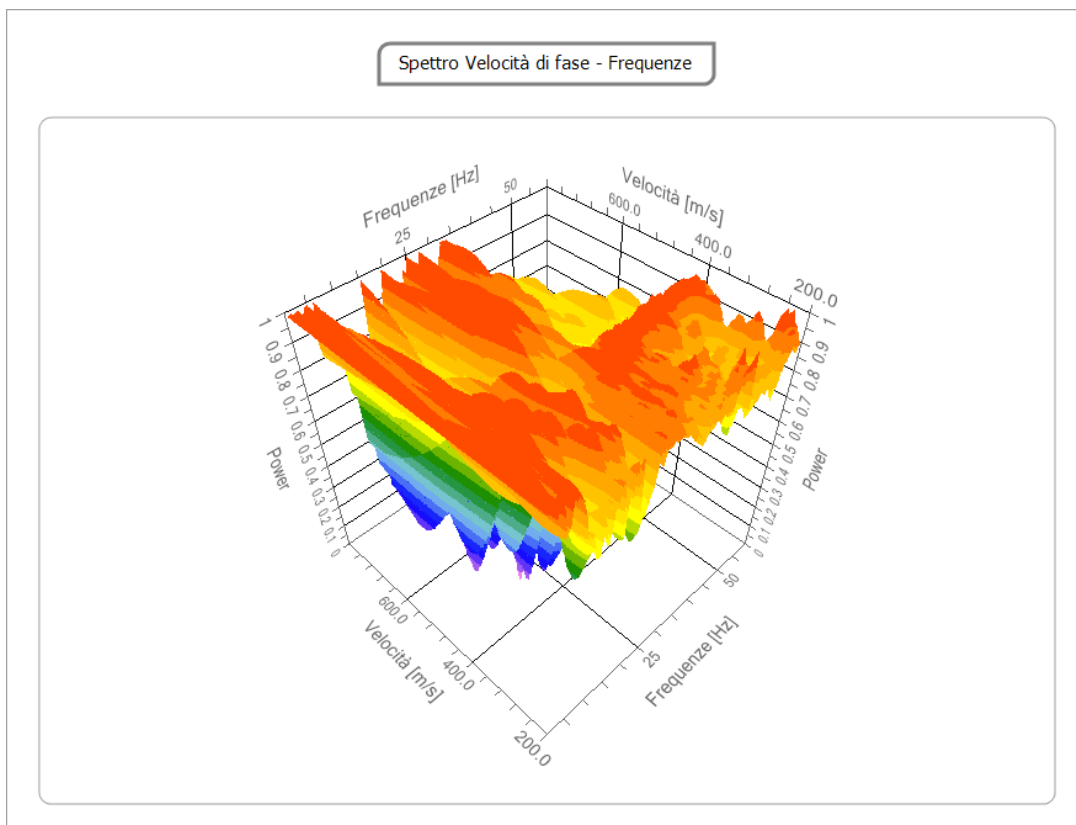
INDAGINE M.A.S.W.

Per l'acquisizione dei dati si sono individuati 4 punti di energizzazione; tali punti sono stati ubicati alle due estremità dello stendimento, alla distanza massima di 4,00m e 6,00m metri dal primo/ultimo geofono. Per ogni punto di energizzazione sono stati generati almeno 3 impulsi sismici

INTERPRETAZIONE DEI DATI

I dati acquisiti sono stati elaborati con il software GeoStru EasyMasw, che analizza la curva di dispersione sperimentale per le onde di Rayleigh.

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.



INVERSIONE E MODELLO GEOTECNICO

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times v$$

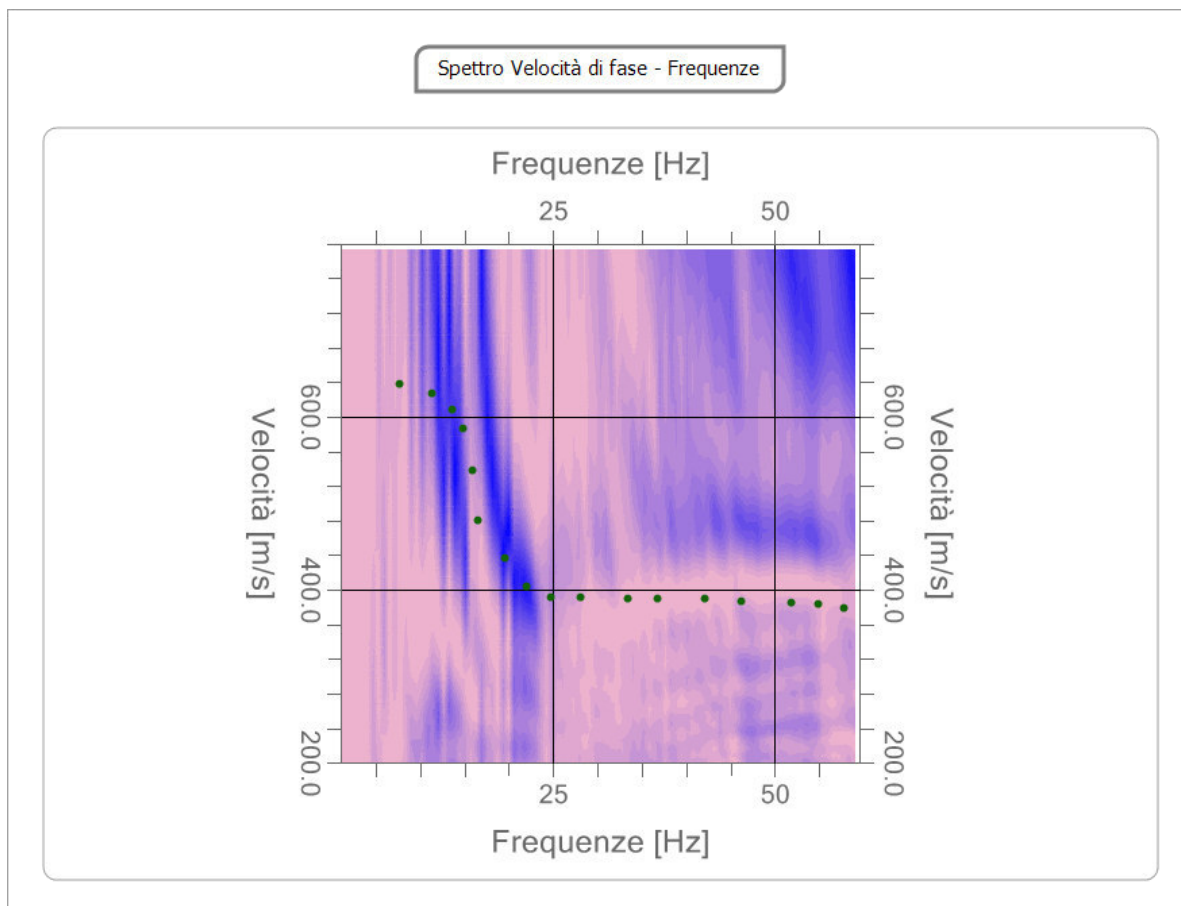
Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.



INDAGINE M.A.S.W.

Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	7.6	638.0	0
2	11.3	626.4	0
3	13.6	608.3	0
4	14.9	586.8	0
5	15.9	538.8	0
6	16.5	481.0	0
7	19.6	436.4	0
8	22.0	403.3	0
9	24.7	392.3	0
10	28.1	391.1	0
11	33.4	390.1	0
12	36.8	390.1	0
13	42.2	390.1	0
14	46.2	386.8	0
15	51.8	385.1	0
16	54.9	383.5	0
17	57.8	378.5	0

Percentuale di errore 0,114 %

Fattore di disadattamento della soluzione 0.035

Inversione

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		4.92	4.92	1700.00	0.35	No	830.8	399.1
2		9.92	5.00	1800.00	0.35	No	821.8	394.8
3		19.72	9.80	1900.00	0.35	No	1577.1	757.6
4		oo	oo	2000.00	0.30	No	1383.5	739.5

INDAGINE M.A.S.W.

ALTRI PARAMETRI GEOTECNICI

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coeff. Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]
1	4.92	4.92	399.08	830.76	1700.00	0.35	270.75	1173.26	812.26	731.03
2	9.92	5.00	394.78	821.81	1800.00	0.35	280.54	1215.66	841.61	757.45
3	19.72	9.80	757.60	1577.07	1900.00	0.35	1090.53	4725.61	3271.58	2944.42
4	oo	oo	739.52	1383.52	2000.00	0.30	1093.78	3828.24	2369.86	2843.83

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compres. Volum.;

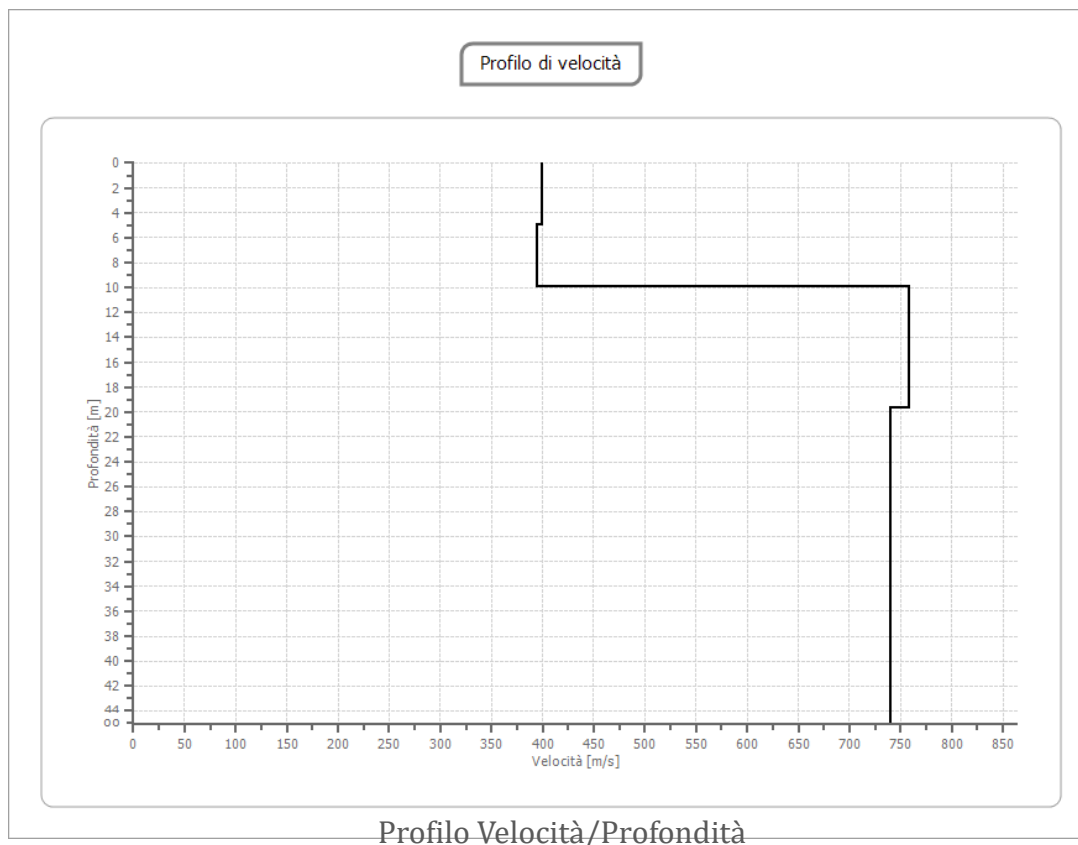
Ey: Modulo di Young;

GALLERIA FOTOGRAFICA



RISULTATI

Dall'analisi dei dati sismici relativo alla prova MASW, si è ottenuto un riscontro abbastanza coerente con l'assetto geologico che caratterizza l'area in studio.

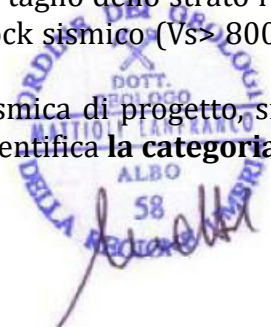


In ottemperanza alle "Aggiornamenti delle Nuove Norme Tecniche per la Costruzioni di cui al D.M. 2018" la classificazione del sito è stata ottenuta sulla base del valore $V_{S,eq}$ (velocità media delle onde di taglio), dato dalla seguente espressione:

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

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo (in m/sec), per un totale di N strati presenti sopra il bedrock sismico ($V_s > 800$ m/s).

Da quanto sopra esposto, ai fini della definizione della azione sismica di progetto, si registra una velocità equivalente V_s (30 m) di circa 578 m/s e si identifica **la categoria di sottosuolo relativamente all'area in esame è la "B"**



STATION INFORMATION

Station code: R1

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: R1

Address: Via Pierantonio, Foligno

Latitude: 42.958277

Longitude: 12.707151

Coordinate system: WGS84

Elevation: 0 m s.l.m.

Weather: sereno

Notes: -

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

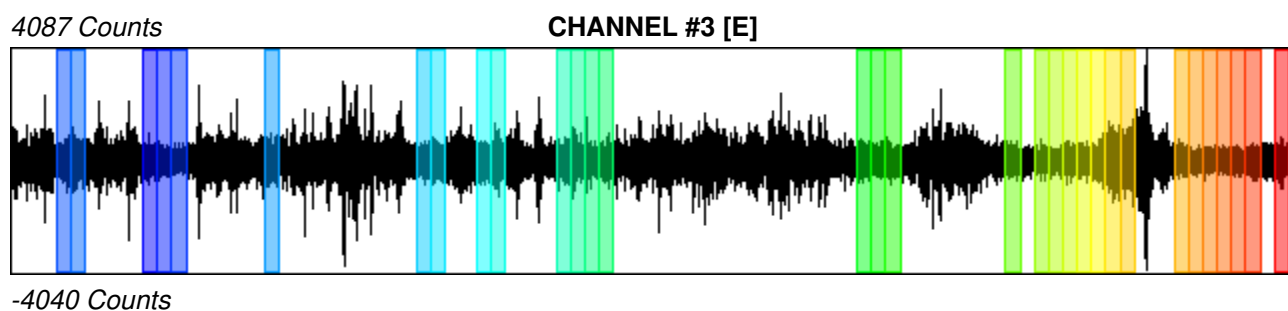
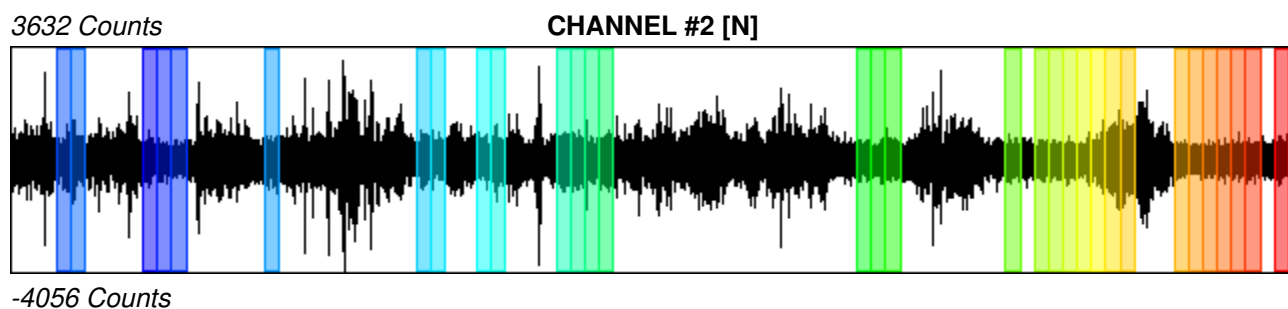
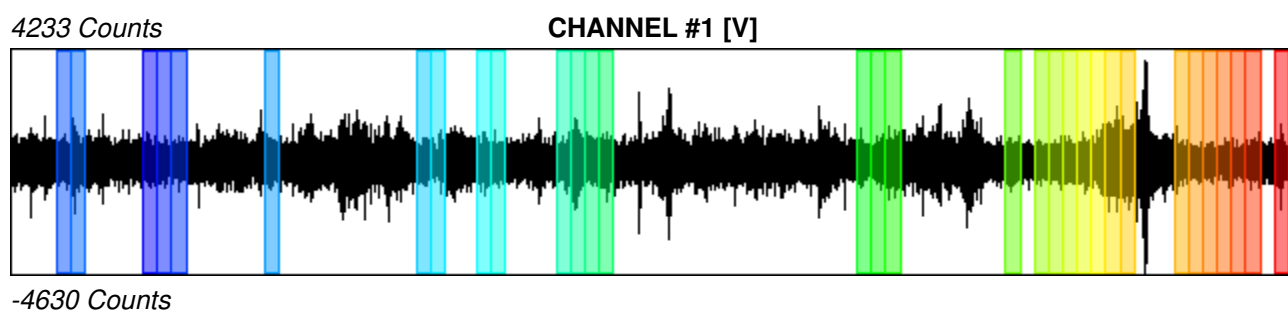
Recording start time: 2023/05/15 09:54:26

Recording length: 30 min

Windows count: 32

Average windows length: 20

Signal coverage: 35.56%



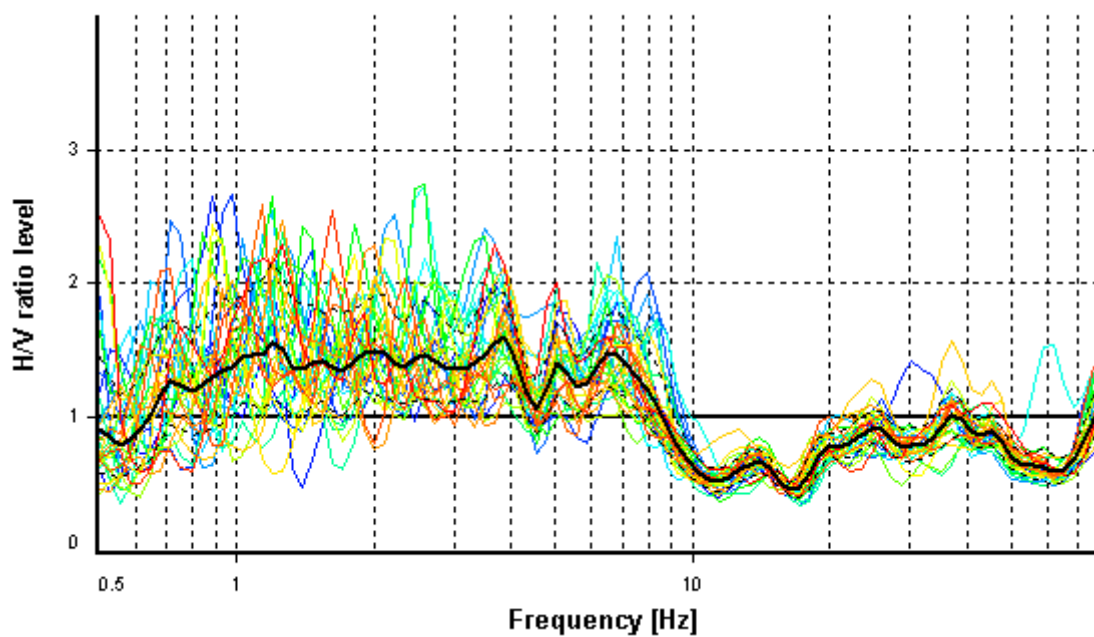
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

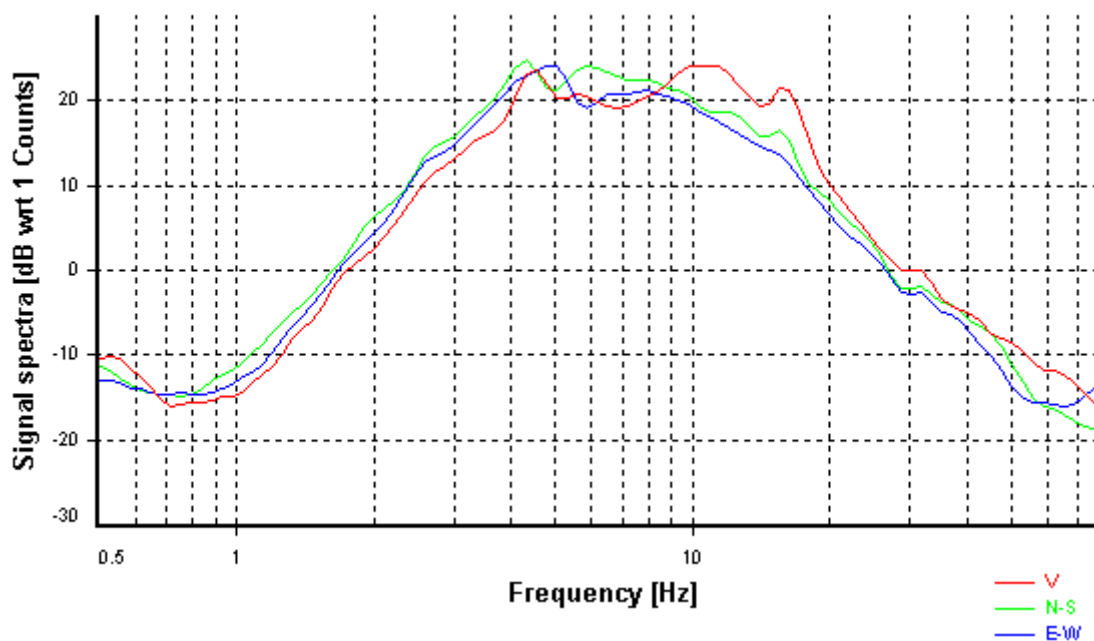
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

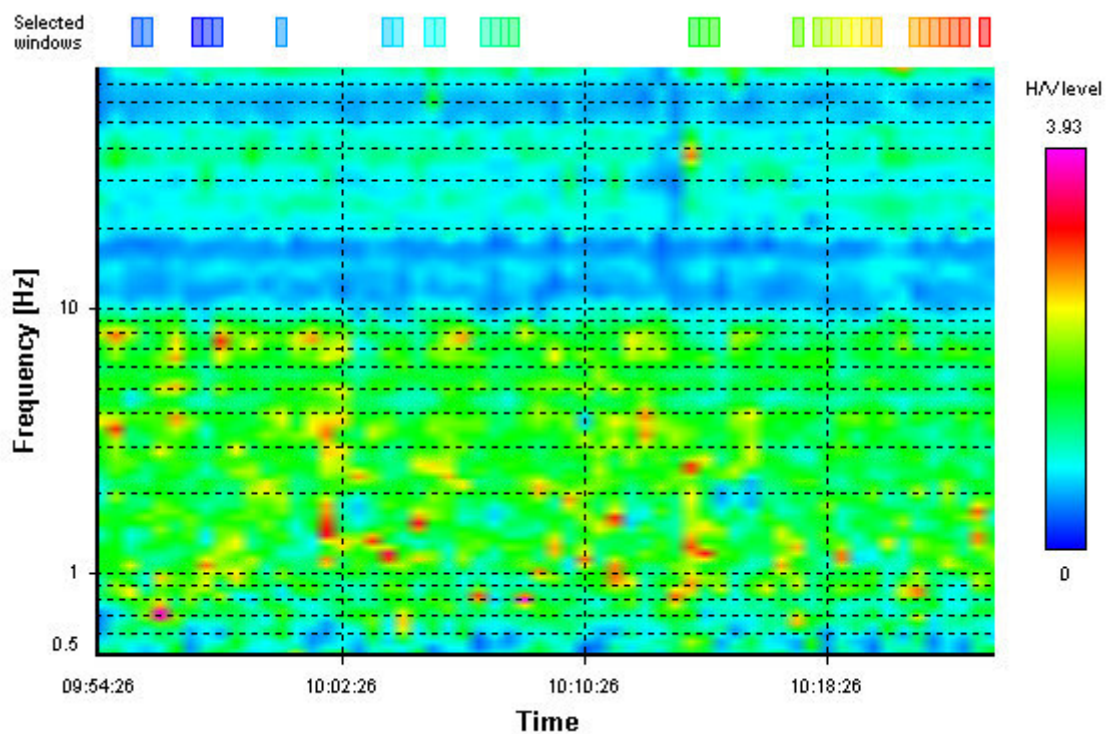
HVSR average



Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis

