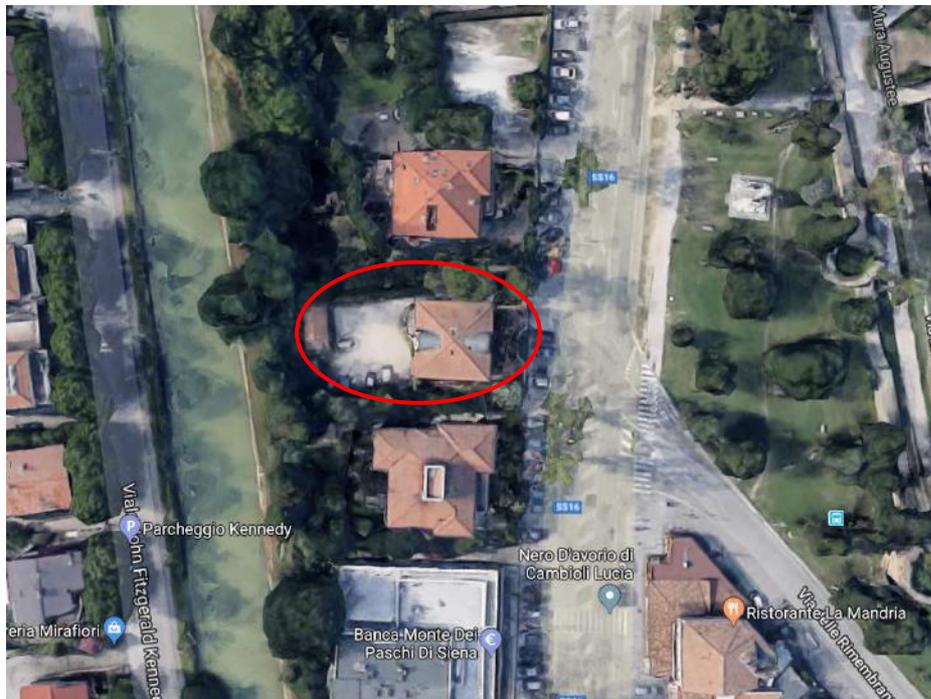




COMUNE DI FANO

PROVINCIA DI PESARO E URBINO

*RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA CON CAMBIO DI DESTINAZIONE
D'USO E AUMENTO DI UNITÀ IMMOBILIARI DI UN
FABBRICATO SITO IN VIALE BRUNO BUOZZI*



RELAZIONE GEOLOGICA

COMMITTENTE:
INGEO PROGETTI S.r.l.

Dott. Geol. CENCIONI CARLO
Via Il Strada, 6/A – 61032 Fano (PU)

INDICE

1. PREMESSA	3
1.1 INTRODUZIONE	4
1.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
2. GEOLOGIA – GEOMORFOLOGIA – IDROLOGIA	7
3. STABILITÀ GENERALE DELL'AREA	8
3.1 VERIFICA PAI (AUTORITÀ DI BACINO REGIONALE)	8
4. STRATIGRAFIA.....	9
4.1 VULNERABILITÀ IDROGEOLOGICA	10
5. CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DEI TERRENI DI FONDAZIONE.....	13
6. SISMICITÀ	14
6.1 ZONE SISMICHE	14
6.2 AZIONE SISMICA	16
7. CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE	17
8. RISULTATI DELL'INDAGINE ESEGUITA	19
9. LIQUEFAZIONE.....	26
10 COEFFICIENTE DI SOTTOFONDO "K" (TERRENO ALLA WINKLER).....	28
11. CONCLUSIONI	28
ALLEGATI	30

1. PREMESSA

La presente relazione geologico tecnica è stata realizzata su incarico della ditta INGEO PROGETTI S.r.l. con lo scopo di verificare la situazione litologico-stratigrafica e di individuare le caratteristiche geomeccaniche dei terreni di fondazione di un fabbricato che dovrà essere ristrutturato ed ampliato.

Il progetto prevede la divisione in due unità immobiliari e il cambio di destinazione d'uso da ufficio a residenza.

La struttura è realizzata in muratura con copertura in legno.

Per la definizione della categoria di sottosuolo il giorno 30/05/2019 è stata eseguita una prova sismica per rilevare i valori della velocità equivalente V_{s30} di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 metri di profondità, la prova è eseguita con la tecnica dei rapporti spettrali HVSR (tromino).

Per la caratterizzazione geognostica si utilizzano invece i dati raccolti mediante una campagna geognostica composta da due prove penetrometriche, una prova dinamica D.P.S.H. ed una prova statica C.P.T. eseguite tramite PENETROMETRO DINAMICO Deep Drill DM-30 G spinte a profondità massima pari a 6,6 mt dall'attuale piano campagna, in particolare la prova dinamica è stata spinta alla profondità di 6,4 mt e la prova statica alla profondità di 6,6 mt.

I dati rilevati sono stati integrati con i dati bibliografici disponibile (Carta Geologica d'Italia)

Le ubicazioni delle indagini eseguite sono riportate nell'allegata planimetria.

Verranno di seguito riportate le caratteristiche geomeccaniche e di risposta sismica dei terreni di fondazione ricostruite in base ai risultati della campagna geognostica e della prova sismica eseguita.

1.1 INTRODUZIONE

Con l'entrata in vigore delle Nuove Norme Tecniche D.M.I. 14.01.2018 la progettazione geologica e geotecnica in zona sismica deve essenzialmente svilupparsi secondo i seguenti principi generali esposti nel cap. 6 delle N.T.C.

1. Caratterizzazione e modellazione geologica del sito. Il livello di indagine specifico è in funzione del tipo di opera da eseguire, della complessità geologica.
2. Chiara definizione delle caratteristiche sismiche, stabilendo i rapporti esistenti fra il substrato rigido e le coperture costituite da uno o diversi orizzonti sciolti.
3. Scelta del tipo d'intervento e programmazione delle indagini geotecniche.
4. Caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo.
5. Verifica della sicurezza.
6. Piani di controllo e monitoraggio.

Gli studi geologici e la caratterizzazione geotecnica devono essere estesi a tutta la zona di possibile influenza degli interventi previsti, al fine di accertare destinazioni d'uso compatibili con il territorio in esame. Le indagini geotecniche devono tenere conto della profondità, dell'ampiezza e della destinazione. In particolare le indagini e gli studi devono caratterizzare la zona in termini di pericolosità geologica intrinseca, per processi geodinamici interni (sismicità) ed esterni (stabilità dei pendii, erosione) e devono consentire di individuare eventuali limiti imposti al progetto.

L'indagine si è avvalsa di:

1. un rilievo geologico e geomorfologico diretto di campagna;
2. analisi litologica;
3. una prova penetrometrica dinamica D.P.S.H.
4. una prova penetrometrica statica C.P.T.
5. un'indagine sismica HVSR;
6. Raccolta di dati bibliografici relativi ad indagini eseguite nelle vicinanze;

Scopo dell'indagine è quello di:

- ricostruire la stratigrafia dell'area d'intervento
- determinare le caratteristiche geomeccaniche dei terreni investigati
- individuare le caratteristiche geologiche e geomorfologiche dell'area
- indicare la fattibilità dell'intervento dal punto di vista geologico.
- fornire delle indicazioni e criteri generali per il l'intervento proposto ai sensi del D.M. 14.01.2018.
- verificare la stabilità globale dell'area.
- Individuazione delle categorie di sottosuolo come dettato dal D.M. 14/01/2018 per la definizione dell'effetto della risposta sismica locale (VS 30).

1.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Decreto Ministeriale 14.01.2018
- Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
- Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009.
- Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale.
- Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007
- Eurocodice 8 (1998)
- Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture
- Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)
- Eurocodice 7.1 (1997)
- Progettazione geotecnica – Parte I : Regole Generali - UNI
- Eurocodice 7.2 (2002)
- Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI
- Eurocodice 7.3 (2002)

- Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita con prove in sito(2002). UNI
- A.G.I. 1977
- «Raccomandazioni sulle programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.»
- D.C.R. n.116, del 21/01/2004
- «Piano Stralcio di Bacino per l'assetto idrogeologico dei bacini di rilievo regionale (PAI)».
- Circolare del Ministro dei LL.PP. n. 30483 del 24/9/1988
- «Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.»
- Circolare 9 gennaio 1996 n. 218/24/3
- Legge 2 febbraio 1974, n. 64.
- Normative Tecniche per le costruzioni D.M 14.09.05 e successive modifiche - O.P.C.M. 20 marzo 2003 n. 3274
- Eurocodice 8 - Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici

2. GEOLOGIA – GEOMORFOLOGIA – IDROLOGIA

Il palazzo in oggetto è ubicato in prossimità del centro storico di Fano (PU), ad un quota di 12 metri sul livello del mare circa, più precisamente si affaccia su Viale Buozzi. (vedi corografia allegata).

L'area in oggetto è semipianeggiante e caratterizzata da una forte antropizzazione, si trova su terreni sabbiosi e parzialmente ghiaiosi e non presenta segni evidenti di instabilità.

Il lotto è compreso nel F. 269 Sez. III della Carta Topografica d'Italia (Fano) SERIE 25 EDIZIONE 1 I.G.M.

Geologicamente l'area si trova sulle alluvioni terrazzate del F. Metauro, più precisamente si trova all'interno del III° ordine delle alluvioni composte prevalentemente da depositi ghiaiosi, talora parzialmente sabbiosi con intercalazioni argilloso-limose, dal punto di vista strutturale non si sono riscontrate lineazioni di rilievo. (vedi Carta Geologica allegata).

Il lotto si trova in sponda destra del canale Albani ad una distanza di circa 30 metri dal letto.

L'alveo del F. Metauro scorre a sud est dell'area in oggetto ad una distanza tale (oltre 3.700 metri) da escludere pericoli di esondazione.

A nord ovest dell'area scorre il Torrente Arzilla, anche in questo caso, tenuto conto della distanza dell'alveo pari a circa 1.100 metri, del dislivello topografico e della portata del corso d'acqua sono da escludere pericoli di esondazione.

L'osservazione dei manufatti esistente nel lotto in esame non ha evidenziato lesioni imputabili ad un cedimento dei terreni di fondazione.

Dati bibliografici indicano che la falda in quell'area è posta ad una profondità di 12/14 metri dal piano campagna; considerata la natura prevalentemente incoerente dei terreni presenti nell'area e considerata la granulometria medio-elevata degli stessi, si può affermare che la falda abbia una scarsa capacità di risalita.

Poiché l'area in esame si trova all'interno di un territorio intensamente urbanizzato si può escludere che vi sia un importante influsso meteorico diretto sul livello della falda, si ritiene invece predominante l'effetto di drenaggio che interessa il sottostante

materasso alluvionale caratterizzato da litotipi prevalentemente incoerenti con buoni coefficienti di permeabilità.

3. STABILITÀ GENERALE DELL'AREA

L'area si può ritenere stabile viste le caratteristiche geomeccaniche dei terreni interessati dall'area d'intervento e la mancanza, allo stato attuale, di segni d'instabilità.

Dai rilievi effettuati in loco, confermati anche dalla consultazione dell'aerofotogrammetria, risulta evidente che la distanza tra l'alveo dei corsi d'acqua sopra citati e l'area di interesse è tale da escludere eventuali problemi dovuti ad un'esondazione degli stessi.

Il quadro sopradescritto, è confermato anche dalle carte geologiche e dal P.A.I. di cui si allegano le copie in appendice.

3.1 VERIFICA PAI (AUTORITÀ DI BACINO REGIONALE)

L'estratto del Piano di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino Regionale, riportato in allegato, evidenzia che l'area interessata dall'intervento non rientra in zone di pericolosità e rischio idraulico né in zone in dissesto (vedi stralcio PAI allegato).

4. STRATIGRAFIA

La regolare realizzazione delle penetrometrie, il loro confronto con i dati bibliografici relativi all'area di interesse e con la prova sismica eseguita, hanno consentito di individuare una buona uniformità nell'alternanza dei terreni indagati.

La realizzazione delle indagini sopra descritte ha permesso la individuazione delle seguenti situazioni stratigrafiche:

D.P.S.H.

Da 0,0 a 1,0 mt.	Riporto antropico
Da 1,0 a 5,4 mt.	Limi argillosi e argilloso-sabbiosi
Da 5,4 a 6,4 mt.	Ghiaia sabbiosa

C.P.T.

Da 0,0 a 1,0 mt.	Riporto antropico
Da 1,0 a 5,4 mt.	Limi argillosi e argilloso-sabbiosi
Da 5,4 a 6,6 mt.	Ghiaia sabbiosa e ghiaia

4.1 VULNERABILITÀ IDROGEOLOGICA

In funzione della permeabilità dei terreni sono state determinate diverse classi di vulnerabilità intrinseca degli acquiferi all'inquinamento "vulnerabilità intrinseca della falda":

Classe di vulnerabilità 1 Estremamente elevata (EE)

Sistemi acquiferi liberi in alluvioni da grossolane a medie, od in materiali fortemente alterati e/o risedimentati, privi di efficace protezione in superficie e, talora, soggiacenti ad agglomerati di centri di pericolo (urbanizzato).

Pozzi e campi-pozzi, che deprimono fortemente la piezometrica al di sotto del livello della rete idrografica e/o il livello del mare, creano le condizioni di una ingestione rapida di inquinanti e di insalinamento progressivo per intrusione di acque marine.

Classe di vulnerabilità 2 Estremamente elevata => Elevata (EE=> E)

Sistemi acquiferi liberi in complessi ghiaioso-sabbiosi, talvolta debolmente cementati, dotati di elevata permeabilità, con scarsa copertura di suolo attivo.

Le condizioni di soggiacenza (spesso scarsa), la discreta connessione con la rete idrografica esaltata dalle depressioni indotte in pozzi e campi-pozzi creano le condizioni di elevato potenziale di inquinamento in aree ove sovente si forma la risorsa idrica sotterranea.

Classe di vulnerabilità 3 Elevata => Alta (E=> A)

Sistemi acquiferi liberi in rocce prevalentemente carbonatiche e solfatiche fessurate e più o meno carsificate, con soggiacenza notevole, forti acclività superficiali, scarsa copertura, in posizione plano-altimetrica tale da non essere in contatto con la rete idrografica principale.

Le problematiche più importanti si collocano in corrispondenza degli affioramenti maggiori che costituiscono l'area di alimentazione di varie sorgenti utilizzate localmente talora termalizzate.

Classe di vulnerabilità 4 Alta (A)

Sistemi acquiferi liberi, semiconfinati o confinati, generalmente caratterizzati da notevole anisotropia ed eterogeneità, protetti in superficie da una copertura scarsamente permeabile, a tratti impermeabile.

I sistemi acquiferi in questione possono essere i medesimi che albergano nelle alluvioni e nei complessi ghiaiosi (Classe 1, Classe 2).

Classe di vulnerabilità 5 Alta => Media (A=> M)

Sistemi acquiferi liberi in rocce cristalline fratturate, con scarsa protezione di suolo e di insaturo, elevata capacità di ingestione, media capacità di flusso.

La vulnerabilità di questi acquiferi varia, anche notevolmente, a seconda dello stato di fratturazione e di alterazione: è più elevata nelle vulcaniti, in particolare nei basalti, a causa del clivaggio e della scarsa alterabilità.

Classe di vulnerabilità 6 Media (M)

Sistemi acquiferi in complessi a granulometria media o medio-bassa, più o meno compattati o debolmente cementati, generalmente in posizione dominante rispetto alla rete idrografica, sovente poggianti su confinanti impermeabili.

Le aree di affioramento di questi complessi costituiscono sovente piccole unità prive di continuità con gli acquiferi maggiori.

La vulnerabilità è condizionata dai suoli di copertura e dall'azione filtrante dell'insaturo, oltreché dalla non elevata permeabilità.

Le sabbie dunali rappresentano un elemento di protezione, sebbene molto fragile, dei sottostanti acquiferi in alluvioni. Tale protezione è, però, insufficiente nel caso di centri di pericolo puntuali (p.e. insediamenti turistici stagionali e/o temporanei).

Classe di vulnerabilità 7 Media => Bassa (M=> B)

Sistemi acquiferi in arenarie e complessi conglomeratico-arenacei, caratterizzati da vulnerabilità variabile da media a bassa a seconda dello stato di fratturazione e della percentuale di materiali marnosi presenti.

In genere, questi complessi non sono molto produttivi a parità di alimentazione ma possono dare risposte di accumulo di inquinanti quando si trovano nel sottosuolo di agglomerati di centri di pericolo, o vengono impegnati da scarichi industriali e discariche.

Classe di vulnerabilità 8 Bassa =>Estremamente bassa (B=> BB)

Complessi flyschoidi argillo-marnosi e marnoso-arenacei, complessi epimetamorfici, con propagazione degli inquinanti scarsa anche se variabile da membro a membro.

In questi complessi, gli inquinanti idroportati possono essere veicolati e accumulati in sacche e strati dotati di maggiore permeabilità.

Pertanto, gli insediamenti pericolosi di qualunque tipo necessitano di approfondimenti idrogeologici caso per caso.

Classe di vulnerabilità 9 Estremamente bassa (BB)

Argillocisti, argille varicolori, argille più o meno sovraconsolidate e sabbiose, marne, gli inquinanti sversati, in funzione dell'acclività della superficie topografica, ristagnano o raggiungono direttamente le acque superficiali che li spostano e li distribuiscono in funzione della complessità del reticolo drenante.

Considerata la sua predominante componente ghiaiosa e sabbiosa, l'area oggetto d'intervento risulta rientrare nella classe di vulnerabilità 4. L'attribuzione puntuale della classe è suscettibile di modifiche in relazione a studi di dettaglio ed a maggiori approfondimenti di carattere idrogeologico.

5. CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DEI TERRENI DI FONDAZIONE

In base alle prove eseguite è stato possibile ricostruire le seguenti caratteristiche geomeccaniche dei terreni, si ricorda che i parametri geotecnici sotto riportati sono leggermente inferiori a quelli evidenziati dalle prove per tener conto di eventuali situazioni locali non rappresentative di tutti i terreni di fondazione su cui insiste il fabbricato.

CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DEL RIPIERTO ANTROPICO

γ_{sat}	(peso di volume saturo)	1,5 – 1,7 t/m ³
φ	(angolo d'attrito)	20° – 22°
Ed	(modulo edometrico)	200 – 250 t/m ²

CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DEI LIMI

γ_{sat}	(peso di volume saturo)	1,7 – 1,8 t/m ³
Cu	(coesione non drenata)	7,0 – 8,0 t/m ²
Ed	(modulo edometrico)	450 – 550 t/m ²

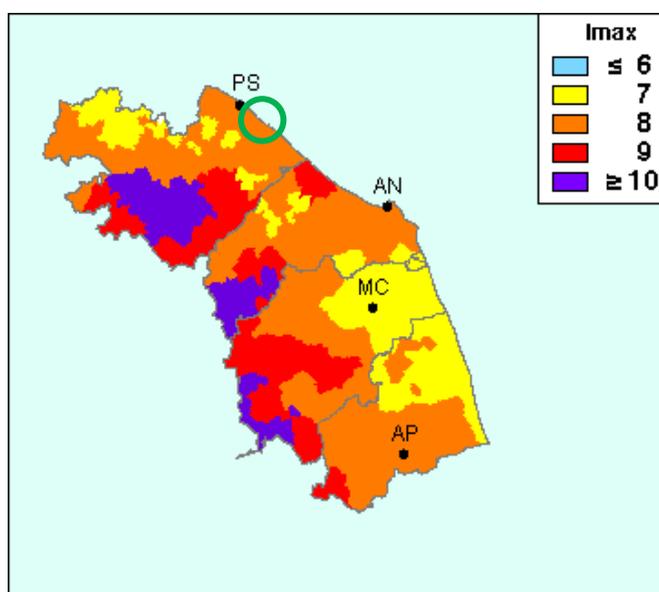
CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DELLA GHIAIA

γ_{sat}	(peso di volume saturo)	1,8 – 1,9 t/m ³
φ	(angolo d'attrito)	28° – 30°
Ed	(modulo edometrico)	900 – 1100 t/m ²
Dr	(densità relativa)	> 30%

6. SISMICITÀ

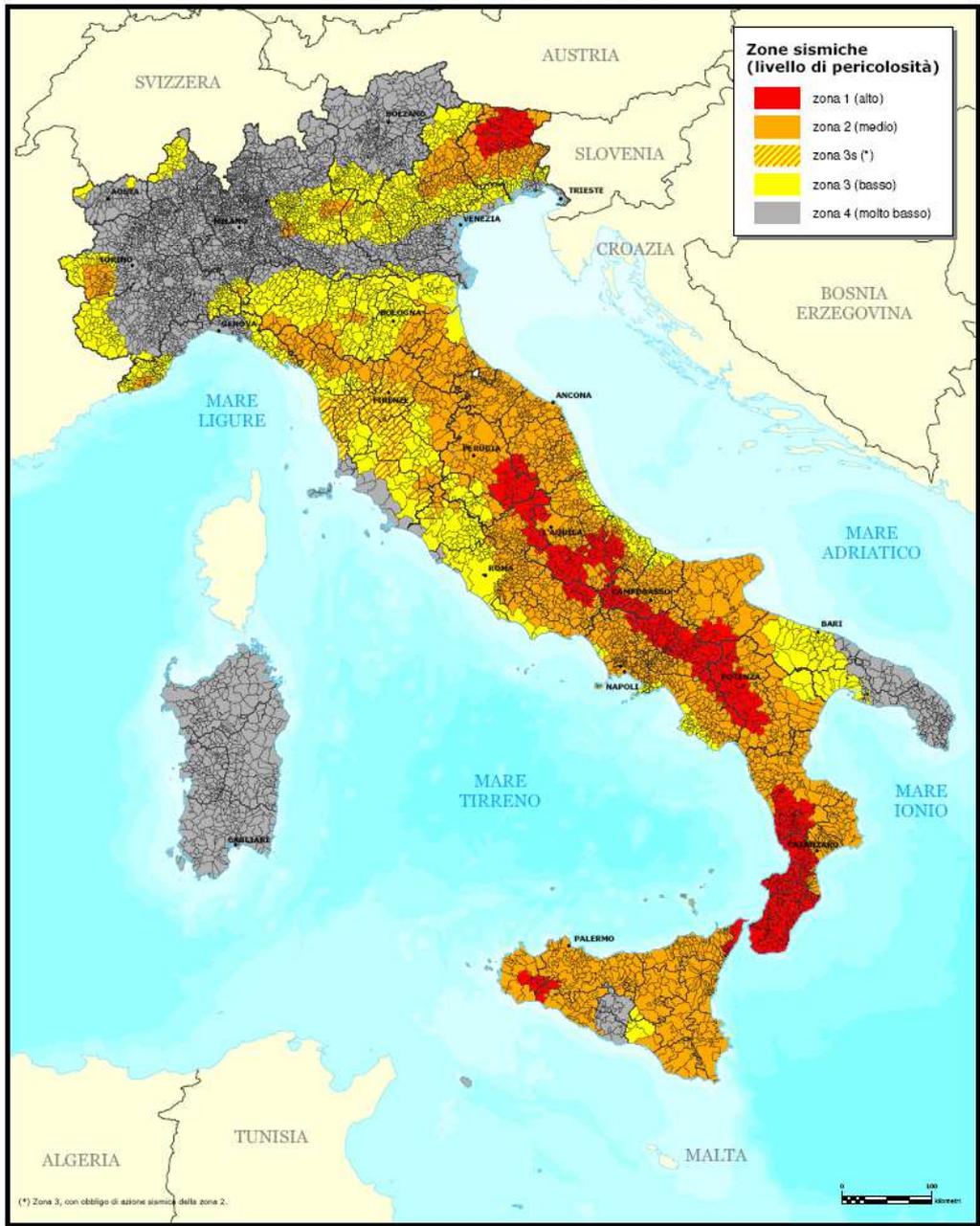
6.1 ZONE SISMICHE

Per la valutazione della sismicità storica dell'area e per una prima valutazione della sua pericolosità sismica, è stata utilizzata la banca dati del GNDT (Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti – cataloghi NT4.1.1 – DOM.4.1.) Come si può vedere dalla mappa allegata il sito in esame viene identificato come un'area a medio rischio sismico.



Area in esame 

Con riferimento alla classificazione sismica nell'Ordinanza del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 e le norme tecniche vigenti, che disciplinano le costruzioni in zone sismiche, il territorio comunale di Fano, è classificato come zona 2 con livello di pericolosità sismico medio (Vedi figura nella pagina seguente).



FB/SP 2007

6.2 AZIONE SISMICA

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2018, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente".

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di costruzione, che è quindi l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica di progetto.

La "pericolosità di base" è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo ("periodo di riferimento" VR espresso in anni), in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato; la probabilità è denominata "Probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" PVR.

La "pericolosità sismica di base" è definita in termini di:

- accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (suolo di categoria C, v. Tab III), con superficie topografica orizzontale (categoria T1; v. Tab. 3.2.IV delle NTC 2018),
- ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento VR.,

Le nuove norme definiscono le forme spettrali, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g accelerazione orizzontale massima al sito;

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.

Le NTC 2018 stimano la pericolosità sismica di base su una griglia di 10.751 punti, per ognuno dei quali viene fornita la terna di valori a_g , F_0 e T^*C per nove distinti periodi di ritorno TR.

7. CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento di seguito indicate.

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).</i>

Per sottosuoli appartenenti alle ulteriori categorie **S1** ed **S2** di seguito indicate, è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche, particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o di argille d'elevata sensibilità possa comportare fenomeni di collasso del terreno.

Categorie aggiuntive di sottosuolo.

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo

Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

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

Le sopra esposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m

8. RISULTATI DELL'INDAGINE ESEGUITA

In base alle risultanze della prova sismica eseguita, che si riportano in allegato, e delle condizioni topografiche dell'area, il sottosuolo può essere attribuito alla categoria "C" e la superficie topografica alla categoria "T1".

Utilizzando il foglio di lavoro distribuito dal "Consiglio superiore dei Lavori Pubblici" è possibile ricavare alcune informazioni aggiuntive a partire dalla vita nominale della costruzione V_n (in anni), dal coefficiente d'uso della costruzione C_u determinato in base alla classe d'uso, dal periodo di riferimento della costruzione V_r (in anni) e dai periodi di ritorno per la determinazione dell'azione sismica T_r (in anni) che sono così definiti:

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale l'opera, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. 2.4.I delle NTC-18 e deve essere precisata nei documenti di progetto.

Tipi di costruzione		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Classi d'uso (§ 2.4.2 NTC-18)

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 così definite:

<i>Classe I:</i>	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
<i>Classe II:</i>	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 <i>Classe d'uso III</i> o in <i>Classe d'uso IV</i> , reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
<i>Classe III:</i>	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in <i>Classe d'uso IV</i> . Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
<i>Classe IV:</i>	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 D.M. 5 novembre 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.

Vita di riferimento (§ 2.4.3 NTC-18)

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U

$$V_r = V_n C_u \quad (\text{NTC-18 Eq. 2.4.1})$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella **Tab. 2.4.II** delle NTC-08.

Tabella 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1	1,5	2

Se $V_R \leq 35$ anni si pone comunque $V_R = 35$ anni.

Si definisce, infine, il periodo di ritorno per la determinazione dell'azione sismica T_r come segue:

Stati limite e relative probabilità di superamento (§ 3.2.1 NTC-18)

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

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.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella **Tab. 3.2.I delle NTC-18**.

Tabella 3.2.I – Probabilità di superamento P_{VR} al variare dello stato limite considerato

Stati Limite	P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
	Stati limite di esercizio	SLO
SLD		63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

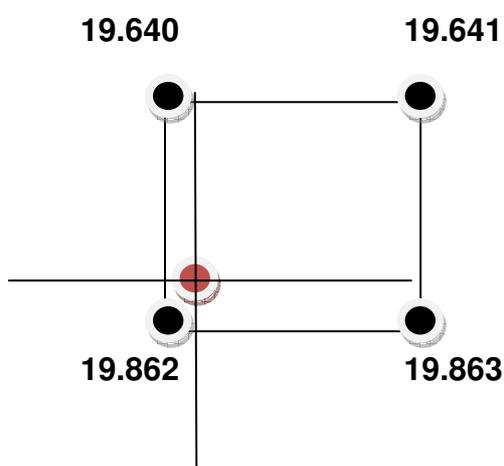
Qualora la protezione nei confronti degli stati limite di esercizio sia di prioritaria importanza, i valori di P_{VR} forniti in tabella devono essere ridotti in funzione del grado di protezione che si vuole raggiungere.

Utilizzando il sopra citato foglio di lavoro distribuito dal “Consiglio superiore dei Lavori Pubblici” nel quale il sito è stato identificato con le seguenti coordinate geografiche:

LATITUDINE: 43,844

LONGITUDINE: 13,012

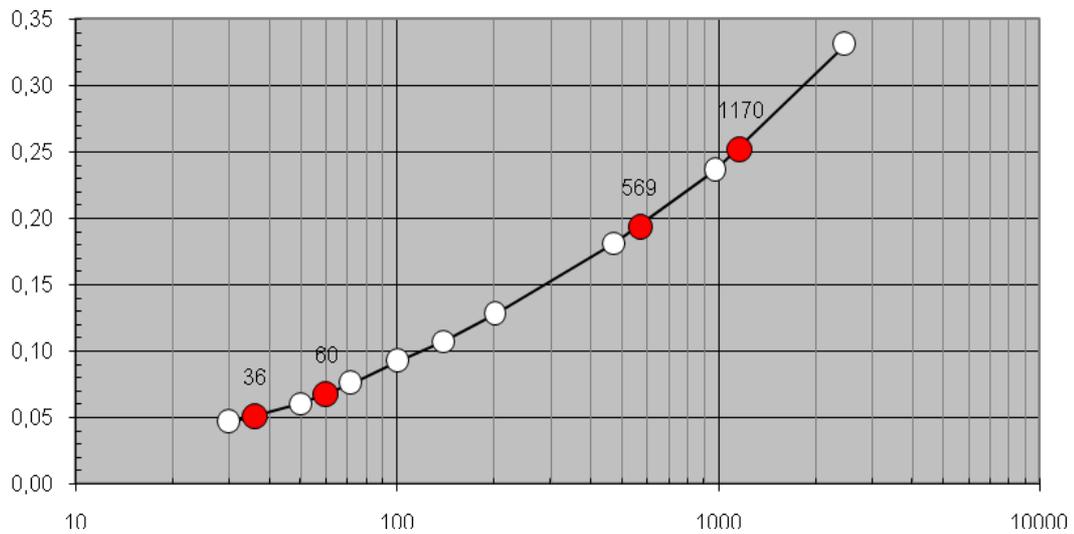
che identificano un punto all'interno del seguente reticolo delimitato dai nodi:



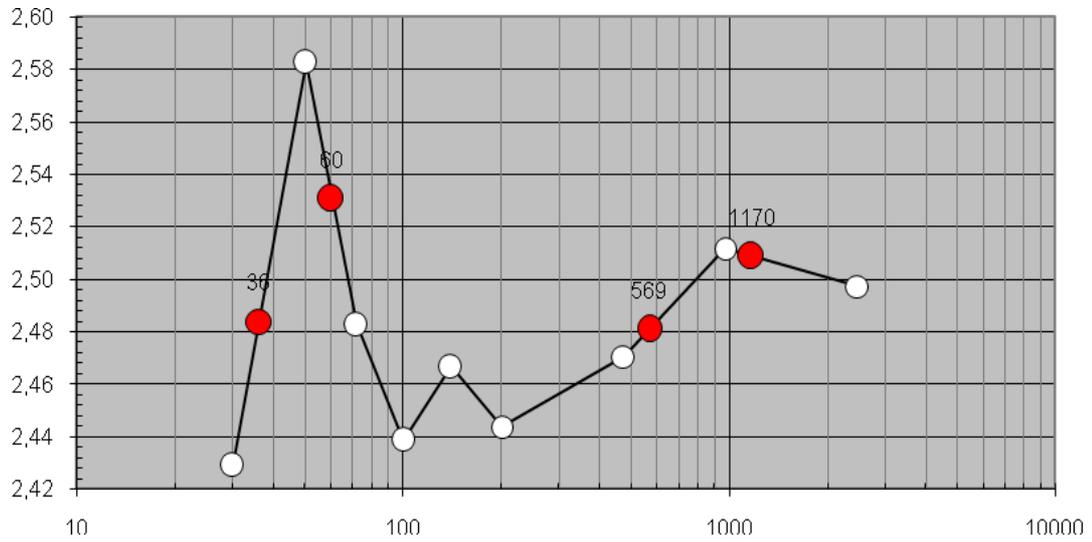
ed partire da un valore $V_n = 60$ (si ricorda che V_n deve essere ≥ 50) ed una classe d'uso II è possibile ricavare i seguenti dati:

Valori di progetto dei parametri a_g , F_o , T_C^* in funzione del periodo di ritorno T_R

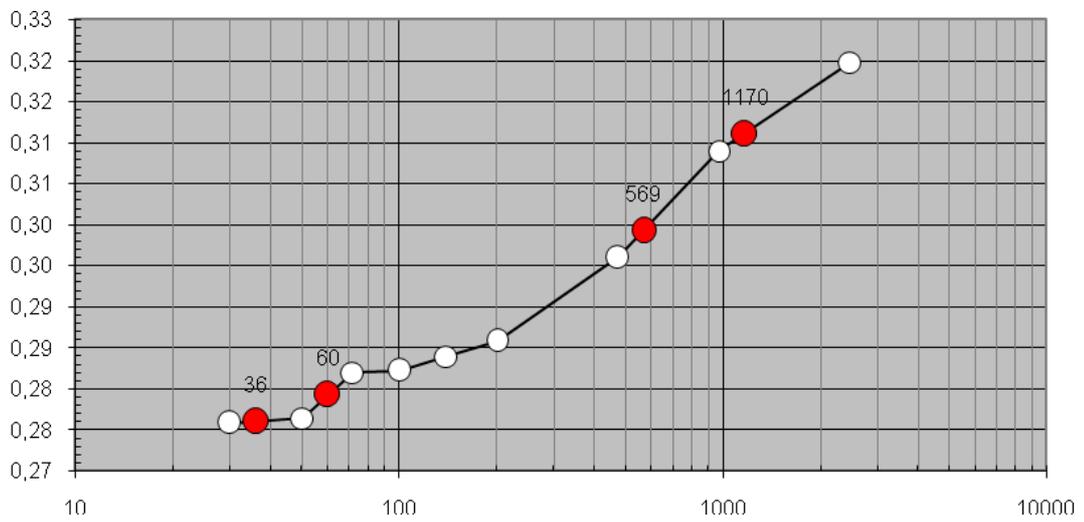
a_g [g]



$F_0 [-]$

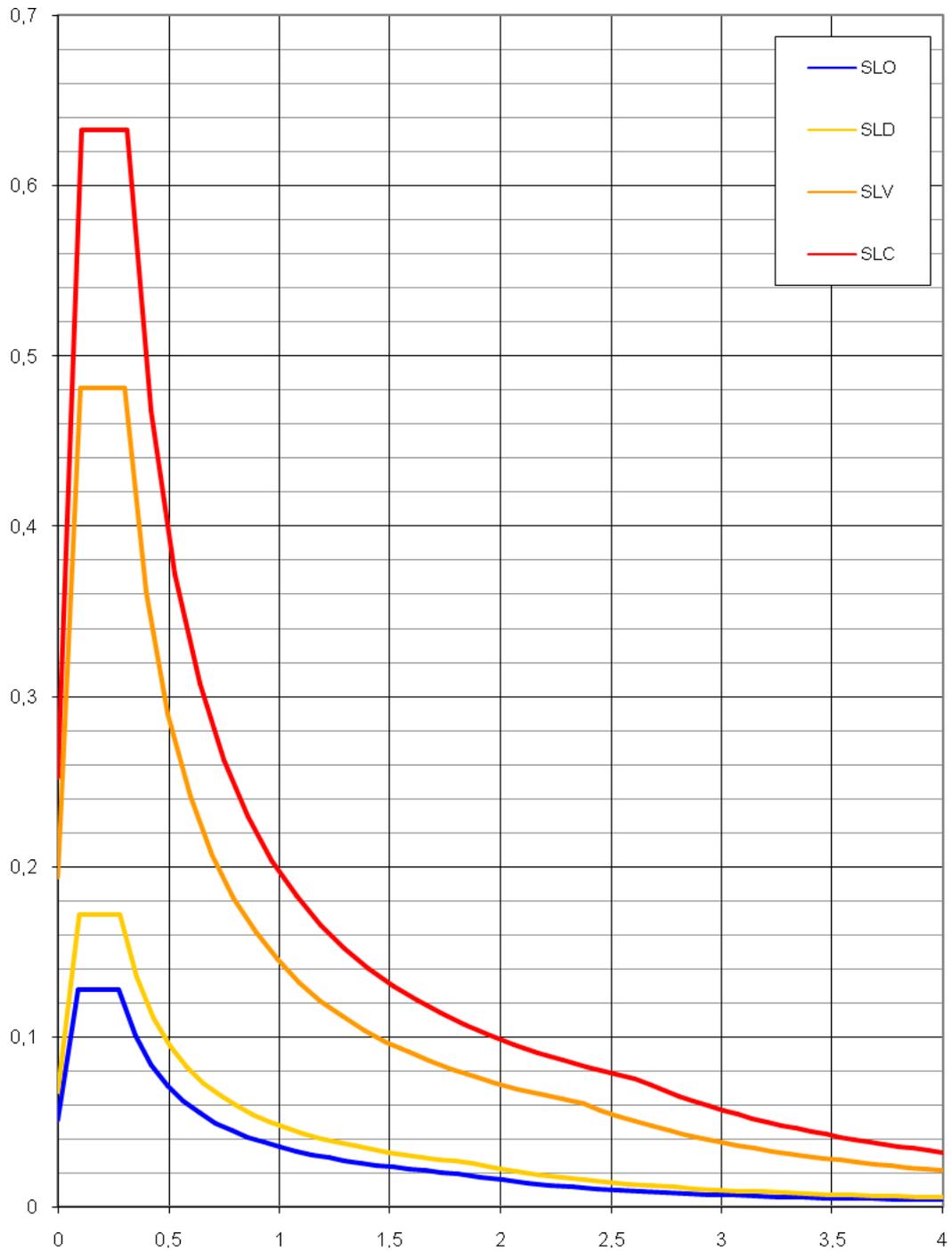


$T_c^* [s]$



Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite

S_e [g]



Valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	36	0,051	2,483	0,276
SLD	60	0,068	2,531	0,279
SLV	569	0,194	2,481	0,299
SLC	1170	0,252	2,509	0,311

9. LIQUEFAZIONE

L'analisi sul rischio di liquefazione viene condotta sulla base di quanto riportato nel paragrafo 7.11.3.4.2 del D.M. 17/01/2018.

La norma specifica che la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1 (a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

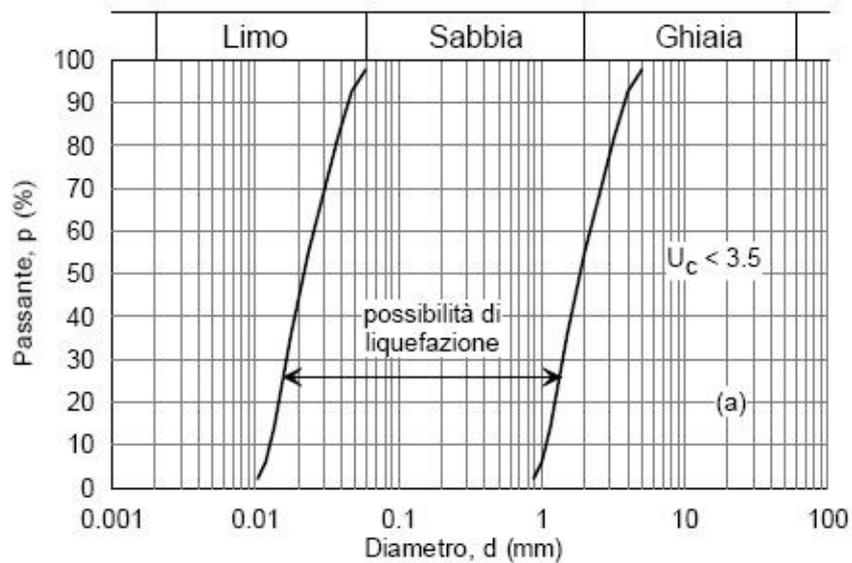


Figura 7.11.1 (a)

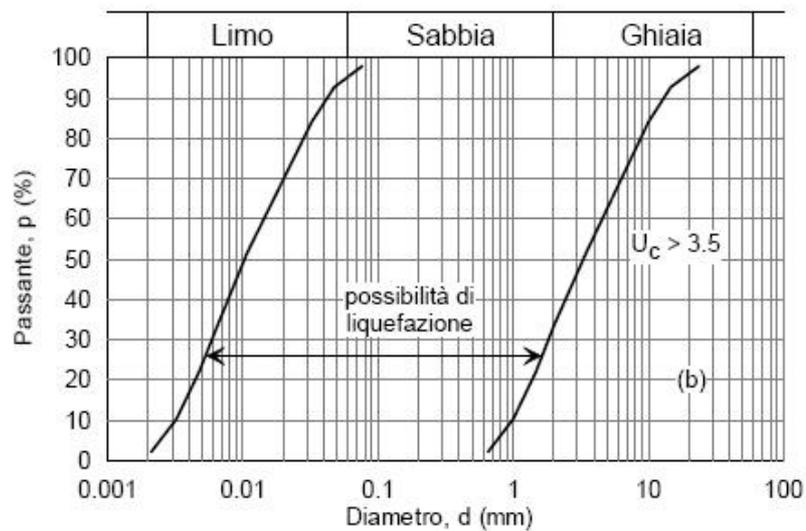


figura 7.11.1(b)

Quando la condizione 1 non risulti soddisfatta, le indagini geotecniche devono essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 2, 3 e 4.

Trattandosi di terreni argilloso-limosi che ricoprono i depositi ghiaiosi-sabbiosi non si rientra né nel punto 3) né nel punto 4) per cui la verifica può essere omessa.

10 COEFFICIENTE DI SOTTOFONDO “K” (TERRENO ALLA WINKLER)

I metodi per la determinazione di “K”, sono basati su estrapolazioni che traggono origine da prove di carico su piastra. Al fine di contenere entro limiti accettabili i costi delle indagini, si è effettuata una determinazione di “K” su basi bibliografiche. Si è così giunti ad individuare:

$K_v = 1 \text{ Kg/cm}^3$ per i terreni argillosi della coltre di copertura

$K_v = 20 \text{ Kg/cm}^3$ per i terreni del substrato

11. CONCLUSIONI

Si consiglia la realizzazione di un drenaggio alla base della struttura ed un'adeguata regimazione delle acque meteoriche al fine di allontanarle dalle fondazioni poiché le stesse si troveranno a contatto con terreni coesivi che, in caso di infiltrazioni, possono rigonfiarsi e diminuire, anche stabilmente, le proprie caratteristiche geotecniche di resistenza causando cedimenti imprevisti.

In relazione alla litologia dei terreni ed alla configurazione morfologica dell'area, sono stati definiti i valori dei parametri sismici allo Stato Limite di Esercizio (SLO-SLD) e allo Stato Limite Ultimo (SLV-SLC).

I terreni di fondazione ricadono in Categoria **C** (Tab. 3.2.II e 3.2.III delle N.T.C.) (vedi paragrafo 7.4 - Tab. III), mentre la categoria topografica è **T1**.

Per ipotesi di calcolo su suolo elastico alla Winkler si suggerisce di adottare, per i terreni del substrato, un coefficiente di sottofondo:

$K_v = 1 \text{ Kg/cm}^3$ per i terreni argillosi della coltre di copertura

$K_v = 20 \text{ Kg/cm}^3$ per i terreni del substrato

Si consiglia infine di provvedere ad un'accurata regimazione di tutte le acque meteoriche e dilavanti, predisponendo un'adeguata rete di scolo; anche le condotte defluenti ed affluenti alla struttura dovranno essere ispirate a principi di assoluta impermeabilità.

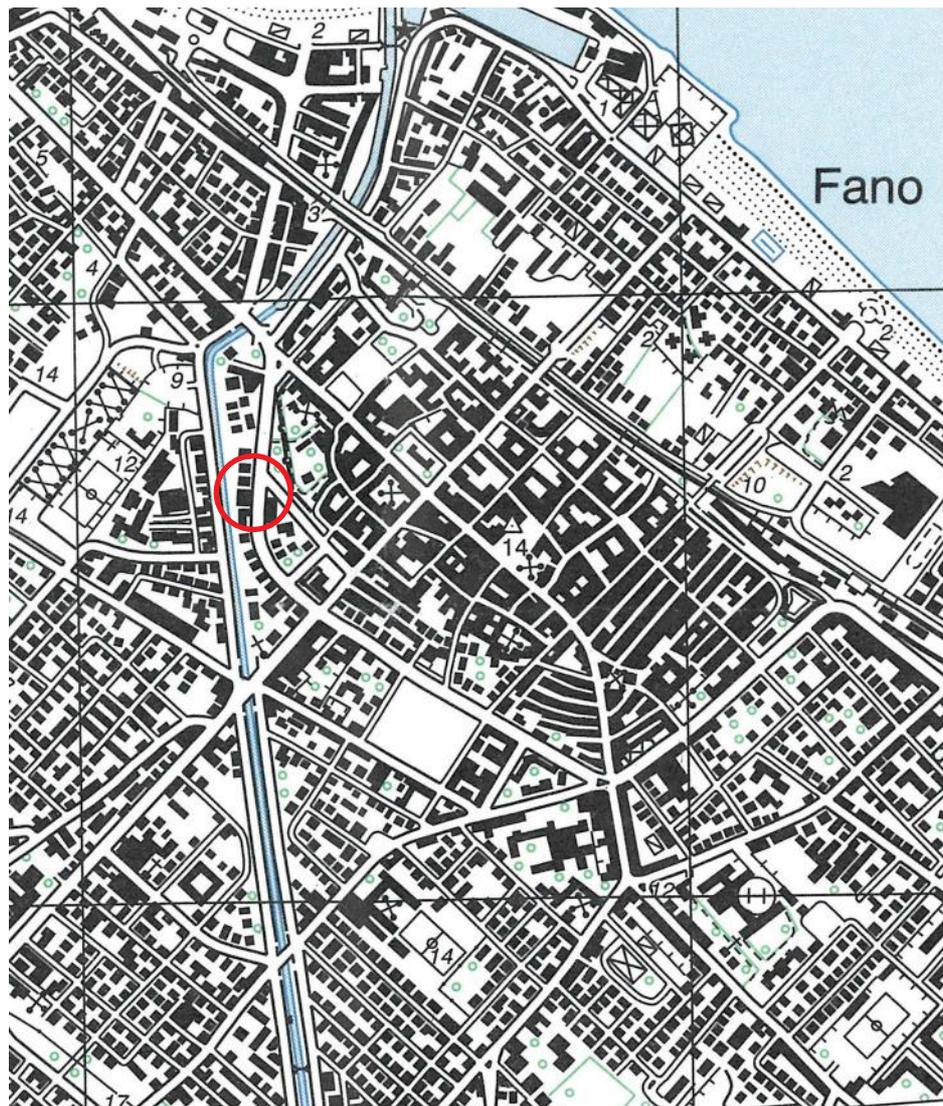
FANO, Lì 18/06/2019

ALLEGATI

- 1. COROGRAFIA**
- 2. CARTA GEOLOGICA**
- 3. PLANIMETRIA LOTTO CON UBICAZIONE DELLE PROVE ESEGUITE E TRACCIA DI SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA**
- 4. SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA**
- 5. REPORT DELLE PROVE PENETROMETRICHE**
- 6. INDAGINE SISMICA (HVSR)**
- 7. CARTA DELLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE E SISMICHE CON SOVRAPPOSIZIONE DELL'AREA IN ARGOMENTO**
- 8. STRALCIO P.A.I. REGIONALE**

COROGRAFIA

scala 1:12.500

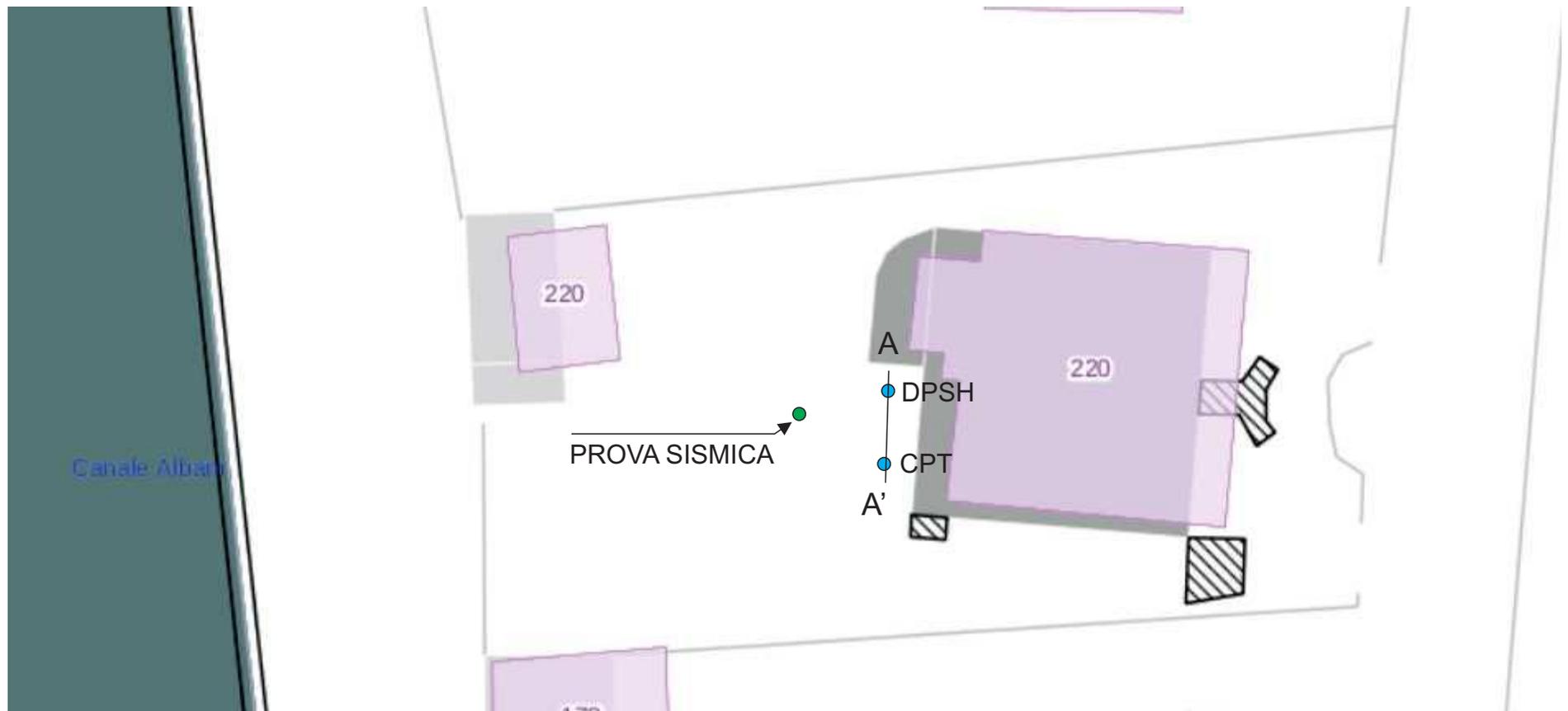


AREA DI INTERESSE

LEGENDA



PLANIMETRIA LOTTO CON UBICAZIONE DELLE PROVE ESEGUITE E TRACCIA DI SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA

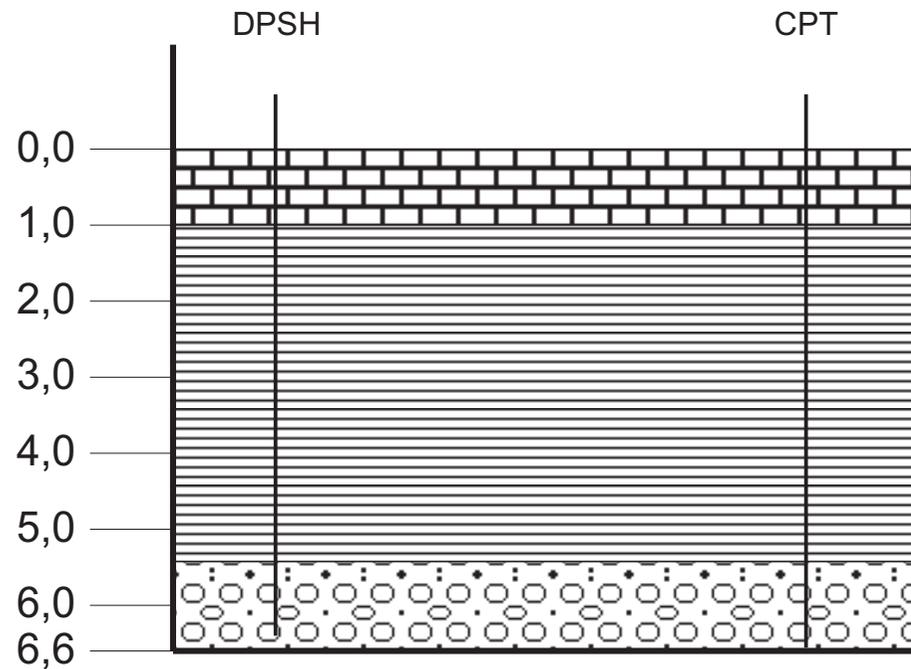


SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA

Scala O 1:50 H 1:100

A

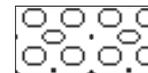
A'



Riporto antropico



Limi argillosi e argilloso-sabbiosi



Ghiaia e sabbiosa
e ghiaia



di DONNINI A. & MANTONI F.

Via Piano di Frassineta, 109 - 60041 Sassoferrato (AN)
Tel/Fax: 0732/96839 - Cell.: 338/9056200 & 328/2652947
P.Iva: 02495830420 - C.F.: 02495830420

INDAGINI & GEOFISICHE
PROVE IN SITO
servizisismici@hotmail.it

PROVA PENETROMETRICA STATICA

C.P.T. CONE PENETRATION TEST

PROVE: CPT 1 - DPSH 1
COMMITTENTE: INGEO PROGETTI S.R.L.
CANTIERE: Viale B. Buozzi
LOCALITA': Fano (PU)

CARATTERISTICHE TECNICHE STRUMENTAZIONE (Penetrometro Statico Semovente Autoancorante Pagani TG 63-200)

CAPACITÀ DI SPINTA 200 KN

Rif. Norme:	ASTM D3441-86
Diametro Punta Conica:	35.7 mm
Angolo di apertura punta:	60°
Area punta:	10 cmq
Superficie manicotto di attrito:	150cmq
Rapporto delle aree di punta:	0.58
Rapporto delle aree del manicotto:	0.014
Passo di lettura:	20 cm
Costante di trasformazione Ct:	10 m

LEGENDA RAPPRESENTAZIONE GRAFICA

fs: attrito laterale sulla superficie del manicotto
Qc: resistenza specifica alla punta del cono
Qc/fs: Rapporto Begemann 1965

Sassoferrato, 31/05/2019

Servizi Sismici Snc

IL PRESENTE REPORT E' AD USO ESCLUSIVO DELLA PRATICA IN OGGETTO.
LA PUBBLICAZIONE INTEGRALE O PARZIALE E' VIETATA SENZA IL CONSENSO SCRITTO DELLA DITTA SERVIZI SISMICI S.n.c.
OGNI UTILIZZO NON AUTORIZZATO SARA' PERSEGUITO A NORMA DI LEGGE

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato...DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Prova eseguita in data

30/05/2019

Profondità prova

6,40 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	8	0,855	66,44	77,74	3,32	3,89
0,40	3	0,851	24,80	29,15	1,24	1,46
0,60	3	0,847	24,69	29,15	1,23	1,46
0,80	7	0,843	57,37	68,02	2,87	3,40
1,00	5	0,840	37,75	44,95	1,89	2,25
1,20	2	0,836	15,04	17,98	0,75	0,90
1,40	3	0,833	22,46	26,97	1,12	1,35
1,60	3	0,830	22,37	26,97	1,12	1,35
1,80	3	0,826	22,29	26,97	1,11	1,35
2,00	3	0,823	20,65	25,09	1,03	1,25
2,20	3	0,820	20,58	25,09	1,03	1,25
2,40	5	0,817	34,17	41,82	1,71	2,09
2,60	5	0,814	34,05	41,82	1,70	2,09
2,80	4	0,811	27,14	33,45	1,36	1,67
3,00	4	0,809	25,29	31,27	1,26	1,56
3,20	3	0,806	18,91	23,46	0,95	1,17
3,40	3	0,803	18,84	23,46	0,94	1,17
3,60	4	0,801	25,05	31,27	1,25	1,56
3,80	3	0,798	18,73	23,46	0,94	1,17
4,00	4	0,796	23,37	29,36	1,17	1,47
4,20	4	0,794	23,30	29,36	1,17	1,47
4,40	4	0,791	23,24	29,36	1,16	1,47
4,60	5	0,789	28,97	36,70	1,45	1,84
4,80	3	0,787	17,33	22,02	0,87	1,10
5,00	4	0,785	21,72	27,67	1,09	1,38
5,20	3	0,783	16,25	20,75	0,81	1,04
5,40	4	0,781	21,61	27,67	1,08	1,38
5,60	9	0,779	48,50	62,25	2,43	3,11
5,80	11	0,777	59,14	76,09	2,96	3,80
6,00	10	0,775	50,72	65,40	2,54	3,27
6,20	8	0,774	40,48	52,32	2,02	2,62
6,40	10	0,772	50,49	65,40	2,52	3,27

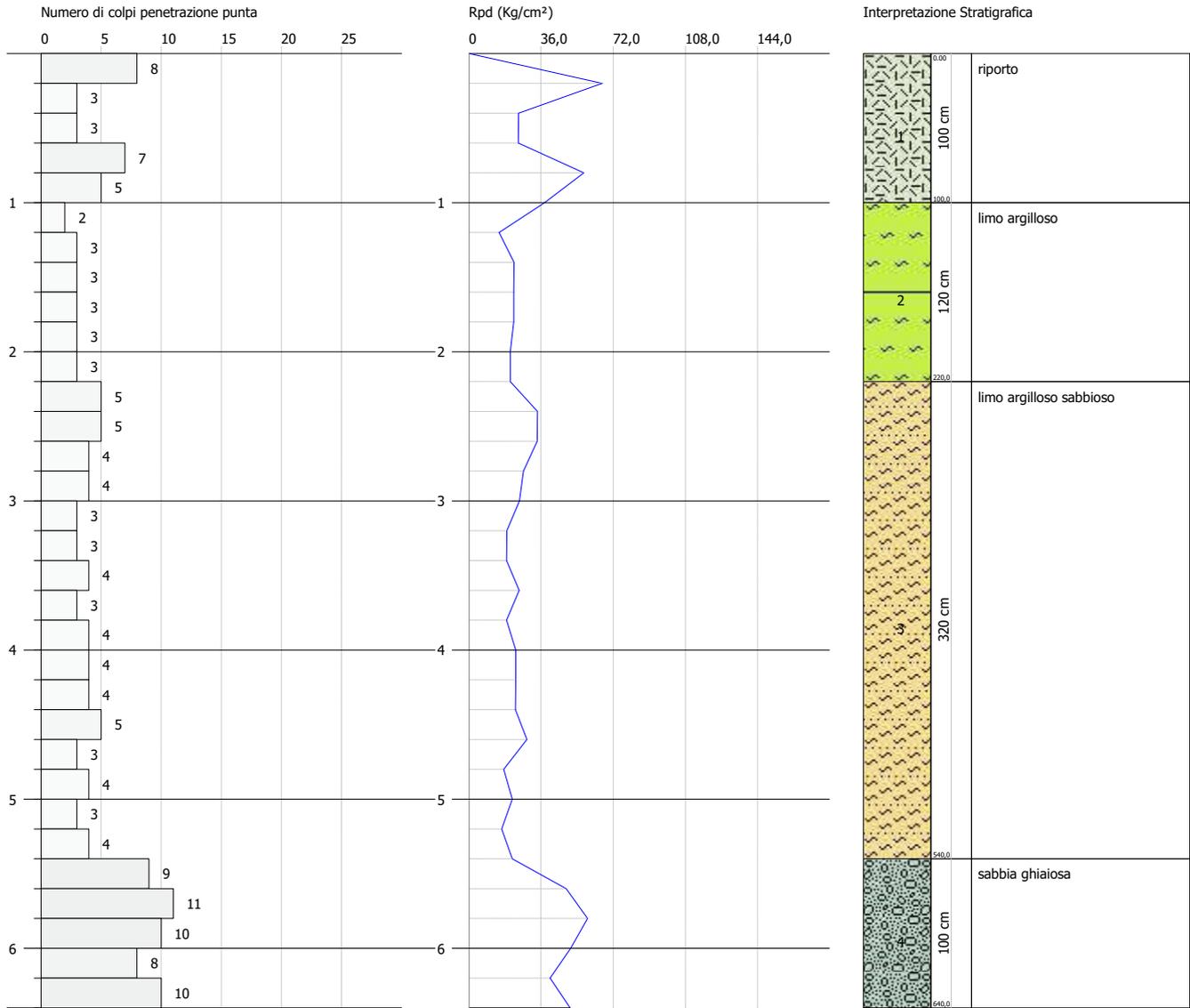
Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1	5,2	49,8	Incoerente	0	1,65	1,9	0,08	1,48	7,68	riporto
2,2	2,83	24,84	Coesivo	0	1,71	1,87	0,27	1,48	4,18	limo argilloso
5,4	3,88	29,56	Coesivo	0	1,8	1,88	0,66	1,48	5,73	limo argilloso sabbioso
6,4	9,6	64,29	Incoerente	0	1,86	1,94	1,04	1,48	14,17	sabbia ghiaiosa

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente: Carlo Cencioni
 Descrizione:
 Località: Viale Buozzi, Fano (PU)

Data: 30/05/2019

Scala 1:45



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1**TERRENI COESIVI I**

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato (2) limo argilloso	4,18	1,00-2,20	De Beer	0,52
Strato (3) limo argilloso sabbioso	5,73	2,20-5,40		0,72

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato (2) limo argilloso	4,18	1,00-2,20	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	44,43
Strato (3) limo argilloso sabbioso	5,73	2,20-5,40		60,23

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (2) limo argilloso	4,18	1,00-2,20	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato (3) limo argilloso sabbioso	5,73	2,20-5,40		MODERAT. CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato (2) limo argilloso	4,18	1,00-2,20	Meyerhof	1,71
Strato (3) limo argilloso sabbioso	5,73	2,20-5,40		1,80

TERRENI INCOERENTI I

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) riporto	7,68	0.00-1,00	7,68	Meyerhof (1957)	65,79
Strato (4) sabbia ghiaiosa	14,17	5,40-6,40	14,17		59,94

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) riporto	7,68	0.00-1,00	7,68	Meyerhof (1965)	27,72
Strato (4) sabbia ghiaiosa	14,17	5,40-6,40	14,17		30,57

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato (1) riporto	7,68	0.00-1,00	7,68	Schultze-Menzenbach Sabbia fina	58,04
Strato (4) sabbia ghiaiosa	14,17	5,40-6,40	14,17		79,46

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) riporto	7,68	0.00-1,00	7,68	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (4) sabbia ghiaiosa	14,17	5,40-6,40	14,17		MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
Strato (1) riporto	7,68	0.00-1,00	7,68	Meyerhof et al.	1,65
Strato (4) sabbia ghiaiosa	14,17	5,40-6,40	14,17		1,86

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) riporto	7,68	0.00-1,00	7,68	(A.G.I.)	0,34
Strato (4) sabbia ghiaiosa	14,17	5,40-6,40	14,17		0,33

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato (1) riporto	7,68	0.00-1,00	7,68	Ohsaki (Sabbie pulite)	441,73
Strato (4) sabbia ghiaiosa	14,17	5,40-6,40	14,17		785,60

PROVA ... Nr.1

Committente: Carlo Cencioni

Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)

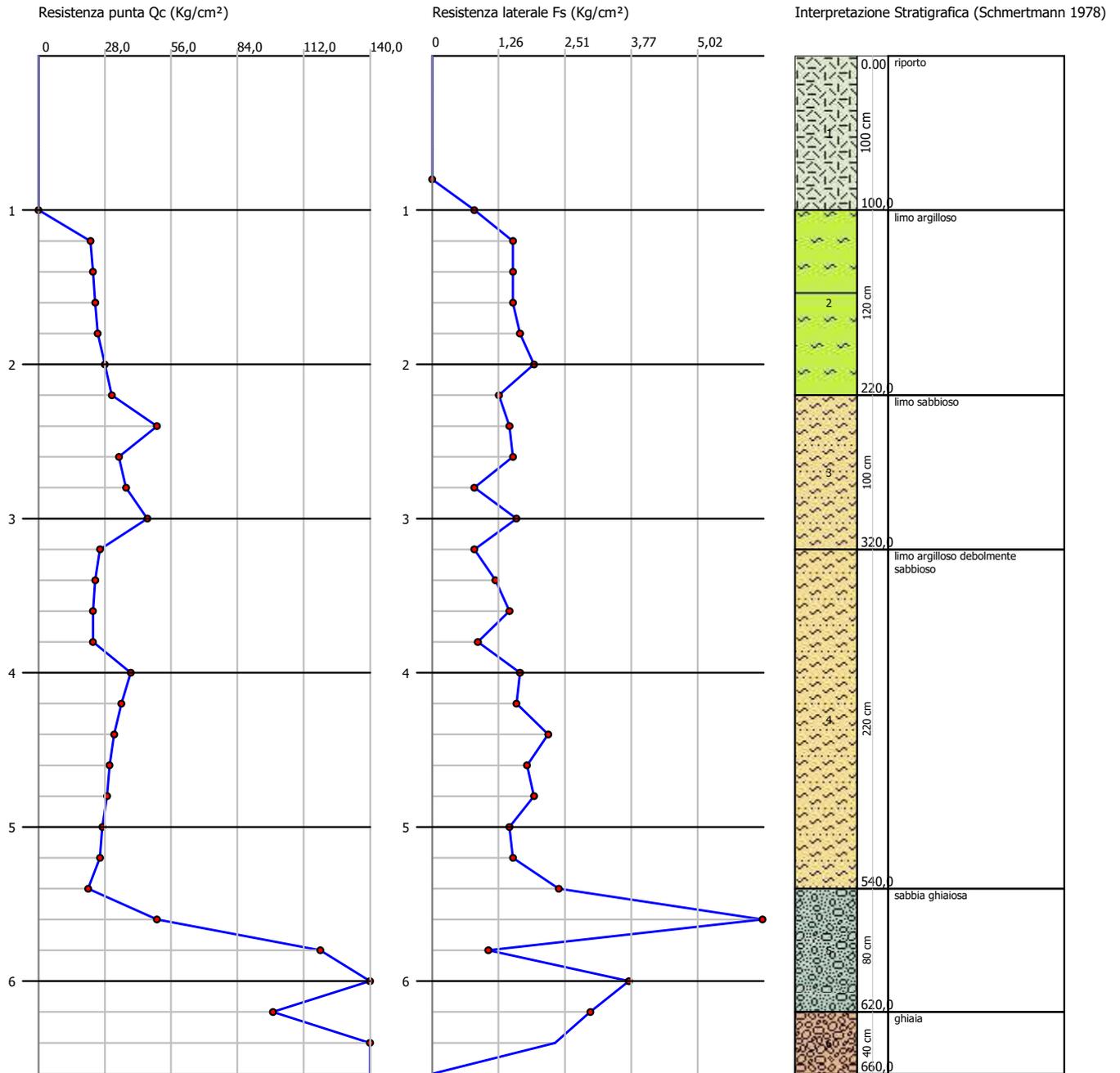
Prova eseguita in data: 23/11/2019

Profondità prova: 6,60 mt

Località: Fano (PU)

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,00	0,0	0,0	0,0		
0,40	0,00	0,0	0,0	0,0		
0,60	0,00	0,0	0,0	0,0		
0,80	0,00	0,0	0,0	0,0		
1,00	0,00	0,0	0,0	0,8	0,0	
1,20	22,00	34,0	22,0	1,533	14,351	7,0
1,40	23,00	46,0	23,0	1,533	15,003	6,7
1,60	24,00	47,0	24,0	1,533	15,656	6,4
1,80	25,00	48,0	25,0	1,667	14,997	6,7
2,00	28,00	53,0	28,0	1,933	14,485	6,9
2,20	31,00	60,0	31,0	1,267	24,467	4,1
2,40	50,00	69,0	50,0	1,467	34,083	2,9
2,60	34,00	56,0	34,0	1,533	22,179	4,5
2,80	37,00	60,0	37,0	0,8	46,25	2,2
3,00	46,00	58,0	46,0	1,6	28,75	3,5
3,20	26,00	50,0	26,0	0,8	32,5	3,1
3,40	24,00	36,0	24,0	1,2	20,0	5,0
3,60	23,00	41,0	23,0	1,467	15,678	6,4
3,80	23,00	45,0	23,0	0,867	26,528	3,8
4,00	39,00	52,0	39,0	1,667	23,395	4,3
4,20	35,00	60,0	35,0	1,6	21,875	4,6
4,40	32,00	56,0	32,0	2,2	14,545	6,9
4,60	30,00	63,0	30,0	1,8	16,667	6,0
4,80	29,00	56,0	29,0	1,933	15,003	6,7
5,00	27,00	56,0	27,0	1,467	18,405	5,4
5,20	26,00	48,0	26,0	1,533	16,96	5,9
5,40	21,00	44,0	21,0	2,4	8,75	11,4
5,60	50,00	86,0	50,0	6,267	7,978	12,5
5,80	119,00	213,0	119,0	1,067	111,528	0,9
6,00	198,00	214,0	198,0	3,733	53,04	1,9
6,20	99,00	155,0	99,0	3,0	33,0	3,0
6,40	154,00	199,0	154,0	2,333	66,009	1,5
6,60	166,00	201,0	166,0	0,0		0,0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
1,00	0,0	0,16	1,7	Coesivo	riporto
2,20	25,5	1,578	2,0	Coesivo	limo argilloso
3,20	38,6	1,24	2,1	Incoerente-Coesivo	limo sabbioso
5,40	28,091	1,649	2,0	Coesivo	limo argilloso sabbioso
6,20	116,5	3,517	2,1	Incoerente	sabbia ghiaiosa
6,60	160,0	1,167	2,0	Incoerente	ghiaia



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

TERRENI COESIVI I

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	Qc (Kg/cm ²)	Fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	1,00	0,0	0,16	0,1	0,1	Baligh ed altri 1980 Nk=23	0,0
Strato 2	2,20	25,5	1,578	0,3	0,3		1,1
Strato 3	3,20	38,6	1,24	0,5	0,5		1,66
Strato 4	5,40	28,091	1,649	0,8	0,8		1,18

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	1,00	0,0	0,16	0,1	0,1	Metodo generale del modulo Edometrico	0,0
Strato 2	2,20	25,5	1,578	0,3	0,3		51,0
Strato 3	3,20	38,6	1,24	0,5	0,5		77,2
Strato 4	5,40	28,091	1,649	0,8	0,8		56,18

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	Qc (Kg/cm ²)	Fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	1,00	0,0	0,16	0,1	0,1	P.W.Mayne 1991	0,5
Strato 2	2,20	25,5	1,578	0,3	0,3		4,9
Strato 3	3,20	38,6	1,24	0,5	0,5		7,52
Strato 4	5,40	28,091	1,649	0,8	0,8		5,42

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	Qc (Kg/cm ²)	Fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	1,00	0,0	0,16	0,1	0,1	Meyerhof	0,0
Strato 2	2,20	25,5	1,578	0,3	0,3		2,0
Strato 3	3,20	38,6	1,24	0,5	0,5		2,1
Strato 4	5,40	28,091	1,649	0,8	0,8		2,0

TERRENI INCOERENTI I

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	Qc (Kg/cm ²)	Fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 3	3,20	38,6	1,24	0,5	0,5	Jamiolkowski 1985	59,02
Strato 5	6,20	116,5	3,517	1,1	1,1		67,8
Strato 6	6,60	160,0	1,167	1,3	1,3		73,95

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	Qc (Kg/cm ²)	Fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 3	3,20	38,6	1,24	0,5	0,5	Herminier	26,23
Strato 5	6,20	116,5	3,517	1,1	1,1		28,02
Strato 6	6,60	160,0	1,167	1,3	1,3		29,51

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	Qc (Kg/cm ²)	Fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato 3	3,20	38,6	1,24	0,5	0,5	ISOPT-1 1988	56,45
Strato 5	6,20	116,5	3,517	1,1	1,1		148,28
Strato 6	6,60	160,0	1,167	1,3	1,3		189,5

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	Qc (Kg/cm ²)	Fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ko
Strato 3	3,20	38,6	1,24	0,5	0,5	Kulhawy & Mayne (1990)	0,50
Strato 5	6,20	116,5	3,517	1,1	1,1		0,61
Strato 6	6,60	160,0	1,167	1,3	1,3		0,70

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	Qc (Kg/cm ²)	Fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 3	3,20	38,6	1,24	0,5	0,5	Meyerhof	1,8
Strato 5	6,20	116,5	3,517	1,1	1,1		1,8
Strato 6	6,60	160,0	1,167	1,3	1,3		1,9

REPORT FOTOGRAFICO



POSTAZIONE PROVA DPSH .1



POSTAZIONE PROVA CPT .1



**INDAGINE GEOFISICA ESEGUITA CON LA TECNICA
DEI RAPPORTI SPETTRALI (HVSr) PRESSO
L'EDIFICIO SITO IN VIA BRUNO BUOZZI
NEL COMUNE DI FANO (PU).**

Committente: INGEO PROGETTI SRL



Sassoferrato, 31 maggio 2019

Servizi Sismici Snc

*Il presente report è ad uso esclusivo della pratica in oggetto.
L'utilizzo del dato o la pubblicazione integrale o parziale è vietata senza il consenso scritto della ditta Servizi Sismici Snc.
Ogni utilizzo non autorizzato sarà perseguito a norma di legge*

Cenni sulla teoria della tecnica HVSR

La tecnica HVSR permette in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito. Successivamente, come ulteriore sviluppo, la stima del parametro normativo V_s . Equivalente attraverso un processo di inversione del problema iniziale. Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; le sorgenti di rumore sono uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Se queste sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi che vengono di seguito illustrate.

Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione. Tale registrazione deve essere effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata non inferiore ai 20 minuti.

Si esegue un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del succitato progetto SESAME tale dimensione, detta Long Period, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre "long", che sono sincronizzate fra le tracce.

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

Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a tapering e/o lisciamiento secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee.

Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea.

Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing.

Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito.

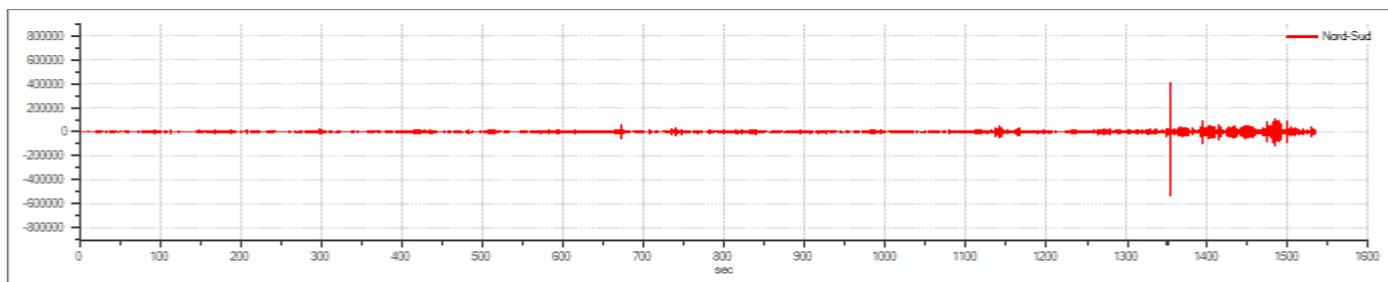
L'ulteriore ipotesi che questo rapporto spettrale possa ritenersi una buona approssimazione dell'ellitticità del modo fondamentale della propagazione delle onde di Rayleigh, permette di confrontare questi due al fine di ottenere una stima del profilo stratigrafico. Tale procedura, detta di inversione, consente di definire il profilo sostanzialmente in termini di spessore e velocità delle onde di taglio. Avendo quindi una stima del profilo della velocità delle onde di taglio, è possibile valutarne il parametro normativo V_s Equivalente.

Tracce in input

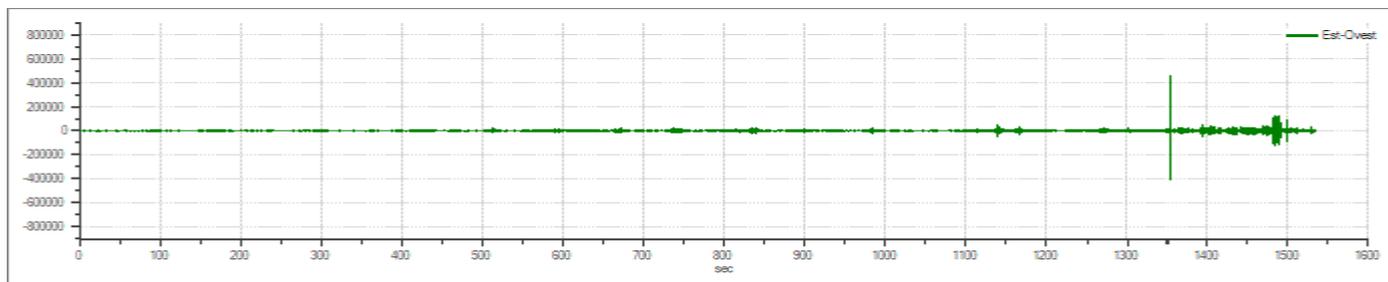
Dati riepilogativi:

Numero tracce: 3
Durata registrazione: 1534 s
Frequenza di campionamento: 200.00 Hz
Numero campioni: 306893
Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

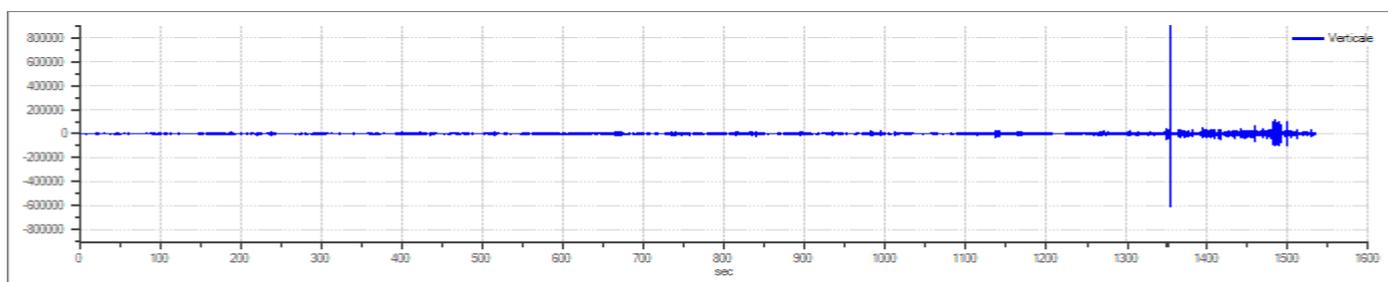
Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

Finestre selezionate

Dati riepilogativi:

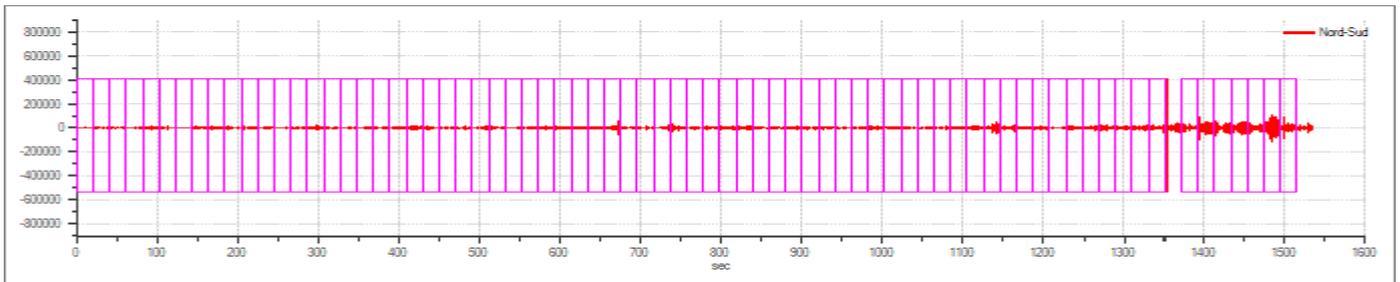
Numero totale finestre selezionate: 73 -- Numero finestre incluse nel calcolo: 73
 Dimensione temporale finestre: 20.480 s --- Tipo di lisciamento: Triangolare proporzionale
 Percentuale di lisciamento: 10.00 %

Tabella finestre:

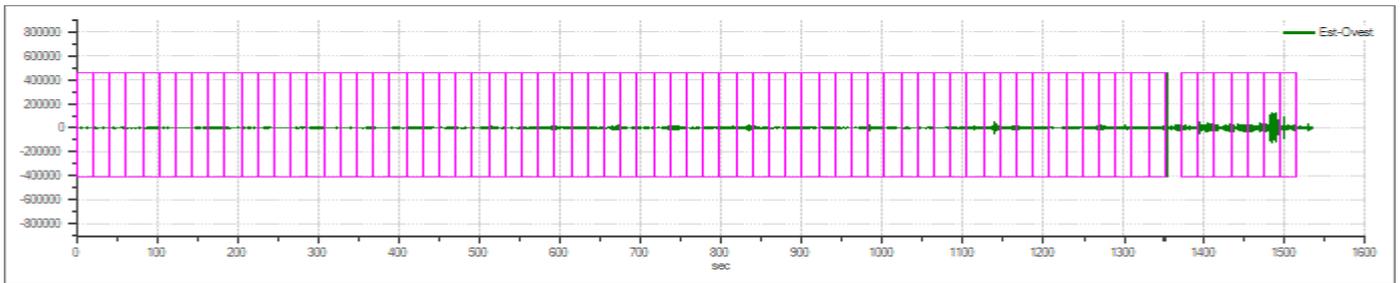
Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	0	20.48	Inclusa
2	20.48	40.96	Inclusa
3	40.96	61.44	Inclusa
4	61.44	81.92	Inclusa
5	81.92	102.4	Inclusa
6	102.4	122.88	Inclusa
7	122.88	143.36	Inclusa
8	143.36	163.84	Inclusa
9	163.84	184.32	Inclusa
10	184.32	204.8	Inclusa
11	204.8	225.28	Inclusa
12	225.28	245.76	Inclusa
13	245.76	266.24	Inclusa
14	266.24	286.72	Inclusa
15	286.72	307.2	Inclusa
16	307.2	327.68	Inclusa
17	327.68	348.16	Inclusa
18	348.16	368.64	Inclusa
19	368.64	389.12	Inclusa
20	389.12	409.6	Inclusa
21	409.6	430.08	Inclusa
22	430.08	450.56	Inclusa
23	450.56	471.04	Inclusa
24	471.04	491.52	Inclusa
25	491.52	512	Inclusa
26	512	532.48	Inclusa
27	532.48	552.96	Inclusa
28	552.96	573.44	Inclusa
29	573.44	593.92	Inclusa
30	593.92	614.4	Inclusa
31	614.4	634.88	Inclusa
32	634.88	655.36	Inclusa
33	655.36	675.84	Inclusa
34	675.84	696.32	Inclusa
35	696.32	716.8	Inclusa
36	716.8	737.28	Inclusa
37	737.28	757.76	Inclusa
38	757.76	778.24	Inclusa
39	778.24	798.72	Inclusa
40	798.72	819.2	Inclusa
41	819.2	839.68	Inclusa
42	839.68	860.16	Inclusa
43	860.16	880.64	Inclusa
44	880.64	901.12	Inclusa
45	901.12	921.6	Inclusa
46	921.6	942.08	Inclusa
47	942.08	962.56	Inclusa
48	962.56	983.04	Inclusa
49	983.04	1003.52	Inclusa
50	1003.52	1024	Inclusa
51	1024	1044.48	Inclusa
52	1044.48	1064.96	Inclusa
53	1064.96	1085.44	Inclusa
54	1085.44	1105.92	Inclusa
55	1105.92	1126.4	Inclusa
56	1126.4	1146.88	Inclusa
57	1146.88	1167.36	Inclusa
58	1167.36	1187.84	Inclusa
59	1187.84	1208.32	Inclusa
60	1208.32	1228.8	Inclusa

61	1228.8	1249.28	Inclusa
62	1249.28	1269.76	Inclusa
63	1269.76	1290.24	Inclusa
64	1290.24	1310.72	Inclusa
65	1310.72	1331.2	Inclusa
66	1331.2	1351.68	Inclusa
67	1372.16	1392.64	Inclusa
68	1392.64	1413.12	Inclusa
69	1413.12	1433.6	Inclusa
70	1433.6	1454.08	Inclusa
71	1454.08	1474.56	Inclusa
72	1474.56	1495.04	Inclusa
73	1495.04	1515.52	Inclusa

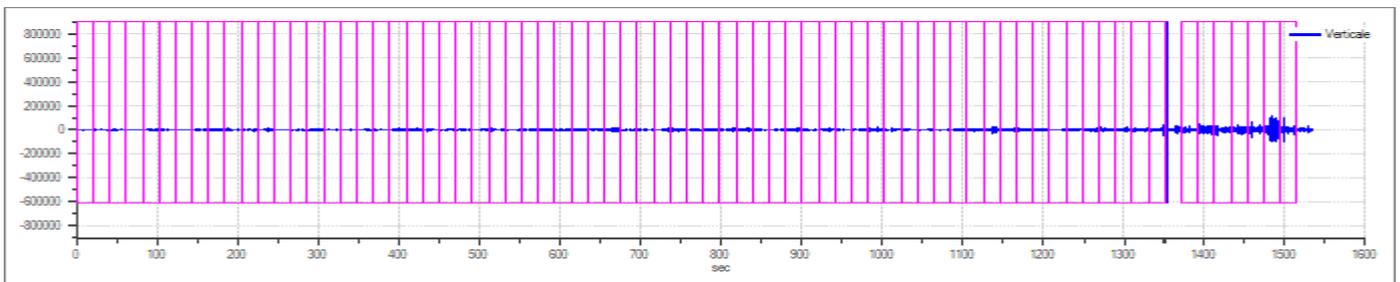
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

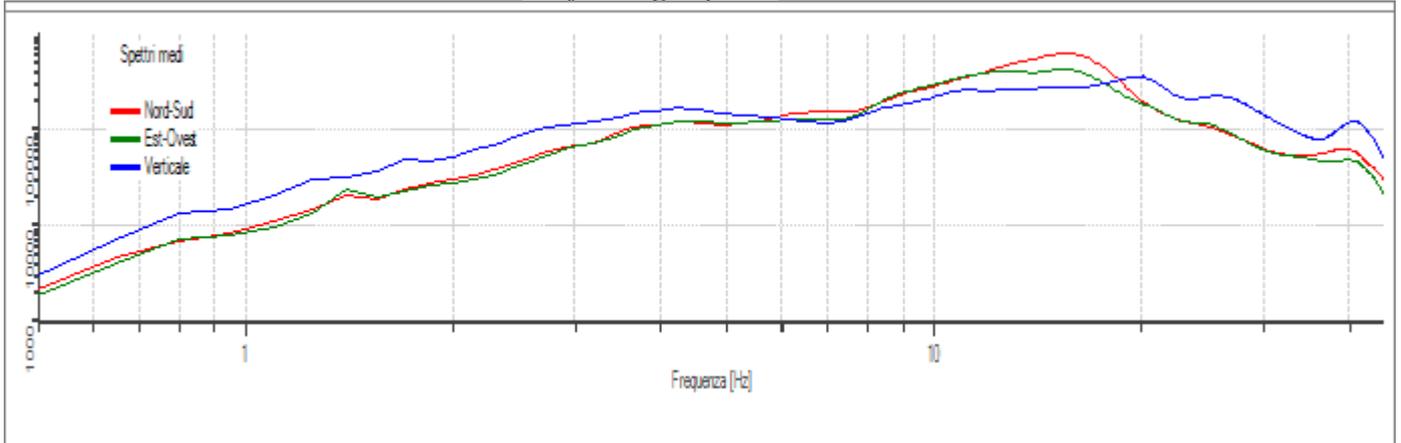


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

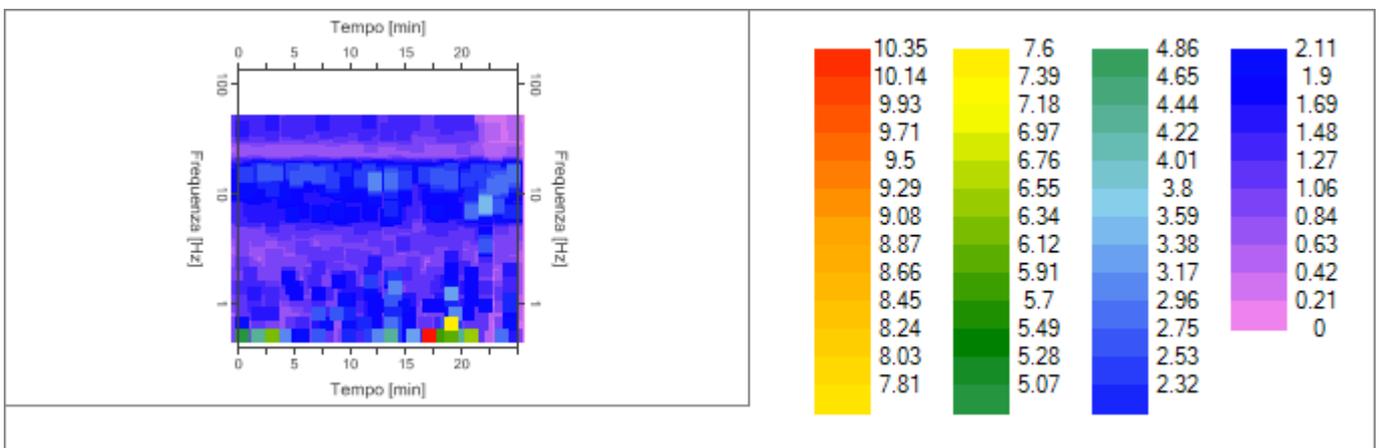


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

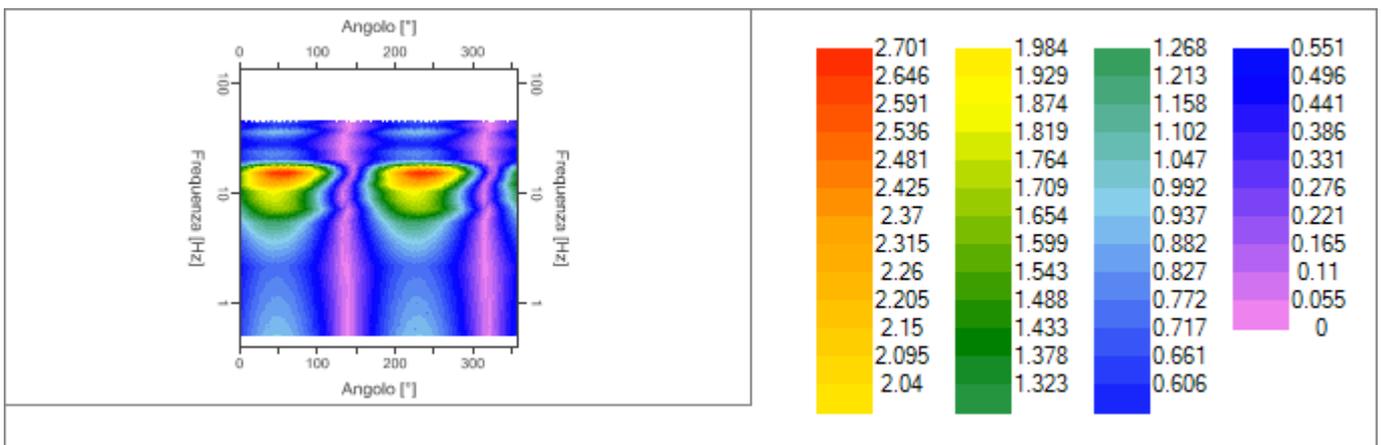
Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni



Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

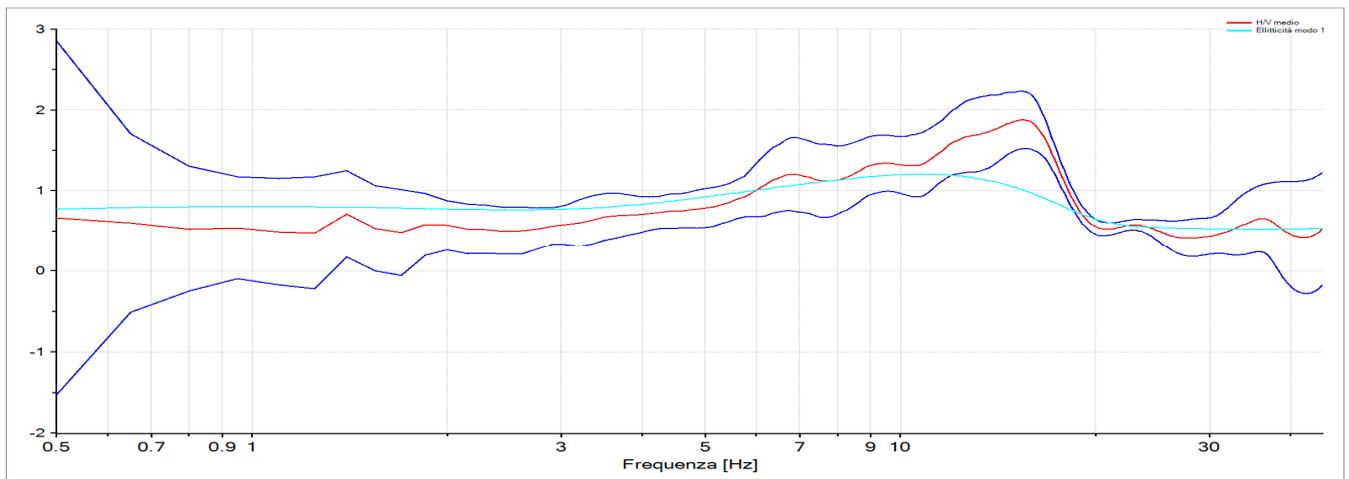
Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 45.00 Hz
 Frequenza minima: 0.50 Hz
 Passo frequenze: 0.15 Hz
 Tipo lisciamiento:: Triangolare proporzionale
 Percentuale di lisciamiento: 10.00 %
 Tipo di somma direzionale: Media aritmetica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 15.50 Hz \pm 0.19 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifiche SESAME:

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

Modello stratigrafico

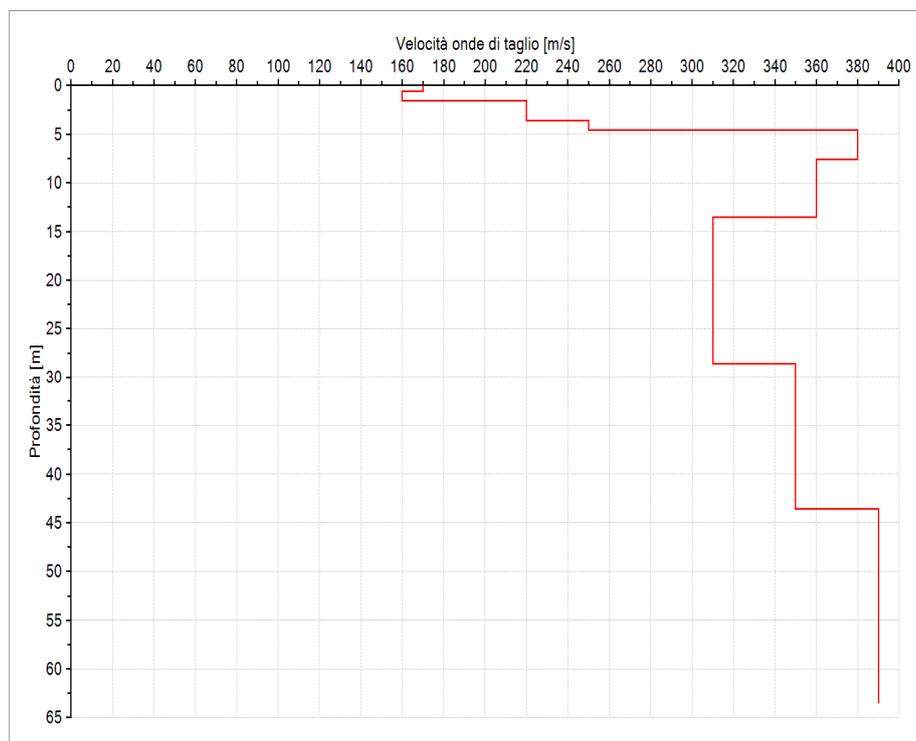
Dati riepilogativi:

Numero strati: 9
Frequenza del picco dell'ellitticità: 10.85 Hz
Valore di disadattamento: -1.00
Valore Vs30 = Vs equivalente: 300.54 m/s

Dati della stratigrafia:

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m ³]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	0.6	17.8	0.4	170
2	0.6	1	18	0.36	160
3	1.6	2	18.5	0.35	220
4	3.6	1	19	0.34	250
5	4.6	3	20	0.34	380
6	7.6	6	20	0.35	360
7	13.6	15	21	0.34	310
8	28.6	15	22	0.33	350
9	43.6	20	23	0.28	390

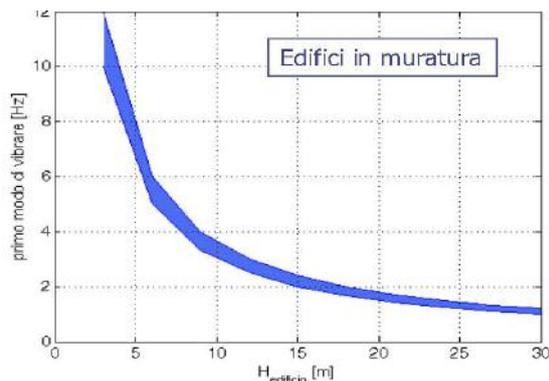
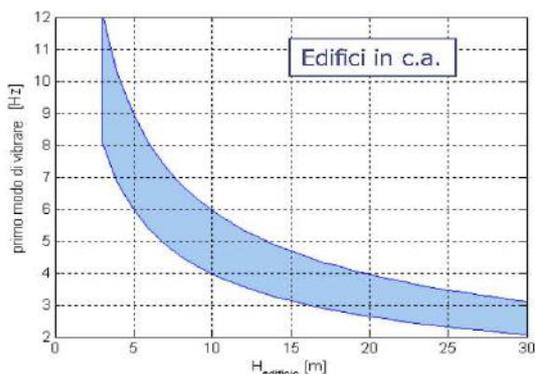
Profilo delle velocità delle onde di taglio.



CONCLUSIONI

La prova eseguita nel sito in esame ha permesso di ricavare i seguenti dati:

La curva H/V media (curva rossa) mostra la presenza di un modesto picco di amplificazione sismica posto alla frequenza di circa 15 Hz con rapporto H/V leggermente inferiore al valore 2. Questo picco rappresenta la frequenza fondamentale del sito ed è collocato all'esterno del campo delle frequenze di interesse ingegneristico (vedi grafico seguente).



Dal profilo Vs stimato si rilevano terreni dotati di bassa velocità di propagazione delle onde di taglio fino alla profondità di circa 5 metri dal p.c.. Oltre tale quota, la velocità di propagazione delle onde di taglio, tende a crescere gradualmente con la profondità per poi mostrare una leggera decrescita nel range di quota 14-28 metri. Dopo tale intervallo la velocità tende di nuovo a crescere costantemente con la profondità.

La velocità stimata delle onde di taglio nei primi 30 metri di suolo a partire dal p.c. è pari a 300 m/sec..

Sassoferrato 31.05.2019

SERVIZI SISMICI S.n.c.
di *Donnini A. & Mantoni F.*
Via Piano di Frassineta, 109
60041 - SASSOFERRATO (AN)
Cod. Fisc. e P.IVA: 02795830420
R. Reg. AN-182227

CARTA GEOMORFOLOGICA - IDROGEOLOGICA DELLE
PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE E SISMICHE



○ AREA DI INTERESSE

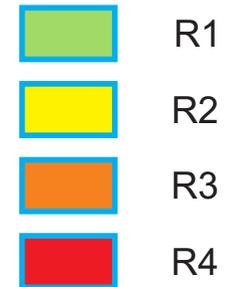
STRALCIO P.A.I.

Cartografia PAI aggiornata al Decreto del Segretario Generale n. 22/SABN del 09/06/2011



LEGENDA

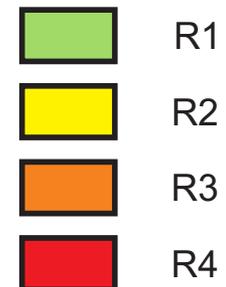
ESONDAZIONI - PAI



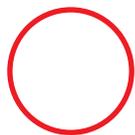
ESONDAZIONI - PS2006



FRANE



VALANGHE



AREA DI INTERESSE