



**EDIFICIO A DESTINAZIONE D'USO COMMERCIALE  
ADIBITO A MEDIA STRUTTURA PER LA VENDITA  
DI GENERI ALIMENTARI E NON**

**Viale Roma - MASSA (MS)**

**RELAZIONE GEOLOGICA**

**Novembre 2021**



Emesso e approvato da: **Dott. Geol. Massimo Pellegrini** .....

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Massimo Pellegrini", written over a dotted line.

HYDROGEA VISION s.r.l.

sede legale: via B. Varchi, 34 - 50132 – Firenze Italy

sede operativa: Via F. Puccinotti, 61 - 50129 - Firenze Italy

Tel. +39.055.411689 – fax +39.055.4473630 e-mail: [segreteria@hydrogeavision.it](mailto:segreteria@hydrogeavision.it)

P.IVA/C.F./CCIAA Firenze 05506570489 – REA N.°551906

## INDICE

Pagina

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>5</b>
<b>3. ASSETTO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO .....</b>	<b>6</b>
3.1. Geomorfologia .....	6
3.2. Geologia .....	7
<b>4. FRAGILITA' IDROGEOLOGICA .....</b>	<b>12</b>
<b>5. FRAGILITA' IDRAULICA.....</b>	<b>13</b>
5.1. – Fragilità Idraulica dell'area.....	13
<b>6. QUADRO GEOTECNICO .....</b>	<b>15</b>
<b>7. SISMICITA' .....</b>	<b>17</b>
7.1. Definizione della sismicità di riferimento.....	22
7.2. Indagini sismiche eseguite. Metodologia.....	24
7.3. Indagini sismiche eseguite. Risultati .....	25
7.4. Problematiche legate alla sismicità .....	28
<b>8. PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA, SISMICA E IDRAULICA.....</b>	<b>31</b>
8.1 - Pericolosità Geologica-Geomorfologica .....	31
8.2 - Pericolosità Sismica .....	33
8.3 - Pericolosità Idraulica .....	36
<b>9. FATTIBILITA' .....</b>	<b>39</b>

ANNESSO:

Indagini geognostiche

## 1. PREMESSA

Su richiesta dello Studio Tecnico di progettazione dell'Arch. Fabio Alderotti di Empoli, in relazione al progetto di edificazione di un edificio adibito ad uso commerciali lungo il Viale Roma a Massa e di quanto disposto dalla normativa Regionale 36R/2009 in materia di pianificazione urbanistica e territoriale nonché delle vigenti NTC 2018, è stata redatta la presente Relazione Geologica.

L'area oggetto dell'intervento è ubicata lungo il Viale Roma, Fig.1. Il progetto prevede un edificio per la vendita nonché parcheggi a servizio pubblico e della struttura.

I criteri informativi dell'intervento sono di seguito riassunti.

-Lotto Commerciale	mq 7.052,00
-S.U.L. Fabbricato Commerciale Piano Terra	mq 1.706,00
-S.U.L. Fabbricato Commerciale Piano Primo	mq 293,00
-S.U.L. Fabbricato Commerciale TOTALE	mq 1.999,00
-Area Vendita	mq 1.292,00
-Superficie a verde	mq 718,00
-Posti Auto	n° 114

Il volume complessivo relativo alla struttura di vendita supera i 6000 mc. Ai sensi della DPGR.36R 2009 l'intervento va a ricadere nella classe di indagine 4, che prevede che la caratterizzazione sismica sia ottenuta tramite prova sismiche in sondaggio. La Relazione Geologica è stata redatta quindi ai sensi della citata legge regionale 36/R e delle vigenti normative sulle costruzioni (NTC 2018).

Gli studi geologici, hanno altresì lo scopo di arrivare a fissare i limiti di trasformabilità del territorio d'interesse, così da permettere di garantire e mantenere condizioni di equilibrio idrogeologico e/o da fissare condizioni per recuperare situazioni di criticità esistenti. Oltre che dalle già citate leggi, sotto il profilo della fattibilità geologica, gli interventi sono normati dal D.P.G.R. n. 53/R del 2011 - Regolamento di attuazione dell'articolo 62 della L.R. 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio) e devono essere effettuati in conformità a quanto prescritto dalle direttive tecniche contenute nell'Allegato A del citato regolamento. Tenuto quindi conto dei suddetti contenuti normativi, le indagini per la predisposizione della Relazione Geologica, si sono articolate in:

- acquisizione dati conoscitivi esistenti (così come deducibili dal P.S vigente e da indagini eseguite in zone limitrofe);

- analisi, confronto e omogeneizzazione dei dati geologici, geomorfologici, idrogeologici, sismici etc. derivanti dal P.S. comunale con gli strumenti di governo sovraordinati (P.A.I., Distretto App. Settentrionale) ed eventuali approfondimenti;
- esecuzione di indagini geognostiche e sismiche;
- ricostruzione dei quadri conoscitivi geologico, geomorfologico, idrogeologico, idraulico e sismico dell'area interessata dall'intervento in progetto.

Il suddetto quadro conoscitivo, è stato opportunamente confrontato anche con i quadri di rischio e pericolosità sovraordinati esistenti e sulla base delle indagini appositamente eseguite, tenuto conto delle previsioni progettuali, si è arrivati a definire la fattibilità geologica tecnica e si sono dettate le eventuali prescrizioni condizionanti la sua attuazione.



*FIG. 1 - Ubicazione area di intervento su foto satellitare (da Google Earth)*

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Gli studi sono stati eseguiti con riferimento al seguente quadro normativo di riferimento:

- L.R. 41 24/07/2018.
- D.M. 17 gennaio 2018 - Norme tecniche per le costruzioni
- Circolare esplicativa del 27 luglio 2018 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018.
- Regione Toscana Direttiva Alluvioni: P.G.R.A. 2016.
- Delibera n.1271 del 12-12-2016. LR 58/2009 - Aggiornamento del Documento conoscitivo del rischio sismico 2016.
- L. R. 10 novembre 2014, n. 65 Norme per il governo del territorio.
- Piano di Indirizzo Territoriale con valenza di Piano Paesaggistico Deliberazione Consiglio Regionale 2 luglio 2014, n.58.
- DPGR 25 ottobre 2011 n.53/R –Regolamento di attuazione dell'articolo 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche.
- DPGR n.46/R del 2008, Regolamento di attuazione L.R. n.20/2006 (Norme della tutela delle acque dall'inquinamento) titolo V (Disciplina delle acque meteoriche dilavanti) e L.R. n.18 del 2010 e s. m. e i. .
- DPGR 9 luglio 2009 n. 36/R - Regolamento di attuazione dell'articolo 117, commi 1 e 2 della L.R. 3 gennaio 2005 n. 1 (Norme per il governo del territorio). Disciplina sulle modalità di svolgimento delle attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico."
- Deliberazione di G.R. del 19.06.2006, n. 431 e successive m. e i. – Classificazione sismica regionale.
- OPCM n. 3519 del 28.04.2006.
- L.R. 3 gennaio 2005 n. 1 (Norme per il governo del territorio).



### 3. ASSETTO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO

#### 3.1. Geomorfologia

L'area d'indagine, è posta al margine sud dell'abitato di Massa, poco ad est della zona industriale, e ad una distanza dalla linea di costa di Marina di Massa di circa 1.4 -1.5 Km. Più in particolare, la zona di intervento è compresa tra il tracciato della ferrovia Genova-Ventimiglia a nord e il Viale Roma ad est.

L'area, posta a una quota media di circa 23 metri sul l.m., è sostanzialmente pianeggiante senza particolarità geomorfologiche e con differenze altimetriche tra punto e punto poco più che decimetriche. Gli elementi idrografici di maggior rilievo prossimi alla zona di studio sono rappresentati dal Fiume Frigido, circa 540 metri a nord ovest, Fig.2.

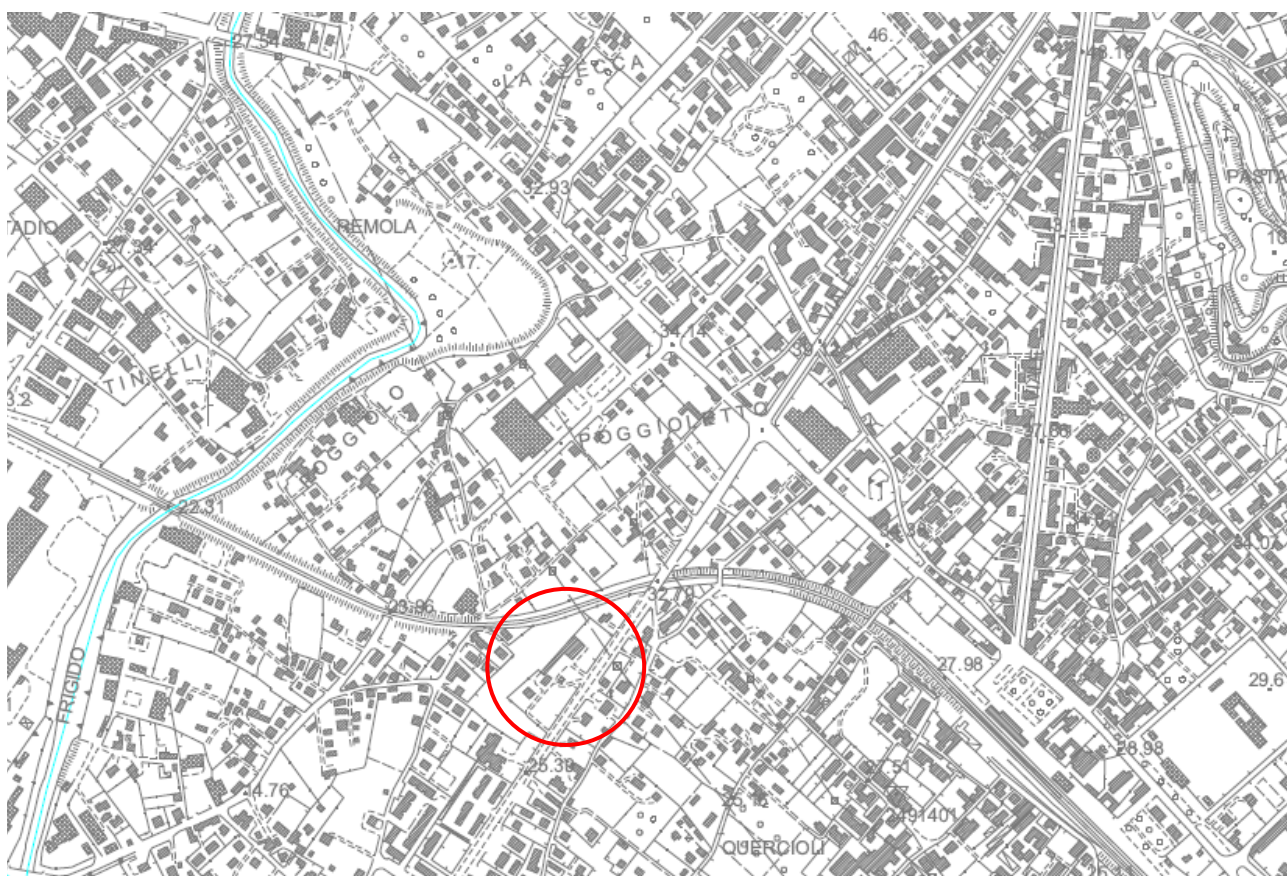


Fig. 2 – Sistema idraulico locale

### 3.2. Geologia

La Pianura costiera entro cui si colloca il sito, è costituita da sedimenti alluvionali depositati nel tempo dai corsi d'acqua che lo attraversano, provenienti dal versante Apuano, e da depositi costieri - sabbiosi di origine eolica e dunare.

I depositi alluvionali più antichi (Pleistocene sup.) depositati dal F. Frigido e dal T. Carrione, elementi idrografici principali della Pianura Apuana, si sono formati in condizioni climatiche diverse da quelle attuali, in particolare caratterizzate da una maggiore piovosità, che generava quindi un elevato trasporto solido che ha portato questi depositi a formare ampi conoidi in corrispondenza dello sbocco in pianura. Si tratta di depositi di deiezione piuttosto ampi e piatti: da quote di circa 50 m allo sbocco in pianura in non più di 8 Km lungo gli assi maggiori centrali, degradano fino a quota 5 m, dove poi divengono soggiacenti ai sedimenti palustri più recenti. Questi conoidi, il cui sviluppo è stato continuo durante le fasi climatiche più umide dell'Olocene, bordano il piede occidentale delle Apuane, lungo il quale si sviluppano le faglie che hanno determinato lo sprofondamento della pianura Apuana (Mazzanti, 1983).

Sestini (1950) ha riconosciuto su questi conoidi, un'antica ripa marina emergente a partire da 5 m di quota, nei depositi alluvionali o palustri che vi si attestano, e che potrebbe rappresentare il limite interno massimo raggiunto dalla trasgressione versiliana prima che l'aumentato apporto terrigeno operasse lo spostamento verso Ovest della linea di riva e portasse alla formazione dell'attuale pianura. Dopo la formazione di questa ripa marina, sarebbe iniziata la costruzione dei cordoni litorali. Inizialmente fra questi e i conoidi di deiezione, o in genere alla base dei monti, rimasero lagune ristrette e allungate, poi colmate o trasformate in stagni e paludi.

I depositi alluvionali dei conoidi di deiezione e della pianura sottostante sono costituiti prevalentemente da ghiaie, formate da ciottoli calcarei (marmi e grezzoni) e solo in quantità minori da rocce filladiche. Le ghiaie calcaree sono talora cementate fino a conglomerati. Non sono presenti intercalazioni di materiali a grana più fine nella parte superiore dei conoidi: sottili lenti limo sabbiose si riscontrano solo ai lati e nella parte inferiore e sono riferibili agli apporti di corsi d'acqua minori.

Scendendo verso valle, verso la fascia litorale, i depositi ciottolosi dei conoidi s'immergono sotto a un complesso di sedimenti marini caratterizzati superficialmente da una copertura limo - sabbiosa di qualche metro di spessore e al cui interno è possibile rinvenire livelli decisamente ghiaiosi, limosi e talora anche depositi torbosi.



La Carta Geologica della Regione Toscana nella zona in cui si colloca l'intervento in progetto segnala depositi alluvionali costituiti prevalentemente da ghiaie limose (miscele di ghiaia, sabbia e limi, con frazione fine abbondante), Fig.3.



-  Deposito alluvionale Attivo Ghiaie
-  Deposito alluvionale Inattivo Ghiaie
-  Deposito alluvionale Inattivo Ghiaie limose; miscela di ghiaia, sabbia e limo. Frazione fine abbondante. (GM)

Fig. 3 – Carta Geologica scala 1:10.000 (estratta da Carta Geologica Regione Toscana)

Il quadro stratigrafico locale è stato indagato per mezzo di un sondaggio a carotaggio continuo e di due prove penetrometrica DPSH. L'ubicazione delle indagini è illustrata dalla carta di Fig.4.

Il sondaggio geognostico, Fig.5, eseguito a carotaggio continuo fino alla profondità di 15 metri e poi a distruzione di nucleo fino a 30 circa dal p.c., ha confermato il quadro, descritto in precedenza, mettendo in evidenza una stratigrafia caratterizzata da ghiaie in matrice



sabbiosa limosa abbondante. Le due penetrometrie dinamiche pesanti (DPSH), che hanno raggiunto profondità massime di 4-4.5 metri circa hanno confermato indirettamente lo stesso quadro. La stratigrafia rilevata dal sondaggio è la seguente:

p.c.	0.4	Terreno di copertura vegetale e/o terreno di riporto
0.4	15.0	Ghiaia e ciottoli di natura calcarea in matrice sabbiosa limosa

(Perforazione proseguita a distruzione di nucleo)

15.0	30.0	Ghiaia e sabbia prevalenti come sopra
------	------	---------------------------------------

Il log stratigrafico è illustrato dalla Fig. 5.



*FIG. 4 - Ubicazione indagini geognostiche*

La sezione di Fig. 6 illustra il quadro geostratigrafico locale, ricostruito tenendo conto dei dati emersi dalle indagini geognostiche eseguite.

Obi di perforazione	Carotere	Velocità di avanzamento	MANOME	Rivestimento Intercolatore	Profondità dal p.c. (m)	Scala riferimento (m)	STRATIGRAFIA (disegno)	Foglio acquifera	DESCRIZIONE DEI TERRENI ATRAVERSATI ED INDICAZIONE DEGLI SPESSORI	Profondità (m)	S.P.T. Numero c/dpi	Potenziale [V(Da)]	Vane Testi (mm/MP)	Unità Stratigrafica	Comparti	Quota Comparti	Recupero %
					0.50				Terreno vegetale e/o di riporto antropico	0.50							
										1							
										2							
										3							
										4							
										5							
										6							
										7							
										8							
										9							
										10							
										11							
										12							
										13							
										14							
					15.0				Deposito alluvionale eterogeneo ed eterometrico con ghiaia e ciottoli di natura carbonatica prevalente immersi in una miscela di sabbie limose e limi sabbiosi di colore matrone chiaro a tratti biancastro.	15							
										16							
									Fine sondaggio	16							

FIG. 5 – Sondaggio S1 (DH): Log stratigrafico

SEZIONE A - A'

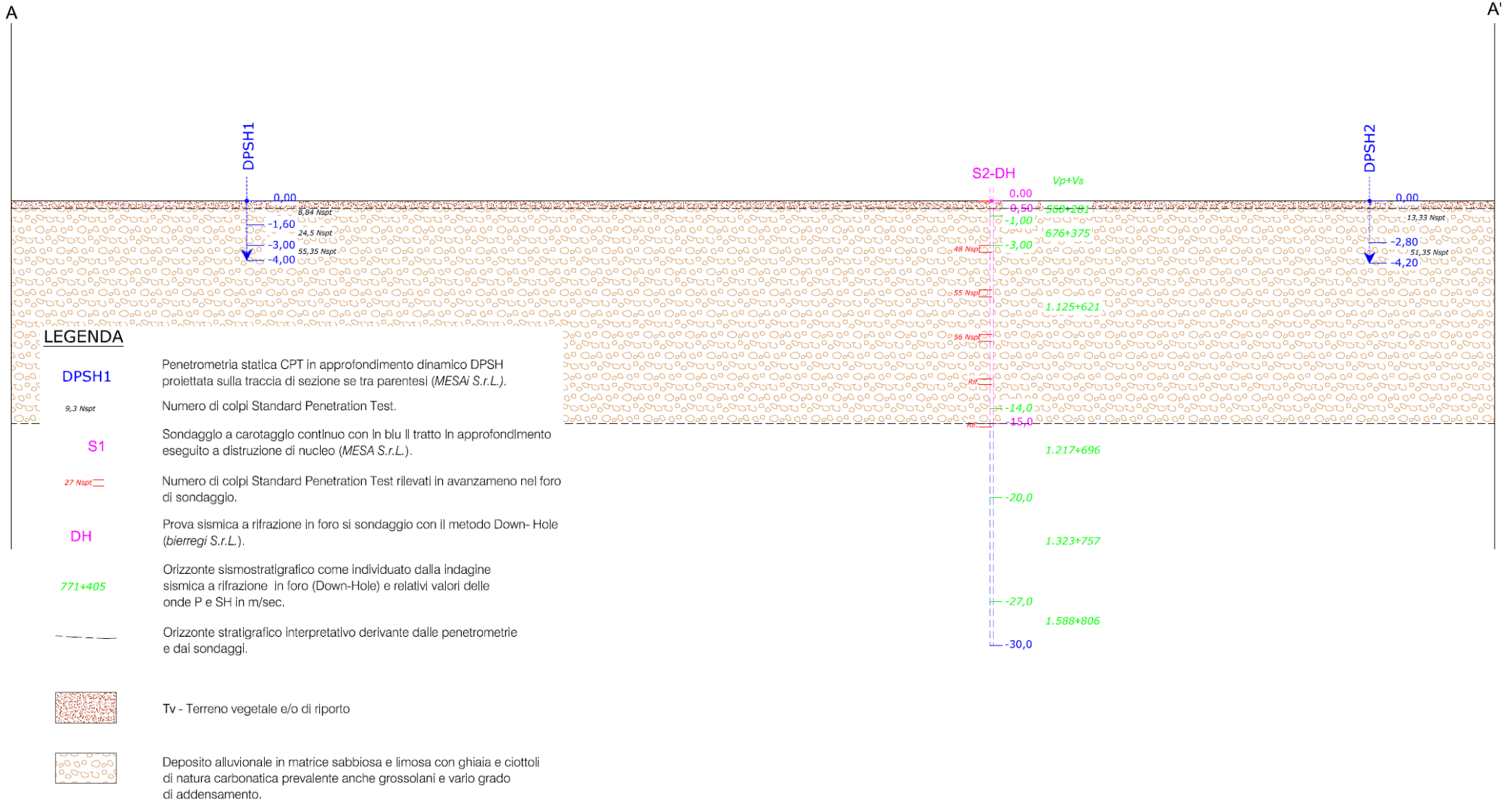


FIG. 6 – Sezione geostratigrafica



#### 4. FRAGILITA' IDROGEOLOGICA

Come evidenziato dall'assetto geologico, nell'area in esame dominano depositi caratterizzati da una permeabilità di tipo primario di grado elevato sedi di una falda freatica; tale condizione è riconducibile soprattutto alla prevalenza, nei primi 30 metri di sottosuolo, di depositi grossolani ghiaiosi sabbiosi e subordinatamente limosi. Con riferimento agli studi geologici di supporto al Piano Strutturale del comune di Massa, nella Carta Idrogeologica con isofreatiche primaverili (TAV Big<sub>p</sub> del P.S.) l'area di studio è situata in un contesto caratterizzato da media permeabilità nei depositi superficiali e da livelli freatici che si attestano intorno a 3.0 metri sul l.m. (soggiacenza >20 metri circa), Fig.7, che confrontati con il quadro isofreatico di settembre (TAV Big<sub>e</sub> del P.S.), indicano escursioni stagionali più che metriche (livelli prossimi a 0 m sul l.m.).

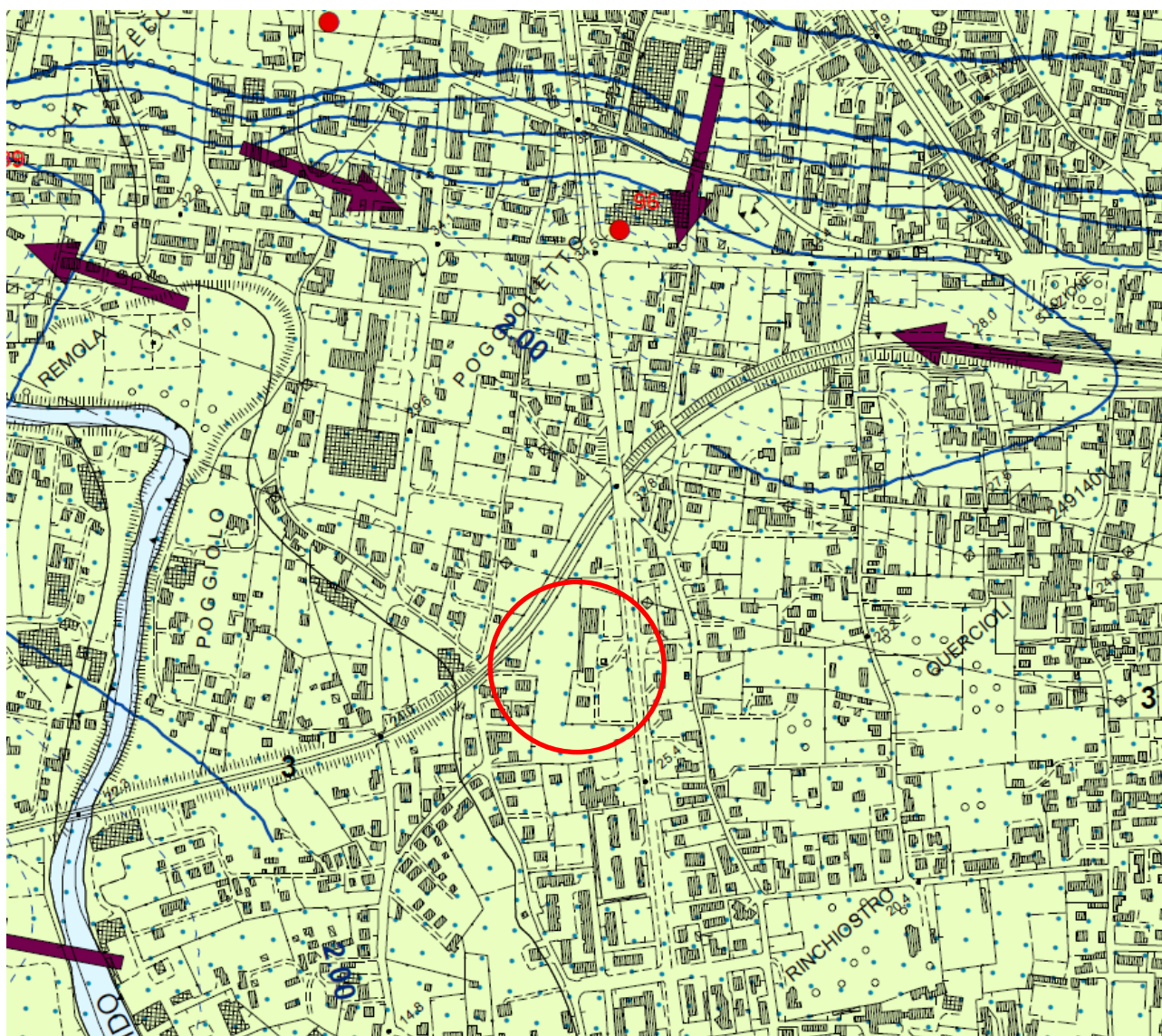


FIG.7 – Carta Piezometrica (da P.S. Comune di Massa)

## 5. FRAGILITA' IDRAULICA

La fragilità idraulica si pone come uno degli aspetti fondamentali nel governo del territorio; la crescente interazione tra la dinamica delle reti idrologiche e le attività antropiche necessita infatti di un'attenta analisi delle condizioni di rischio cui sono sottoposti beni e persone. Tale condizione di rischio può scaturire in conseguenza di fenomeni di trasporto in alveo legati a esondazioni (trasporto di massa liquida) e/o di dinamica d'alveo (trasporto di massa solida). Il rischio idraulico può altresì essere dovuto a fenomeni di ristagno dovuti a difficoltà di drenaggio da parte della rete scolante, favorite anche da condizioni geomorfologiche locali particolari (aree morfologicamente depresse ecc.).

### 5.1. – Fragilità Idraulica dell'area

La condizione di rischio idraulico, nella cui casistica potrebbe ricadere parte del settore in oggetto, trae origine principale dalla eventualità che l'area sia invasa dalle acque fuoriuscite dalla rete idrografica per insufficiente capacità di smaltimento delle portate in transito nella stessa, in particolare dal fiume Frigido e dalla rete dei rii minori.

Gli studi allegati al vigente R.U. non evidenziano elementi significativi di pericolosità per l'area d'intervento, inserendo l'area in classe di pericolosità bassa I1, Fig.8. Con l'entrata in vigore del Piano di Gestione del rischio di Alluvioni (PRGA) del Distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale, approvato con DPCM 27 ottobre 2016 (pubblicato in G.U. n. 28 del 3 febbraio 2017), è stata introdotta una nuova classificazione di rischio e nuove regole per l'edificazione. La classificazione del PGRA, prevede 3 classi di pericolosità, P1-P3, contro le quattro previste dalla L.R. 53/R, I1-I4, su cui si basano gli scenari di pericolosità idraulica che accompagnano il R.U. comunale.

Nella tabella che segue si riporta un quadro di raffronto tra le classi di pericolosità idraulica così come emergono dall'esame sinottico delle due normative.

<b>Classi di Pericolosità DPGR 53/R</b>	<b>Classi di Pericolosità Direttiva Alluvioni P.G.R.A.</b>
<b>I1</b>	--
<b>I2</b>	<b>P1 (Tr=500)</b>
<b>I3</b>	<b>P2 (Tr=30)</b>
<b>I4</b>	<b>P3 (Tr=200)</b>

*Tab. 1 Confronto classi di Pericolosità PGRA/DPGR 53R*



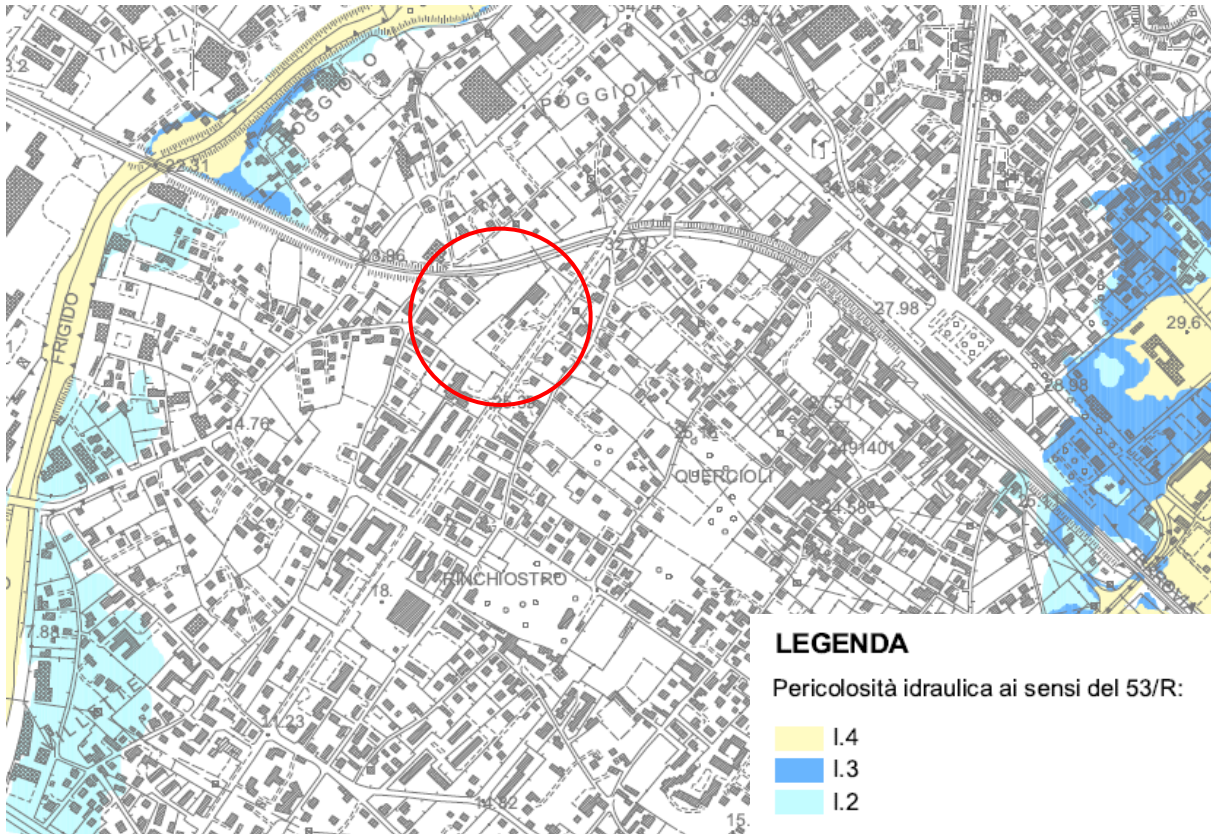


FIG.8 – Carta Pericolosità idraulica (da P.S. Comune di Massa)

Secondo il PGRA l'area di intervento ricade in classe P1, Fig.9, alluvioni rare e di estrema intensità (TR=500 anni). Dal confronto tra le due carte emerge quindi come per l'area di intervento sussistano condizioni di pericolosità idraulica bassa.

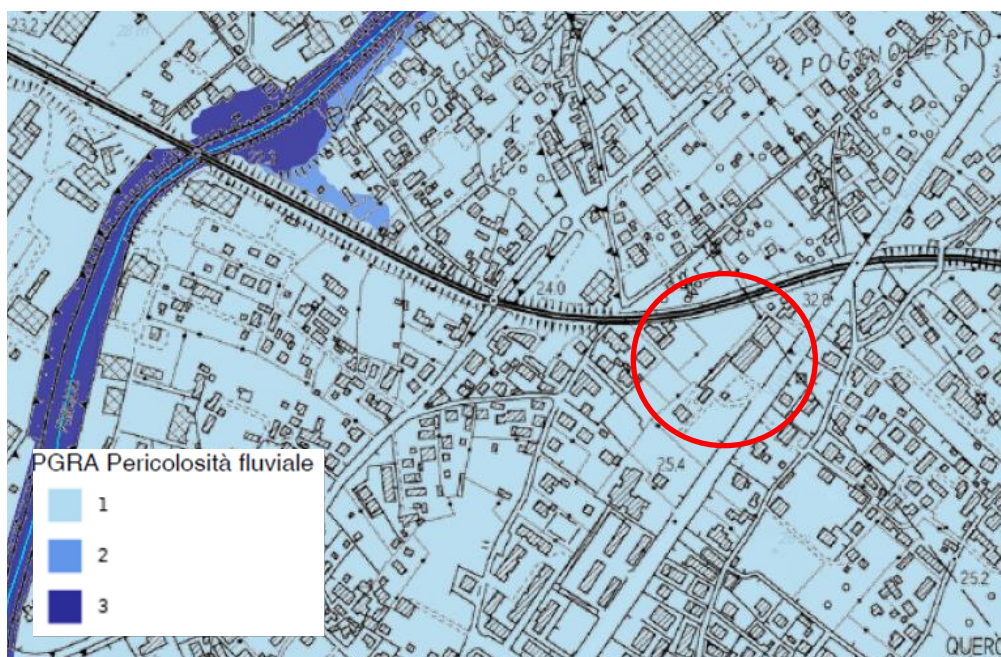


FIG.9 – Carta Pericolosità idraulica (da P.G.R.A. Aut.Dist.App.Sett.)



## 6. QUADRO GEOTECNICO

Per la ricostruzione del quadro geotecnico parametrico si è fatto riferimento al quadro litotecnico derivante dai dati delle indagini appositamente eseguite nell'area di intervento. L'ubicazione di tali prove è illustrata nella pianta della precedente Fig.4. In particolare, tenuto conto del tipo di deposito caratterizzante l'area e della probabile granulometria dei sedimenti, tenuto conto anche delle possibili destinazioni previste dal progetto, sono state eseguite due prove penetrometriche dinamiche pesanti (DPSH1 e DPSH2) ed un sondaggio a carotaggio continuo (S1), in cui è poi stata eseguita anche una prova sismica di tipo Down-hole. Il sondaggio, spinto fino a 30 metri dal p.c., come già descritto, mette in evidenza una stratigrafia costituita da ghiaie e sabbie in matrice limosa. Le prove penetrometriche, superato lo strato più superficiale corrispondente alla fascia eterotermica più essiccata e consolidata, nei primi 4-4.5 metri circa dal piano campagna hanno rilevato resistenze crescenti con la profondità. In genere i valori di  $N_{20}$  variano da 6 a 10 fino verso i -2.0 m dal p.c.. Con l'aumentare della profondità anche la resistenza sale e  $N_{20}$  mostra valori che crescono variando fra 20 e 30, arrivando oltre 50 superati i 4.0 metri dal p.c.. Corrispondentemente la resistenza dinamica del deposito varia dai 3 a 8 max 10 Mpa, dei primissimi metri ai 15-25 Mpa a profondità superiori, superando i 25Mpa a profondità superiori ai 4 metri dal p.c.

Si passa quindi da densità del deposito che nei primissimi metri (2-2.2 dal p.c.) prossime al 35-40% a valori di densità superiori al 60% intorno ai 4 m dal.p.c.c. I valori di angolo di attrito corrispondentemente variano dai 26°-27° del primo metro a 30°.-31°, intorno ai -2 m dal p.c. fino ai 33°-34° a maggiore profondità e a superare i 40° oltre i -4 metri dal p.c..

Durante l'esecuzione del sondaggio sono eseguite varie prove SPT. I valori di resistenza all'infissione rilevati, confermano l'elevato addensamento del deposito fin dai primi metri dal piano campagna. La tabella che segue riassume i valori rilevati.

S.P.T.	Quota inizio (mt dal p.c.)	Quota fine (mt dal p.c.)	N1-N2-N3		
1	3.00	3.45	14	20	28
2	6.00	6.45	17	25	30
3	9.00	9.45	16	25	31
4	12.00	12.38	14	32	50 (Rif)
5	15.00	15.22	33	50 (Rif)	--

Tab. 2 Valori di  $N_{SPT}$  (Sondaggio S1)

Con riferimento ai vari metodi di interpretazione suggeriti in bibliografia si riassumono i parametri derivati dai valori di SPT, Tab.3.

S.P.T.*	N1-N2-N3			Nspt	$\phi$ JNR	$\phi$ SWR	$\phi$ RBS	$\phi$ O&I	M (kg/cmq)	mv (cmq/kg)
1	14	20	28	48	41.4	41.4	41.8	46.0	540	0.001852
2	17	25	30	55	43.5	43.4	43.7	48.2	613	0.001631
3	16	25	31	56	43.8	43.7	44.0	48.5	624	0.001603

\*Sono state escluse le due prove andate a rifiuto

- $\phi$  JNR      Angolo di attrito interno secondo *Japanese National Railway*  $\phi=(0,3*Nspt)+27^\circ$   
 $\phi$  SWR      Angolo di attrito interno secondo *Sowers*  $\phi=(0,28*Nspt)+28^\circ$   
 $\phi$  RBS       $\phi=Radquad(15*Nspt)+15^\circ$   
 $\phi$  O&I      Angolo di attrito interno secondo *Owsaki & Iwsaki*  $\phi=Radquad(20*Nspt)+15^\circ$   
**M (kg/cmq)**      Modulo di deformazione secondo *Menzbach e Malcev* per sabbia e ghiaia  $M=10,46*Nspt+38$

Tab. 3 Angolo di Attrito Vs  $N_{SPT}$

I valori di angolo di attrito derivati concordano sostanzialmente con quelli ricavabili dalle prove penetrometriche DPSH, che oltre i 4 metri di profondità indica angoli di superiori ai  $40^\circ$ . Tenuto conto del quadro geostratigrafico ricostruito (Fig.6), e ai dati emersi dalle indagini geotecniche eseguite, il quadro geotecnico parametrico locale, è cautelativamente sintetizzabile come di seguito:

da 0 m	a - 2.2 m	Ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa limosa. Deposito da poco addensato a addensato. $\phi' = 26^\circ \div 31^\circ$ $Dr = 35\% \div 40\%$ $\gamma_{sat} = 1.9 \text{ t/m}^3$ $E = 30 \div 100 \text{ Kg/cm}^2$
- 2.2 m	- 4.0 m	Ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa limosa. Deposito da addensato a molto addensato. $\phi' = 32^\circ \div 34^\circ$ $Dr = 45\% \div 55\%$ $\gamma_{sat} = 1.9 \text{ t/m}^3$ $E = 100-180 \text{ Kg/cm}^2$
- 4.0 m	<- 15.0 m	Ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa limosa. Deposito molto addensato. $\phi' \geq 40^\circ$ $Dr \geq 65\%$ $\gamma_{sat} = 1.9 \text{ t/m}^3$ $E > 500 \text{ Kg/cm}^2$

Il log stratigrafico del sondaggio e i dati penetrometrici di riferimento sono riportati in Annesso.

## 7. SISMICITA'

Secondo la Classificazione Sismica Regionale adottata con la Deliberazione di G.R. del 19.06.2006 n. 431 e s.m. e a., che recepisce l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28.04.2006 e s.m., il territorio comunale di Massa rientra nella Zona 3 di sismicità, Fig. 10.



Fig. 10 – Classificazione sismica a livello comunale (da S.S. Regione Toscana)

Le accelerazioni massime orizzontali caratterizzate da una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni risultano per il Comune di Massa dell'ordine di 0.150-0.175g (Fig. 11).

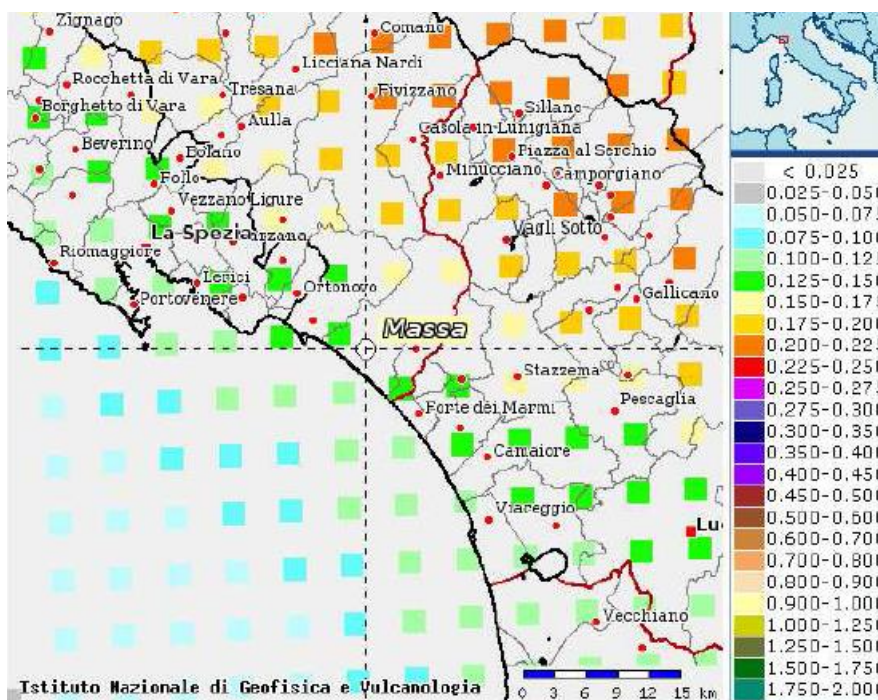


Fig. 11 - Carta di pericolosità sismica dell'area della Toscana Nord Occidentale. I colori si riferiscono alle accelerazioni orizzontali (in frazioni dell'accelerazione di gravità) caratterizzate da una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>).



Storicamente il territorio non è stato interessato direttamente da epicentri sismici significativi, ma risente della sismicità di aree circostanti, Fig. 12, tra cui si segnalano:

Graben appenninici della Garfagnana e Lunigiana e della Val di Lima responsabili di eventi sismici frequenti di magnitudo elevata (rovinosa 7°-8° MCS) talora disastrosa (distruttrice 9°-10° grado MCS).

In misura minore può risentire anche della sismicità delle depressioni tettoniche al margine meridionale della Pianura di Pisa (val di Fine, val d'Era, ecc) con eventi sismici più rari, talvolta disastrosi (vedi il terremoto del 1846 con epicentro a Orciano Pisano classificato come 9° grado MCS).

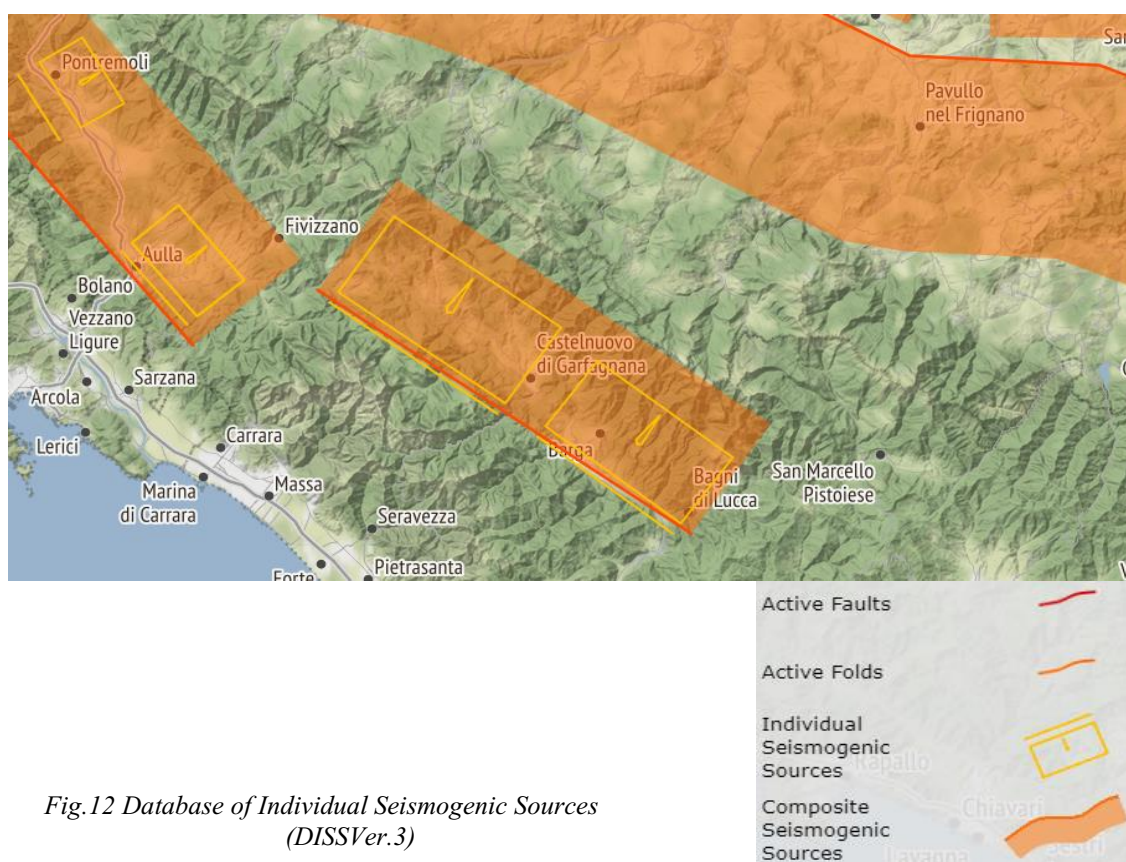


Fig.12 Database of Individual Seismogenic Sources (DISSVer.3)

Negli ultimi anni il punto di riferimento per le valutazioni di pericolosità sismica è rappresentato dalla zonazione sismogenetica ZS9 (Scandone et al. 1996 - 2000) che rappresenta la traduzione operativa del modello sismotettonico riassunto in Meletti et al. (2000). In seguito all'emanazione dell'O.P.C.M. 20.3.2003, n. 3274 è stato redatto a cura di un gruppo di lavoro dell'INGV un documento denominato "Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'O.P.C.M. 20-3-2003, n. 3274. Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano - Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici". Tale modello riprende sostanzialmente il retroterra informativo della precedente zonazione, recependo i più recenti

avanzamenti delle conoscenze sulla tettonica attiva della penisola anche considerando le indicazioni derivanti da episodi sismici più recenti. La zonizzazione è stata condotta tramite l'analisi cinematica degli elementi geologici, cenozoici e quaternari coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale. Il confronto tra le informazioni che hanno condotto alla costruzione del modello geodinamico e la sismicità osservata ha permesso di costruire la carta nazionale delle zone sismogenetiche. Per il reperimento dei dati relativi alla sismicità osservata è stato considerato il catalogo storico contenente 2.488 eventi degli ultimi 1.000 anni con intensità epicentrali maggiore o uguale al V – VI grado MCS la cui magnitudo è maggiore o uguale a 4. L'area in esame (Fig. 13) ricade pressoché al confine tra la zona 916 (Versilia - Chianti) e la 915 (Garfagnana - Mugello); entrambi fanno parte del complesso "Appennino settentrionale e centrale" (zone che vanno dalla 911 alla 923). Nella zona 916 i dati pubblicati dall'INGV evidenziano che negli anni di monitoraggio strumentale la magnitudo massima registrata è stata di 4.6 Md, la profondità efficace è di 6 km e che la maggior parte dei terremoti che si verificano hanno basse magnitudo, indicando così un frequente movimento che ha funzione dissipativa delle energie tettoniche che possono accumularsi nell'area.

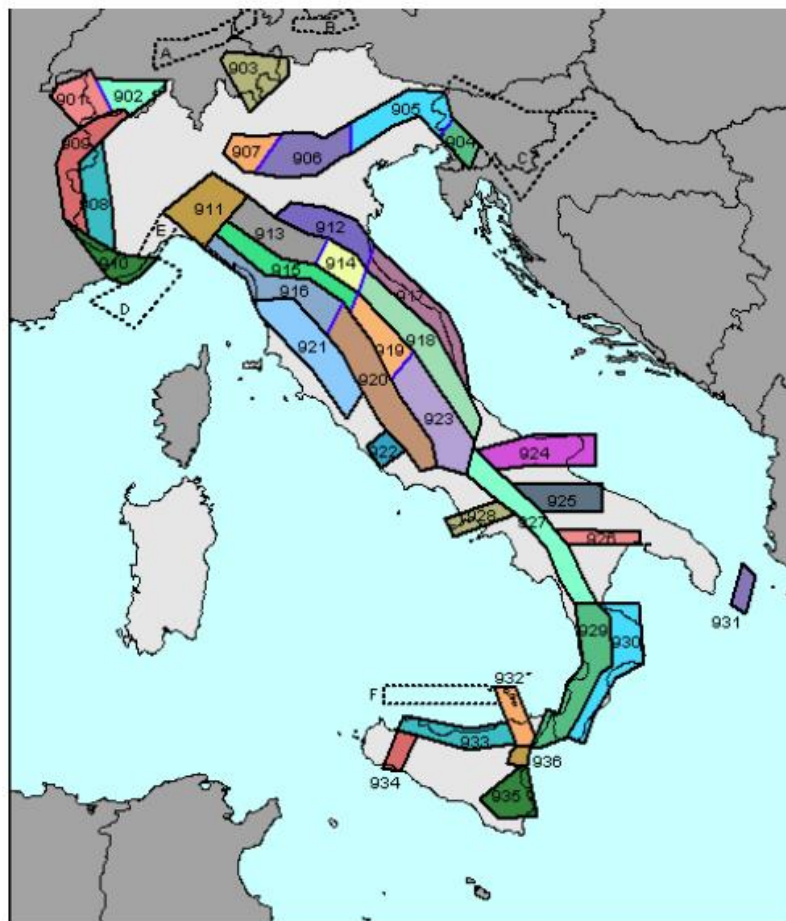


Fig. 13 - Zonazione sismogenetica ZS9

Zona	Numero di eventi Md>2.0	Numero di eventi Md>2.5	Numero di eventi Md>3.0	Magnitudo massima (Md)	Classe di profondità (km)	Profondità efficace (km)
901	18	15	2	4.0	8-12	8
902	34	25	2	3.8	8-12	10
903	23	19	2	4.5	8-12	9
904	13	9	1	3.4	5-8	7 *
905	181	110	32	4.8	5-8	8 *
906	41	34	13	4.7	5-8	8 *
907	33	19	7	4.2	5-8	8 *
908	495	128	25	3.7	8-12	10
909	263	94	9	4.1	8-12	10
910	80	24	2	3.4	8-12	10
911	126	91	18	4.1	8-12	8
912	180	141	54	4.6	5-8	7
913	767	362	100	4.8	12-20	13
914	878	542	131	4.5	12-20	13
915	614	346	65	4.2	8-12	8
916	140	83	16	4.6	5-8	6 *
917	103	71	22	4.9	5-8	7
918	455	179	26	4.2	12-20	13
919	3001	1545	421	5.0	8-12	8
920	296	201	39	4.6	5-8	6 *
921	97	63	9	4.0	1-5	4 #
922	355	146	29	3.9	1-5	4 #
923	1195	663	139	5.4	8-12	9
924	442	308	65	4.4	12-20	13
925	41	24	5	3.9	12-20	13
926	85	55	15	5.0	12-20	13
927	1507	654	139	5.0	8-12	10
928	15	9	1	3.9	1-5	3 #
929	522	294	73	3.9	8-12	10
930	193	128	41	4.3	8-12	10
931	2	2	2	3.7	8-12	10 *
932	277	194	55	4.3	12-20	13
933	413	162	44	4.4	8-12	10
934	8	6	3	3.7	8-12	10
935	45	34	6	3.7	12-20	13
936	374	283	67	4.3	1-5	3 #

Tab. 4 - Zone sismogenetiche e principali epicentri

Sulla base di tali zone, per tutto il territorio italiano, sono state sviluppate le carte della pericolosità sismica, Fig.14. La sismicità storica del Comune di Massa è stata desunta dal database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI11. Il relativo database DBMI11 è stato realizzato nell'ambito delle attività del TTC (Tema Trasversale Coordinato) "Banche dati e metodi macrosismici" dell'INGV, con il contributo parziale del Dipartimento della Protezione Civile. La sismicità del territorio comunale è riassunta graficamente nel diagramma di Fig. 15. Come mostra il diagramma, gli eventi principali sono quattro di cui tre con sorgenti sismiche poste nelle vicine Garfagnana e Lunigiana, Tab 5.

Intensità al sito	Tempo di occorrenza	Località epicentrale	Intensità Massima all'epicentro	Magnitudo stimata
VII	1767 01 21 07:45	Fivizzano	VII	5.4
VI	1846 08 14 12:00	Toscana settentrionale	IX	5.9
VI-VII	1914 10 27 09:22:36	Garfagnana	VII	5.8
VII	1920 09 07 05:55:40	Garfagnana	X	6.5

Tab.5 Eventi sismici principali sul territorio di Massa



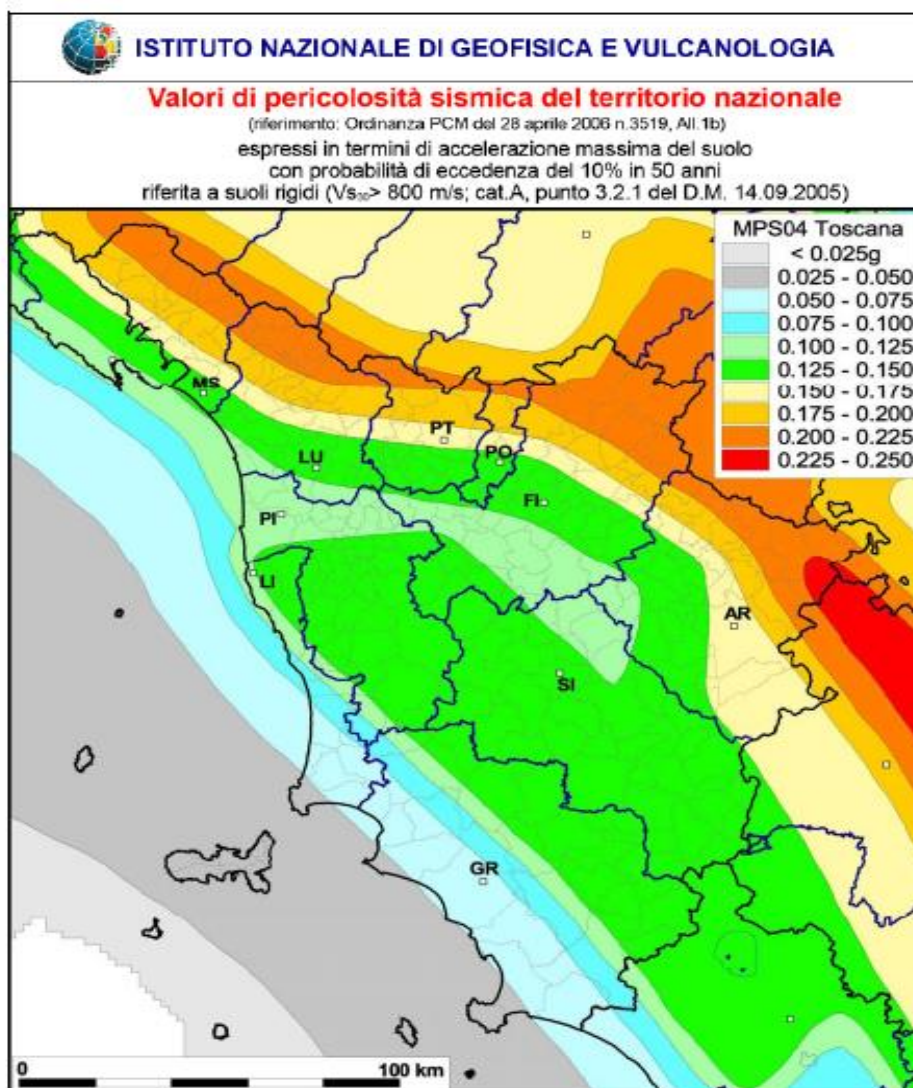


FIG. 14. Carta delle Pericolosità sismica della Toscana

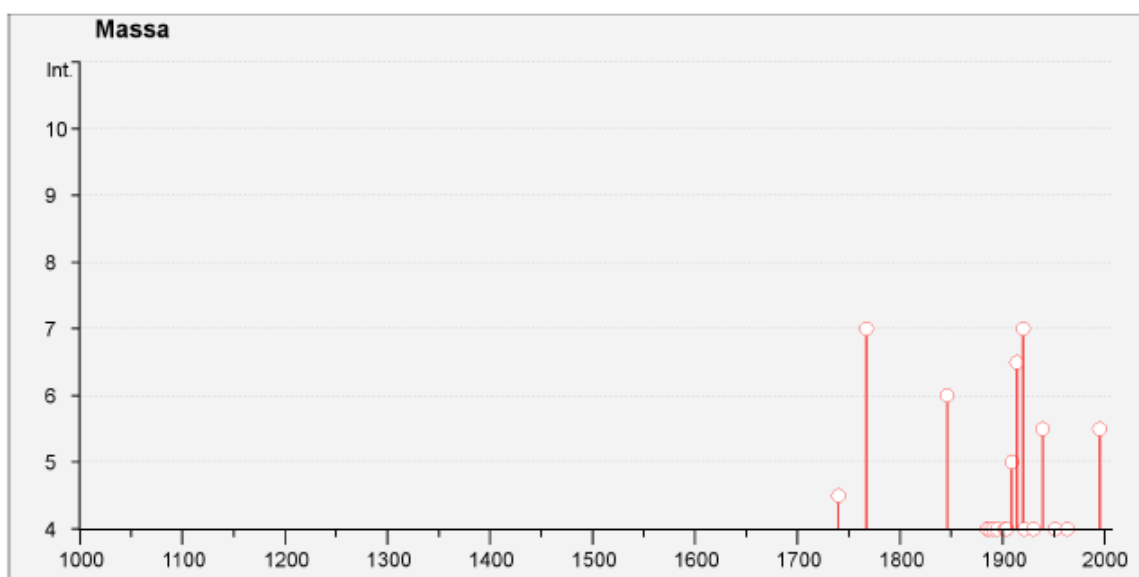


FIG.15 . Diagramma sismicità storica del Comune di Massa (INGV – DBMI11)

## 7.1. Definizione della sismicità di riferimento

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274, il testo unico sulle norme tecniche per le costruzioni in zona sismica e l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3431 prescrivono che deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale. In mancanza di tali studi si può utilizzare una classificazione che riguardi i terreni compresi tra il piano d'imposta delle fondazioni degli edifici e il sub-strato rigido di riferimento (bedrock o comunque un substrato commisurato all'estensione e importanza dell'opera).

Con l'entrata in vigore delle NTC 2018 per la valutazione dell'azione sismica secondo l'approccio semplificato riconducibile alle categorie di sottosuolo si fa riferimento a  $V_{S,eq}$ .

$$V_{S,eq} = H / (\sum_{i=1..N} (h_i / V_{S,i}))$$

Dove:

$h_i$  spessore dell'i-esimo strato

$V_{S,i}$  velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato

N numero di strati

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia e terreno molto rigido, caratterizzato da  $V_S$  non inferiore a 800 m/s.

La profondità H del substrato è calcolata dal piano d'imposta per le fondazioni superficiali, dalla testa dei pali per le fondazioni profonde e dalla testa dell'opera per le opere di sostegno.  $V_{S,eq}$  è uguale a  $V_{S,30}$  quando la profondità H del substrato è superiore a 30 m. Le macro categorie individuate dalla normativa sulle costruzioni (NTC 2018) sono riportate nella tabella 9.

Le varie categorie di sottosuolo sono caratterizzate da velocità  $V_{S,eq}$  decrescenti e quindi da effetti amplificativi crescenti. Per ogni categoria di suolo di fondazione l'Ordinanza indica un fattore S, variabile tra 1 e 1,35, moltiplicatore dell'accelerazione  $a_g$  relativa alla zona indagata. Per le diverse categorie di sottosuolo, il livello di sismicità di una specifica area è caratterizzato attraverso il valore dell'accelerazione massima (**agS**) e vengono anche definiti i periodi TB – TC – TD che individuano la forma della componente orizzontale e della componente verticale dell'azione sismica.

In definitiva, in un determinato sito il moto sismico è definito da uno spettro di risposta elastico la cui espressione dipende, tramite opportuni coefficienti numerici, dalle caratteristiche del

terreno (fattore S e periodi TB – TC – TD), del periodo di vibrazione proprio della struttura (TO), dall'accelerazione al suolo e dal fattore che tiene conto dello smorzamento viscoso della struttura.

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

Tab.5 Classi di sottosuolo

La pericolosità sismica in un generico sito deve essere descritta in modo da renderla compatibile con le N.T.C. e di dotarla di un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici sia in termini temporali. Le azioni di progetto si ricavano dalle accelerazioni **ag** e dai parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle N.T.C. e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- **ag** accelerazione orizzontale massima del terreno;
- **F0** valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- **TC\*** periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Questi tre parametri sono definiti in corrispondenza dei punti di un reticolo di riferimento, i cui nodi non distano fra loro più di 10 km, per diverse probabilità di superamento in 50 anni e per diversi periodi di ritorno.

## 7.2. Indagini sismiche eseguite. Metodologia

Tenuto conto di quanto richiesto dalla vigente normativa regionale, la modellazione sismica locale del sottosuolo è stata ottenuta attraverso una prova sismica in foro di tipo Down-hole. La prova è stata eseguita nel sondaggio S1(DH) opportunamente attrezzato e prolungato fino a 30 metri di profondità. Il dettaglio dei risultati della prova è riportato in Annesso. La prova DH, è eseguita energizzando in superficie mediante sorgenti di onde compressive (P) o di taglio (SH) e misurando i tempi di arrivo delle onde generate ponendo, ogni volta, il sistema di ricezione a profondità differenti all'interno del perforo opportunamente attrezzato. Questa metodologia consente di rilevare anche inversioni di velocità e strati di spessore nell'ordine del metro, altrimenti non individuabili dal metodo di sismica a rifrazione. Come sistema di energizzazione si è impiegata una mazza da 8 Kg incidente su una piastra per generare le onde di compressione mentre per generare le onde di taglio, si è utilizzato un parallelepipedo colpito lateralmente dalla medesima mazza e appesantito mediante un carico (automezzo) al fine di migliorarne l'accoppiamento con il terreno. Come sistema di ricezione è impiegato un sistema costituito da due ricevitori triassiali posti alla distanza di 1,0 m lungo un'asta che è calata a differenti profondità nel perforo e acquisendo il segnale ogni metro. Il sistema costituito dai due ricevitori è calato mediante aste a sezione quadrata che consentono di mantenere il sistema stesso sempre allineato nella posizione di acquisizione migliore.

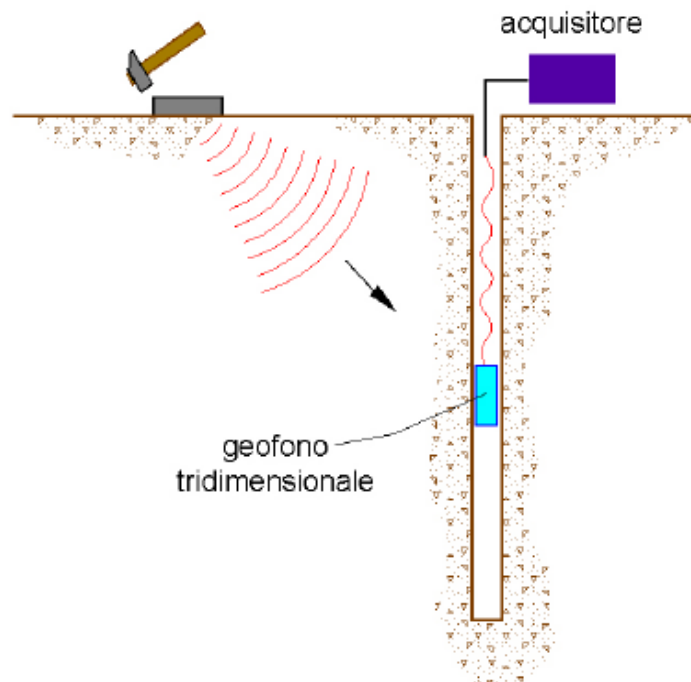


FIG.16 . Schema sistema acquisizione Down-Hole



### 7.3. Indagini sismiche eseguite. Risultati

Il risultato finale di una prova Down Hole è un grafico che esprime la variazione della velocità delle onde sismiche con la profondità. Le registrazioni sono state in totale 60, due per metro (onde P e onde SH), modificando a seguito di ogni sparo ("shot") la profondità del geofono all'interno del foro di sondaggio. La distanza del punto di energizzazione da bocca foro è pari a 3,00 metri. Relativamente al pattern risultante dall'analisi complessiva di tutte le dromocrone è risultata una situazione tipo multistrato. In riferimento alla stratigrafia del sondaggio sono stati distinti in dettaglio:

Dal piano campagna fino a 3,00 metri (Onde P/SH) di profondità si ha il primo sismostrato caratterizzato da una velocità delle onde P ( $V_p$ ) di 676 m/s e a una velocità delle onde SH ( $V_s$ ) di 375 m/s;

Da 3,00 metri fino a 14,00 metri (Onde P/SH) di profondità si ha il secondo sismostrato caratterizzato da una velocità delle onde P ( $V_p$ ) di 1125 m/s e a una velocità delle onde SH ( $V_s$ ) di 621 m/s;

Da 14,00 metri fino a 20,00 metri (Onde P/SH) di profondità si ha il terzo sismostrato caratterizzato da una velocità delle onde P ( $V_p$ ) di 1217 m/s e a una velocità delle onde SH ( $V_s$ ) di 696 m/s;

Da 20,00 metri fino a 27,00 metri (Onde P/SH) di profondità si ha il quarto sismostrato caratterizzato da una velocità delle onde P ( $V_p$ ) di 1323 m/s e a una velocità delle onde SH ( $V_s$ ) di 757 m/s;

Da 27,00 metri fino a 30,00 metri (Onde P/SH) di profondità si ha il quinto sismostrato caratterizzato da una velocità delle onde P ( $V_p$ ) di 1588 m/s e a una velocità delle onde SH ( $V_s$ ) di 806 m/s;

I parametri dinamici ricavati e le velocità rilevate sono riportate in tabella 6..

Il down-hole ha quindi riscontrato la presenza di substrato sismico entro i 30 metri dal p.c., in particolare a -27 m dal p.c. . In accordo alle NTC 2018 si è quindi fatto riferimento alla  $V_{s,eq}$ . A partire dal piano campagna la velocità calcolata è quindi pari a  $V_{s,eq} = 607$  m/sec, che porta a individuare una categoria di sottosuolo di tipo:

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

Depth (m)	Layer	Tempi (ms)				Vel (m/s)				Vp/Vs	Poisson ν	Density (g/cm3)	Shear M. G (Mpa)	Young M. E (Mpa)	Bulk M. k (Mpa)		
		Tp	Ts	Tp_corr	Ts_corr	Vp_p.int	Vs_p.int	Vp_layer	Vs_layer								
1	1	2,94	8,02	1,3	3,6	213	293	560	281	560	281	2,0	0,332	1,80	142	378	374
2	1	5,06	10,06	3,6	7,1	442	284	560	281	560	281	2,0	0,332	1,80	142	378	374
3	2	6,11	12,62	5,1	10,5	661	295	676	375	676	375	1,8	0,278	1,93	272	694	520
4	2	7,30	13,92	6,5	12,4	691	512	676	375	676	375	1,8	0,278	1,93	272	694	520
5	3	7,97	15,22	7,4	14,1	1160	595	1125	621	1125	621	1,8	0,281	2,19	845	2164	1646
6	3	9,16	16,52	8,7	15,7	775	648	1125	621	1125	621	1,8	0,281	2,19	845	2164	1646
7	3	10,08	17,83	9,7	17,1	992	683	1125	621	1125	621	1,8	0,281	2,19	845	2164	1646
8	3	10,44	19,51	10,1	18,9	2315	559	1125	621	1125	621	1,8	0,281	2,19	845	2164	1646
9	3	11,67	21,04	11,4	20,5	790	620	1125	621	1125	621	1,8	0,281	2,19	845	2164	1646
10	3	12,33	22,57	12,1	22,1	1429	627	1125	621	1125	621	1,8	0,281	2,19	845	2164	1646
11	3	12,86	24,11	12,7	23,7	1779	633	1125	621	1125	621	1,8	0,281	2,19	845	2164	1646
12	3	13,74	25,64	13,5	25,3	1117	636	1125	621	1125	621	1,8	0,281	2,19	845	2164	1646
13	3	14,56	27,17	14,4	26,9	1188	639	1125	621	1125	621	1,8	0,281	2,19	845	2164	1646
14	3	15,61	28,70	15,5	28,4	941	641	1125	621	1125	621	1,8	0,281	2,19	845	2164	1646
15	3	17,07	30,62	16,9	30,3	684	517	1125	621	1125	621	1,8	0,281	2,19	845	2164	1646
16	4	17,76	31,96	17,6	31,7	1425	734	1217	696	1217	696	1,7	0,257	2,25	1092	2745	1882
17	4	18,95	33,30	18,8	33,1	835	736	1217	696	1217	696	1,7	0,257	2,25	1092	2745	1882
18	4	19,48	34,64	19,4	34,4	1852	737	1217	696	1217	696	1,7	0,257	2,25	1092	2745	1882
19	4	20,14	35,98	20,0	35,8	1493	739	1217	696	1217	696	1,7	0,257	2,25	1092	2745	1882
20	4	21,17	37,32	21,1	37,1	964	739	1217	696	1217	696	1,7	0,257	2,25	1092	2745	1882
21	4	21,99	39,42	21,9	39,2	1209	473	1217	696	1217	696	1,7	0,257	2,25	1092	2745	1882
22	5	22,62	40,74	22,5	40,6	1563	755	1323	757	1323	757	1,7	0,257	2,30	1319	3315	2270
23	5	23,44	42,05	23,4	41,9	1211	756	1323	757	1323	757	1,7	0,257	2,30	1319	3315	2270
24	5	23,95	43,36	23,9	43,2	1969	757	1323	757	1323	757	1,7	0,257	2,30	1319	3315	2270
25	5	24,87	44,68	24,8	44,5	1076	757	1323	757	1323	757	1,7	0,257	2,30	1319	3315	2270
26	5	25,67	45,99	25,6	45,9	1253	758	1323	757	1323	757	1,7	0,257	2,30	1319	3315	2270
27	5	26,33	47,30	26,3	47,2	1504	758	1323	757	1323	757	1,7	0,257	2,30	1319	3315	2270
28	5	27,28	48,62	27,2	48,5	1046	759	1323	757	1323	757	1,7	0,257	2,30	1319	3315	2270
29	6	27,92	50,15	27,8	50,0	1570	651	1588	806	1588	806	2,0	0,326	2,34	1519	4029	3871
30	6	28,31	51,49	28,2	51,4	2500	741	1588	806	1588	806	2,0	0,326	2,34	1519	4029	3871
31	6	29,24	52,29	29,2	52,2	1076	1250	1588	806	1588	806	2,0	0,326	2,34	1519	4029	3871

Tab.6 Velocità e parametri dinamici (prova Down-hole)

Di seguito si riportano le velocità ricavate dalla prova Down-hole eseguita, Fig.17. Per i dettagli si rimanda all'Annesso.

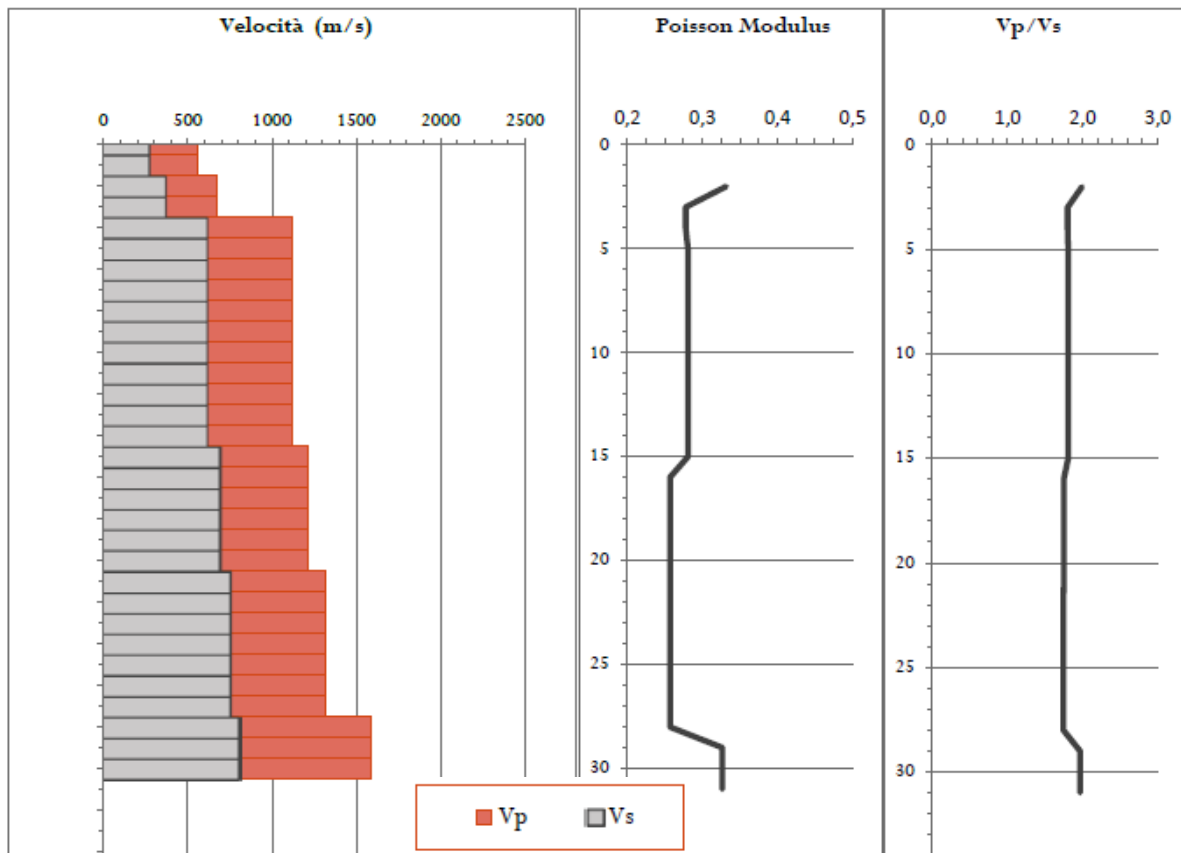


FIG. 17 . Diagramma velocità prova Down-hole

Per quanto riguarda la definizione della condizione topografica, la normativa, per configurazioni superficiali semplici, come quella in esame, permette di definire la categoria topografica a partire dalla seguente tabella:

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 $i > 30^\circ$

L'area in esame rientra nella categoria topografica T1: superfici pianeggianti.

Di seguito sono riportate le coordinate geografiche decimali della maglia di riferimento del sito di studio e i parametri e coefficienti sismici risultanti per ogni stato limite ultimo.

#### Sito:

Coordinate ED50:  
 latitudine: 44,025596°  
 longitudine: 10,129070°  
 Classe: II  
 Vita nominale: 50  
 Categoria sottosuolo: B  
 Categoria topografica: T1  
 Coefficiente cu: 1

#### Maglia di riferimento

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	18710	44,035630	10,082600	3879,7
Sito 2	18711	44,037620	10,152010	2269,0
Sito 3	18933	43,987650	10,154780	4693,5
Sito 4	18932	43,985670	10,085330	5652,7

#### Parametri sismici

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,044	2,505	0,233
Danno (SLD)	63	50	0,055	2,514	0,250
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,134	2,413	0,292
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,173	2,373	0,299

#### Coefficienti sismici

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s <sup>2</sup> ]	Beta [-]
SLO	1,200	1,470	1,000	0,011	0,005	0,519	0,200
SLD	1,200	1,450	1,000	0,013	0,007	0,646	0,200
SLV	1,200	1,410	1,000	0,039	0,019	1,577	0,240
SLC	1,200	1,400	1,000	0,050	0,025	2,034	0,240

#### 7.4. Problematiche legate alla sismicità

Nell'area interessata dagli interventi, non si riconoscono elementi di possibile amplificazione delle onde sismiche. Nel catalogo delle faglie capaci (Progetto ITHACA) si segnala l'esistenza di una faglia capace orientata NO-SE alla base del versante apuano, che tuttavia non sembrerebbe attraversare l'abitato di Massa. Le osservazioni geologiche, geomorfologiche e morfotettoniche eseguite nel tempo sul territorio non hanno evidenziato elementi utili all'individuazione di deformazioni superficiali associabili all'attività recente di una faglia, né nel settore di pianura, né nel settore interno. I dati di sismicità storica rilevati nell'area inoltre non presentano epicentri registrati lungo l'andamento della presunta faglia capace. Anche i dati profondi di sottosuolo conosciuti, non sembrano confortare l'ipotesi della presenza di una struttura sepolta sotto i depositi alluvionali e di costa, che presenti un rigetto del contatto tra il substrato e la copertura alluvionale.

Teoricamente nei terreni incoerenti e sciolti con falda superficiale, l'attività sismica può indurre fenomeni di liquefazione. In linea generale, per terremoti di elevata magnitudo la liquefazione del deposito può essere indotta da un numero, anche ridotto, di cicli di carico poiché a ogni ciclo è associata una sollecitazione dinamica di grande intensità; per contro, in terremoti di minore magnitudo lo stesso effetto si ottiene, chiaramente, solo con un numero superiore di cicli di carico. Tenendo conto di quanto sopra e considerando le stime effettuate da vari autori (Youd e Perkins, 1978) riguardanti valutazioni qualitative del grado di vulnerabilità alla liquefazione nel caso di pianure alluvionali costiere Oloceniche, sulla base del tipo di deposito sedimentario e della sua età, si ritiene ragionevole escludere, per l'area considerata dal presente studio, la probabilità di liquefazione indotta da eventi sismici, anche tenendo conto delle accelerazioni indicate per il territorio del Comune di Massa.

Come dimostrano i dati registrati durante terremoti documentati storicamente, la liquefazione è probabile con sismi di magnitudo superiore a 6 ( $7^{\circ}$ - $8^{\circ}$  MCS), con durate di scossa superiori ai 15 sec e accelerazioni  $a_{mx} > 0,10g$ . Il fenomeno della liquefazione richiede, oltre a depositi incoerenti, anche la presenza della falda entro i primi metri dal piano campagna, condizione di fatto non realistica nell'area, in quanto la falda, localmente, ha livelli oltre i 15-20 metri dal p.c..

Tenuto comunque conto dei risultati dell'indagine sismica eseguita (Down-Hole) si è proceduto, con riferimento ai metodi suggeriti dalla bibliografia, ad una valutazione del potenziale di liquefazione attraverso la velocità delle onde sismiche  $V_{sh}$ .



Tali verifiche, come già detto, dipendono sia da parametri dipendenti dalla stratigrafia, dal livello della falda acquifera, sia dalle sollecitazioni sismiche attese.

Per quanto riguarda la valutazione della Magnitudo di riferimento, nella normativa non ci sono specifici riferimenti mentre essa è importante oltre che per la possibile esclusione della verifica in alcune parti del territorio nazionale, per la correlazione con lo sforzo di taglio ciclico indotto dal sisma. La zona che interessa l'area in esame come già descritto, è la 916. In questa zona i dati pubblicati dall'INGV evidenziano che negli anni di monitoraggio strumentale la magnitudo massima registrata è stata di 4.6 Md.

<i>zona</i>	<i>Numero eventi Md&gt;2.0</i>	<i>Numero eventi Md&gt;2.5</i>	<i>Numero eventi Md&gt;3.50</i>	<i>Magnitudo massima (Md)</i>	<i>Classe di profondità (km)</i>	<i>Profondità efficace (km)</i>
916	140	83	16	4.6	5-8	6

Con riferimento alle velocità Vsh registrate con la prova Down-hole e tenuto conto della stratigrafia del sondaggio S1(DH), utilizzato per l'esecuzione della prova sismica, si è proceduto a una valutazione del potenziale di liquefazione con riferimento al metodo proposto da Andrus e Stokoe (1997). Nel calcolo, si è fatto riferimento ad una magnitudo pari a 6, superiore a quella competente la zona sismica di riferimento, e in ottemperanza a quanto previsto dalle NTC 2018, tenuto conto dei parametri sismici sito-specifici, considerato lo stato limite SLV, si è fatto riferimento ad una azione sismica massima Amax pari a 0.201 ( $a_g = 0.134g - S_s = 1.5$ ).

Per quanto concerne la profondità della falda si è cautelativamente considerato il deposito alluvionale saturo fino alla quota di -2 metri rispetto al piano campagna, anche se come in precedenza detto il livello di falda è ben oltre i 15 metri dal p.c. .

Di seguito riassumono la tabella col calcolo eseguito e il diagramma, Fig.18, la modellazione ha confermato la bassa probabilità alla liquefazione dei depositi.

				1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO	4° STRATO		
				Spessore	3	11	6	10	
$V_{s1} = V_s \cdot \left( \frac{1}{\sigma'_{vo}} \right)^{0,25}$				$V_{s1}$	456.592	626.556	606.873	585.087	
$CRR = 0,03 \cdot \left( \frac{V_{s1}}{100} \right)^2 + \frac{0,9}{(V_{s1c} - V_{s1})} - \frac{0,9}{V_{s1c}}$				<b>CRR</b>	0.617	1.171	1.098	1.020	
$CSR = \frac{\tau_{av}}{\sigma'_{vo}} = 0,65 \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \cdot r_d \cdot \frac{1}{MSF}$				M= 6	<b>CSR</b>	0.075	0.101	0.085	0.059
$r_d$					0.98	0.93	0.72	0.51	
1	< $F_s = CRR/CSR$	M= 6	<b>F<sub>s</sub></b>	8.282	11.655	12.998	17.220		
				Verificato	Verificato	Verificato	Verificato		
1.25	< $F_s = CRR/CSR$	M= 6	<b>F<sub>s</sub> (O.P.C.M.)</b>	8.282	11.655	12.998	17.220		
				Verificato	Verificato	Verificato	Verificato		
<b>RISCHIO di Liquefazione</b> (Iwasaki et al., 1978)				<b>Molto Basso</b>					
<b>PROBABILITA' di Liquefazione</b> (Juang et al., 2001) [P <sub>L</sub> (%)]				0.00	0.00	0.00	0.00		
<b>SUSCETTIBILITA' di Liquefazione</b> (Juang et al., 2001)				Liquef. incerta	Liquef. incerta	Liquef. incerta	Liquef. incerta		

Tab.7 Calcolo Potenziale di Liquefazione

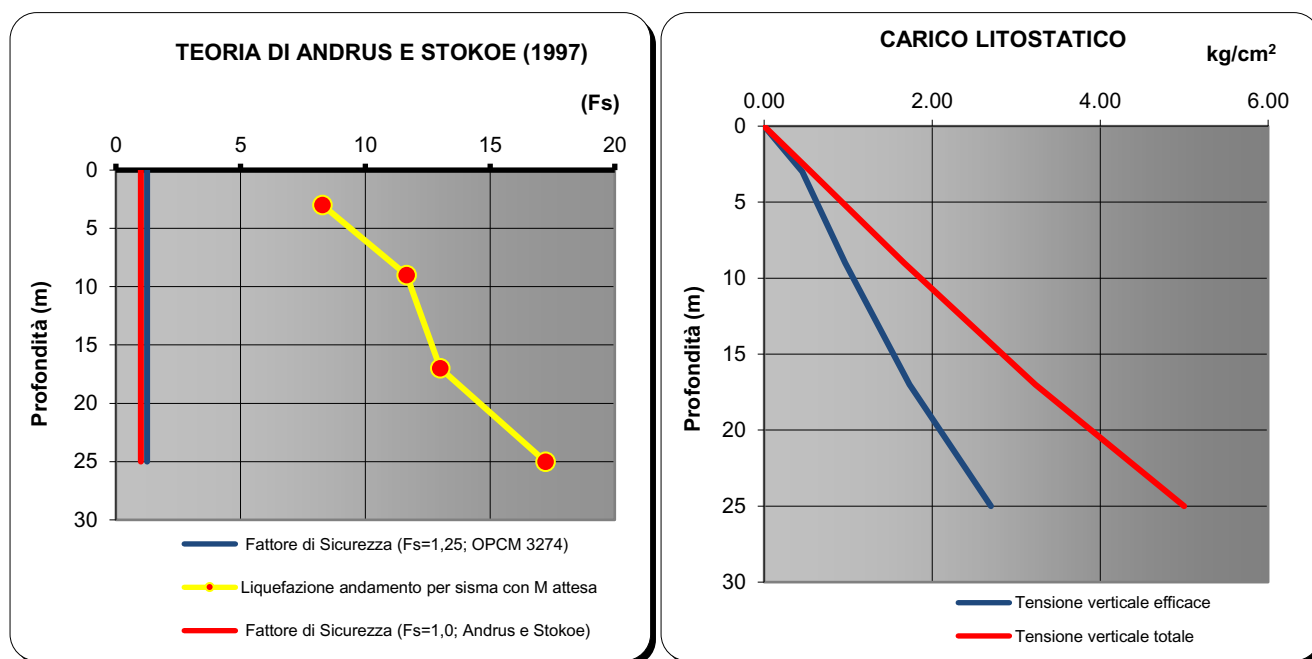


FIG.18 Diagramma di liquefazione

## 8. PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA, SISMICA E IDRAULICA

Il D.P.G.R. 53/R, indica i criteri che portano a definire il grado di pericolosità di un territorio sotto il profilo geologico, sismico e idraulico. Il PS comunale di Massa comprende le Carte della Pericolosità, geologica, sismica e idraulica di tutto il territorio. Questi elaborati esprimono il diverso grado di pericolosità per il territorio in funzione delle caratteristiche litotecniche e geotecniche dei terreni, delle condizioni geomorfologiche, idrogeologiche e di sicurezza sismica e idraulica dell'area, delimitando le aree potenzialmente vulnerabili al verificarsi di eventi critici.

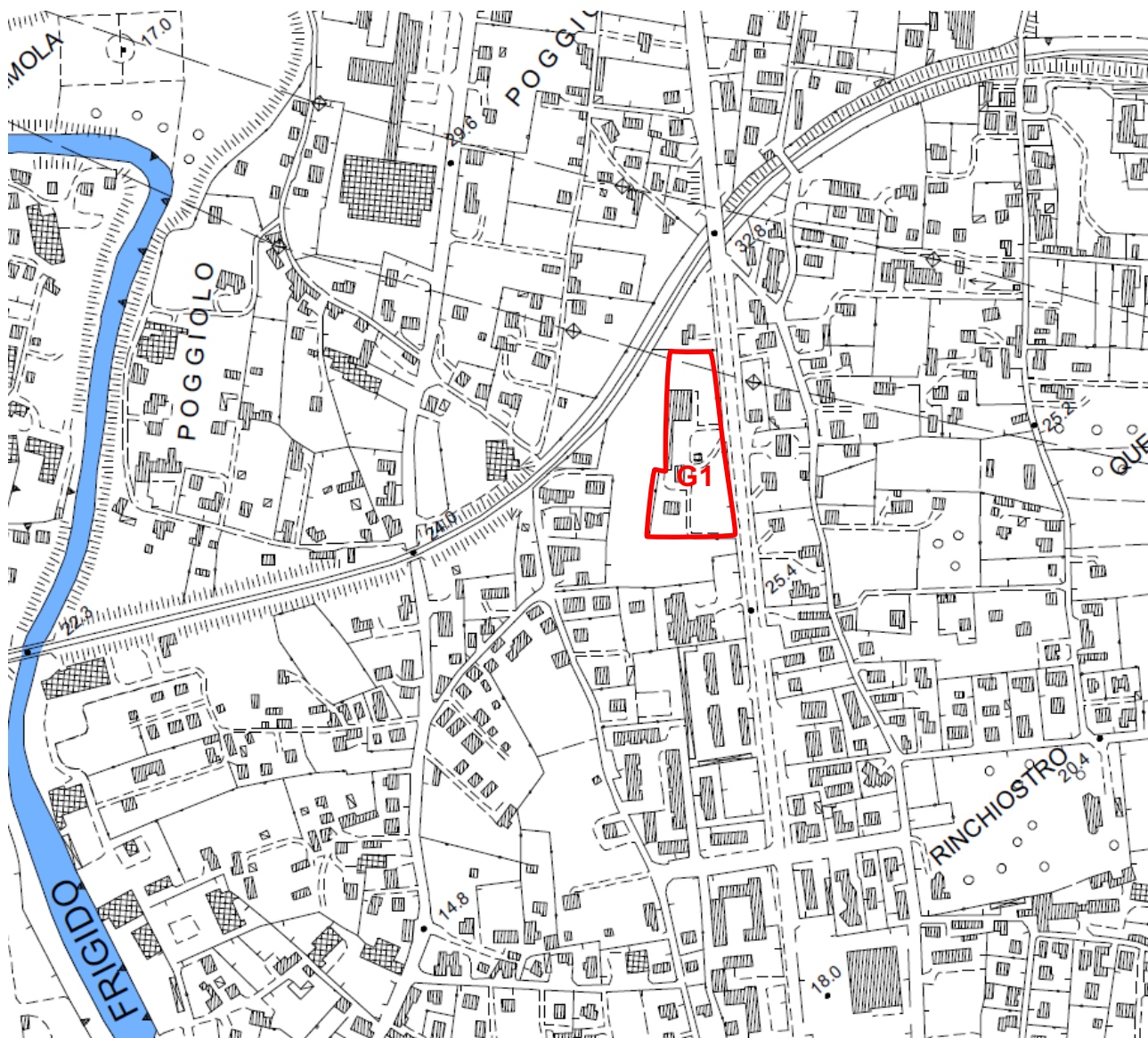
### 8.1 - Pericolosità Geologica-Geomorfologica

Nel caso della Variante in studio, viste le peculiarità del territorio in cui ricade, la pericolosità si riferisce fondamentalmente allo stato fisico-litotecnico del terreno ed in particolare alle sue caratteristiche di resistenza e compressibilità, che condizionano le opere in termini di carichi ammissibili e cedimenti assoluti o differenziali. La tabella che segue definisce i criteri generali per l'attribuzione del grado di pericolosità geologica-litotecnica e geomorfologica di un territorio così come definito dal D.P.G.R. 53/R.

Classe	Pericolosità	Caratteristiche
G.1	BASSA	Aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfo-evolutivi.
G.2	MEDIA	Aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi e stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciture dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori al 20%.
G.3	ELEVATA	Aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti; aree con indizi di instabilità connessi alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di degrado di carattere antropico; aree interessate da intensi fenomeni erosivi e da subsidenza; aree caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geotecniche; corpi detritici su versanti con pendenze superiori al 20%.
G.4	MOLTO ELEVATA	Aree in cui sono presenti fenomeni attivi e relative aree di influenza, aree interessate da soliflussi.

Tab. 8 – Classi di Pericolosità Geologica-Geomorfologica

Il quadro di rischio geologico-geomorfologico locale è illustrato dalla carta di FIG. 19, redatta tenendo conto di quanto evidenziato dagli studi e della Carta di Pericolosità allegata al R.U. del comune di Massa. In tale carta, considerando i quadri geologico, geomorfologico e geotecnico locali, per l'area in cui ricade l'intervento si può definire una Pericolosità geologica bassa **G1**, Fig.19.



### Classe G.1: Pericolosità bassa

Aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche e giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfologici. Aree di conoidi del F. Frigido senza condizionamenti d'ordine geologico in senso lato.



FIG. 19 Carta della Pericolosità Geologica



## 8.2 - Pericolosità Sismica

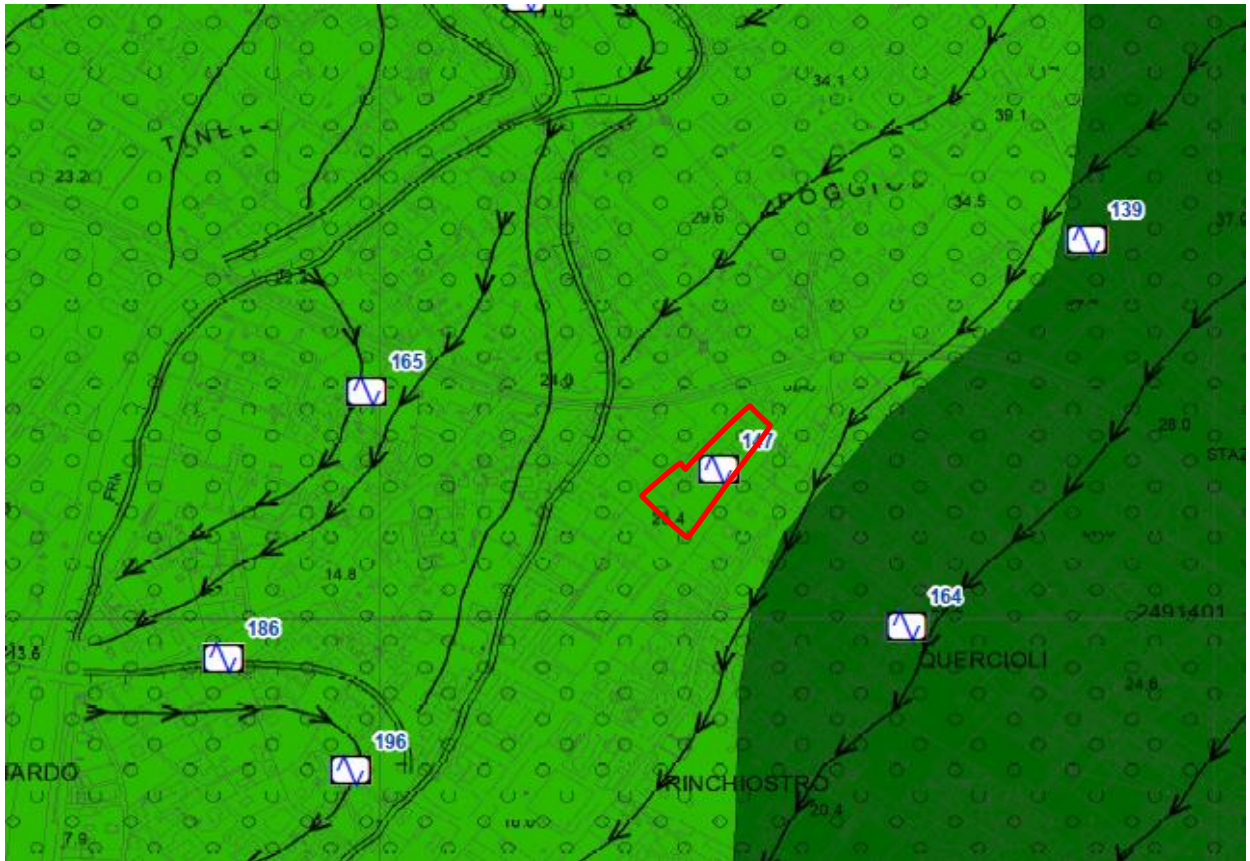
La tabella che segue definisce i criteri generali per l'attribuzione del grado di pericolosità Sismica di un territorio così come definito dal D.P.G.R. 53/R.

Classe	Pericolosità	Caratteristiche
S.1	PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE BASSA	Zone stabili caratterizzate dalla presenza di litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata e dove non si ritengono probabili fenomeni di amplificazione o instabilità indotta dalla sollecitazione sismica
S.2	PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE MEDIA	Zone suscettibili di instabilità di versante inattiva e che pertanto potrebbero subire riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (che non rientrano tra quelli previsti per la classe S3)
S.3	ELEVATA	Zone suscettibili di instabilità di versante quiescente e che pertanto potrebbero subire riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti diffusi; terreni suscettibili di liquefazione dinamica (per tutti tranne quelli classificati in Zona sismica 2); zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico meccaniche significativamente diverse; aree interessate da deformazioni legate alla presenza di faglie attive e faglie capaci (faglie che potenzialmente possono dare deformazioni in superficie); zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzate da un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri;
S.4	MOLTO ELEVATA	Zone suscettibili di instabilità di versante attiva e che pertanto potrebbero subire un accentuazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; terreni suscettibili di liquefazione dinamica in comuni classificati in Zona Sismica 2;

Tab. 9 – Classi di Pericolosità Sismica

La valutazione preliminare degli effetti locali o di sito ai fini della riduzione del rischio sismico è rappresentata attraverso uno studio di Microzonazione Sismica di 1° Livello, secondo i criteri definiti all'O.D.P.C.M. 3907/2010. La cartografia a corredo del R.U. comunale di Massa contiene anche la Carta MOPS (Carta delle microzone omogenee in prospettiva

sismica redatta ai sensi della L.R. 53/R). Tale carta prodotta inserisce l'area di intervento in una zona stabile, caratterizzata da terreni con caratteristiche geotecniche discrete, moderatamente addensati, poggianti su depositi più addensati. La Pericolosità Sismica che consegue per l'area è media **S2**, Fig.21.



ZONA 3



GP <sub>a</sub> z < 10m	Terreni di copertura di tipo GP <sub>a</sub> moderatamente addensati con Vs medie di 480 m/s sovrastanti terreni di copertura di tipo GM <sub>a</sub> e GC <sub>a</sub> molto addensati con Vs medie di 700 m/s al di sopra di substrato sismico (Tipo_z: 2003)
GM <sub>a</sub> /GC <sub>a</sub> z > 30m	
S	

Terreni di copertura di tipo GP<sub>a</sub> moderatamente addensati con Vs medie di 480 m/s sovrastanti terreni di copertura di tipo GM<sub>a</sub> e GC<sub>a</sub> molto addensati con Vs medie di 700 m/s al di sopra di substrato sismico (Tipo\_z: 2003)

### Forme di superficie e sepolte

- |                                    |                                    |                                |
|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| Conoide alluvionale                | Falda detritica                    | Orlo di terrazzo fluviale >20m |
| Orlo di scarpata morfologica       | Cresta                             | Paleovalle                     |
| Orlo di scarpata morfologica >20 m | Orlo di terrazzo fluviale (10-20m) |                                |

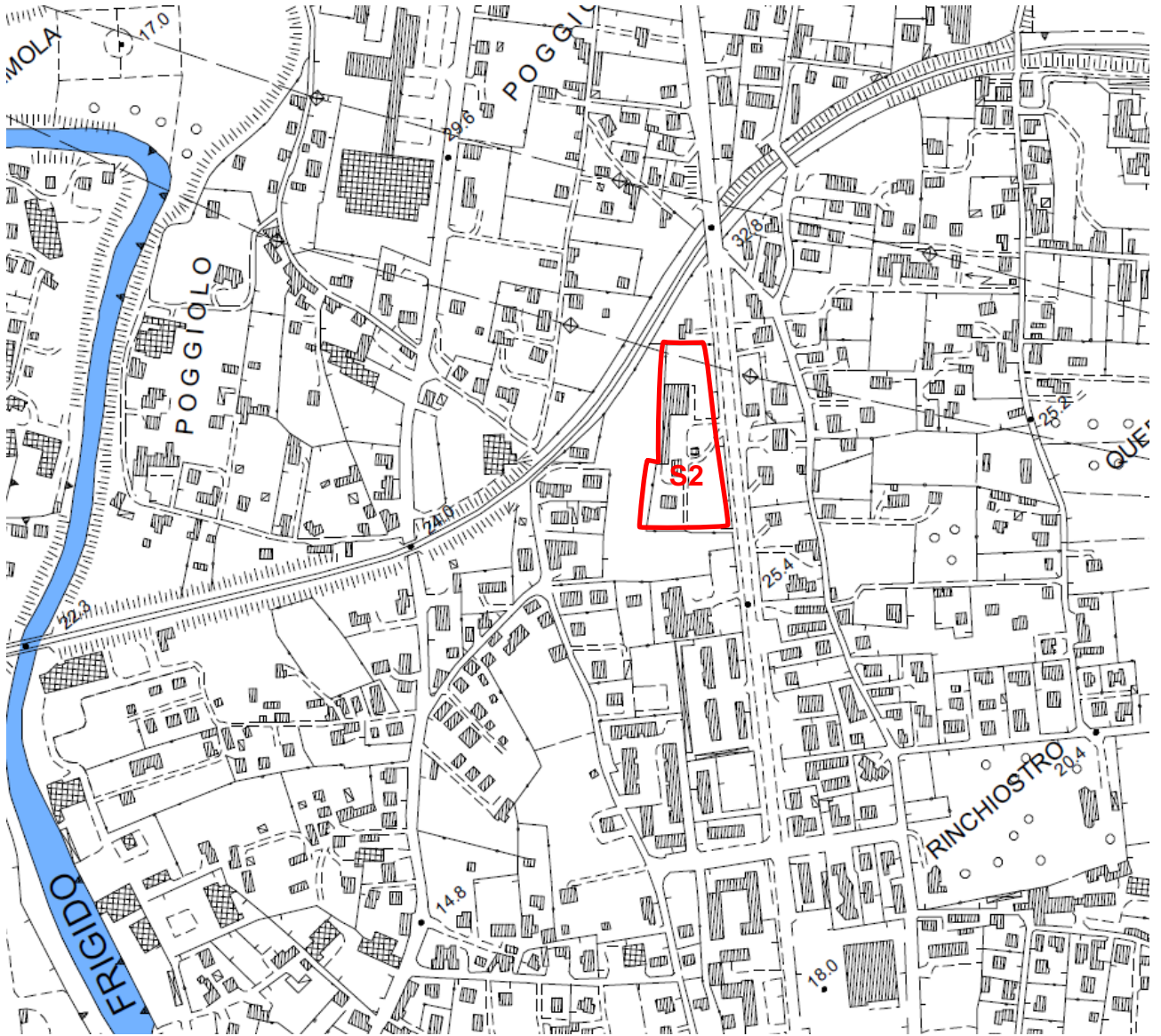
### Punti di misura del campo di vibrazioni ambientali (seismic noise)

- Stazione microtremore a stazione singola (HVSr)



Area di intervento

FIG. 20 Carta M.O.P.S. (da R.U. Comune di Massa)



<b>S2</b>	PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE MEDIA
-----------	-----------------------------------



Area di intervento

FIG. 21 Carta della Pericolosità Sismica



### 8.3 - Pericolosità Idraulica

La tabella che segue, tenuto conto delle direttive della D.P.G.R. 53/R, riporta i criteri che portano a definire il grado di pericolosità idraulica di un territorio.

Come illustrato in precedenza, nel Luglio 2018, la Regione Toscana (in attuazione della L.R.64/2014) ha emanato la L.R. 41, legge per la gestione del rischio alluvioni. La nuova norma disciplina la classificazione di pericolosità per alluvioni frequenti e poco frequenti, introducendo opportune limitazioni a seconda dello scenario di pericolosità e del tipo di intervento diretto e/o pianificatorio. In particolare, disciplina le trasformazioni del territorio, in funzione oltre che della pericolosità anche della magnitudo idraulica (combinazione del battente e della velocità).

Con riferimento alla suddetta normativa, al Capo V art.17 comma 3, si specifica che fino all'entrata in vigore del regolamento di cui all'Art. 104 della L.R. 65/2014, che sostituirà il regolamento relativo al DPGR 53/R del 2011, quest'ultimo continua a rimanere valido e ad applicarsi. All'Art.18, al comma 1a, si specifica tuttavia che le Aree a pericolosità per alluvioni frequenti corrispondono a quelle considerate dal PGRA a Pericolosità elevata P3 (alluvioni frequenti). Sempre all'Art.18 comma 1b, viene specificato che le Aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti, corrispondono invece a quelle considerate dal PGRA a Pericolosità media P2 (alluvioni poco frequenti).

Quindi con riferimento a tali articoli, la corrispondenza tra le classi di pericolosità previste dal DPGR 53/R, il PGRA e la L.R. 41/2018 è il seguente:

<b>Pericolosità DPGR 53/R</b>	<b>Pericolosità L.R.41/2018</b>	<b>Pericolosità P.G.R.A.</b>
<b>I1</b> (bassa)	--	--
<b>I2</b> (media)	--	<b>P1</b>
<b>I3</b> (elevata)	<b>Alluvioni poco frequenti</b>	<b>P2</b>
<b>I4</b> (molto elevata)	<b>Alluvioni frequenti</b>	<b>P3</b>

Tab.10 Confronto classi di Pericolosità DPGR 53R/L.R41-2018/ PGRA

Tenuto conto di quanto sopra la tabella che segue definisce le classi di pericolosità così come definite dal DPGR 53R.

Classe	Pericolosità	Caratteristiche
I.1	BASSA	Aree collinari o montane prossime ai corsi d'acqua per le quali ricorrono le seguenti condizioni: non vi sono notizie storiche di inondazioni; sono in situazioni favorevoli di alto morfologico, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.
I.2	MEDIA	Aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra $200 < Tr \leq 500$ anni. Fuori dalle UTOE potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici idraulici rientrano in classe di pericolosità media le aree di fondovalle per le quali ricorrano le seguenti condizioni: non vi sono notizie storiche di inondazioni; sono in situazione di alto morfologico rispetto alla piana alluvionale adiacente, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.
I.3	ELEVATA	Aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra $30 < Tr \leq 200$ anni. Fuori dalle UTOE potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici idraulici, rientrano in classe di pericolosità elevata le aree di fondovalle per le quali ricorra almeno una delle seguenti condizioni: vi sono notizie storiche di inondazioni; sono morfologicamente in situazione sfavorevole di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda. <b>Aree a Pericolosità per scenari da alluvioni poco frequenti L.R. 41/2018.</b>
I.4	MOLTO ELEVATA	Aree interessate da allagamenti per eventi con $Tr \leq 30$ anni. Fuori dalle UTOE potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici e idraulici, rientrano in classe di pericolosità molto elevata le aree di fondovalle non protette da opere idrauliche per le quali ricorrano contestualmente le seguenti condizioni: vi sono notizie storiche di inondazioni; sono morfologicamente in situazione sfavorevole di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda. <b>Aree a Pericolosità per scenari da alluvioni frequenti L.R. 41/2018.</b>

Tab.11 – Classi di Pericolosità Idraulica

Secondo la Carta della Pericolosità Idraulica di supporto al P.S. comunale l'area di intervento ricade in classe di Pericolosità bassa **I1**, Fig.22.

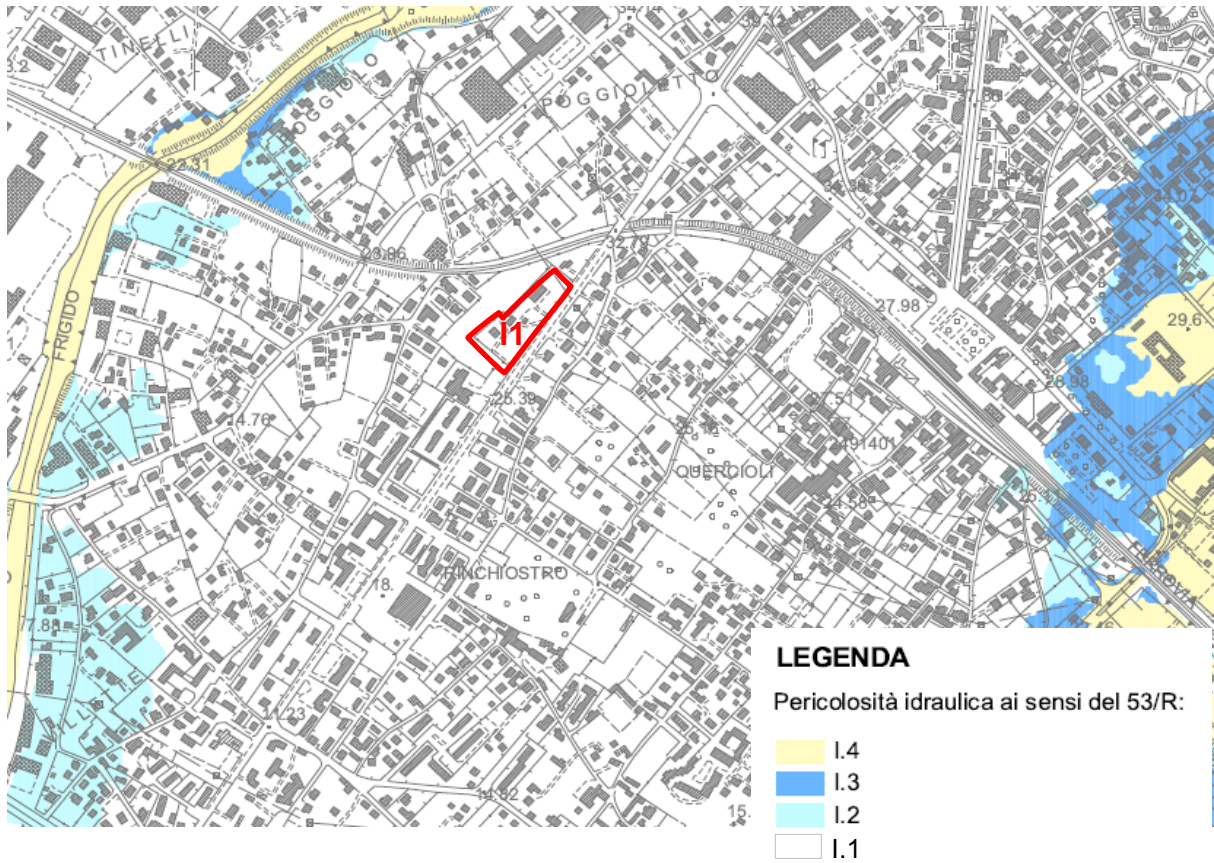


FIG. 22 Carta della Pericolosità Idraulica

## 9. FATTIBILITA'

Le limitazioni e le prescrizioni per le diverse classi di pericolosità che condizionano la fattibilità degli interventi sono riportate nelle disposizioni contenute nel DPGR n.53/R-Regolamento di attuazione dell'articolo 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio). In particolare, la fattibilità è espressa mediante una codifica alfanumerica di cui a seguire si riportano le definizioni delle singole classi:

Classe	Fattibilità	Caratteristiche
<b>F1</b>	Fattibilità senza particolari limitazioni	Si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali non sono necessarie prescrizioni specifiche ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.
<b>F2</b>	Fattibilità con normali vincoli	Si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali è necessario indicare la tipologia di indagini e/o specifiche prescrizioni ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.
<b>F3</b>	Fattibilità condizionata	Si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali, ai fini della individuazione delle condizioni di compatibilità degli interventi con le situazioni di pericolosità riscontrate, è necessario definire la tipologia degli approfondimenti di indagine da svolgersi in sede di predisposizione dei piani complessi di intervento o dei piani attuativi o, in loro assenza, in sede di predisposizione dei progetti edilizi.
<b>F4</b>	Fattibilità limitata	Si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali la cui attuazione è subordinata alla realizzazione di interventi di messa in sicurezza che vanno individuati e definiti in sede di redazione del medesimo regolamento urbanistico, sulla base di studi e verifiche atti a determinare gli elementi di base utili per la predisposizione della relativa progettazione.

Tab. 12 – Classi di Fattibilità (L.R.T. 53/R)

Come detto in premessa, il progetto prevede un edificio per la vendita nonché parcheggi a servizio pubblico e della struttura.



Detto ciò considerato il quadro di pericolosità ricostruito e le suddette previsioni le condizioni di fattibilità della trasformazione sono le seguenti:

Pericolosità Geomorfologica: bassa **G1**

**Fattibilità F2**

Fattibilità con normali vincoli, da precisare a livello di progetto esecutivo.

Pericolosità Sismica: alta **S2** (zona stabile suscettibile di amplificazioni locali)

**Fattibilità sismica F2**

Fattibilità con normali vincoli, da precisare a livello di progetto esecutivo.

Ciò detto, si ritiene che gli accertamenti geognostici geotecnici e le valutazioni tecniche eseguite, rispondano alle condizioni poste dalla classe di fattibilità F2 e portino ad escludere la possibilità di sviluppo di possibili rischi legati alle problematiche indicate a livello generale dai quadri di rischio allegati al R.U. comunale di Massa.

Pericolosità Idraulica: bassa **I1**

**Fattibilità Idraulica F2**

Fattibilità con normali vincoli, senza particolari prescrizioni.

Dott. Geol. Massimo Pellegrini



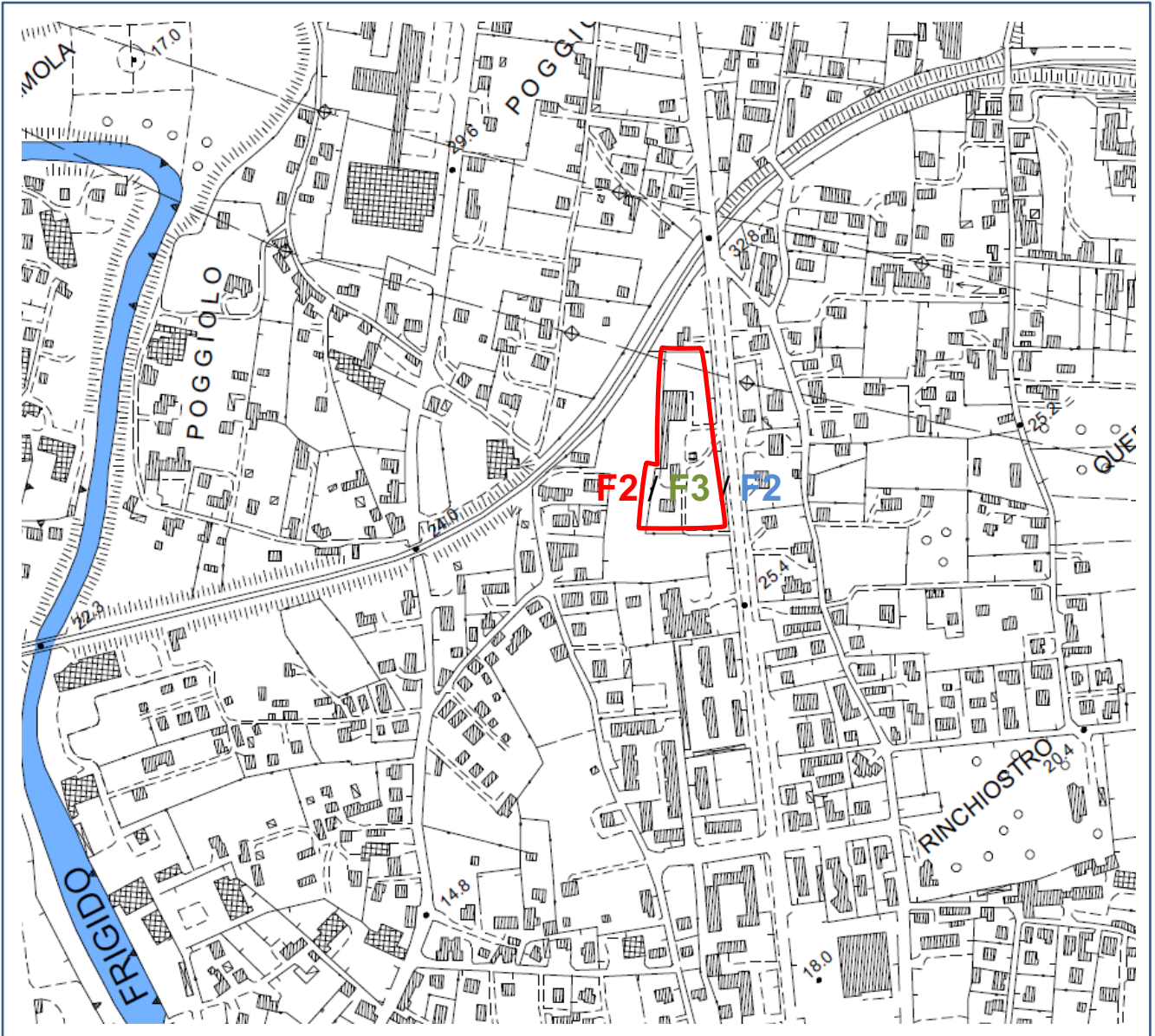


FIG. 23 Carta della Fattibilità

# **A N N E S S O**

## **Indagini geognostiche**







*Sondaggi geognostici*  
*Sondaggi ambientali*  
*Installazione piezometri*  
*Prove in situ*  
*Prove di permeabilità*  
**Servizi per la geologia**

VIA Frassina,65 54033 - Carrara (MS) – ITALY P. IVA 01111000459

# Report sondaggio e prove in sito

**Committente:** PD BUSINESS s.r.l.

**Descrizione:** Ex Sensi Garden

**Località:** Via Roma, Massa (MS)

**Commessa:** 071-21

## GENERALITA'

La Società **MESA S.r.l.** con il coordinamento del Dott. Geol. Massimo Pellegrini è stata incaricata dallo **Studio Alderotti** per conto della **PD BUSINESS** di effettuare una campagna di indagini geognostiche presso l'ex Sensi Garden sita nel Viale Roma, Massa (MS). Secondo quanto previsto dal programma, così come adattato alle particolari condizioni del cantiere, sono state realizzate le seguenti indagini:

- N°1 carotaggio spinto fino alla profondità di 30 mt attrezzato per prova geofisica DH e prelievo di n°3 campioni per analisi terre (Dlgs 156/06 Parte IV Titolo V All. Tab. 1 Limite 1: Colonna A, Limite 2: Colonna B) e n°4 prove SPT.
- N°1 prova geofisica DH.
- N°2 Prove Penetrometriche DPSH.

Questo documento costituisce la relazione tecnica redatta a chiusura della commessa e riporta la descrizione delle attività svolte in cantiere, le specifiche tecniche delle attrezzature impiegate, i dati di campagna ed i risultati delle prove eseguite in sito. Le attività di cantiere si sono svolte in conformità alle specifiche tecniche pervenuteci dalla direzione dei lavori.

## UBICAZIONE INDAGINI:



## SONDAGGI:

### 1 Caratteristiche delle attrezzature di perforazione

<b>SONDA TIPO</b>	<b>EGT SI 30</b>
GRUPPO DI ROTAZIONE	DEUTZ TCD6.1, 6 cilindri:Potenza: 180 kW (260 Hp) @ 2200 giri/min
TIRO	300.000 N
SPINTA	150.000 N
TESTA DI ROTAZIONE	Testa a 4 velocità Marcia Coppia Max Nm Giri Max 1st 14.000 40 2nd 5.900 100 3rd 2.700 270 4th 1.300 600

### 2 Prove spt- punta chiusa:-

<b>N°</b>	<b>Prof.(mt):</b>		<b>Colpi</b>	
<b>Spt1</b>	<b>3</b>	<b>14</b>	<b>20</b>	<b>28</b>
<b>Spt2</b>	<b>6</b>	<b>17</b>	<b>25</b>	<b>30</b>
<b>Spt3</b>	<b>9</b>	<b>16</b>	<b>25</b>	<b>31</b>
<b>Spt4</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	<b>32</b>	<b>50 (Rif. 7,5)</b>

# FOTO DI CANTIERE:

Sondaggio e penetrometrie:

CAROTAGGIO



DPSH 1



DPSH 2





## PROVA GEOFISICA DOWN HOLE:

Le prove *down-hole* vengono eseguite allo scopo di ricostruire la colonna sismo-stratigrafica nelle immediate vicinanze del foro d'indagine misurando la velocità delle onde sismiche dirette che si propagano dalla superficie nel terreno in profondità, assumendo che i percorsi siano circa rettilinei. Il metodo prevede l'inserimento di un ricevitore (geofono triassiale) in un foro di sondaggio appositamente attrezzato, e la generazione di fronti d'onda dalla superficie, in prossimità del boccaforo (Fig.1)

Le onde sismiche possono essere generate energizzando il terreno in direzione verticale oppure in direzione trasversale (parallelamente alla orientazione di uno dei trasduttori orizzontali). Nel primo caso verranno generate prevalentemente onde compressive (P) che si propagano in profondità per compressione-dilatazione e vengono registrate al meglio dal geofono verticale. Nel secondo caso verranno generate prevalentemente onde S o di taglio (moto delle particelle sollecitate ortogonale alla direzione di propagazione), visibili principalmente sui geofoni con l'asse posto orizzontalmente. Queste ultime, avendo velocità inferiori a quelle compressive raggiungeranno la terna geofonica quando già il fronte d'onda P è transitato.

Questo passaggio costituisce un disturbo per la misura delle onde trasversali qualora i geofoni orizzontali, eccitati dal transito del treno compressivo, si trovino ancora in movimento all'arrivo dell'onda trasversale. Per migliorare il rapporto fra l'energia dell'onda compressiva e l'energia dell'onda trasversale a favore di quest'ultima, si esegue una doppia registrazione orizzontale con polarità opposta, che, all'occorrenza, in fase di elaborazione dati permette di:

1. eseguire il confronto delle forme d'onda tra battute a polarità opposta (Fig.2, onde S identificabili dal cambio di fase);
2. ridurre in ampiezza la componente compressiva sulle battute orizzontali mediante stacking dei record dopo inversione di polarità di una delle battute (P in contro-fase vengono ridotte per interferenza distruttiva, al contrario le onde S in fase risulteranno ulteriormente amplificate per interferenza costruttiva).

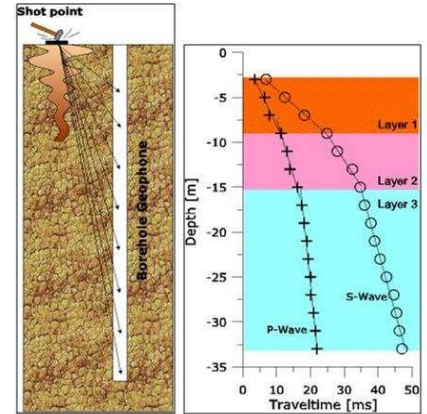
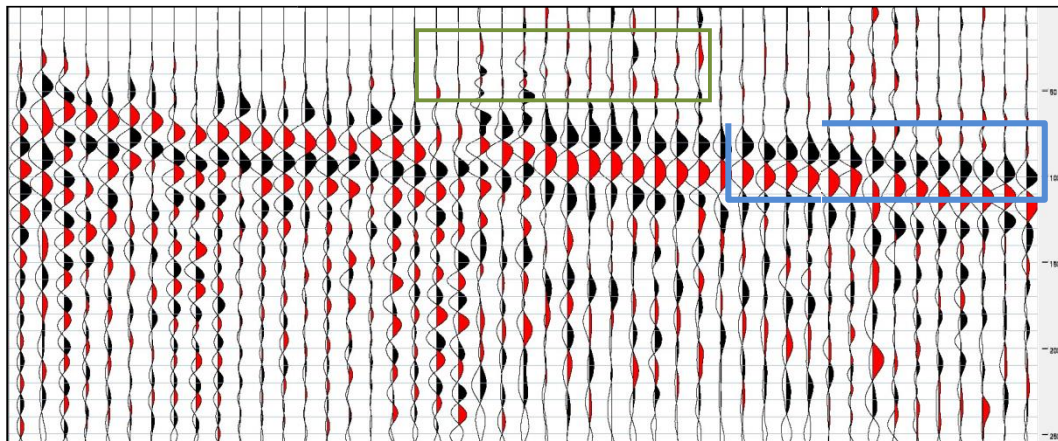


Figura 1 Schema di acquisizione indagine in foro tipo Down-Hole e rappresentazione grafica dei tempi di primo arrivo

Fig. 2



## Processing dati

L'analisi dei dati prevede che le battute eseguite a diverse quote vengano raccolte a ricostruire un unico sismogramma, identico a quello che sarebbe stato ricevuto da una catena di geofoni quante sono le quote di misura nel foro. In particolare vengono raggruppate in un unico sismogramma le forme d'onda relative ai geofoni verticali (Onde P, Fig3\_sopra) ed in altro sismogramma le forme d'onda relative ai geofoni orizzontali (Onde S, Fig3\_sotto).

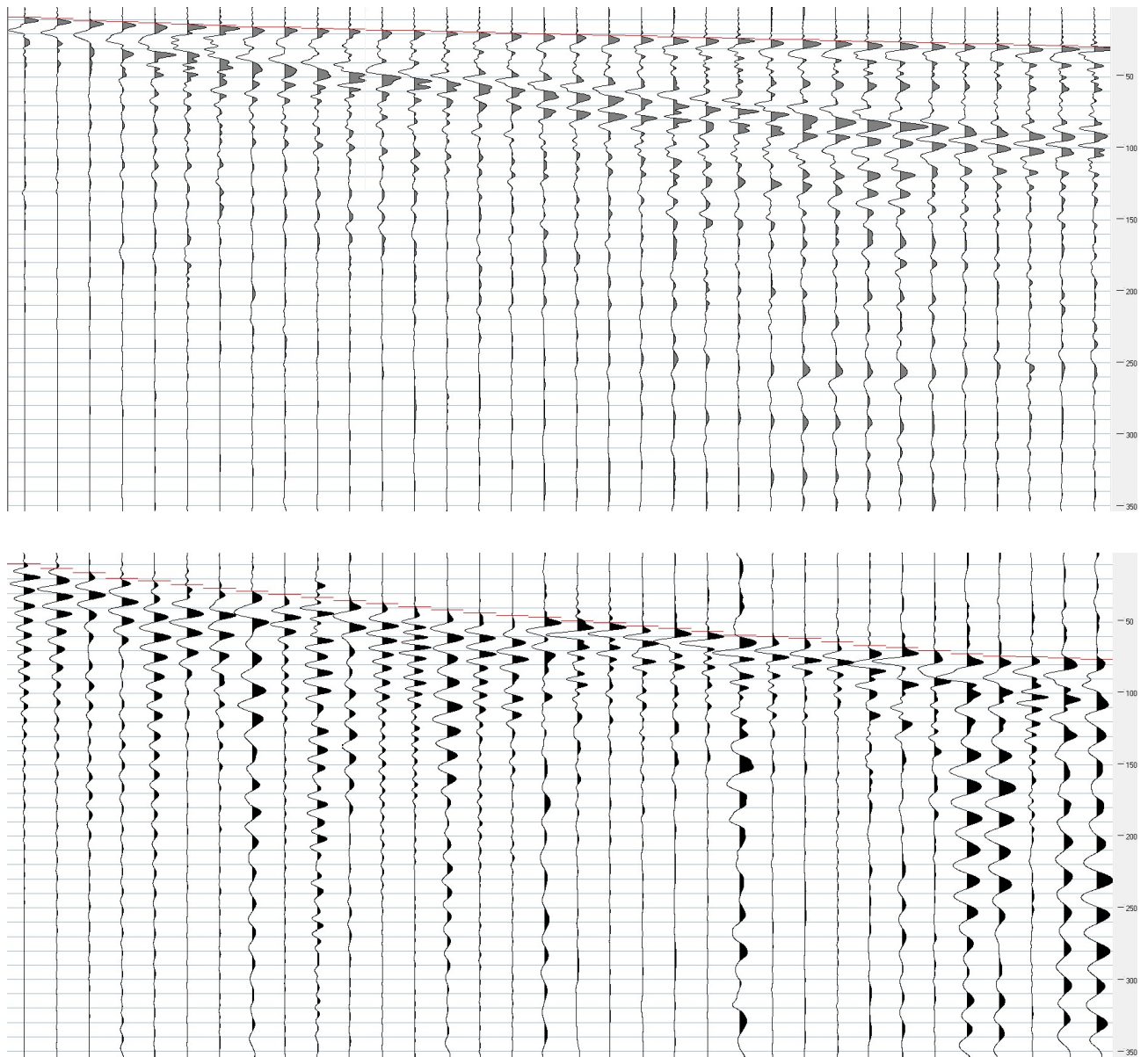


Fig. 3 : Common shot gathers: onde P (Sopra), onde S (mediana) Inversione di fase delle Onde S, con battuta dx e sx (Basso)

Su questi si esegue il *picking*, ovvero l'identificazione del momento di primo arrivo della deformazione elastica al ricevitore (*first break*) e quindi la definizione del tempo di tragitto sorgente-ricevitore (tempo "osservato") necessario per il calcolo del tempo "corretto" ( $t^*$ ) da cui si ottengono infine le velocità, essendo  $t^*$  il tempo che impiegherebbe l'onda se si propagasse in direzione verticale. Per una registrazione eseguita a profondità Z, con sistema di energizzazione posto a distanza H dal boccaforno, il tempo corretto si ottiene dalla seguente:

$$t^* = \frac{z}{d} \cdot t = \frac{z}{\sqrt{z^2 + H^2}} \cdot t$$

Trattandosi di registrazioni acquisite con terna geofonica singola il calcolo delle velocità si esegue con il **metodo delle dromocrone**, o dello **pseudo-intervallo**, secondo cui, ad ogni cambio di pendenza dell'involuppo dei tempi di primo arrivo corrisponde una variazione di velocità dei terreni attraversati.

Per minimizzare l'errore insito nel metodo le velocità non vengono calcolate per ogni quota di misura, ma attraverso l'analisi delle dromocrone (senza trascurare le informazioni geologico-stratigrafiche disponibili), vengono individuati strati omogenei (involuppo lineare dei tempi di primo arrivo), per i quali la velocità è materializzata dalla pendenza del ramo di dromocrone e si ottiene per regressione lineare dei tempi di primo arrivo attribuiti allo strato in esame. Le velocità di pseudo-intervallo, "non interpretate" mediante suddivisione in strati, vengono comunque riportate in apposita tabella (Tab.1).

Dai valori delle velocità sismiche delle onde di taglio calcolate e riportate nella tabella dei risultati, è possibile ottenere anche il valore di **Vs30** calcolato secondo la formula sotto esplicitata (Fig. 5), ed i moduli elastici dinamici del terreno secondo le relazioni riportate in Fig.6.

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

Fig. 5 Relazione utilizzata per il calcolo del parametro Vs30  
densità,validi per

Poisson's Ratio	$\nu_p = \frac{(V_p/V_s)^2 - 2}{2(V_p/V_s)^2 - 2}$
Shear Modulus	$G = d V_s^2$
Young's Modulus	$E = 2G (1 + \nu_p)$
Bulk Modulus	$K = \frac{1}{3} \cdot \frac{E}{1 - 2\nu_p}$

Fig. 6 Moduli dinamici calcolati da Vp, Vs e

comportamento elastico di materiali sperimentali isotropi

## SISMOGRAFO:

### AMBROGEO "ECHO 24"

Number of channels: 12-24

- A/D Conversion: 16 bit
- Input impedance: 1 KOhm
- Gain: 10 dB - 100 dB, step 1 dB
- Saturation tension: +/- 2,3 V
- Saturation level: 100 dB
- Distorsion: 0,01 %
- Sampler 25 msec (191 points) - 50 msec (383 points)  
100 msec (756 points) - 200 msec (1530 400 msec (3060 points) - 800 msec (6121 1000 msec (7651 points) - 15 sec. - 30 sec.
- Sampling: 130 micro/sec
- Record lenght: 25-50-100-200-400-800-1000 millisec
- Filter low pass: from 50 to 950 Hz, step 1 Hz
- Digital Filter (Fir) low pass: 1000-900-800-700-600-500-400-300-200-50 • Digital Filter (Fir) high pass: 0-25-50-75-100-125-150-175-200-225-250 • Notch Filter: 50 Hz
- Frequency response: 7-950 Hz, filter at 950 Hz
- Dynamic range: 93 dB
- Noise 0,66 uV rms, gain = 55 dB
- Crosstalk: 52 dB, gain = 55 dB
- wer: Po 12 V

Geofono da foro:



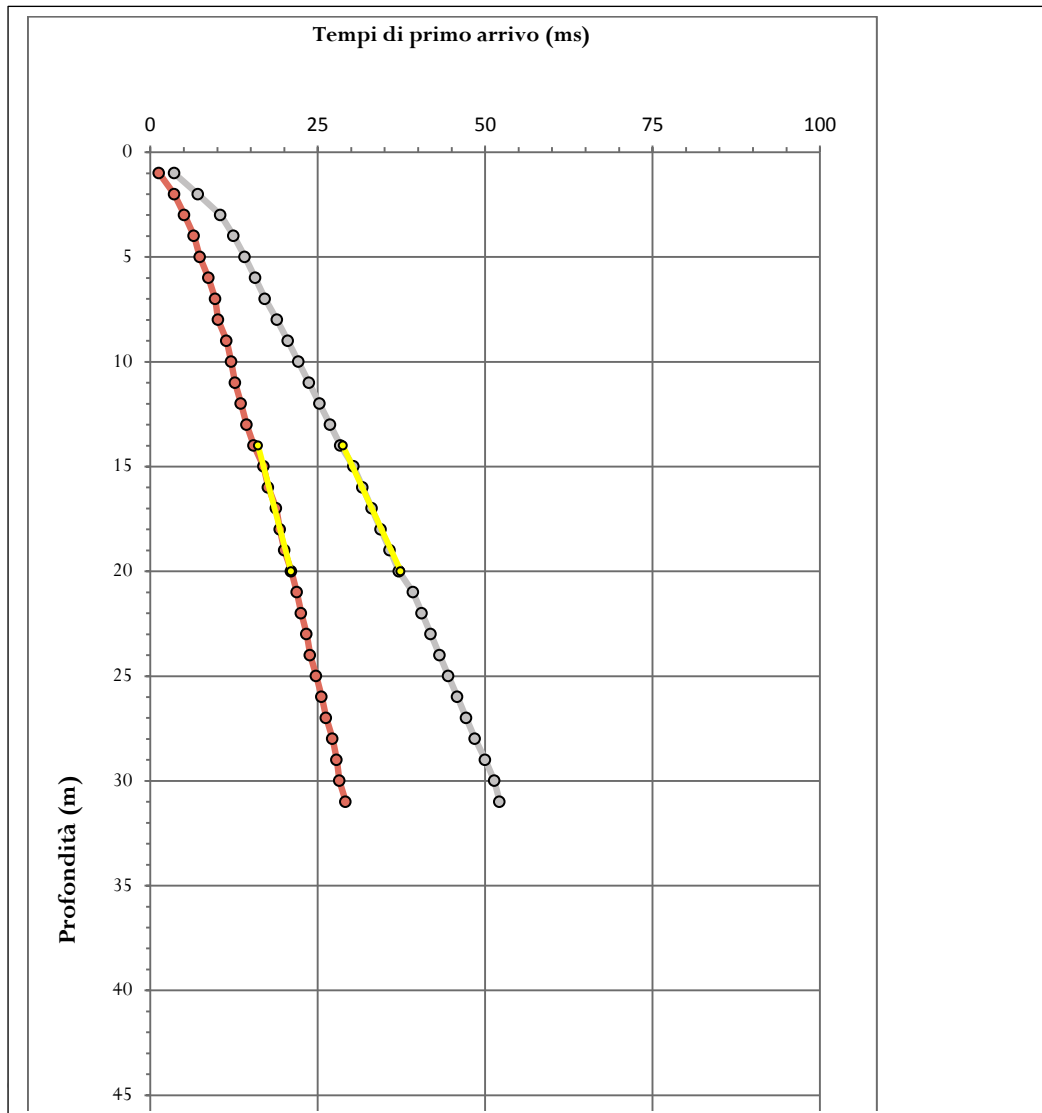


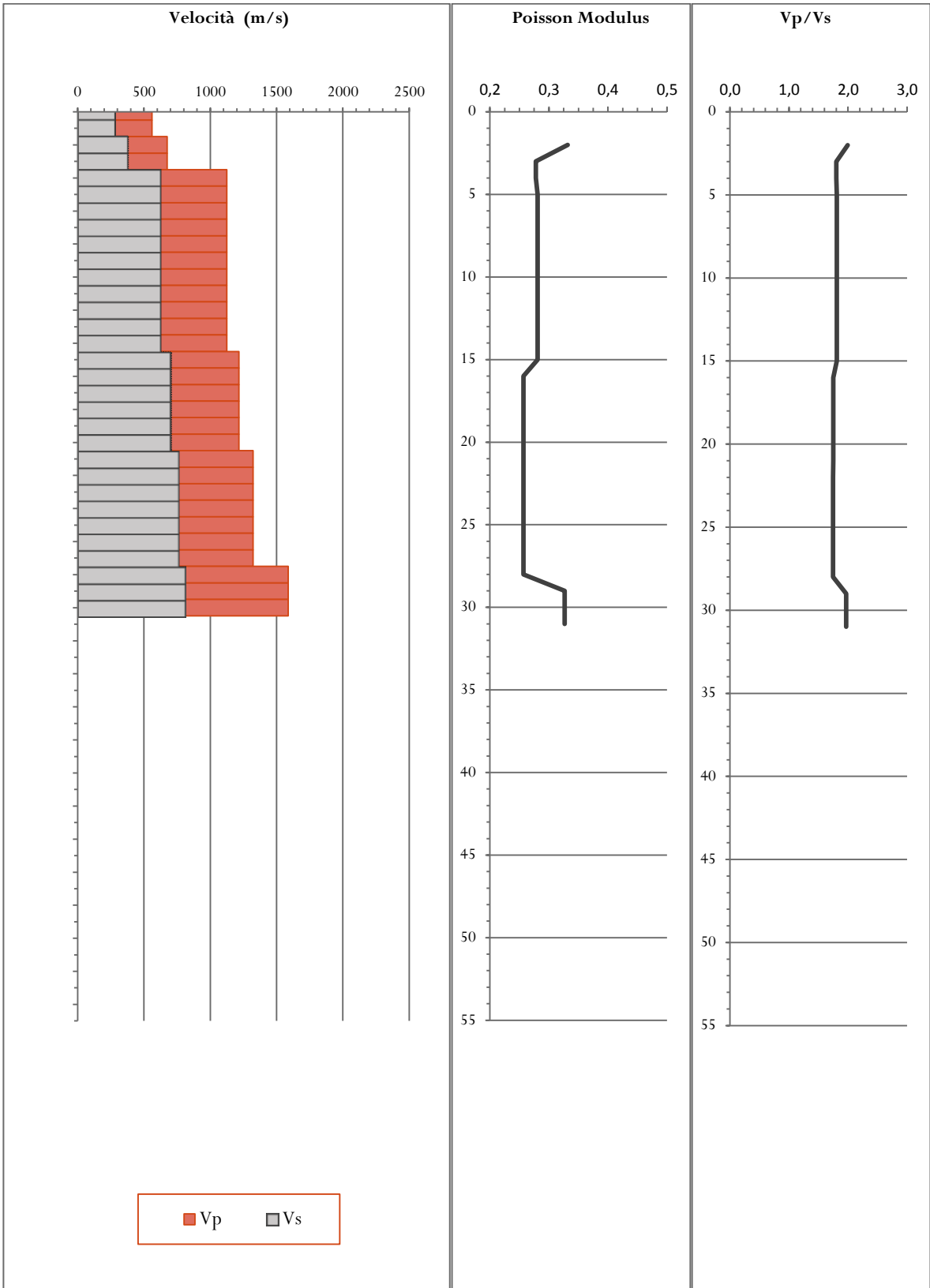
**Risultati: VS\_eq 607 m/s. Profondità equivalente da piano di riferimento: 27 mt**

Depth (m)	Layer	Tempi (ms)				Vel (m/s)						Vp/Vs	Poisson v	Density (g/cm3)	Shear M. G (Mpa)	Young M. E (Mpa)	Bulk M. k (Mpa)
		Tp	Ts	Tp_corr	Ts_corr	Vp_p.int	Vs_p.int	Vp_layer	Vs_layer	Vp	Vs						
2	3																
1	1	2,94	8,02	1,3	3,6	213	293	560	281	560	281	2,0	0,332	1,80	142	378	374
2	1	5,06	10,06	3,6	7,1	442	284	560	281	560	281	2,0	0,332	1,80	142	378	374
3	2	6,11	12,62	5,1	10,5	661	295	676	375	676	375	1,8	0,278	1,93	272	694	520
4	2	7,30	13,92	6,5	12,4	691	512	676	375	676	375	1,8	0,278	1,93	272	694	520
5	3	7,97	15,22	7,4	14,1	1160	595	1125	621	1125	621	1,8	0,281	2,19	845	2164	1646
6	3	9,16	16,52	8,7	15,7	775	648	1125	621	1125	621	1,8	0,281	2,19	845	2164	1646
7	3	10,08	17,83	9,7	17,1	992	683	1125	621	1125	621	1,8	0,281	2,19	845	2164	1646
8	3	10,44	19,51	10,1	18,9	2315	559	1125	621	1125	621	1,8	0,281	2,19	845	2164	1646
9	3	11,67	21,04	11,4	20,5	790	620	1125	621	1125	621	1,8	0,281	2,19	845	2164	1646
10	3	12,33	22,57	12,1	22,1	1429	627	1125	621	1125	621	1,8	0,281	2,19	845	2164	1646
11	3	12,86	24,11	12,7	23,7	1779	633	1125	621	1125	621	1,8	0,281	2,19	845	2164	1646
12	3	13,74	25,64	13,5	25,3	1117	636	1125	621	1125	621	1,8	0,281	2,19	845	2164	1646
13	3	14,56	27,17	14,4	26,9	1188	639	1125	621	1125	621	1,8	0,281	2,19	845	2164	1646
14	3	15,61	28,70	15,5	28,4	941	641	1125	621	1125	621	1,8	0,281	2,19	845	2164	1646
15	3	17,07	30,62	16,9	30,3	684	517	1125	621	1125	621	1,8	0,281	2,19	845	2164	1646
16	4	17,76	31,96	17,6	31,7	1425	734	1217	696	1217	696	1,7	0,257	2,25	1092	2745	1882
17	4	18,95	33,30	18,8	33,1	835	736	1217	696	1217	696	1,7	0,257	2,25	1092	2745	1882
18	4	19,48	34,64	19,4	34,4	1852	737	1217	696	1217	696	1,7	0,257	2,25	1092	2745	1882
19	4	20,14	35,98	20,0	35,8	1493	739	1217	696	1217	696	1,7	0,257	2,25	1092	2745	1882
20	4	21,17	37,32	21,1	37,1	964	739	1217	696	1217	696	1,7	0,257	2,25	1092	2745	1882
21	4	21,99	39,42	21,9	39,2	1209	473	1217	696	1217	696	1,7	0,257	2,25	1092	2745	1882
22	5	22,62	40,74	22,5	40,6	1563	755	1323	757	1323	757	1,7	0,257	2,30	1319	3315	2270
23	5	23,44	42,05	23,4	41,9	1211	756	1323	757	1323	757	1,7	0,257	2,30	1319	3315	2270
24	5	23,95	43,36	23,9	43,2	1969	757	1323	757	1323	757	1,7	0,257	2,30	1319	3315	2270
25	5	24,87	44,68	24,8	44,5	1076	757	1323	757	1323	757	1,7	0,257	2,30	1319	3315	2270
26	5	25,67	45,99	25,6	45,9	1253	758	1323	757	1323	757	1,7	0,257	2,30	1319	3315	2270
27	5	26,33	47,30	26,3	47,2	1504	758	1323	757	1323	757	1,7	0,257	2,30	1319	3315	2270
28	5	27,28	48,62	27,2	48,5	1046	759	1323	757	1323	757	1,7	0,257	2,30	1319	3315	2270
29	6	27,92	50,15	27,8	50,0	1570	651	1588	806	1588	806	2,0	0,326	2,34	1519	4029	3871
30	6	28,31	51,49	28,2	51,4	2500	741	1588	806	1588	806	2,0	0,326	2,34	1519	4029	3871
31	6	29,24	52,29	29,2	52,2	1076	1250	1588	806	1588	806	2,0	0,326	2,34	1519	4029	3871

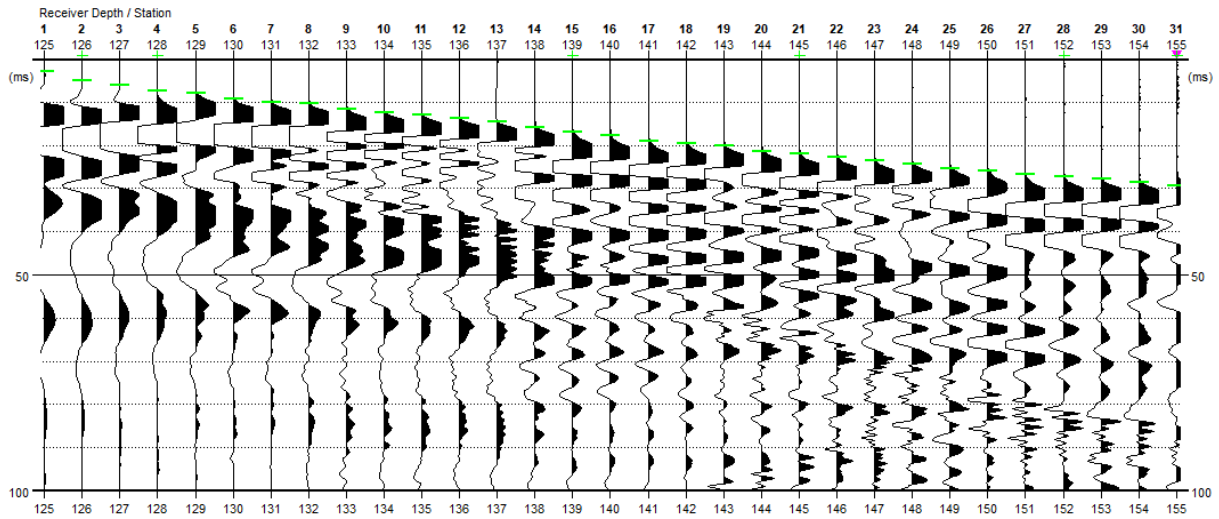
Strato	Prof. (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)
1	1 - 1	560	281
2	1 - 3	676	375
3	3 - 14	1125	621
4	14 - 20	1217	696
5	20 - 27	1323	757
6	27 - 30	1588	806

**Dromocrona:**

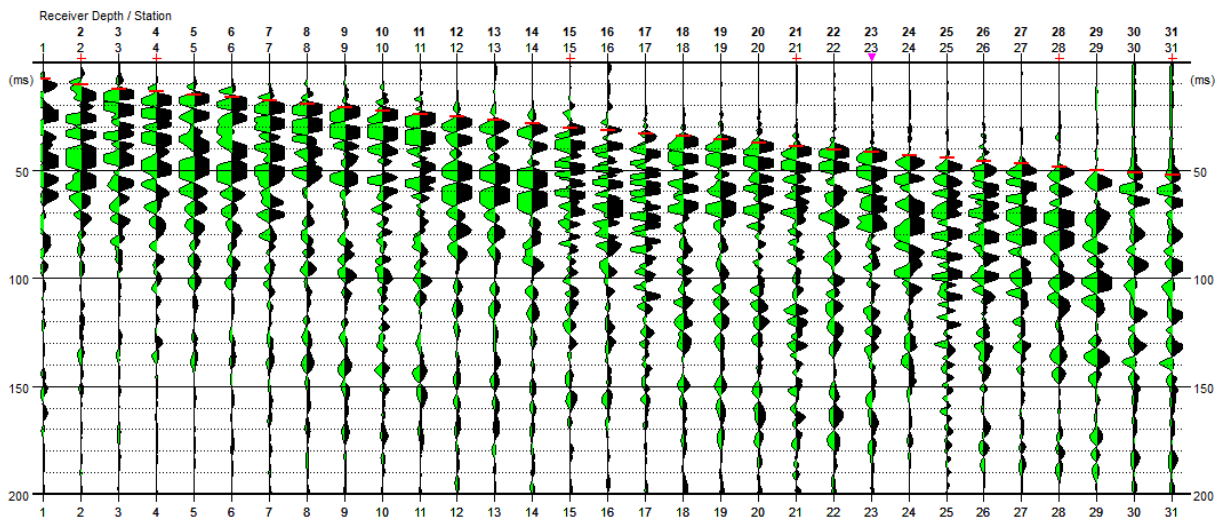




Picking onde P:



Picking composizione onde S:





**ALLEGATI:**

**-1 PROVE PENETROMETRICHE**



MESA srl  
VIA Frassina,65  
54033 - Carrara (MS) - ITALY  
P. IVA 01111000459  
TEL. +39 0585 887051  
FAX +39 0585 887052

e-mail: [Enrico.mariottoni@gmail.com](mailto:Enrico.mariottoni@gmail.com)  
[mariottonimesa@gmail.com](mailto:mariottonimesa@gmail.com)

Sondaggi geognostici  
Sondaggi ambientali  
Installazione piezometri  
Prove in situ  
Prove di permeabilità  
Servizi per la geologia

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: PD BUSINESS Descrizione: EX SENSI GARDEN Località: VIALE ROMA- MASSA (MS)	
--	--

### Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	8 Kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,3 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,504
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

Signature 1

Signature 2



MESA srl  
VIA Frassina,65  
54033 - Carrara (MS) - ITALY  
P. IVA 01111000459  
TEL. +39 0585 887051  
FAX +39 0585 887052

e-mail: [Enrico.mariottoni@gmail.com](mailto:Enrico.mariottoni@gmail.com)  
[mariottonimesa@gmail.com](mailto:mariottonimesa@gmail.com)

Sondaggi geognostici  
Sondaggi ambientali  
Installazione piezometri  
Prove in situ  
Prove di permeabilità  
Servizi per la geologia

**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  $\delta$ ) 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  $\alpha$ );
- avanzamento (penetrazione)  $\delta$  ;
- 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	prof. max indagine
------	----------------------	--------------------	--------------------



MESA srl  
VIA Frassina,65  
54033 - Carrara (MS) - ITALY  
P. IVA 01111000459  
TEL. +39 0585 887051  
FAX +39 0585 887052

e-mail: [Enrico.mariottoni@gmail.com](mailto:Enrico.mariottoni@gmail.com)  
[mariottonimesa@gmail.com](mailto:mariottonimesa@gmail.com)

Sondaggi geognostici  
Sondaggi ambientali  
Installazione piezometri  
Prove in situ  
Prove di permeabilità  
Servizi per la geologia

		(kg)	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  $A=10$  cm<sup>2</sup> 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  $A=10$  cm<sup>2</sup> 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  $A=20.27$  cm<sup>2</sup> 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  $A = 20$  cm<sup>2</sup>, 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:

$$NSPT = \beta_i \cdot N$$

Dove:





MESA srl  
VIA Frassina,65  
54033 - Carrara (MS) - ITALY  
P. IVA 01111000459  
TEL. +39 0585 887051  
FAX +39 0585 887052

e-mail: [Enrico.mariottoni@gmail.com](mailto:Enrico.mariottoni@gmail.com)  
[mariottonimesa@gmail.com](mailto:mariottonimesa@gmail.com)

Sondaggi geognostici  
Sondaggi ambientali  
Installazione piezometri  
Prove in situ  
Prove di permeabilità  
Servizi per la geologia

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

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.
$\delta$	passo di avanzamento.

### Valutazione resistenza dinamica alla punta $R_{pd}$

Formula Olandesi

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

$R_{pd}$	resistenza dinamica punta (area A).
e	infissione media per colpo ( $\delta/N$ ).
M	peso massa battente (altezza caduta H).
P	peso totale aste e sistema battuta.

### Calcolo di $(N_1)_{60}$

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

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

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

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.



MESA srl  
VIA Frassina,65  
54033 - Carrara (MS) - ITALY  
P. IVA 01111000459  
TEL. +39 0585 887051  
FAX +39 0585 887052

e-mail: [Enrico.mariottoni@gmail.com](mailto:Enrico.mariottoni@gmail.com)  
[mariottonimesa@gmail.com](mailto:mariottonimesa@gmail.com)

Sondaggi geognostici  
Sondaggi ambientali  
Installazione piezometri  
Prove in situ  
Prove di permeabilità  
Servizi per la geologia

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.



MESA srl  
VIA Frassina,65  
54033 - Carrara (MS) - ITALY  
P. IVA 01111000459  
TEL. +39 0585 887051  
FAX +39 0585 887052

e-mail: [Enrico.mariottoni@gmail.com](mailto:Enrico.mariottoni@gmail.com)  
[mariottonimesa@gmail.com](mailto:mariottonimesa@gmail.com)

Sondaggi geognostici  
Sondaggi ambientali  
Installazione piezometri  
Prove in situ  
Prove di permeabilità  
Servizi per la geologia

### ***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



MESA srl  
VIA Frassina,65  
54033 - Carrara (MS) - ITALY  
P. IVA 01111000459  
TEL. +39 0585 887051  
FAX +39 0585 887052

e-mail: [Enrico.mariottoni@gmail.com](mailto:Enrico.mariottoni@gmail.com)  
[mariottonimesa@gmail.com](mailto:mariottonimesa@gmail.com)

Sondaggi geognostici  
Sondaggi ambientali  
Installazione piezometri  
Prove in situ  
Prove di permeabilità  
Servizi per la geologia

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**

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

$N_{spt}$  è il valore medio nello strato

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

### **Angolo di Attrito**

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers (1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda)  $\sigma > 5$  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  $D_r$  %.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda)  $s > 15$  t/mq.
- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.





MESA srl  
VIA Frassina,65  
54033 - Carrara (MS) - ITALY  
P. IVA 01111000459  
TEL. +39 0585 887051  
FAX +39 0585 887052

e-mail: [Enrico.mariottoni@gmail.com](mailto:Enrico.mariottoni@gmail.com)  
[mariottonimesa@gmail.com](mailto:mariottonimesa@gmail.com)

Sondaggi geognostici  
Sondaggi ambientali  
Installazione piezometri  
Prove in situ  
Prove di permeabilità  
Servizi per la geologia

- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

#### ***Densità relativa (%)***

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

#### ***Modulo Di Young ( $E_y$ )***

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

#### ***Modulo Edometrico***

Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

- Buisman-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.



MESA srl  
VIA Frassina,65  
54033 - Carrara (MS) - ITALY  
P. IVA 01111000459  
TEL. +39 0585 887051  
FAX +39 0585 887052

e-mail: [Enrico.mariottoni@gmail.com](mailto:Enrico.mariottoni@gmail.com)  
[mariottonimesa@gmail.com](mailto:mariottonimesa@gmail.com)

Sondaggi geognostici  
Sondaggi ambientali  
Installazione piezometri  
Prove in situ  
Prove di permeabilità  
Servizi per la geologia

### ***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  $\tau$  e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

### ***Velocità onde di taglio $V_S$ (m/s)***

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

### ***Modulo di deformazione di taglio (G)***

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

### ***Modulo di reazione ( $K_0$ )***

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

### ***Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )***

- Robertson (1983) -  $Q_c$

## **Correlazioni geotecniche terreni coesivi**

### ***Coesione non drenata***

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con  $N_{spt} < 8$  , argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.



MESA srl  
VIA Frassina,65  
54033 - Carrara (MS) - ITALY  
P. IVA 01111000459  
TEL. +39 0585 887051  
FAX +39 0585 887052

e-mail: [Enrico.mariottoni@gmail.com](mailto:Enrico.mariottoni@gmail.com)  
[mariottonimesa@gmail.com](mailto:mariottonimesa@gmail.com)

Sondaggi geognostici  
Sondaggi ambientali  
Installazione piezometri  
Prove in situ  
Prove di permeabilità  
Servizi per la geologia

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

#### ***Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )***

- Robertson (1983) -  $Q_c$

#### ***Modulo Edometrico-Confinato ( $M_o$ )***

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



MESA srl  
VIA Frassina,65  
54033 - Carrara (MS) - ITALY  
P. IVA 01111000459  
TEL. +39 0585 887051  
FAX +39 0585 887052

e-mail: [Enrico.mariottoni@gmail.com](mailto:Enrico.mariottoni@gmail.com)  
[mariottonimesa@gmail.com](mailto:mariottonimesa@gmail.com)

Sondaggi geognostici  
Sondaggi ambientali  
Installazione piezometri  
Prove in situ  
Prove di permeabilità  
Servizi per la geologia

### **Modulo Di Young ( $E\gamma$ )**

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

### **Stato di consistenza**

- Classificazione A.G.I. 1977.

### **Peso di Volume**

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

### **Peso di volume saturo**

- Meyerhof ed altri.

### **PROVA ... DPSH 1**

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

Prova eseguita in data 02/11/2021

Profondità prova 4,00 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	3	0,855	2,44	2,86	122,17	142,95
0,40	4	0,851	3,24	3,81	162,16	190,60
0,60	7	0,847	5,65	6,67	282,52	333,55
0,80	7	0,843	5,63	6,67	281,29	333,55
1,00	7	0,840	5,18	6,17	259,12	308,56
1,20	6	0,836	4,42	5,29	221,18	264,48
1,40	7	0,833	5,14	6,17	256,99	308,56
1,60	6	0,830	4,39	5,29	219,40	264,48
1,80	10	0,826	7,28	8,82	364,25	440,80
2,00	11	0,823	7,43	9,02	371,33	451,09
2,20	14	0,770	8,84	11,48	442,14	574,12





MESA srl  
 VIA Frassina,65  
 54033 - Carrara (MS) - ITALY  
 P. IVA 01111000459  
 TEL. +39 0585 887051  
 FAX +39 0585 887052

e-mail: [Enrico.mariottoni@gmail.com](mailto:Enrico.mariottoni@gmail.com)  
[mariottonimesa@gmail.com](mailto:mariottonimesa@gmail.com)

Sondaggi geognostici  
 Sondaggi ambientali  
 Installazione piezometri  
 Prove in situ  
 Prove di permeabilità  
 Servizi per la geologia

2,40	19	0,767	11,95	15,58	597,73	779,16
2,60	25	0,714	14,64	20,50	732,25	1025,21
2,80	19	0,761	11,87	15,58	593,27	779,16
3,00	16	0,759	9,31	12,27	465,36	613,38
3,20	25	0,706	13,53	19,17	676,64	958,41
3,40	32	0,653	16,03	24,54	801,57	1226,77
3,60	37	0,651	18,46	28,37	923,23	1418,45
3,80	40	0,598	18,35	30,67	917,64	1533,46
4,00	50	0,596	21,45	35,99	1072,59	1799,58

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1,6	5,88	5,37	Incoerente - coesivo	0	18,93	20,79	15,14	1,5	8,84	
3	16,29	13,32	Incoerente - coesivo	0	20,69	21,67	44,77	1,5	24,5	
4	36,8	27,75	Incoerente - coesivo	0	24,52	24,52	71,51	1,5	55,35	

#### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH 1

##### TERRENI COESIVI

##### Coesione non drenata (KPa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman	De Beer
[1] -	8,84	1,60	58,55	108,36	49,03	34,81	84,93	161,12	77,08	108,46	43,35	133,17	108,36
[2] -	24,5	3,00	162,20	300,28	98,07	91,79	238,30	399,62	199,76	247,03	120,13	384,71	300,28
[3] -	55,35	4,00	366,38	678,52	0,00	186,33	543,68	832,49	389,32	609,09	271,35	899,27	678,52

##### Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
[1] -	8,84	1,60	Robertson (1983)	1,73
[2] -	24,5	3,00	Robertson (1983)	4,81
[3] -	55,35	4,00	Robertson (1983)	10,86

##### Modulo Edometrico (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] -	8,84	1,60	3,98	--	9,02	10,84
[2] -	24,5	3,00	11,02	--	24,68	24,03
[3] -	55,35	4,00	24,90	--	55,54	54,28



MESA srl  
 VIA Frassina,65  
 54033 - Carrara (MS) - ITALY  
 P. IVA 01111000459  
 TEL. +39 0585 887051  
 FAX +39 0585 887052

e-mail: [Enrico.mariottoni@gmail.com](mailto:Enrico.mariottoni@gmail.com)  
[mariottonimesa@gmail.com](mailto:mariottonimesa@gmail.com)

Sondaggi geognostici  
 Sondaggi ambientali  
 Installazione piezometri  
 Prove in situ  
 Prove di permeabilità  
 Servizi per la geologia

#### Modulo di Young (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] -	8,84	1,60	7,97	8,67
[2] -	24,5	3,00	25,63	24,03
[3] -	55,35	4,00	60,42	54,28

#### Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	8,84	1,60	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[2] -	24,5	3,00	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[3] -	55,35	4,00	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

#### Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
[1] -	8,84	1,60	Meyerhof	18,93
[2] -	24,5	3,00	Meyerhof	20,69
[3] -	55,35	4,00	Meyerhof	24,52

#### Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
[1] -	8,84	1,60	Meyerhof	20,79
[2] -	24,5	3,00	Meyerhof	21,67
[3] -	55,35	4,00	Meyerhof	24,52

#### Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	8,84	1,60		0
[2] -	24,5	3,00		0
[3] -	55,35	4,00		0

#### TERRENI INCOERENTI

##### Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	8,84	1,60	35,12	67,55	79,13	30,37
[2] -	24,5	3,00	52,29	96,65	96,97	57,34
[3] -	55,35	4,00	68,75	100	100	85,17

##### Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	8,84	1,60	8,84	29,53	22,53	30,48	32,59	33,22	0	<30	26,52	29,65	27,26	28,3
[2] -	24,5	3,00	24,5	34	27	34,86	31,88	38,34	41,53	30-32	34,17	34,35	31,13	37,14
[3] -	55,35	4,00	55,35	42,81	35,81	43,5	32,19	42,68	42	>38	43,81	43,6	34,22	48,27

##### Modulo di Young (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	8,84	1,60	8,84					
[2] -	24,5	3,00	24,5					
[3] -	55,35	4,00	55,35					



MESA srl  
 VIA Frassina,65  
 54033 - Carrara (MS) - ITALY  
 P. IVA 01111000459  
 TEL. +39 0585 887051  
 FAX +39 0585 887052

e-mail: [Enrico.mariottoni@gmail.com](mailto:Enrico.mariottoni@gmail.com)  
[mariottonimesa@gmail.com](mailto:mariottonimesa@gmail.com)

Sondaggi geognostici  
 Sondaggi ambientali  
 Installazione piezometri  
 Prove in situ  
 Prove di permeabilità  
 Servizi per la geologia

[1] -	8,84	1,60	8,84	---	6,94	10,30	---	---
[2] -	24,5	3,00	24,5	34,65	19,22	28,42	35,67	19,37
[3] -	55,35	4,00	55,35	52,08	43,42	64,12	58,36	34,49

#### Modulo Edometrico (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	8,84	1,60	8,84	---	4,47	6,15	7,59
[2] -	24,5	3,00	24,5	14,42	7,63	17,06	14,44
[3] -	55,35	4,00	55,35	32,57	13,84	38,54	27,94

#### Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	8,84	1,60	8,84	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[2] -	24,5	3,00	24,5	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] -	55,35	4,00	55,35	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

#### Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m <sup>3</sup> )
[1] -	8,84	1,60	8,84	Terzaghi-Peck 1948	14,34
[2] -	24,5	3,00	24,5	Terzaghi-Peck 1948	16,12
[3] -	55,35	4,00	55,35	Terzaghi-Peck 1948	18,47

#### Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m <sup>3</sup> )
[1] -	8,84	1,60	8,84	Terzaghi-Peck 1948	18,74
[2] -	24,5	3,00	24,5	Terzaghi-Peck 1948	19,84
[3] -	55,35	4,00	55,35	Terzaghi-Peck 1948	21,28

#### Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	8,84	1,60	8,84	(A.G.I.)	0,34
[2] -	24,5	3,00	24,5	(A.G.I.)	0,31
[3] -	55,35	4,00	55,35	(A.G.I.)	0,24

#### Modulo di deformazione a taglio dinamico (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] -	8,84	1,60	8,84	49,44	46,42
[2] -	24,5	3,00	24,5	128,90	86,54
[3] -	55,35	4,00	55,35	277,31	142,39

#### Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	8,84	1,60	8,84	Ohta & Goto (1978) Limi	95,53
[2] -	24,5	3,00	24,5	Ohta & Goto (1978) Limi	139,72



MESA srl  
 VIA Frassina,65  
 54033 - Carrara (MS) - ITALY  
 P. IVA 01111000459  
 TEL. +39 0585 887051  
 FAX +39 0585 887052

e-mail: [Enrico.mariottoni@gmail.com](mailto:Enrico.mariottoni@gmail.com)  
[mariottonimesa@gmail.com](mailto:mariottonimesa@gmail.com)

Sondaggi geognostici  
 Sondaggi ambientali  
 Installazione piezometri  
 Prove in situ  
 Prove di permeabilità  
 Servizi per la geologia

[3] -	55,35	4,00	55,35	Ohta & Goto (1978) Limi	174,46
-------	-------	------	-------	----------------------------	--------

#### Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] -	8,84	1,60	8,84	Seed e Idriss (1971)	--
[2] -	24,5	3,00	24,5	Seed e Idriss (1971)	--
[3] -	55,35	4,00	55,35	Seed e Idriss (1971)	--

#### Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] -	8,84	1,60	8,84		---
[2] -	24,5	3,00	24,5		---
[3] -	55,35	4,00	55,35		---

#### Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Mpa)
[1] -	8,84	1,60	8,84		---
[2] -	24,5	3,00	24,5		---
[3] -	55,35	4,00	55,35		---

PROVA ...DPSH2

Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)  
 Prova eseguita in data 02/11/2021  
 Profondità prova 4,20 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	2	0,855	1,63	1,91	81,45	95,30
0,40	3	0,851	2,43	2,86	121,62	142,95
0,60	9	0,847	7,26	8,58	363,24	428,85
0,80	8	0,843	6,43	7,62	321,48	381,20
1,00	10	0,840	7,40	8,82	370,17	440,80
1,20	11	0,836	8,11	9,70	405,49	484,88
1,40	8	0,833	5,87	7,05	293,70	352,64
1,60	11	0,830	8,04	9,70	402,24	484,88
1,80	12	0,826	8,74	10,58	437,10	528,96
2,00	14	0,773	8,88	11,48	443,90	574,12
2,20	9	0,820	6,05	7,38	302,69	369,07
2,40	13	0,767	8,18	10,66	408,97	533,11
2,60	8	0,814	5,34	6,56	267,13	328,07
2,80	6	0,811	3,99	4,92	199,65	246,05
3,00	18	0,759	10,47	13,80	523,53	690,06
3,20	20	0,756	11,59	15,33	579,65	766,73
3,40	28	0,703	15,10	21,47	755,05	1073,42
3,60	37	0,651	18,46	28,37	923,23	1418,45
3,80	41	0,598	18,81	31,44	940,59	1571,80
4,00	45	0,596	19,31	32,39	965,33	1619,63
4,20	50	0,594	21,37	35,99	1068,41	1799,58

Prof. Strato	NPDM	Rd	Tipo	Clay	Peso unità	Peso unità	Tensione	Coeff. di	NSPT	Descrizione
--------------	------	----	------	------	------------	------------	----------	-----------	------	-------------



MESA srl  
 VIA Frassina,65  
 54033 - Carrara (MS) - ITALY  
 P. IVA 01111000459  
 TEL. +39 0585 887051  
 FAX +39 0585 887052

e-mail: [Enrico.mariottoni@gmail.com](mailto:Enrico.mariottoni@gmail.com)  
[mariottonimesa@gmail.com](mailto:mariottonimesa@gmail.com)

Sondaggi geognostici  
 Sondaggi ambientali  
 Installazione piezometri  
 Prove in situ  
 Prove di permeabilità  
 Servizi per la geologia

(m)		(Mpa)		Fraction (%)	di volume (KN/m <sup>3</sup> )	di volume saturo (KN/m <sup>3</sup> )	efficace (KPa)	correlaz. con Nspt		
2,8	8,86	7,7	Incoerente - coesivo	0	20,01	21,97	28,01	1,5	13,33	
4,2	34,14	25,54	Incoerente - coesivo	0	24,52	24,52	73,19	1,5	51,35	

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH2

### TERRENI COESIVI

#### Coesione non drenata (KPa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[1] -	13,33	2,80	88,26	163,38	49,03	51,78	128,76	231,04	114,15	145,04	65,31	193,39	163,38
[2] -	51,35	4,20	339,90	629,49	0,00	175,44	503,96	766,19	368,63	555,45	251,74	825,72	629,49

#### Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
[1] -	13,33	2,80	Robertson (1983)	2,61
[2] -	51,35	4,20	Robertson (1983)	10,07

#### Modulo Edometrico (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] -	13,33	2,80	6,00	--	13,51	13,07
[2] -	51,35	4,20	23,10	--	51,54	50,36

#### Modulo di Young (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] -	13,33	2,80	13,03	13,07
[2] -	51,35	4,20	55,91	50,36

#### Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	13,33	2,80	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[2] -	51,35	4,20	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

#### Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> )
[1] -	13,33	2,80	Meyerhof	20,01
[2] -	51,35	4,20	Meyerhof	24,52

#### Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m <sup>3</sup> )
[1] -	13,33	2,80	Meyerhof	21,97
[2] -	51,35	4,20	Meyerhof	24,52

#### Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	13,33	2,80		0
[2] -	51,35	4,20		0





MESA srl  
 VIA Frassina,65  
 54033 - Carrara (MS) - ITALY  
 P. IVA 01111000459  
 TEL. +39 0585 887051  
 FAX +39 0585 887052

e-mail: [Enrico.mariottoni@gmail.com](mailto:Enrico.mariottoni@gmail.com)  
[mariottonimesa@gmail.com](mailto:mariottonimesa@gmail.com)

Sondaggi geognostici  
 Sondaggi ambientali  
 Installazione piezometri  
 Prove in situ  
 Prove di permeabilità  
 Servizi per la geologia

## TERRENI INCOERENTI

### Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	13,33	2,80	41,32	77,23	81,97	39,89
[2] -	51,35	4,20	66,31	100	100	81,51

### Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	13,33	2,80	13,33	30,81	23,81	31,73	31,92	34,89	38,81	30-32	29,14	31	28,82	31,33
[2] -	51,35	4,20	51,35	41,67	34,67	42,38	32,02	42,54	42	>38	42,75	42,4	33,93	47,05

### Modulo di Young (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	13,33	2,80	13,33	25,56	10,46	15,49	27,46	13,89
[2] -	51,35	4,20	51,35	50,16	40,29	59,49	55,42	32,53

### Modulo Edometrico (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	13,33	2,80	13,33	7,84	5,38	9,28	9,56
[2] -	51,35	4,20	51,35	30,21	13,04	35,75	26,19

### Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	13,33	2,80	13,33	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[2] -	51,35	4,20	51,35	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

### Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
[1] -	13,33	2,80	13,33	Terzaghi-Peck 1948	14,89
[2] -	51,35	4,20	51,35	Terzaghi-Peck 1948	18,25

### Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
[1] -	13,33	2,80	13,33	Terzaghi-Peck 1948	19,08
[2] -	51,35	4,20	51,35	Terzaghi-Peck 1948	21,15

### Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato	Nspt corretto per	Correlazione	Poisson
--	------	--------------	-------------------	--------------	---------



MESA srl  
 VIA Frassina,65  
 54033 - Carrara (MS) - ITALY  
 P. IVA 01111000459  
 TEL. +39 0585 887051  
 FAX +39 0585 887052

e-mail: [Enrico.mariottoni@gmail.com](mailto:Enrico.mariottoni@gmail.com)  
[mariottonimesa@gmail.com](mailto:mariottonimesa@gmail.com)

Sondaggi geognostici  
 Sondaggi ambientali  
 Installazione piezometri  
 Prove in situ  
 Prove di permeabilità  
 Servizi per la geologia

		(m)	presenza falda		
[1] -	13,33	2,80	13,33	(A.G.I.)	0,33
[2] -	51,35	4,20	51,35	(A.G.I.)	0,25

#### Modulo di deformazione a taglio dinamico (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] -	13,33	2,80	13,33	72,74	59,66
[2] -	51,35	4,20	51,35	258,43	136,01

#### Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	13,33	2,80	13,33	Ohta & Goto (1978) Limi	114,27
[2] -	51,35	4,20	51,35	Ohta & Goto (1978) Limi	172,21

#### Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] -	13,33	2,80	13,33	Seed e Idriss (1971)	--
[2] -	51,35	4,20	51,35	Seed e Idriss (1971)	--

#### Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_{H0} / P_0$

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	$K_0$
[1] -	13,33	2,80	13,33		---
[2] -	51,35	4,20	51,35		---

#### Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Mpa)
[1] -	13,33	2,80	13,33		---
[2] -	51,35	4,20	51,35		---



MESA srl  
VIA Frassina,65  
54033 - Carrara (MS) - ITALY  
P. IVA 01111000459  
TEL. +39 0585 887051  
FAX +39 0585 887052

e-mail: [Enrico.mariottoni@gmail.com](mailto:Enrico.mariottoni@gmail.com)  
[mariottonimesa@gmail.com](mailto:mariottonimesa@gmail.com)

Sondaggi geognostici  
Sondaggi ambientali  
Installazione piezometri  
Prove in situ  
Prove di permeabilità  
Servizi per la geologia

#### Indice

1.PROVA ... DPSH 1	10
2.PROVA ...DPSH2	13
Indice	17

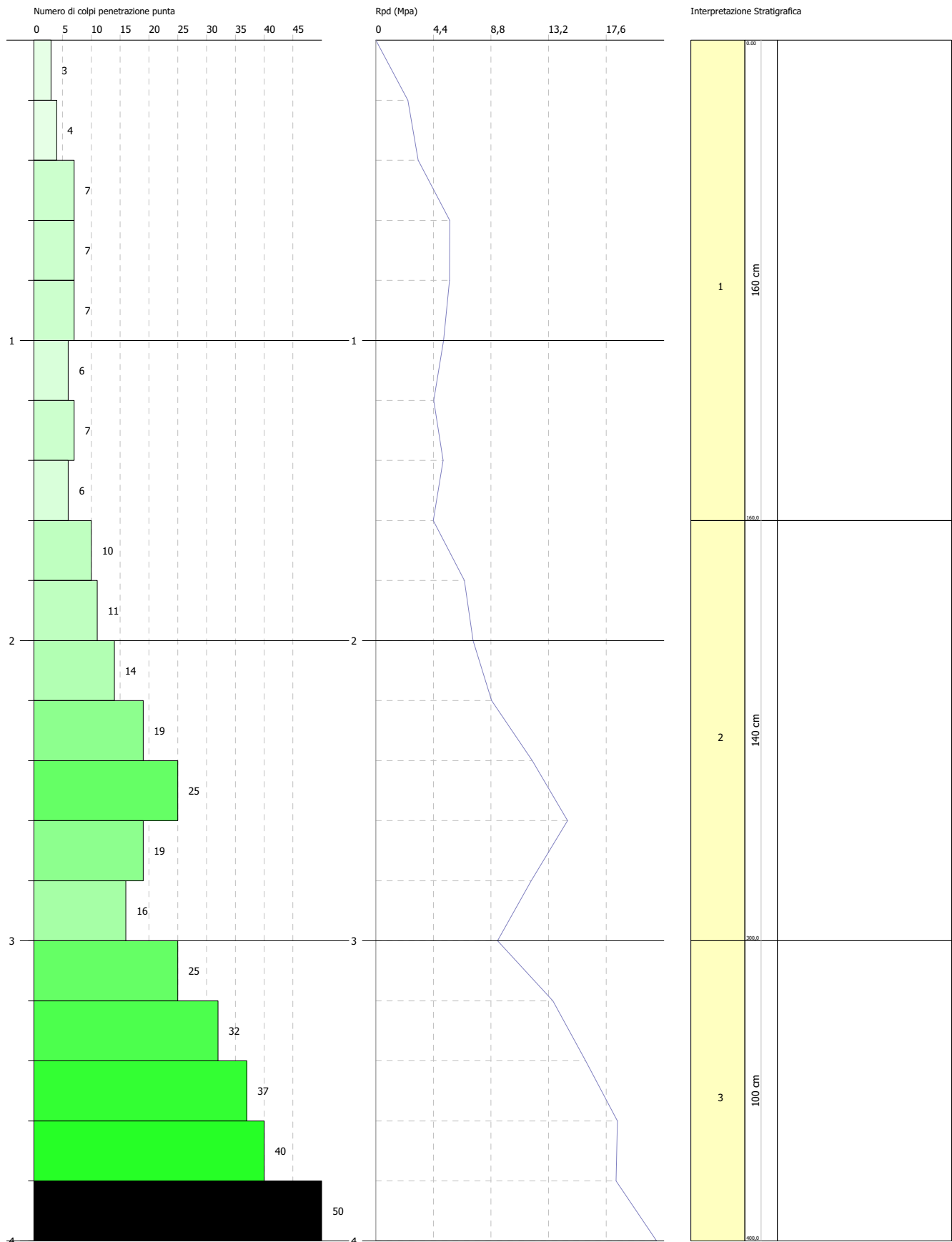
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH 1

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

Committente: PD BUSINESS  
 Descrizione: EX SENSI GARDEN  
 Località: VIALE ROMA- MASSA (MS)

Data: 02/11/2021

Scala 1:18



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH2**  
**Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)**

Committente: PD BUSINESS  
 Descrizione: EX SENSI GARDEN  
 Località: VIALE ROMA- MASSA (MS)

Data: 02/11/2021

Scala 1:19

