

**PIANO ATTUATIVO DELLA SCHEDA DI TRASFORMAZIONE AT2b_10
VIA GIAN BATTISTA VICO - LA MACINE - COMUNE DI PRATO**

Richiedente: PI.DA. Spa

1.) PREMESSE

In data 16 giugno 2021 fu redatta da questo studio la relazione geologica di fattibilità ai sensi d.p.g.r. 5/R/2020 relativa al Piano Attuativo 384/2020 per attuazione dell'area di trasformazione AT2b_10, con previsione di edifici per civile abitazione su un lotto con accesso da Via G.B. Vico - Loc. La Macine - Comune di Prato.

In seguito al deposito degli elaborati progettuali presso il competente Ufficio del Genio Civile, in data 28.10.2021 è pervenuta dal Genio Civile una richiesta di integrazioni ai sensi art. 12 comma 2 D.P.G.R. 5/r/2020.

Si riportano qui integralmente le richieste di integrazione relative alla Relazione di fattibilità prodotta da questo studio:

- a) Il Piano Attuativo comprende la cessione di un appezzamento di terreno prospiciente la rotonda di svincolo della via Filippo Mazzei sulla via Firenze, in loc. La Querce, da destinarsi a parcheggio pubblico.
Occorre pertanto definire la fattibilità anche di tale previsione, con particolare riferimento alle questioni idrauliche (contesto di pericolosità, contenimento effetti della impermeabilizzazione).
- b) La scheda di fattibilità del Piano in oggetto, definita nel Piano Operativo, prescrive, in ottemperanza alle Direttive tecniche di cui alla DGR 31/2020, la realizzazione, in sede di redazione del piano attuativo, di indagini geofisiche finalizzate a definire gli spessori, le geometrie e le velocità sismiche dei litotipi individuati come zona 5 nella carta delle MOPS, in modo da supportare adeguatamente la progettazione strutturale in ordine a possibili effetti locali di amplificazione sismica.
Occorre pertanto integrare in tal senso.

2.) FATTIBILITA' DEL PARCHEGGIO PUBBLICO

Per quanto riguarda il punto a) della richiesta di integrazioni, occorre preliminarmente notare che il Piano Attuativo prevede solo la cessione dell'area destinata a parcheggio, senza realizzazione di alcuna opera, e che il parcheggio verrà successivamente realizzato dall'Amministrazione Comunale.

Non essendo pertanto in seno al Piano Attuativo progettata opera alcuna su detta area, non risulta possibile (e neppure di competenza del gruppo di progettazione) la definizione degli interventi necessari dal punto di vista del rischio idraulico.

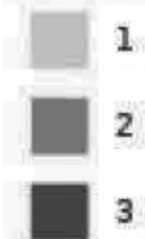
E' solo qui possibile analizzare quali sono le classificazioni ufficiali di pericolosità idraulica del lotto (posto il loc. La Querce, all'angolo tra Via Filippo Mazzei e Via Firenze).

Si riportano pertanto qui sotto alcuni stralci cartografici.

Il primo stralcio è tratto dal PGRA dell'Autorità di Bacino.



PGRA Pericolosità fluviale



Come si vede, la parte nord-est del lotto cade in pericolosità da alluvione media (P2 - aree inondabili da eventi con Tempo di ritorno $30 < Tr \leq 200$ anni Alluvioni poco frequenti ai sensi LR 41/2018) e la parte sud-ovest in pericolosità da alluvione elevata

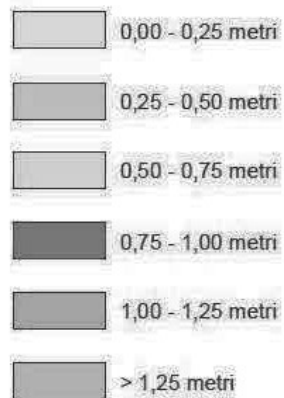
(P3 - aree inondabili da eventi con tempo di ritorno $T_r \leq 30$ anni
- Alluvioni frequenti ai sensi LR 41/2018).

Si riporta poi la cartografia di pericolosità idraulica del Piano Strutturale del Comune di Prato.



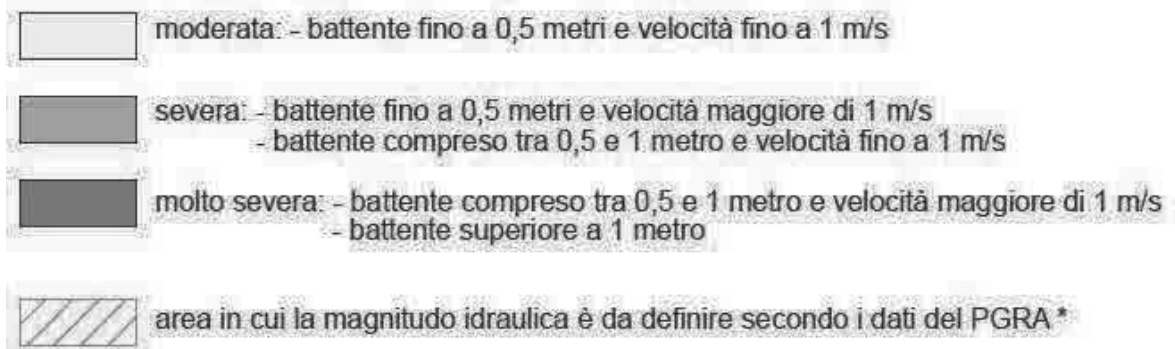
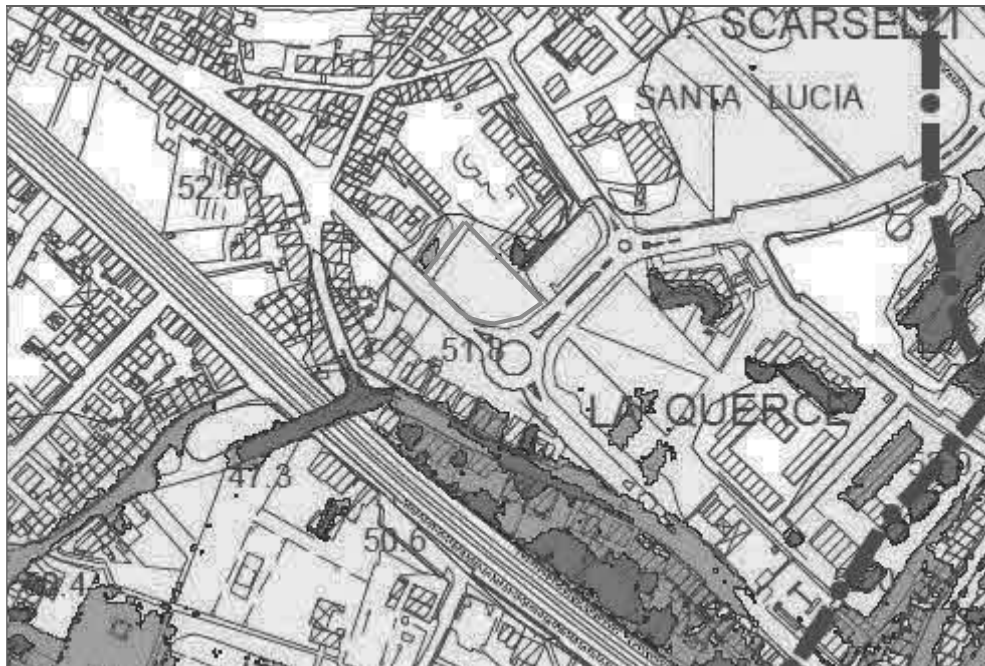
La suddivisione in classi di pericolosità del lotto è la stessa vista sul PGRA, ma in funzione delle diverse definizioni, in questo caso le classi di pericolosità sono Pi4 e Pi3.

Si riporta poi la carta dei battenti idraulici per $T_r = 200$ anni, tratta sempre dal Piano strutturale del Comune di Prato.



Qui il battente idraulico è presente solo su una porzione centrale del lotto, con valore limitato (al massimo 25 cm).

In ultimo, sempre dal Piano strutturale, la Carta delle Magnitudo idraulica.



La Magnitudo è dunque moderata.

In conclusione, pur non entrando la presente relazione in merito agli interventi necessari che dovranno essere definiti in sede di progettazione del parcheggio (progettazione non facente parte del Piano Attuativo), date le classificazioni di pericolosità idraulica sopra riportate, le condizioni di realizzazioni dell'opera sono quelle richieste all'art. 13 lettera b) dalla LR 41/2018, che è qui di seguito riportato:

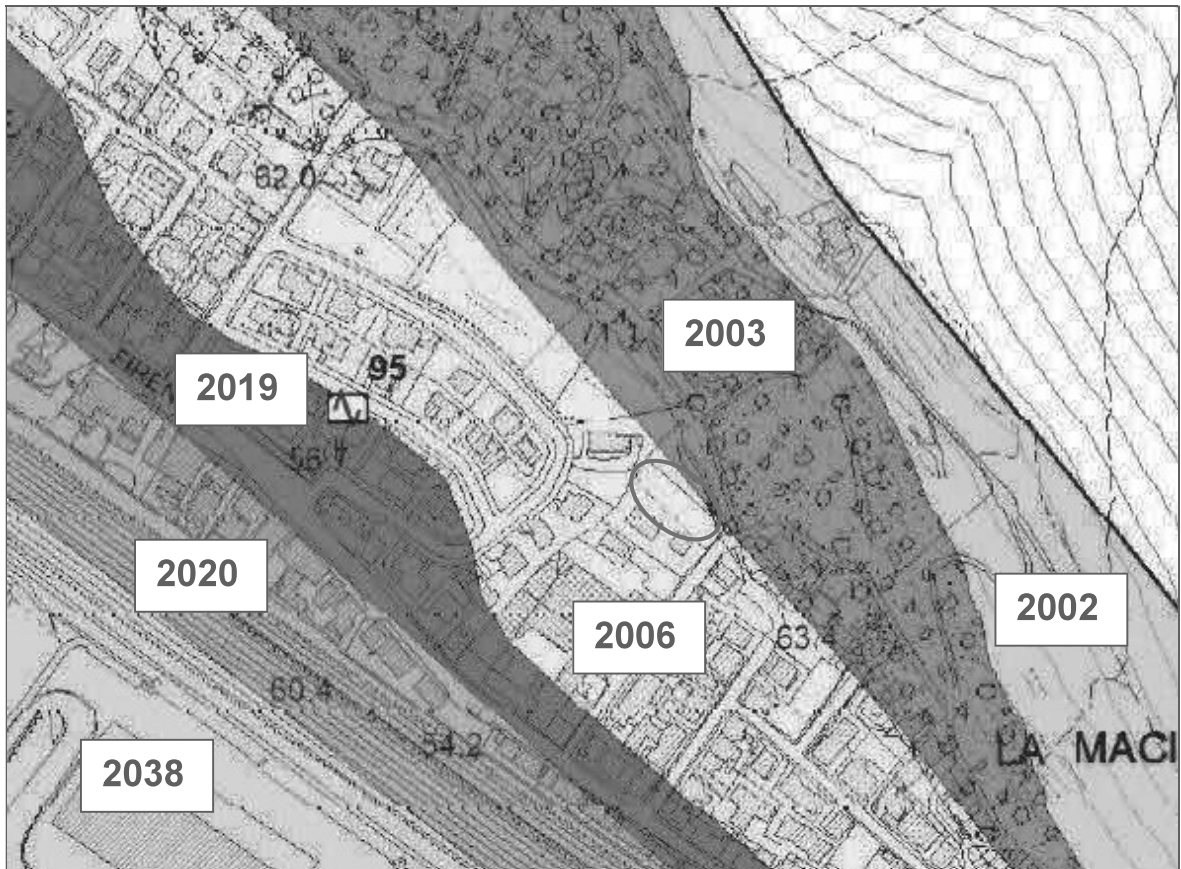
4. Nelle aree a pericolosità per alluvioni frequenti o poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, gli interventi di seguito indicati possono essere realizzati alle condizioni stabilite:

..... . .

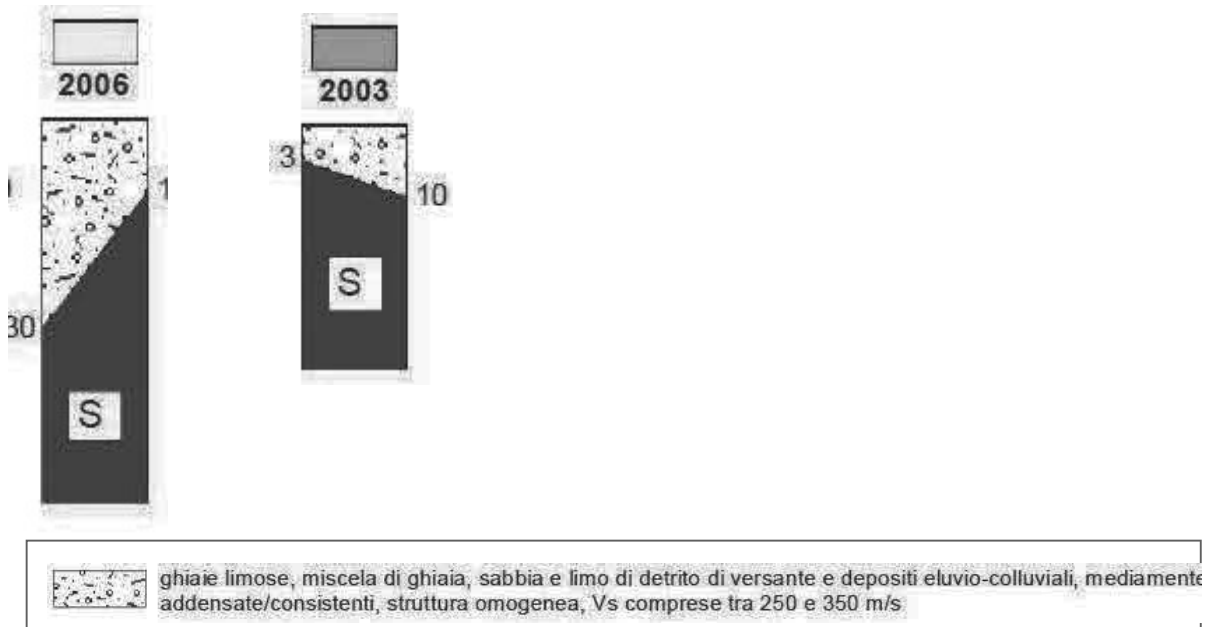
b) parcheggi in superficie, a condizione che sia assicurato il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree, che non sia superato il rischio medio R2 e che siano previste le misure preventive atte a regolare l'utilizzo in caso di eventi alluvionali;

3.) RISPOSTA SISMICA LOCALE

Relativamente al punto b) della richiesta di integrazioni, si allega inizialmente la cartografia MOPS aggiornata deducibile dallo studio di microzonazione sismica di livello 2 condotto per il Comune di Prato, più recente di quella precedentemente da noi allegata, che era stata ripersa dallo studio di Microzonazione di livello 1.



Si riportano qui di seguito le colonne stratigrafiche rappresentative delle zone più direttamente di interesse del lotto in oggetto:



Procedendo da monte a valle, si rileva dunque, come logico, uno spessore crescente del detrito di versante e depositi eluvio-colluviali disposti sul substrato lapideo stratificato.

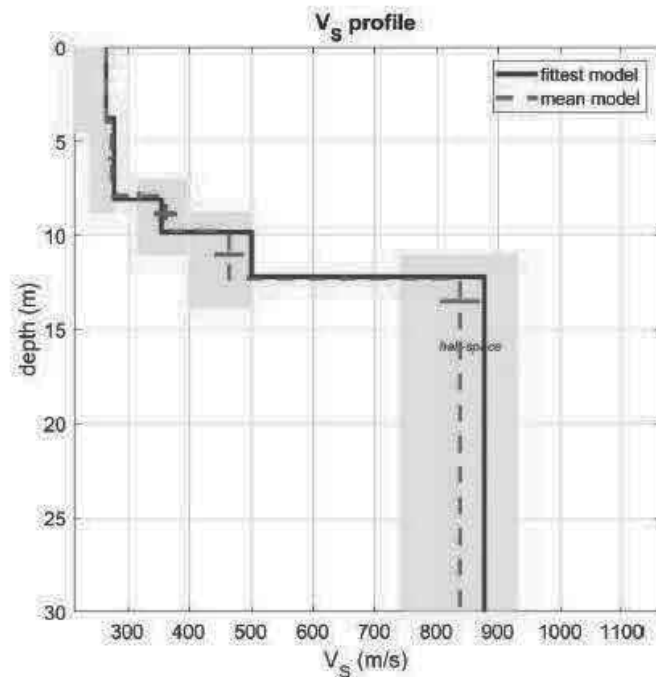
Su tale cartografia, il lotto cade in zona 6; appare quindi un mero refuso quanto contenuto nella scheda di fattibilità del Piano Operativo per l'area in oggetto, che indica la zona 5. Per quest'ultima il substrato sarebbe costituito da basalti e gabbri, propri della zona di Figline e della valle del T. Bardena.

Ciò non comporta tuttavia variazione alcuna rispetto al rischio di amplificazione sismica locale.

Si riporta qui sotto quanto avevamo scritto nella relazione di fattibilità:

- Per quanto riguarda la pericolosità sismica, ai fini della formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia risulta necessario definire i fenomeni di amplificazione sismica locale ai sensi del D.M. 17.01.2018 (e del d.p.g.r. 36/R/2009); ciò darà risposta anche al rischio di amplificazione dovuto alla presenza di depositi granulari e/o sciolti posti sul substrato lapideo che nella presente fase ha comportato, ai sensi del d.p.g.r. 5/R/020, l'attribuzione di pericolosità sismica S.3; dovrà essere definito lo spessore della coltre detritica ed il contrasto di impedenza sismica tra essa ed il substrato litoide. Allo stato attuale, risulta verosimile per la zona l'attribuzione della categoria di sottosuolo E.

Come da scheda di fattibilità del vigente Piano Operativo e da conseguente richiesta del Genio Civile, è stata ora eseguita una apposita indagine geofisica, il cui report è allegato in appendice e di cui si riportano qui di seguito i risultati salienti.



Vs e PARAMETRI ELASTICI						
Strato	Vs (m/s)	Vp (m/s)	Profondità livello campagna		Profondità (m) dal liv comm	
			Rapporto (Vp/Vs)	Spessore (m)	da	a
1	266	456	2,82	3,9	0	-3,9
2	275	451	2,11	4	-3,9	-7,9
3	362	607	4,05	1,9	-7,9	-9,8
4	465	834	2,83	2,5	-9,8	-12,3
5	839	1930	2,50	15,9	-12,3	30

3.1.) Amplificazione stratigrafica

Ai sensi del D.M. 17.01.2018 l'effetto del profilo stratigrafico può essere valutato tramite quanto indicato al punto 3.2.2., ovvero con riferimento alla definizione della categoria di sottosuolo come tabelle che segue:

Tab. 3.2II - Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

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

Come si è visto, a partire da circa -12,3 m di profondità è stata rilevata la presenza del substrato sismico con $V_s > 800$ m/s.

Con la sismostratigrafia sopra riportata, si può condurre il calcolo della velocità equivalente fino a detta profondità:

:

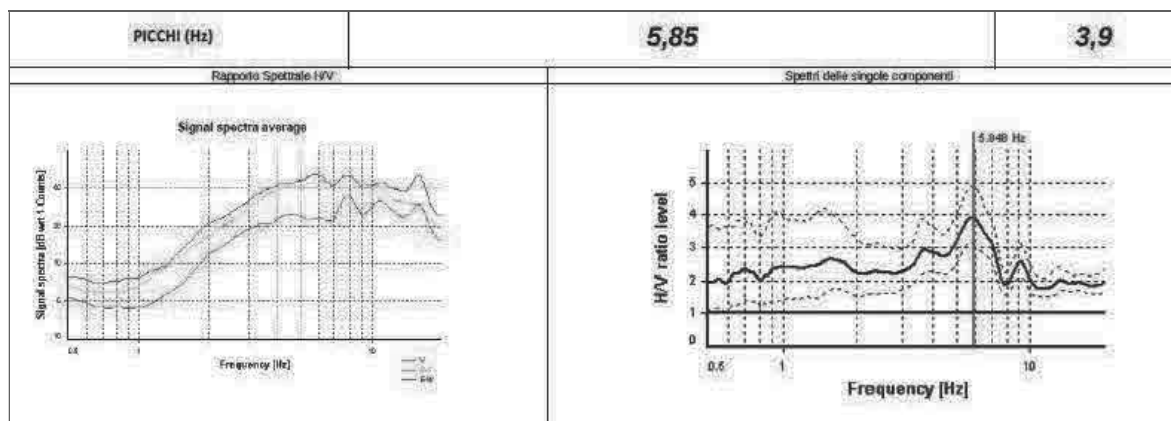
PROF. da	a	Spessore m	V_s m/sec	H/ V_s
0,00	3,09	3,09	266	0,011617
3,09	7,90	4,81	275	0,017491
7,90	9,80	1,90	362	0,005249
9,80	12,30	2,50	465	0,005376
Spessore totale		12,3		0,039732

V_s eq. = 309,571 m/sec CAT. C

Il valore di velocità equivalente determinato fa definire per la coltre detritica la **Categoria di sottosuolo C**; tale risultato non cambierebbe significativamente iniziando il conteggio dal piano di posa delle fondazioni.

Per il lotto, può essere pertanto definita la Categoria di sottosuolo E, il che conferma il dato anticipato nella precedente relazione.

Un ulteriore controllo può essere condotto con i risultati dell'indagine HVSR:



La profondità del substrato può essere allora calcolata con l'espressione:

$$Fr = Vs \text{ media}/4H$$

Con il valore $Vs = 310 \text{ m/s}$ determinato con l'indagine MASW, si ottiene allora:

Si ottiene:

$$H = 13,2 \text{ m}$$

Ciò conferma con sufficiente precisione la profondità del substrato determinata con la prova MASW (tenendo anche conto che la profondità del substrato può variare un poco all'interno del lotto).

Da notare che le prove penetrometriche sono state interrotte evidentemente poco prima dell'incontro del substrato.

Al punto C.3 dell' Allegato A al dpgr 5/R/20202 sono definiti i seguenti criteri per la valutazione della pericolosità sismica:

Si specifica che, per “alto contrasto di impedenza sismica”, sono da intendersi situazioni caratterizzate da rapporti tra le velocità di propagazione delle onde di taglio (V_s) del substrato sismico di riferimento e delle coperture sismiche sovrastanti - oppure all'interno delle coperture stesse - almeno pari a 2, come stimato dalle indagini sismiche. In alternativa, la medesima situazione è individuabile mediante il valore relativo all'ampiezza del picco di frequenza fondamentale delle misure passive di rumore ambientale a stazione singola, che deve essere almeno pari a 3.

Si specifica inoltre che, per “alcune decine di metri”, sono da intendersi spessori indicativamente intorno a 40 metri.

Dunque, l'alto contrasto di impedenza sismica determinato dalla prova MASW ($839/310 = 2,7$) è confermata anche dal valore dell'ampiezza del picco di frequenza fondamentale determinato dalla misura passiva a stazione singola di rumore ambientale, che risulta pari a $3,9 > 3$.

Si conferma pertanto la **Categoria di sottosuolo E**.

In funzione della categoria di sottosuolo così definita, il coefficiente di amplificazione stratigrafica può essere calcolato secondo quanto definito nella tabella qui sotto riportata, ripresa dal D.M. 17.01.2018.

Tab. 3.2.IV – Espressioni di S_s e di C_c

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

Occorre dunque definire a_g/g ed F_o per il sito in oggetto.

Per l'intervento in oggetto si può stabilire una vita nominale di 50 anni, definita secondo le indicazioni della seguente Tabella:

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_n di progetto per i diversi tipi di costruzioni

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

La classe d'uso viene invece definita ai sensi delle indicazioni sotto riportate:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

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

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

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

Nel caso in oggetto la classe d'uso attribuibile è la Classe II; si può allora definire il valore del coefficiente d'uso C_u :

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_u

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

Si ha quindi $C_u = 1$.

Si può a questo punto definire la vita di riferimento:

$$V_r = V_n \times C_u = 50 \times 1 = 50 \text{ anni}$$

Facendo riferimento allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV), la probabilità di superamento P_{vr} si ottiene dalla seguente tabella:

Stati Limite	P_{vr} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_r	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Per SLV si ha allora $P_{vr} = 10\%$.

Si può a questo punto stimare il periodo di ritorno T_r :

$$T_r = \frac{V_r}{\ln(1-P_{vr})} = 475 \text{ anni}$$

In base ad apposito software, inserendo le coordinate del sito (WGS84 Lat 43.869232 Lng 11.127460) è stato ottenuto, come da tabella sottostante (dati rete sismica nazionale), un valore di picco di a_g [g] pari a 0,139 ed $F_0 = 2,445$ (SLV, $T_r = 475$ anni).

WGS84: Lat 43.869232 - Lng 11.127460

ED50: Lat 43.870188 - Lng 11.128447

Mappa Satellite

Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubblic...

Vita Nominale: 50

Interpolazione: Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a _g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0.050	2.528	0.251
Danno (SLD)	50	0.060	2.559	0.267
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.139	2.445	0.301
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.179	2.394	0.311

Periodo di riferimento per l'azione sismica: 50

Visualizza vertici della maglia di appartenenza

Si può allora calcolare il coefficiente di amplificazione stratigrafica (SLV - Categoria di sottosuolo E):

$$S_s = 2 - 1,2 F_o \text{ (ag/g)} = 2 - 1,1 \times 0,139 \times 2,445 = 1,626$$

In base alla Tab. 3.2.IV sopra riportata, si pone pertanto:

$$S_s = 1,6$$

3.2.) Amplificazione topografica

Per la definizione dello spettro di risposta elastico, oltre alla conformazione stratigrafica, occorre poi definire tramite apposita categoria le condizioni topografiche, come da tabella 3.2.IV che segue:

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 $i > 30^\circ$

Per quanto riguarda la topografia, la zona di intervento è totalmente pianeggiante ad ampio raggio; deve essere pertanto

attribuita la **Categoria topografica T1**; il valore di S_T si rileva dalla tabella sotto riportata.



Il lotto si trova alla base di Poggio Castiglioni, la cui sommità è a 390 m s.l.m.; la base della pendice, lungo Via Firenze, è a quota di circa 55 m s.l.m.; il dislivello risulta dunque pari a 335 m, su una distanza di 1050 m; il lotto si trova con la sua parte di monte a circa 210 m dalla base.

La pendenza media del versante risulta pertanto di $17,7^\circ$, fatto che fa attribuire la categoria topografica T2, con valore di S_T come da tabella qui sotto riportata:

Tab. 3.2.V - Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

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

Il lotto non si trova tuttavia in sommità, ma al 20% di distanza dalla base rispetto alla estensione planimetrica totale del versante.

Si può pertanto definire il seguente valore del coefficiente di amplificazione topografica:

$$S_T = 1 + (0,2 \times 0,2) = 1,04$$

3.3.) Coefficienti di amplificazione e coefficienti sismici

Valutati gli effetti stratigrafici e topografici, si ottiene il coefficiente di amplificazione S:

$$S = S_s \times S_T = 1,6 \times 1,04 = 1,664$$

Si ha quindi:

$$a_{\max} = a_g \times S = 0,139 \times 1,664 = 0,231$$

Si possono a questo punto definire i coefficienti sismici orizzontale (K_h) e verticale (K_v), come indicato al punto 7.11.3.5.2. del D.M. 14.01.2008:

$$K_h = \beta_s a_{\max}/g$$

$$K_v = \pm 0,5 K_h$$

Il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito (β_s) viene ripreso dalla Tabella 7.11.1 del D.M. 17.01.2018, qui sotto riportata.

Tab. 7.11.1 - Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g (g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g (g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g (g) \leq 0,1$	0,20	0,20

Nel caso in oggetto, β_s per accelerazione orizzontale massima su sito di riferimento rigido $a_g(g) = 0,139$, è pari a 0,24, da cui:

$$K_h = 0,24 \times 0,231 = 0,0555$$

$$K_v = \pm 0,0277$$

3.4) Liquefazione

Il rischio di liquefazione nasce dall'istantaneo incremento di pressioni neutre che, sotto accelerazione sismica, può comportare il totale annullamento delle pressioni effettive intergranulari; in tali condizioni la resistenza tangenziale di un terreno dotato di solo attrito si annulla, ed il comportamento meccanico diviene quello di un fluido viscoso.

Perché il fenomeno possa avvenire serve dunque la concomitanza di un fattore granulometrico (terreni incoerenti non grossolani, ovvero senza resistenza per coesione ma dotati di scarsa permeabilità in modo da non drenare istantaneamente sotto scuotimento sismico), un fattore idrogeologico (presenza di falda) ed un fattore geotecnico (scarso addensamento del deposito).

Le prove penetrometriche, oltre che precedenti cognizioni sulla natura dei terreni presenti nella zona pedecollinare in oggetto, definiscono la presenza di terreni di natura argillosa compatta, per i quali il rischio di liquefazione può essere, in linea di massima, escluso.

Ad ogni modo, di seguito si applicheranno il metodo di valutazione del potenziale di liquefazione proposto da *Robertson e Wride (1997)* sulla base dei risultati delle prove penetrometriche statiche; il metodo si applicherà ai risultati della prova CPT1, dove i valori di resistenza al cono statico in profondità risultano più ridotti.

Si ricorda che nel mese di marzo 2015 la falda fu rilevata, tramite apposizione di tubi piezometrici nei perfori di prova, a -6,6 m di profondità. Cautelativamente, nell'elaborazione la falda sarà posta a -5,0 m dal piano di campagna.

I dati di partenza per l'applicazione del metodo sono i valori misurati di q_c (resistenza alla punta) e di f_s (resistenza per attrito laterale), entrambi espressi in kg/cm^2 , o equivalentemente il loro rapporto, espresso in percentuale, $FR = 100 f_s/q_c$, riportati con la profondità z (espressa in m) su un foglio di calcolo. Quindi si è proceduto nel modo di seguito indicato:

Calcolo della domanda di resistenza alla liquefazione (CSR): Viene stimato il profilo del rapporto di tensione ciclica equivalente ad un terremoto di magnitudo 7.5, utilizzando la formula semi-empirica proposta da Seed e Idriss (1971):

$$\frac{\tau}{\sigma'_{v0}} = 0.65 \cdot \frac{a_{\max}}{g} \cdot \frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} \cdot r_d$$

dove:

- o a_{\max} è il picco di accelerazione orizzontale massima prodotto in superficie dal terremoto di progetto;
- o g è l'accelerazione di gravità;
- o σ_{v0} e σ'_{v0} sono rispettivamente la tensione litostatica verticale totale ed efficace;
- o r_d un coefficiente di riduzione delle tensioni dipendente dalla profondità z e assunto pari a:

rd = 1-0.00765 z	per z ≤ 9.15m	(Liao and Whitman, 1986)
Rd = 1.174-0.0267 z	per 9.15 < z ≤ 23m	
Rd = 0.774-0.008 z	per 23 < z ≤ 30m	
Rd = 0.5	per z > 30m	

Sul foglio di calcolo sono stati determinati, alle profondità z in cui si dispone delle misure di qc e di fs, i valori della tensione litostatica verticale totale ed efficace, assumendo come:

- o livello di falda (zW) il valore attendibile in epoca di morbida;
- o peso per unità di volume $\gamma = 2 \text{ t/mc}$

E' previsto un fattore MSF (Magnitude Scale Factor) per correggere la domanda di resistenza alla liquefazione in funzione di una Magnitudo diversa da 7,5.

Calcolo della resistenza alla punta normalizzata, qc1n, e per sabbie pulite, (qc1n)cs, e classificazione del terreno, Ic: vengono calcolati, per la classificazione del terreno, il rapporto d'attrito normalizzato adimensionale, F, e la resistenza alla punta normalizzata adimensionale, Q, pari a :

$$F = \frac{f_s}{q_c - \sigma_{v0}} \times 100 \quad \text{e} \quad Q = \frac{q_c - \sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}}$$

e un indice del tipo di terreno, pari a:

$$I_c = \sqrt{(\log F + 1.22)^2 + (\log q_{c1n} - 3.47)^2}$$

dove qc1n è la resistenza alla punta, qc, normalizzata e adimensionalizzata, secondo la seguente formula:

$$q_{c1N} = \left(\frac{q_c}{\sigma'_{v0}{}^n} \right)$$

dove n è un'esponente che varia tra 0.5 e 1.

Il valore alla fine ottenuto dell'indice di terreno, Ic, e della resistenza alla punta normalizzata, qc1n, consentono di classificare il terreno, in corrispondenza delle varie profondità, nelle classi di terreno riportate nella seguente tabella, e di determinare la resistenza equivalente per sabbie pulite (contenuto di fine FC ≤ 5%), così definita:

$$(qc1n)cs = Kc \cdot qc1n$$

dove Kc è un fattore di correzione che, se Ic risulta maggiore di 2.6, allora non viene neanche calcolato, in quanto il terreno è sicuramente non liquefacibile, se minore di 1.64, allora si assume uguale ad 1, ed infine se Ic risulta compreso tra 1.64 e 2.6, allora si assume sempre uguale ad 1, qualora Ic sia minore di 2.36 e F < 0.5%, in caso contrario, risulta:

$$Kc = -0.403(Ic)^4 + 5.581(Ic)^3 - 21.63(Ic)^2 + 33.75(Ic) - 17.88.$$

Classificazione dei terreni in base alla carta di Robertson (1990)

Indice del tipo di terreno, I_c	Zona	Classe di terreno
$I_c < 1.31$	7	Sabbia ghiaiosa
$1.31 < I_c < 2.05$	6	Sabbie: da pulite a limose
$2.05 < I_c < 2.60$	5	Miscele di sabbie: da sabbia limosa a limo sabbioso
$2.60 < I_c < 2.95$	4	Miscele di limi: da limo argilloso a argilla limosa
$2.95 < I_c < 3.60$	3	Argille
$I_c > 3.60$	2	Terreni organici: torbe

Calcolo della capacità di resistenza alla liquefazione (CRR):

Per tutti i livelli viene calcolata la capacità di resistenza alla liquefazione CRR7.5 con la profondità, valida per un terremoto di magnitudo 7.5 e per sabbie pulite:

$$CRR = 0.833 \cdot \left(\frac{(q_{c1n})_{cs}}{1000} \right) + 0.05 \quad \text{per } (q_{c1n})_{cs} < 50$$

$$CRR = 93 \cdot \left(\frac{(q_{c1n})_{cs}}{1000} \right)^3 + 0.08 \quad \text{per } 50 < (q_{c1n})_{cs} < 160$$

Calcolo del fattore di sicurezza (FSL):

Viene quindi calcolato il fattore di sicurezza, FSL, per la verifica di resistenza alla liquefazione, come rapporto tra la capacità di resistenza alla liquefazione, CRR, e la domanda, CSR:

$$FSL = \frac{CRR}{CSR}$$

Calcolo del potenziale di liquefazione (PL):

Per gli strati che risultano liquefacibili, si calcola il potenziale di liquefazione così definito:

$$P_L = \int_0^{z_{crit}} F(z) \cdot w(z) \cdot dz$$

in cui $F(z)$ è una funzione che per $FSL > 1$ assume il valore zero e per $FSL \leq 1$ ne è il complemento ad 1, e

$$w(z) = 10 - 10 \cdot \left(\frac{z}{z_{crit}} \right)$$

è una funzione linearmente decrescente della profondità; z_{crit} è la profondità oltre la quale sono da escludersi fenomeni di liquefazione, il cui valore è stato assunto pari a 20 m.

Si riporta infine la tabella riassuntiva relativa al rischio di liquefazione, *Iwasaki et al. (1978)*:

Indice di liquefazione e livello associato di rischio

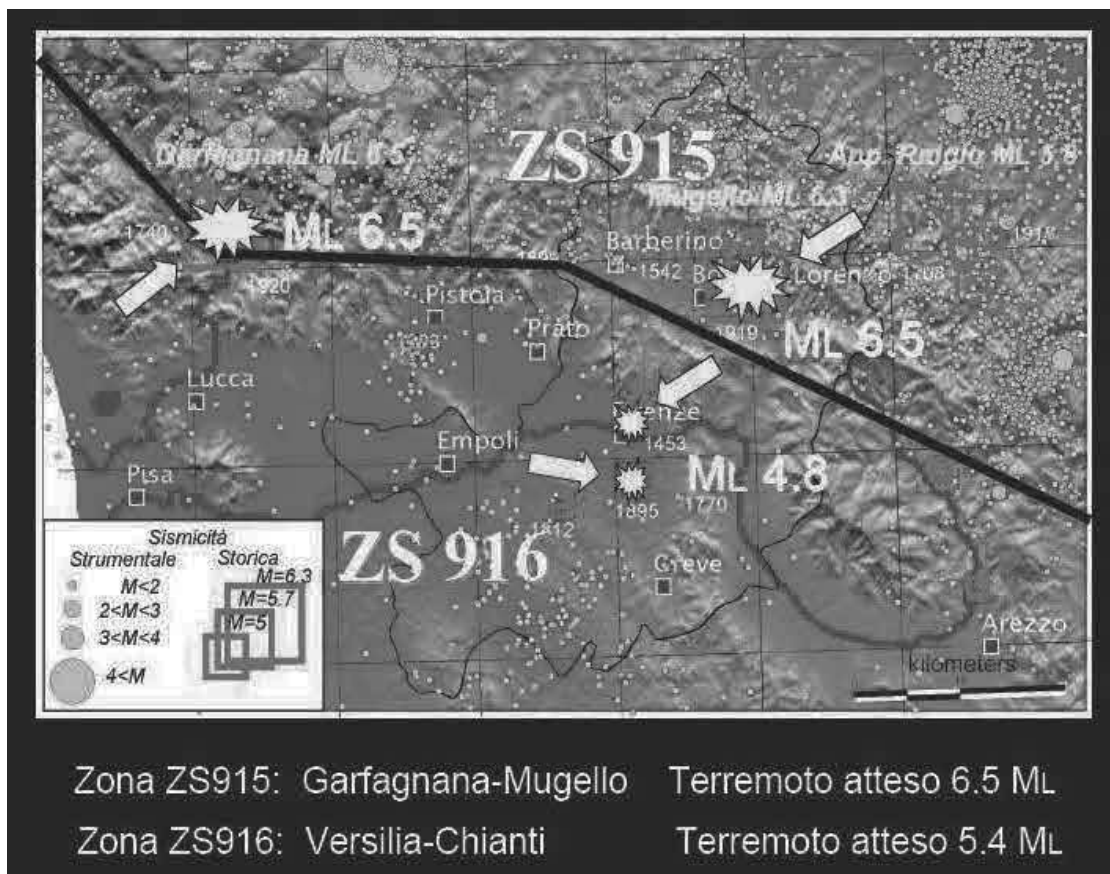
Valore di PL	Rischio di liquefazione
$PL = 0$	Molto basso
$0 < PL \leq 5$	Basso
$5 < PL \leq 15$	Alto
$PL > 15$	Molto alto

Per quanto riguarda il valore di MSF (Magnitude Scale Factor) per correggere la domanda di resistenza alla liquefazione in funzione di una Magnitudo diversa da 7,5, esistono più formule per la definizione di tale fattore; sarà in questo caso utilizzata la formulazione di Idriss e Boulanger:

$$MSF = 6.9 \cdot \exp\left(\frac{-M}{4}\right) - 0.058 \leq 1.8$$

Per la zona in oggetto la magnitudine attesa è 5,4 (zona sismica ZM916 Versilia-Chianti – si veda figura qui di seguito riportata).

Si ottiene pertanto $MSF = 1,731$



Analisi dei risultati

L'elaborazione sopra descritta è stata condotta per la prova penetrometrica CPT 1 eseguita sul lotto; è stata immessa nel calcolo l'accelerazione sismica locale sopra determinata ($a_{max}/g = 0,231$), apportando la correzione relativa ad una magnitudo attesa $M = 5,4$ (Zona sismica ZS916 - Versilia- Chianti). Si è inoltre considerata presenza di acqua a partire da -5 m dal p.c., (falda rilevata nel mese di marzo 2015 posta a $-6,6$ m di profondità).

Come si può vedere sulla tabella allegata a pagina seguente, in cui viene riportato il risultato della elaborazione, si ottiene un indice di liquefazione $P_l = 0,0$.

Con il metodo applicato, si può pertanto ritenere il rischio di liquefazione ininfluenza.

Prato, 11 novembre 2021



A circular professional stamp of the "Associazione dei Geologi della Toscana" (Association of Geologists of Tuscany). The stamp contains the text: "DOTT. GEOL. FRANCO CECCARINI N° 282". Below the stamp is a handwritten signature in cursive script, which appears to read "Franco Ceccarini".

2021



www.Geoma.it

Cell: 328-7255608

Fax: +391782206474

Email: Marzupinimarco@gmail.com

Email Pec: Geoma.marzupini@pec.it

Skype: Geoma. Marzupini

Sede: Via Laparelli Pitti 10 Arezzo

C.F. MRZMRC83B01A390P

PIVA 03318000928



REPORT

M.A.S.W. HVSR

LOCALITÀ:	PRATO	ID:	6418444112021H	DATA:	04/11/2021
------------------	--------------	------------	-----------------------	--------------	-------------------

Indice generale

PREMESSA.....	3
TEORIA ALLA BASE DELLA TECNICA M.A.S.W. E SULL'ANALISI DELLE ONDE SUPERFICIALI DI RAYLEIGH.....	5
ONDE DI RAYLEIGH.....	5
ONDE DI LOVE.....	5
PRIMA FASE.....	6
SECONDA FASE.....	6
HVSR 01.....	8
CONCLUSIONI MASW.....	12
ALLEGATI.....	15



PREMESSA

In località *Prato Via GianBattista Vico* in data 04/11/2021 (Illustrazione 1) sono state eseguite le seguenti indagini:

- una M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves)
- un HVSR,

aventi come obiettivo la valutazione della velocità media di propagazione delle onde elastiche.

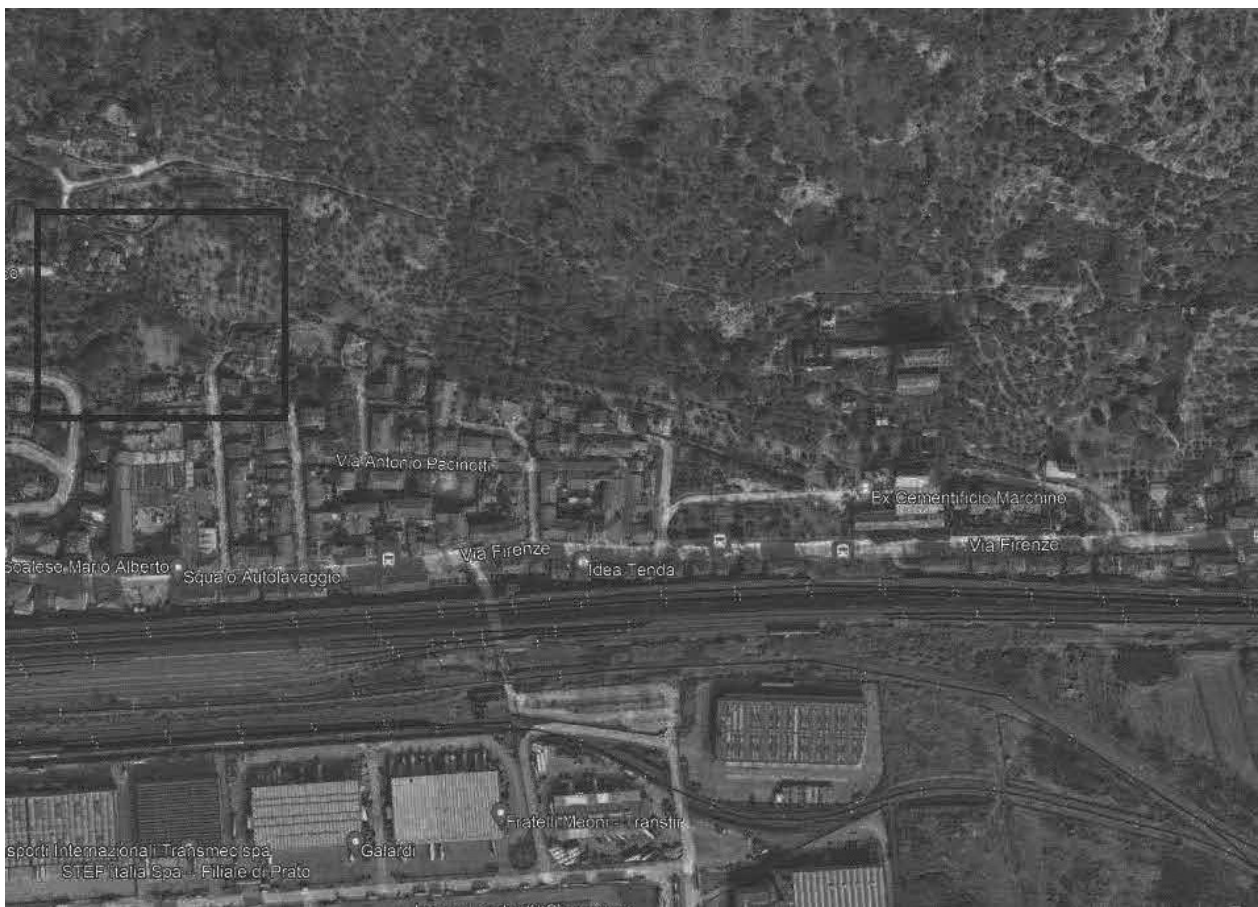


Illustrazione 1: Ubicazione dello stendimento (stendimento non in scala)





Figura 1: Ubicazione Google

TEORIA ALLA BASE DELLA TECNICA M.A.S.W. E SULL'ANALISI DELLE ONDE SUPERFICIALI DI RAYLEIGH

Il M.A.S.W. è una tecnica d'indagine recente che sfrutta le onde superficiali di Rayleigh e Love (in questo studio verranno utilizzate solamente le prime). Il metodo mira ad una caratterizzazione sismica del sottosuolo basandosi sull'analisi della dispersione geometrica delle onde di superficie. Le onde superficiali si creano quando il fronte d'onda nel terreno incontra una discontinuità fisica, la quale può essere sia la superficie terreno-atmosfera (il nostro caso), che il passaggio areato-consolidato (Thorne L & Wallace T.C, 1995,. *Modern Global Seismology*). Nella discontinuità la somma del moto delle onde riflesse e rifratte, dà origine alle onde superficiali.

ONDE DI RAYLEIGH

L'interazione delle onde P e SV sulla superficie libera dà origine alle onde di Rayleigh che si muovono con un movimento ellittico delle particelle nello strato superficiale avente un asse dell'ellisse parallelo alla direzione dell'onda e l'altro ortogonale alla superficie libera.

ONDE DI LOVE

La riflessione totale delle onde SH dà origine alle onde di Love che si muovono con moto delle particelle, perpendicolare alla direzione di propagazione, ma polarizzato nel piano orizzontale.

Le onde superficiali, a differenza di quelle di volume (P ed S), hanno le seguenti proprietà:

Sono dispersive in mezzi non omogenei (perché variano la propria velocità a seconda della frequenza). La velocità di propagazione è lievemente più bassa rispetto alle onde S. La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Love e Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle V_s , è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati. Un'ulteriore proprietà importante è la diminuzione dell'ampiezza che diminuisce con radice quadrata della distanza dalla sorgente. Pertanto, analizzando la curva di dispersione, ossia la variazione delle velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza, che è l'inverso della lunghezza d'onda), è possibile determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite il processo d'inversione.



MASW

L'analisi M.A.S.W. viene condotta in due fasi principali:

PRIMA FASE

La prima fase avviene in campagna con l'acquisizione multicanale dei segnali sismici, mediante il sismografo DoReMi a 24 canali della SARA electronic instruments s.r.l..

L'acquisizione viene effettuata mediante 24 geofoni verticali da 4,5 Hz distanziati di 2 m per una lunghezza totale dello stendimento di 46 metri. Le energizzazioni, eseguite mediante una mazza, vengono effettuate con offset (dal primo geofono) di -2 m -5 m e $+2$ $+5$ m



Illustrazione 2: Stendimento

SECONDA FASE

La seconda fase, che consiste nell'elaborazione dei dati acquisiti in campagna, è stata eseguita mediante il software WinMASW 5,0 ACADEMY della Eliosoft. Il programma, dopo il calcolo dello spettro di velocità, richiede il picking della curva di dispersione che poi mediante inversioni e modellizzazioni permetterà la ricostruzione del profilo delle velocità delle onde s nel terreno. Tutte queste fasi devono essere seguite accuratamente dall'operatore mediante la verifica, attraverso

l'utilizzo di modelli, della qualità dei dati, ma soprattutto della loro possibile congruità con i dati geologici del sito. Qui di seguito vengono riportati i più importanti passaggi dell'elaborazione (Illustrazione 3):

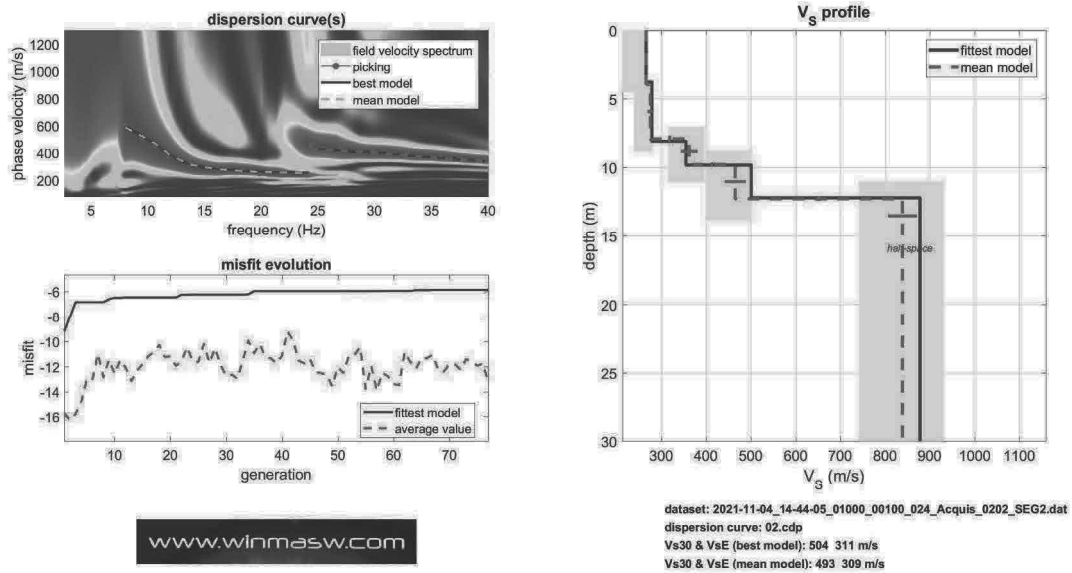


Illustrazione 3: A sinistra sismogramma e a destra picking della curva di dispersione



HVSR 01

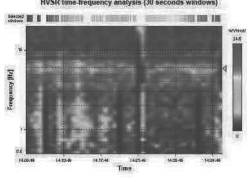
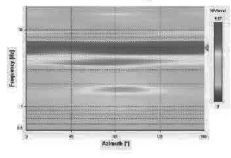
L'analisi HVSR viene condotta in due fasi principali:

1. La prima fase è avvenuta in campagna con l'acquisizione dei segnali sismici, mediante le misure del microtremore ambientale della durata variabile ma mai minore ai 1800 secondi con un tromografo digitale progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento, il tromografo digitale GeoBox 24 bit della SARA electronic instruments s.r.l., è dotato di una terna di sensori ortogonali da 2 Hz orientati N-S , E O e verticale. Il segnale viene campionato a 300 Hz per evitare eventuale aliasing. Tutte le analisi sono state disposte in direzione NS magnetico mediante bussola Brunton
2. .La seconda fase, che consiste nell'elaborazione dei dati acquisiti in campagna, è stata eseguita mediante il software winMASW5,0 ACADEMY della Eliosoft e Geopsy. Il programma, basato sulle linee guida del progetto europeo SESAME, divide l'elaborazione nei seguenti passaggi:
 1. Ricampionamento a 128 Hz del segnale
 2. Rimozione manuale di eventuali transienti
 3. Larghezza delle finestre d'analisi 40 s e lisciamento con ampiezza pari al 10%
 4. Calcolo dello spettro mediante metodo di Nakamura
 5. Controllo della persistenza del segnale cioè della continuità nella registrazione e quindi coerenza
 6. Analisi della direttività del segnale (in caso di sorgente di rumore con direzione predominante questa viene eliminata nella fase 2)

Tutte queste fasi devono essere seguite accuratamente dall'operatore mediante la verifica, attraverso l'utilizzo di modelli, della qualità dei dati ma soprattutto della loro possibile congruità con i dati geologici del sito .



Un ulteriore controllo della qualità dell'acquisizione HVSR viene basato sulla classificazione proposta nelle attività di MS dell'Abruzzo (Albarello-Mucciarelli, 2010):

Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio					4.1																																				
PICCO (Hz)	5.727 ± 0.602	AMPIEZZA	3,9	Selected f0 frequency	5,85																																				
DATI ELABORATI																																									
Date					04/11/21																																				
Time					2021																																				
Dataset					13222																																				
Sampling frequency (Hz)					300																																				
Window length (sec)					20																																				
Length temporal sequence (min)					30																																				
Length of analysed temporal sequence (min)					26																																				
Tapering (%)					15																																				
CONTROLLI																																									
Criteria for a reliable H/V curve																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">HVSR curve reliability criteria</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$f_0 > 10 / L_w$</td> <td>84 valid windows (length > 1.71 s) out of 84</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>$n_s(f_0) > 200$</td> <td>4912.35 > 200</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>$\sigma_s(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$</td> <td>Exceeded 0 times in 37</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <th colspan="3">HVSR peak clarity criteria</th> </tr> <tr> <td>$\exists f \text{ in } [f_0/4, 4f_0] \mid A_{HV}(f) < A_{V/2}$</td> <td>0 Hz</td> <td>NO</td> </tr> <tr> <td>$\exists f' \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{HV}(f') < A_{V/2}$</td> <td>7.87897 Hz</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>$A_0 > 2$</td> <td>3.9 > 2</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>$f_{max} \{A_{HV}(f) \pm \sigma_s(f)\} = f_0 \pm 5\%$</td> <td>3.66% <= 5%</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>$\sigma_s < \sigma(f_0)$</td> <td>0.60152 >= 0.2924</td> <td>NO</td> </tr> <tr> <td>$\sigma_s(f_0) < \theta(f_0)$</td> <td>1.25112 < 1.58</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Overall criteria fulfillment</td> <td>NO</td> </tr> </tbody> </table>						HVSR curve reliability criteria			$f_0 > 10 / L_w$	84 valid windows (length > 1.71 s) out of 84	OK	$n_s(f_0) > 200$	4912.35 > 200	OK	$\sigma_s(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 37	OK	HVSR peak clarity criteria			$\exists f \text{ in } [f_0/4, 4f_0] \mid A_{HV}(f) < A_{V/2}$	0 Hz	NO	$\exists f' \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{HV}(f') < A_{V/2}$	7.87897 Hz	OK	$A_0 > 2$	3.9 > 2	OK	$f_{max} \{A_{HV}(f) \pm \sigma_s(f)\} = f_0 \pm 5\%$	3.66% <= 5%	OK	$\sigma_s < \sigma(f_0)$	0.60152 >= 0.2924	NO	$\sigma_s(f_0) < \theta(f_0)$	1.25112 < 1.58	OK	Overall criteria fulfillment		NO
HVSR curve reliability criteria																																									
$f_0 > 10 / L_w$	84 valid windows (length > 1.71 s) out of 84	OK																																							
$n_s(f_0) > 200$	4912.35 > 200	OK																																							
$\sigma_s(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 37	OK																																							
HVSR peak clarity criteria																																									
$\exists f \text{ in } [f_0/4, 4f_0] \mid A_{HV}(f) < A_{V/2}$	0 Hz	NO																																							
$\exists f' \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{HV}(f') < A_{V/2}$	7.87897 Hz	OK																																							
$A_0 > 2$	3.9 > 2	OK																																							
$f_{max} \{A_{HV}(f) \pm \sigma_s(f)\} = f_0 \pm 5\%$	3.66% <= 5%	OK																																							
$\sigma_s < \sigma(f_0)$	0.60152 >= 0.2924	NO																																							
$\sigma_s(f_0) < \theta(f_0)$	1.25112 < 1.58	OK																																							
Overall criteria fulfillment		NO																																							
Stazionarietà nel tempo FIG 01		Isotropia FIG 02		Rumore FIG 03																																					
																																									

Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio

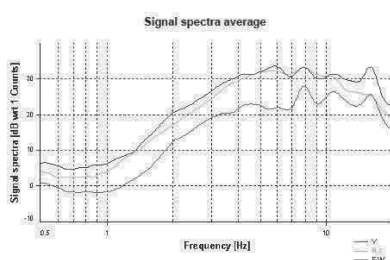
CHECK

1	Durata: la misura deve essere almeno di 20 minuti.	OK
2	Isotropia: le variazioni azimutali d'ampiezza non superano il 30% del massimo (FIG 02)	OK
3	Robustezza statistica: sono soddisfatti i primi 3 criteri di SESAME	OK
4	Stazionarietà nel tempo (FIG 01)	OK
5	Rumore elettromagnetico all'interno dell'intervallo di interesse (FIG 03)	SI
6	Rumore elettromagnetico all'esterno dell'intervallo di interesse (FIG 03)	NO
7	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale (<i>plausibilità fisica</i>)	SI
8	Criteri Sesame	ok

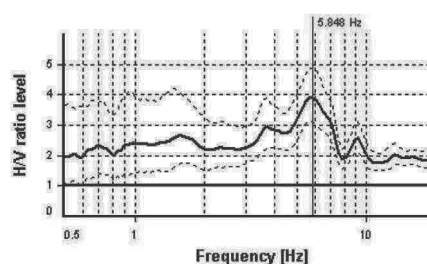
Per ulteriori informazioni : Microzonazione Sismica e Programma VEL

CATEGORIA	A(Affidabile)	TIPO	TIPO 02
NOTE	Picco presente e naturale		
PICCHI (Hz)	5,85		3,9

Rapporto Spettrale HV



Spettri delle singole componenti



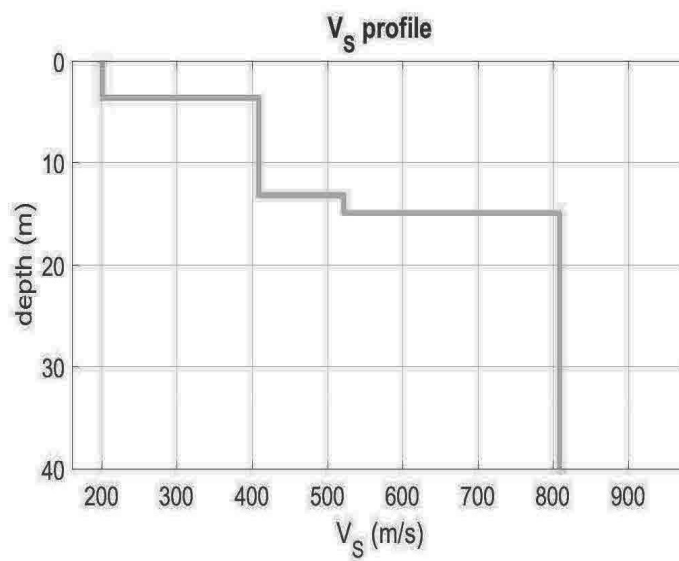


Illustrazione 4: Sismo stratigramma Masw e Hvsr

layer	Vs (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	201	3.6000	3.6000
2	409	9.6000	13.2000
3	522	1.7500	14.9500
4	809	0	0

CONCLUSIONI MASW

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire dai dati di sismica attiva (M.A.S.W.) ha consentito di determinare il profilo sismico verticale.

- Un primo sismo strato con velocità 266 m/s e spessore di 3,9 m.
- Un secondo sismo strato con velocità 275 m/s e spessore di 4 m.
- Un terzo sismo strato con velocità 362 m/s e spessore di 1,9 m.
- Un quarto sismo strato con velocità 465 m/s e spessore di 2,5 m.
- La sezione sismo-stratigrafica evidenzia al di sotto dei 12,3 m una velocità delle onde di taglio (V_s) di 839 m/s fino alla profondità di 30 m.

Qui di seguito vengono riportati in tabella i risultati ottenuti e sismo-stratigrammi.

Tabella 1: PROFILO SISMICO E DATI

Vs e PARAMETRI ELASTICI						
			Profondità livello campagna	0	Profondità (m) dal liv comm	
Strato	Vs (m/s)	Vp (m/s)	Rapporto (Vp/Vs)	Spessore (m)	da	a
1	266	456	2,82	3,9	0	-3,9
2	275	451	2,11	4	-3,9	-7,9
3	362	607	4,05	1,9	-7,9	-9,8
4	465	834	2,83	2,5	-9,8	-12,3
5	839	1930	2,50	15,9	-12,3	30
Strato	Poisson v	Densità (g/cm ³)	Shear G (kPa)	Bulk Ev (kPa)	Young E (kPa)	
1	0,43	1,92	135851,52	218101,76	387966,11	
2	0,36	1,92	145200	196929,92	393787,59	
3	0,47	2	262088	387447,33	769292,22	
4	0,43	2,07	447585,75	843019,92	1279043,6	
5	0,40	2,23	1569743,83	6213535,23	4410396,44	



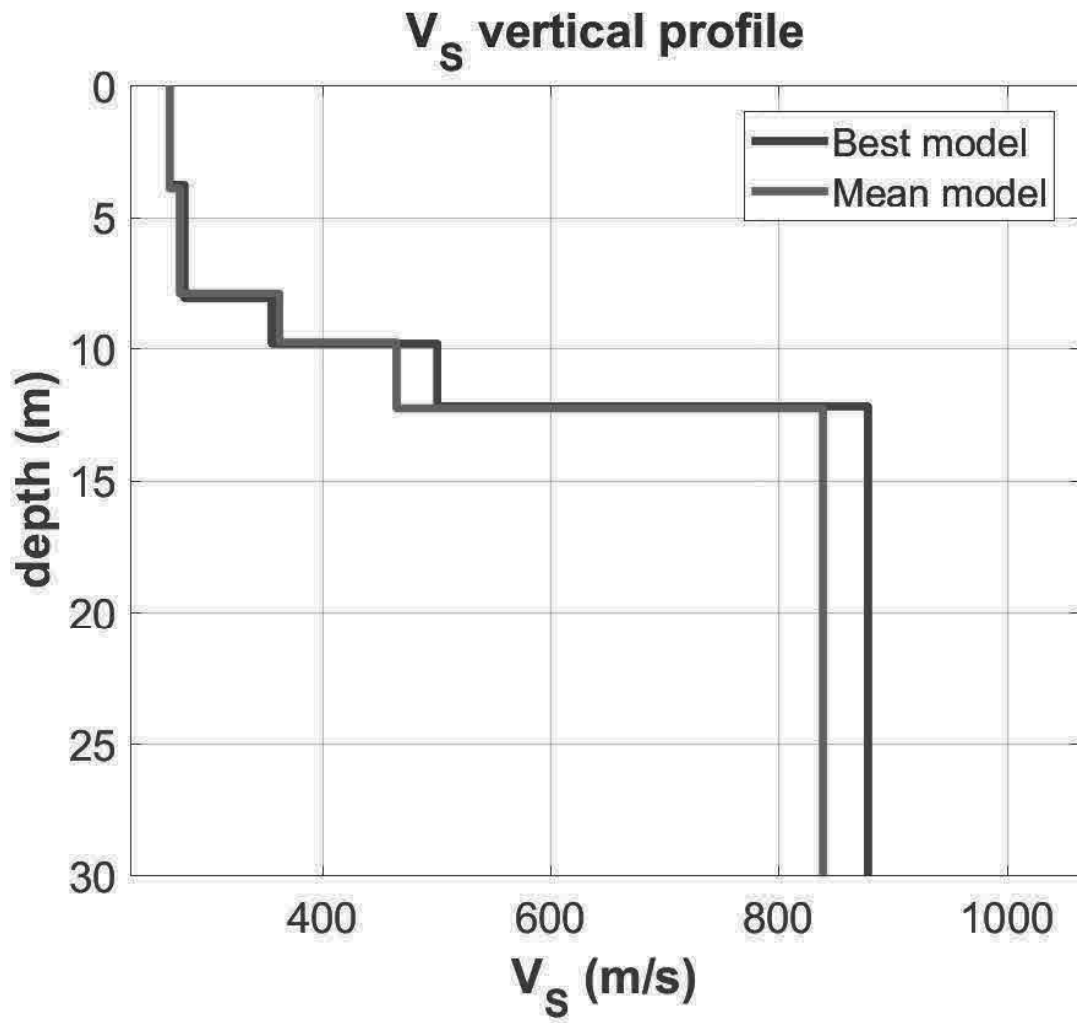


Figura 2: Sismo-stratigrafia

GEOMA di Dott. Marco Marzupini

SAPR (droni) e Prove non distruttive

Cell: 328-7255608

Fax: 0575343869

Sito: www.geoma.it

Email: Marzupinimarco@gmail.com

Email: marzupini@geoma.it

Email Pec: Geoma.marzupini@pec.it

Skype: Geoma. Marzupini

Sede: Via Laparelli Pitti 10

Arezzo 52100

C.F. MRZMRC83B01A390P

P.IVA: 03318000928

REA: AR-168868

COD. DEST. UNI. KRRH6B9

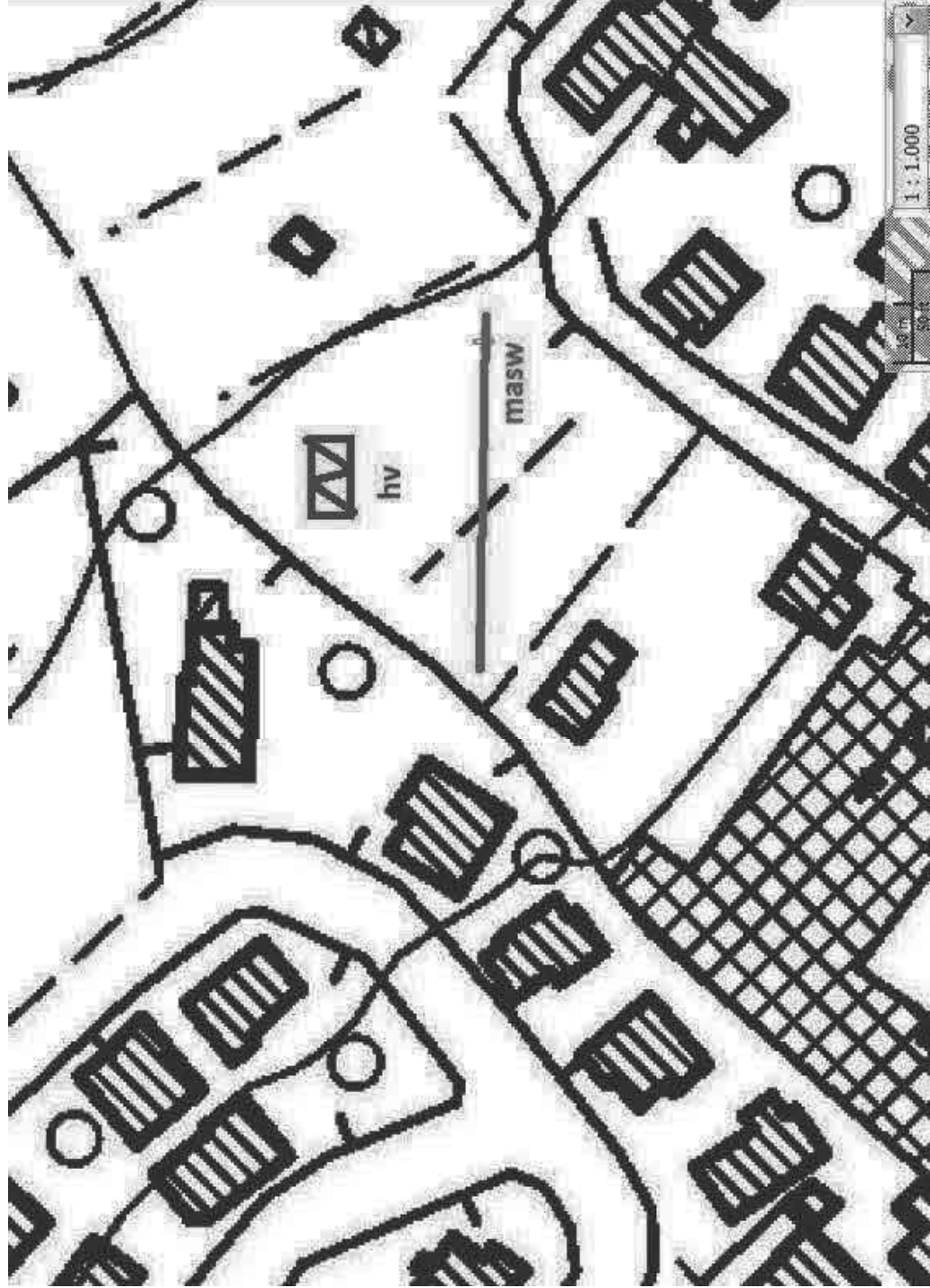
04/11/2021	<i>Dott. Marco Marzupini</i>
	6418444112021H

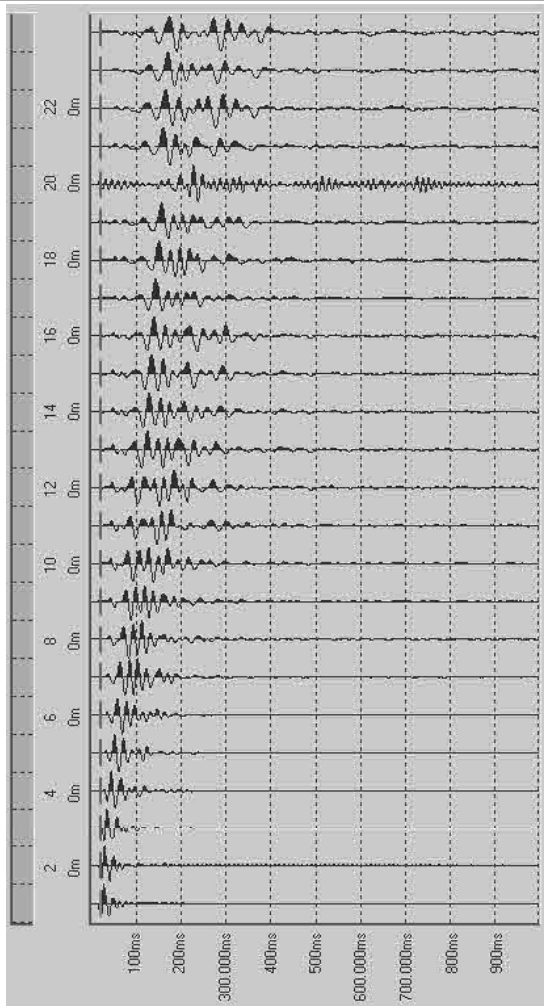
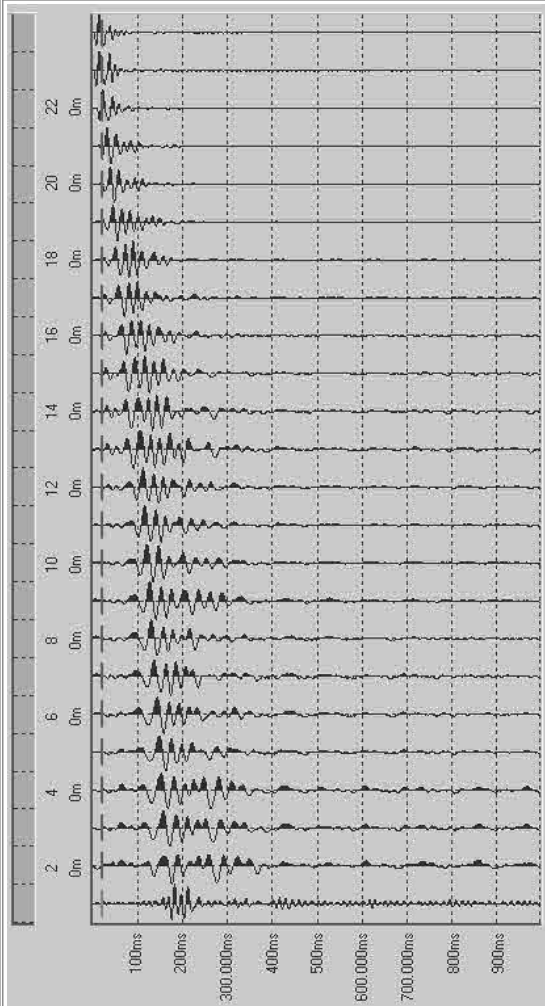
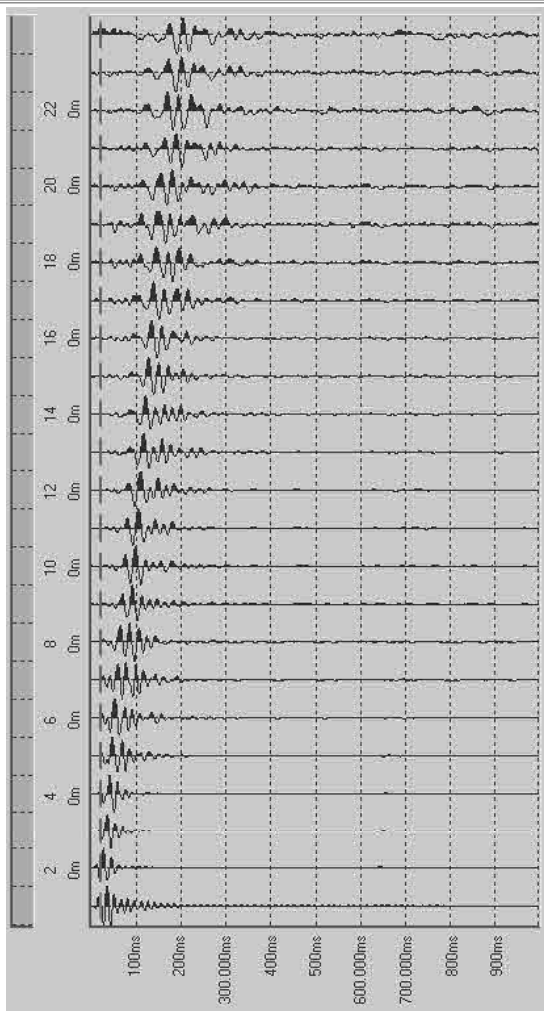
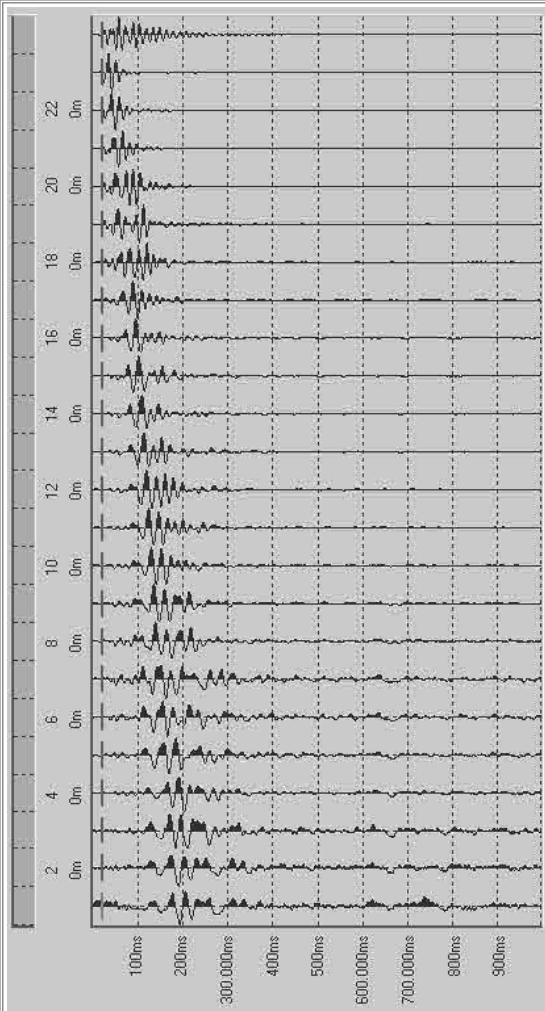
ALLEGATI

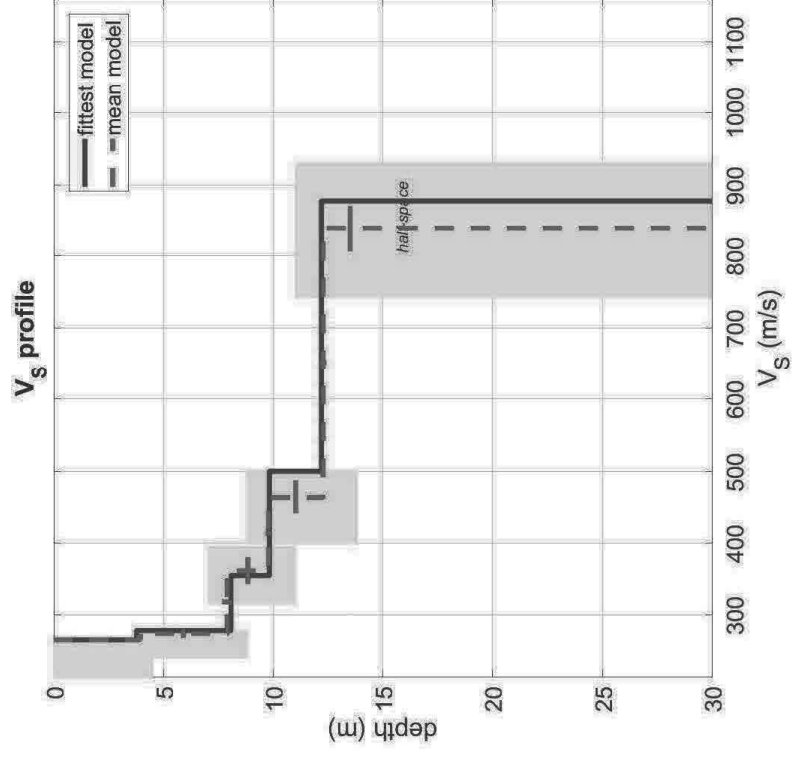
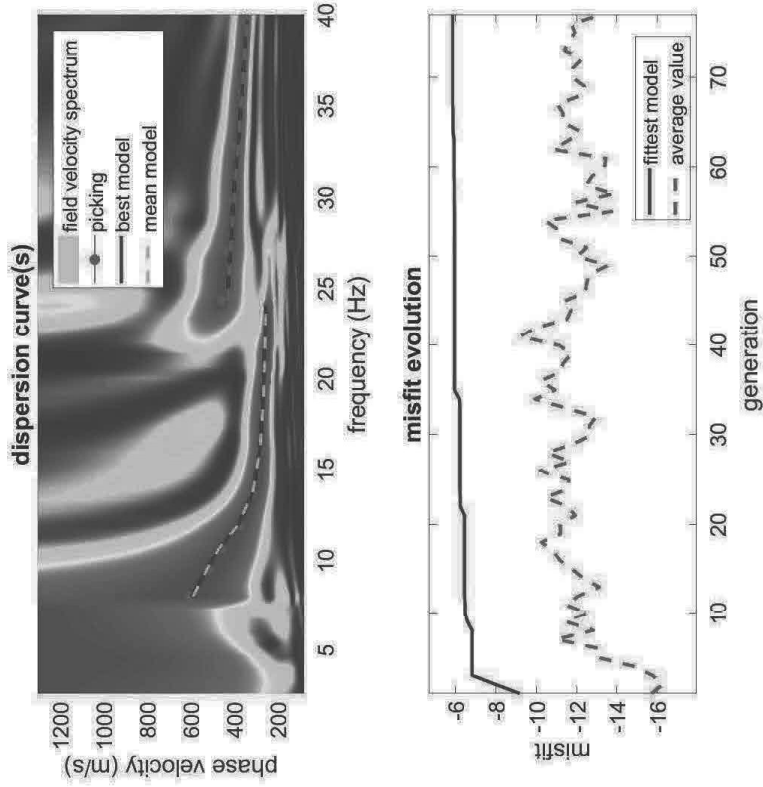


Illustrazione 5. Stendimento

Illustrazione 6: Planimetria







dataset: 2021-11-04_14-44-05_01000_00100_024_Acquis_0202_SEG2.dat
 dispersion curve: 02.cdp
 Vs30 & VsE (best model): 504 311 m/s
 Vs30 & VsE (mean model): 493 309 m/s

www.winmasw.com

#####

RESULTS

#####

Dataset: 2021-11-04_14-44-05_01000_00100_024_Acquis_0202_SEG2.dat

Analyzed curve/spectrum: 02.cdp

ans =

- 1.0e+05 *
- 2.5423
- 2.6229
- 2.6737
- 2.8126
- 3.1506
- 3.8306
- 4.6391
- 5.2366
- 5.9552

ans =

- 1.0e+05 *
- 2.5290
- 2.6098
- 2.6614
- 2.8033
- 3.1505
- 3.8541
- 4.6745
- 5.2366
- 5.8759

ans =

- 1.0e+05 *
- 2.4652 3.3961
- 2.4738 3.6189
- 2.4830 3.8230
- 2.4962 4.0227
- 2.5136 4.1719
- 2.5388 4.2917

ans =

1.0e+05 *

2.4580 3.3958

2.4650 3.6155

2.4729 3.8133

2.4847 4.0104

2.5011 4.1629

2.5255 4.2874

SECTION#3

Analyzing Phase Velocities

Analyzing Rayleigh-Wave Dispersion

MEAN MODEL

Vs (m/s): 266 275 362 465 839

Standard deviations (m/s): 1 6 18 23 32

Thickness (m): 3.9 4.0 1.9 2.5

Standard deviations (m): 0.2 0.2 0.1 0.2

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus

Vp (m/s): 456 451 607 834 1930

Density (gr/cm3): 1.92 1.92 2.00 2.07 2.23

Vp/Vs ratio: 1.71 1.64 1.68 1.79 2.30

Poisson: 0.24 0.20 0.22 0.27 0.38

Shear modulus (MPa): 136 146 262 447 1568

Estimated static shear modulus (MPa): 0 0 0 0 0

Fundamental mode

Mean model

f(Hz)	VR(m/s)
8.05016	587.5892
9.54642	523.6582
10.7048	467.453
11.9115	385.4074
13.6973	315.0532
16.1107	280.3309
18.4274	266.142
19.8754	260.9795
24.0746	252.8955

First higher mode

Mean model

24.3642	428.7426
27.0189	416.2919
29.7701	401.0443
32.8108	381.3293
35.8034	361.547
39.7612	339.5798

===== SECTION#4

BEST MODEL

Vs (m/s): 266 279 355 501 878

thickness (m): 3.7799 4.3001 1.75 2.3743

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus

Vp (m/s): 456 443 568 969 1833

Density (gr/cm3): 1.92 1.93 1.99 2.09 2.24

Vp/Vs ratio: 1.71 1.59 1.60 1.93 2.09

Poisson: 0.24 0.17 0.18 0.32 0.35

Shear modulus (MPa): 136 150 251 524 1727

Estimated static shear modulus (MPa): 0 0 0 0 0

Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio					4,1
PICCO (Hz)	5.727 ± 0.602	AMPIEZZA	3,9	Selected f0 frequency	5,85

DATI ELABORATI	
Date	04/11/21
Time	2021
Dataset	13222
Sampling frequency (Hz)	300
Window length (sec)	20
Length temporal sequence (min)	30
Length of analysed temporal sequence (min)	26
Tapering (%)	15

CONTROLLI

Criteria for a reliable H/V curve

HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	84 valid windows (length > 1.71 s) out of 84	OK
$n_s(f_0) > 200$	4912.35 > 200	OK
$\sigma_s(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 37	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f \text{ in } [f/4, f_0] A_{HV}(f) < A_0/2$	0 Hz	NO
$\exists f \text{ in } [f_0, 4f_0] A_{HV}(f) < A_0/2$	7.87897 Hz	OK
$A_0 > 2$	3.9 > 2	OK
$f_{max}\{A_{HV}(f) \pm \sigma_s(f)\} = f_0 \pm 5\%$	3.66% <= 5%	OK
$\sigma_s < \sigma(f_0)$	0.60152 >= 0.2924	NO
$\sigma_s(f_0) < 0(f_0)$	1.25112 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		NO

Stazionarietà nel tempo	Isotropia	Rumore
FIG 01	FIG 02	FIG 03

Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio

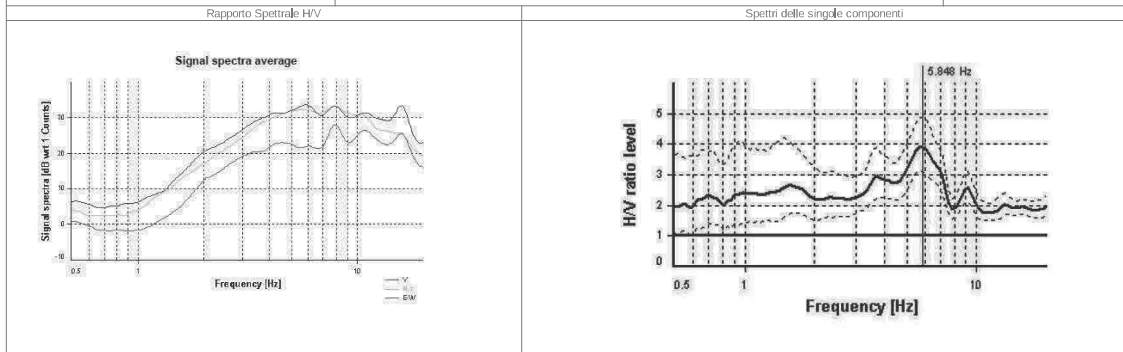
CHECK

1	Durata: la misura deve essere almeno di 20 minuti.	OK
2	Isotropia: le variazioni azimutali d'ampiezza non superano il 30% del massimo (FIG 02)	OK
3	Robustezza statistica: sono soddisfatti i primi 3 criteri di SESAME	OK
4	Stazionarietà nel tempo (FIG 01)	OK
5	Rumore elettromagnetico all'interno dell'intervallo di interesse (FIG 03)	SI
6	Rumore elettromagnetico all'esterno dell'intervallo di interesse (FIG 03)	NO
7	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale (<i>plausibilità fisica</i>)	SI
8	Criteri Sesame	TIPO 1 se almeno 5 su 6 OK TIPO 2 se meno di 5 su 6 OK

Per ulteriori informazioni : Microzonazione Sismica e Programma VEL

CATEGORIA	A(Affidabile)	TIPO	TIPO 02
------------------	---------------	-------------	---------

NOTE	Pico presente e naturale		
PICCHI (Hz)	5,85	3,9	



Firmato da:

Mazzoni Federico

codice fiscale MZZFRC55E20G999M

num.serie: 22026995650412960774303633816456176991

emesso da: ArubaPEC S.p.A. NG CA 3

valido dal 21/04/2020 al 22/04/2023