

**GEOPROJECT** — STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA

Via Valentina, Montenero di Bisaccia (CB) TEL. : 328 3262536

---

# COMUNE DI MONTENERO DI BISACCIA (CB)

RELAZIONE GEOLOGICA-TECNICA

SU UN'AREA A CORREDO DEL PROGETTO DI  
LOTTIZZAZIONE DI INIZIATIVA PRIVATA "C4"  
RESIDENZA TURISTICA IN LOCALITA' MONTEBELLO

*Spazio riservato alle autorizzazioni:*

**COMMITTENTE** : CASOLINO GIANNI e TRAVAGLINI MARIA

GIUGNO 2025

Dr. Geol. GIANFRANCO SABATINO



## Sommario

|                                                                                                                                                                                                    |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>PREMESSA.....</b>                                                                                                                                                                               | <b>2</b>  |
| <b>COLLOCAZIONE GEOGRAFICA.....</b>                                                                                                                                                                | <b>4</b>  |
| <b>COLLOCAZIONE GEOGRAFICA LINEAMENTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI GENERALI.....</b>                                                                                                                 | <b>5</b>  |
| INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....                                                                                                                                                                      | 5         |
| CARATTERI MORFOLOGICI .....                                                                                                                                                                        | 8         |
| IDROGEOLOGIA DEL TERRITORIO.....                                                                                                                                                                   | 8         |
| <b>ASPETTI GEOMORFOLOGICI DELL'AREA IN STUDIO .....</b>                                                                                                                                            | <b>11</b> |
| <b>CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO E TECNICA DEI LITOTIPI .....</b>                                                                                                                                    | <b>17</b> |
| SEQUENZA STRATIGRAFICA LOCALE .....                                                                                                                                                                | 17        |
| GENERALITA' SULLA PROVA PENETROMETRICA.....                                                                                                                                                        | 19        |
| PROSPEZIONE PENETROMETRICA.....                                                                                                                                                                    | 21        |
| CARATTERISTICHE TECNICHE .....                                                                                                                                                                     | 22        |
| CARATTERI LITOTECNICI.....                                                                                                                                                                         | 24        |
| CARATTERIZZAZIONE DINAMICA.....                                                                                                                                                                    | 25        |
| <b>ZONAZIONE TECNICA.....</b>                                                                                                                                                                      | <b>37</b> |
| <b>NOTE CONCLUSIVE .....</b>                                                                                                                                                                       | <b>39</b> |
| STRALCIO CARTA GEOLOGICA (VEZIANI). STRALCIO CARTA GEOLOGICA<br>CARG. CARTA DELLE PERICOLOSITA' E RISCHIO FRANA. COROGRAFIA.<br>STRALCIO CARTA TECNICA REGIONALE E CATASTALE. UBICAZIONE<br>PROVE. |           |
| ALLEGATI                                                                                                                                                                                           |           |
| STRATIGRAFIE DEI SONDAGGI                                                                                                                                                                          |           |
| GRAFICI E TABELLE PENETROMETRICHE                                                                                                                                                                  |           |
| PROSPEZIONI SISMICHE MASW W HVSR                                                                                                                                                                   |           |
| CARTA GEOLOGICA SCALA 1:500                                                                                                                                                                        |           |
| CARTA IDROGEOLOGICA SCALA 1:500                                                                                                                                                                    |           |
| CARTA DELLA ZONAZIONE SISMICA E DELL'USO DEL TERRITORIO                                                                                                                                            |           |

## **I – PREMESSA**

La presente relazione riporta i risultati dello studio geologico-tecnico effettuato su incarico del Sig.ri Casolino Gianni e Travaglini Maria, a corredo del progetto di lottizzazione di iniziativa privata di un'area contraddistinta nel PRG come "C4" destinata a residenza turistica in contrada Montebello nel comune di Montenero di Bisaccia.

Il sito è identificato catastalmente nel foglio di mappa n° 7 con il numero di particelle 1447, 1448, 1450 e 1452.

Lo studio è stato mirato ad un'analisi delle caratteristiche e delle problematiche geologiche, geomorfologiche e tecniche attraverso l'esecuzione di una serie di rilievi superficiali delle aree interessate e di quelle circostanti. Inoltre, sono stati acquisiti dati e notizie bibliografiche esistenti sulla zona, elementi che hanno integrato il presente lavoro e con cui sono stati confrontati i risultati contenuti in esso in modo da poter inquadrare i rapporti tra le diverse litologie incontrate e studiarne le loro condizioni fisiche e meccaniche, presupposti fondamentali per definire il grado d'influenza sul territorio degli interventi previsti, il tutto supportato dalla stesura di carte tematiche.

Quanto detto è stato realizzato attraverso un programma d'indagini che ha previsto:

- il rilevamento geologico e geomorfologico dell'area;
- una ricerca bibliografica attraverso la consultazione di pubblicazioni, lavori professionali, cartografie tematiche ed indagini eseguite in zona;
- tre prove penetrometriche dinamiche medie con maglio da 30 kg;
- due sondaggi a rotazione e carotaggio continuo;
- una prospezione sismica masw e a stazione singola hvsvr.

La cartografia tematica è rappresentata da elaborati che illustrano la

geologia, la morfologia e l'idrogeologia dell'area nonché le proprietà dinamiche dei terreni. Come supporto cartografico è stata utilizzata la carta tecnica 1:5000, opportunamente ingrandita fino ad ottenere un rapporto di 1:500.

Alla fine, tutti i risultati ottenuti hanno dato vita ad una carta finale in cui si è elaborata una zonazione avente come elementi classificativi le caratteristiche geologiche, morfologiche, meccaniche e dinamiche dell'area.

Quanto eseguito risponde alle Norme Tecniche dettate dal D.M. 11.03.88 in attuazione della Legge n. 64 del 02.02.74 e successive modifiche ed integrazioni e della Legge regionale n. 20 del 6.6.96, nonché a quanto riportato dall'O.P.C.M. 3274 del 20.03.2003 e all'NTC 2018.

## **II – COLLOCAZIONE GEOGRAFICA**

La località Montebello c/da Mezzana rappresenta un tratto settentrionale del territorio di Montenero di Bisaccia posto lungo un versante che si affaccia al mare. Essa è rilevabile sul Foglio 148 II S.O. della Carta d'Italia e sul Foglio S372102 della carta tecnica regionale scala 1:5000. L'area quindi è parte del versante che termina con pianura costiera verso nord e con il corso del fiume Trigno a nord-ovest mentre, nelle restanti direzioni si rileva un paesaggio collinare.



---

## III – LINEAMENTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI GENERALI

### 3.1 Inquadramento geologico

Il territorio in studio è collocato verso il limite settentrionale del bacino periadriatico abruzzese-molisano che nel Plio-Pleistocene andava a formare parte dell'avanfossa adriatica della catena appenninica.

Il bacino comincia a delinearsi come avanfossa frontale alla catena a partire dal Pliocene inf., un bacino costituito da sequenze deposizionali separate da superfici di discordanza legate ad eventi di deformazione sindeposizionale di importanza regionale per processi di tetto-genesi della prospiciente catena.

I terreni della sequenza superiore sono riferiti al Pliocene sup.-Pleistocene inf., e costituiscono la fase finale del colmamento di detto bacino, colmamento progressivo dovuto ad un tasso di sedimentazione superiore a quello di subsidenza, con evoluzione da un ambiente neritico verso ambienti di mare più sottile fino a condizioni transizionali e costieri.

In particolare, nella successione stratigrafica si osservano le unità geologiche rappresentate, in ordine cronostratigrafico, dalle *Argille grigio-azzurre*, dalle *Sabbie giallastre* e dai *Conglomerati poligenici*, appartenenti alla formazione denominata di *Mutignano*.

Nella zona in studio, oltre alla sequenza plio-pleistocenica ritroviamo spesso al tetto della formazione delle *Argille grigio-azzurre* i depositi continentali pleistocenici-olocenici, come le *Alluvioni fluviali terrazzate* e, verso il mare, le *Sabbie fluviali della spiaggia*.

A copertura delle formazioni rilevate spesso si riscontrano coltri di materiali provenienti da processi di alterazione dei terreni ad opera degli agenti esogeni. Lo spessore di tali coltri è variabile ed in alcuni casi assume

valori anche di diversi metri, specie lungo le vallate.

Per le formazioni rilevate, limitatamente alla zona in studio, possiamo descrivere le caratteristiche principali seguendo un ordine cronologico, passando dalla più antica alla più recente.

Argille grigio-azzurre- Argille di Mutignano: del Pliocene sup-Pleistocene inf., costituita litologicamente da argille ed argille marnose, variamente siltose con colorazione prevalentemente grigio scura e superiormente da argilla limo sabbiosa grigio-avana. Si presenta ben stratificata, con strati di spessore variabile ed è intercalata da sottili livelli sabbiosi a grana molto fine, disposti parallelamente alla stratificazione, ma anche irregolarmente distribuiti con un andamento ondulare. Nella parte alta della formazione si rinvencono a volte degli orizzonti sabbiosi. La formazione è presente nella parte nord dell'abitato fino a raggiungere la costa e quindi nell'area in studio.

#### Sabbie e conglomerati

Sono sedimenti con una composizione data da sabbie a grana medio fine più o meno cementate, di colore giallo dorate ed alternate con argille sabbiose; a volte si rinvencono banchi conglomeratici associati a concrezioni carbonatiche biancastre nella parte alta della formazione.

Sono sedimenti di ambiente marino, anche se litorale, e vanno assumendo un aspetto marcatamente continentale, rappresentando la chiusura del ciclo di sedimentazione calabriana.

#### Alluvioni fluviali e terrazze

Le alluvioni fluviali sono rappresentate da terrazzi di diverso ordine e da

sedimenti attuali del fiume Trigno, oltre che da piccoli lembi residui di terrazzi, posti lungo i versanti costituiti da materiale ghiaioso e limo sabbioso con elementi eterogenei ed eterometrici, a volte cementati.

I depositi terrazzati della piana alluvionale sono distinti in tre ordini, generalmente costituiti da una notevole quantità di ghiaia con all'interno dei livelli e lenti di argille ed argille sabbiose.

A copertura delle ghiaie è presente un orizzonte limo-sabbioso e argillo-limoso con spessore variabile.

#### *Sabbie fluviali e sabbie della spiaggia*

Sono depositi limitati alla fascia costiera e comprendenti sia termini di facies continentale che marina. I primi sono rappresentati da quelle sabbie di origine fluviale sottoposte ad una rielaborazione litorale; appartenenti all'ultima ingressione marina, questi sedimenti presentano una granulometria associabile principalmente a sabbia e ghiaia, questi ultimi a formare livelli o lenti, senza escludere frazioni pelitiche.

Nel tratto di costa direttamente a contatto con il mare si ritrovano i depositi della spiaggia attuale, direttamente collegati con le condizioni fisiche della costa e comprendenti sabbie e ciottoli di elaborazione marina.

In generale lungo questa fascia i termini appartenenti all'ultima ingressione marina si assottigliano di spessore verso la collina e poggiano sulle argille grigie pleistoceniche.

*Depositi di copertura:* nel territorio si riscontrano i depositi di copertura delle formazioni, essi appartengono ai depositi eluvio-colluviali derivanti dal disfacimento dal locale substrato, sono presenti lungo i versanti con

spessori variabili ed a volte anche superiori ai 2.0 m. Questi depositi per la loro natura sono costituiti da depositi fini ma anche grossolani.

### **3.2 Caratteri morfologici**

L'area in esame è posta a circa mezza costa del versante esposto a nord nord-est del colle di Montebello. Zona che morfologicamente si inserisce in un ambiente di bassa collina prima di raggiungere la zona pianeggiante della costa con quote di pochi metri al di sopra del livello del mare.

Questa morfologia verso meridione vede la presenza delle colline dell'entroterra, paesaggio caratterizzato a sua volta da dossi con spianate sommitali e vallate incise da corsi d'acqua generalmente a carattere stagionale. Essendo presenti in zona prevalentemente terreni di natura argillosa i versanti si mostrano, in generale, dolci e modellati accompagnati, spesso, da fenomeni di ruscellamento superficiale legato alla scarsa permeabilità del terreno e, lungo i versanti più ripidi, da avvallamenti e rigonfiamenti tipici di materiali a comportamento plastico.

L'idrografia superficiale è rappresentata principalmente da una serie di corsi d'acqua più o meno grandi deputati principalmente alla raccolta delle acque meteoriche, svolgendo la loro funzione principalmente in occasione di intense piogge e nei mesi invernali.

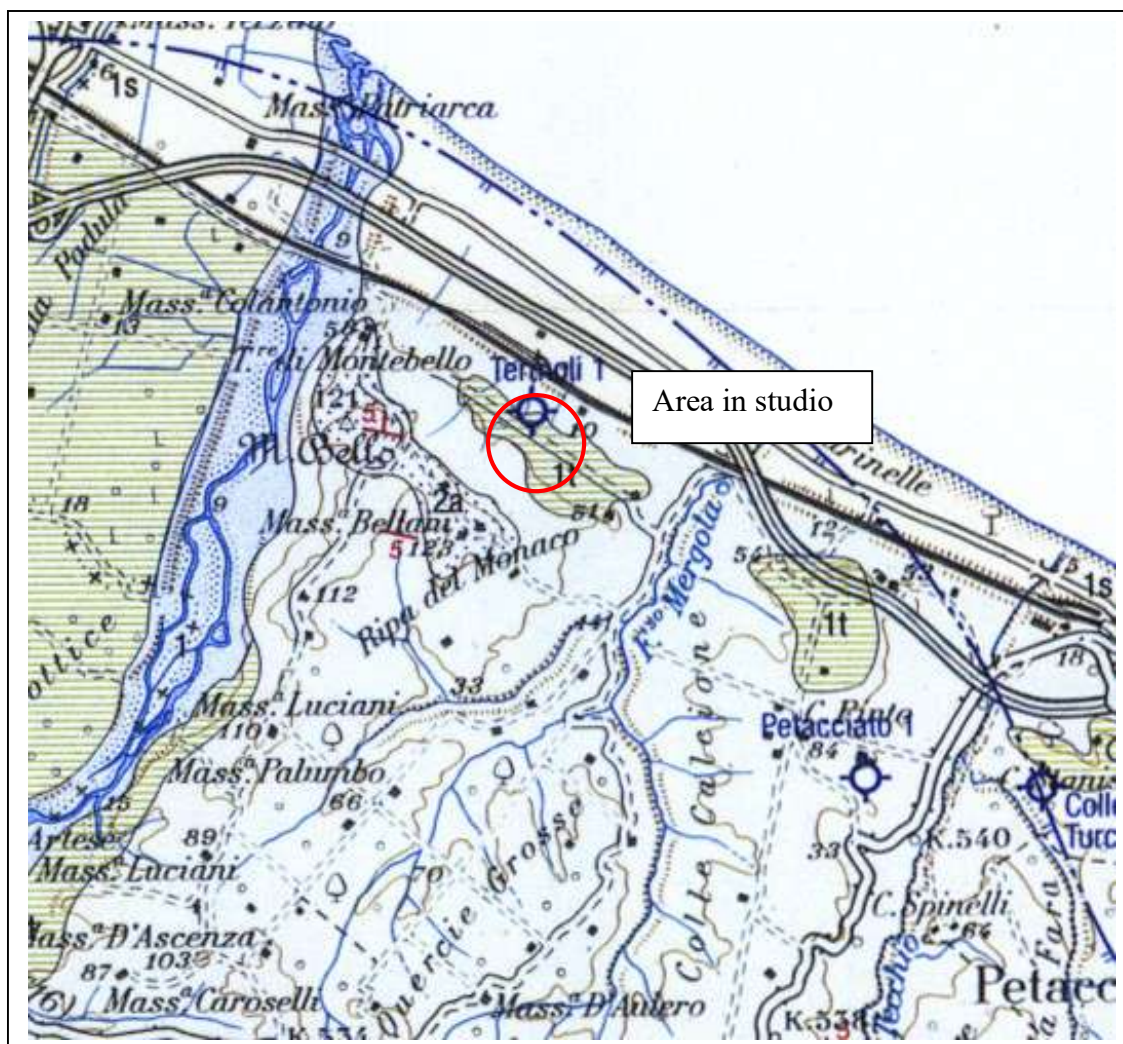
Queste acque a volte vengono convogliate in collettori maggiori che scorrono ai piedi dei versanti e trasportati al mare.

### **3.3 Idrogeologia del territorio**

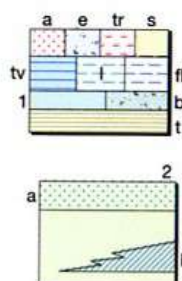
Parlare del sistema idrografico ed idrogeologico del nostro territorio, significa far comunque riferimento alla diversa litologia affiorante infatti, la densità del reticolo, la forma e l'andamento dei corsi d'acqua sono

parametri determinati primariamente dalla natura dei materiali che vanno a costituire le formazioni geologiche. Quindi, nelle zone come quella in esame, con un sottosuolo argilloso si registra una densità piuttosto alta del reticolo idrografico ed una sua evoluzione verso geometrie piuttosto ramificate, fenomeni dovuti alla scarsa permeabilità che caratterizza proprio questi terreni. Nella successione stratigrafica tipica si osserva la presenza di un orizzonte più superficiale limo-argilloso con sparsi livelletti sabbiosi, un orizzonte che può permettere una certa filtrazione, ad ogni modo sempre modesta, e che porta a classificare questi sedimenti come poco permeabili e caratterizzati con un coefficiente di permeabilità  $1 \times 10^{-6} \text{ cm/s} < K < 1 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$ . A questo orizzonte seguono le tipiche argille limose grigiastre, terreni che possiamo definire praticamente impermeabili con  $K < 1 \times 10^{-6}$ .





## Legenda



1. Depositi fluviali; 1t. Depositi alluvionali terrazzati; 1l. Depositi lacustri; 1fl. Depositi fluvio-lacustri; 1b. Depositi glacio-nivali, fluvio-glaciali e morenici; 1s. Depositi delle piane costiere; 1a. Detriti di falda; 1e. Coltri eluvio-colluviali; tr. Terre rosse; tv. Travertini.  
Olocene - Pleistocene superiore.

**Ciclo trasgressivo-regressivo del Pleistocene inferiore p.p. - Pliocene superiore.**  
Prevalenti argille azzurre con locali lenti di sabbie gialle nei livelli inferiori (b, Colle Ramignano a Sud di Cupello), passanti gradualmente verso l'alto a sabbie e conglomerati regressivi con facies da deltizie a continentali (a, Petacciato, Termoli, Campomarino, S. Martino in Pensilis, Portocannone, Guglionesi). Zone a *Hyalinea balthica* e a *G. inflata*. Spessore complessivo: > 1000 m. **Pleistocene inferiore p.p. - Pliocene superiore p.p.**

Fig. 1: Stralcio Carta geologica (da Vezzani, Ghisetti, Festa, 2004)

## **IV – ASPETTI GEOMORFOLOGICI DELL’AREA IN STUDIO**

L’area in studio è ubicata a circa mezza costa di un versante esposto a nord nord-est, versante che degrada verso la costa. La località Montebello ed in particolare la c/da Mezzana è situata alla destra del fiume Trigno ed è compresa tra questo ed il fosso Mergola.



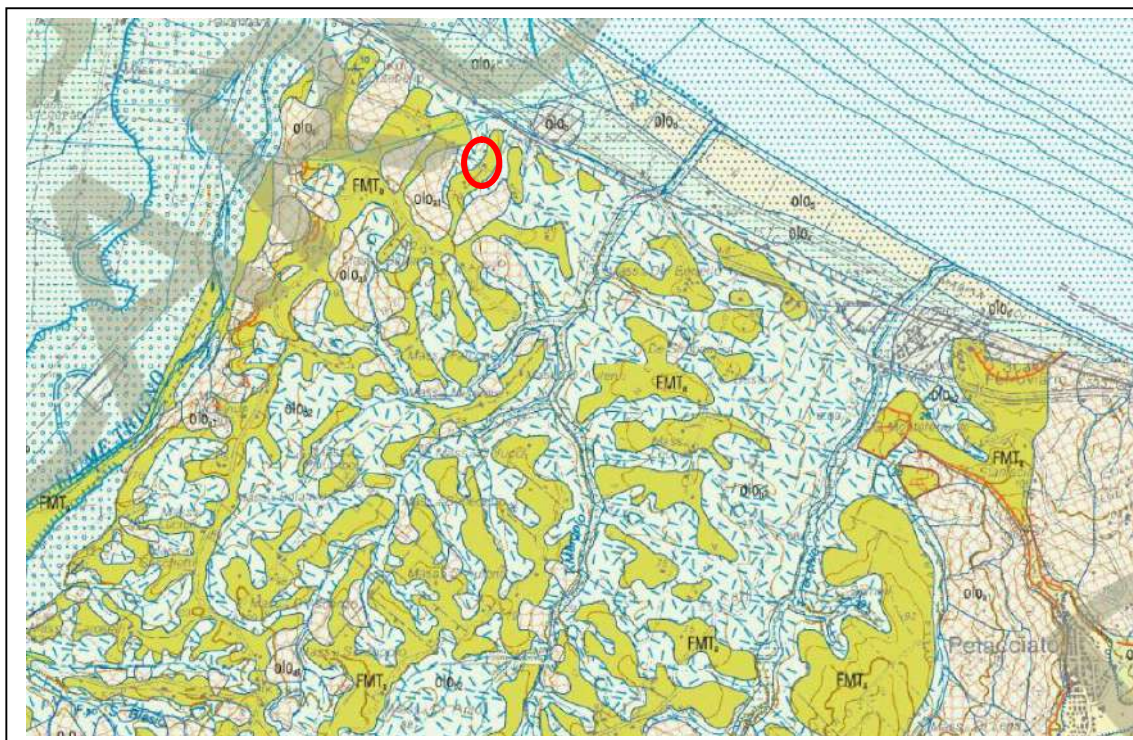
La morfologia della pendice mostra valori medi di acclività e un’alternanza di tratti con pendenze più accentuate specie in prossimità dei fossi. Si ha quindi un profilo ondulato, tipico di ambienti caratterizzati da una geologia argillosa, in questo caso

rappresentata dalla formazione delle argille grigio-azzurre. Formazione che in zona risulta costituita da una successione che al tetto presenta un orizzonte di limi argillosi con livelletti sabbiosi di colore avana ed alla base le argille consolidate dal tipico colore da cui prende il nome la formazione stessa. Inoltre, nella zona sia lungo il versante che sulle creste si rinvengono dei resti di terrazzi con la presenza di limitate placche ghiaiose con spessori modesti. All’interno di tutto il versante si hanno delle coperture eluvio colluviali costituite da limi, limi argillosi e limi sabbiosi che per loro natura presentano caratteristiche tecniche a volte non eccellenti.

Nella cartografia del piano stralcio per l'assetto idrogeologico PAI, riguardante i fenomeni gravitativi, l'area in studio non rientra all'interno di quelle perimetrale a rischio. L'evoluzione morfologica del territorio come già detto è quella tipica degli affioramenti argillosi, con forme ondulate e possibili fenomeni instabili lungo i versanti a volte nascoste dai lavori agricoli. Questi fenomeni interessano la coltre superficiale più alterata.

Per quanto riguarda l'intervento, esso consiste nella realizzazione di un complesso residenziale turistico composto da due lotti con tipologia di case singole con piano terra e piano rialzato.

#### *Stralcio carta geologica CARG*



## Legenda carta geologica CARG

### SUCCESSIONE DEL QUATERNARIO CONTINENTALE

#### Depositi olocenici

Depositi di frana poligenici in assetto caotico. In generale sono formati da blocchi conglomeratici, imballati in depositi sabbioso-argillosi (nelle aree di affioramento della Successione marina del Pliocene superiore - Pleistocene), o da blocchi di calcari o gessi di dimensione fino a decametrica, imballati in terreni argillosi grigi (nelle aree di affioramento dell'Unità del F. Treste) (olo<sub>1</sub>).

Sabbie e ghiaie alluvionali, con livelli e lenti di argille e torbe; i livelli ghiaiosi sono costituiti da clasti poligenici, di dimensioni da decimetriche a centimetriche, da sub-angolosi ad arrotondati, con intercalazioni di sabbie e limi sabbiosi; nella parte alta possono divenire prevalenti livelli limoso-sabbiosi bruni e grigi con ciottoli sparsi, riferibili ad ambienti di piana esondabile. Altezze di ghiaie e sabbie a stratificazione pianoparallela o incrociata riferibili ad ambiente di conoide alluvionale. La base è costituita dal contatto erosivo con i depositi del substrato argilloso o dal contatto con i depositi continentali più antichi; il limite superiore è costituito dalla superficie del deposito localmente rimodellata dall'attività antropica (olo<sub>2</sub>).

Cotire eluvio-colluviale costituita da limi, argille e sabbie, con sparsi clasti centimetrici arenacei, selciferi e calcarei; sono presenti frequenti concrezioni calcaree particolarmente in corrispondenza del contatto con le unità sottostanti (olo<sub>2</sub>).

Prodotto eluviale costituito da limi e argille brune e grigie laminate e bioturbate (olo<sub>2</sub>).

Sabbie ediche a granulometria medio-fine, ben classate, sciolti o debolmente addensate (olo<sub>2</sub>).

Peliti e peliti sabbioso-ciottolose palustri, terreni di bonifica, torbe e sedimenti limno-palustri (olo<sub>2</sub>).

Sabbie di spiaggia a granulometria medio-fine sciolte, ghiaie con ciottoli eterometrici di forma generalmente discoidale, da arrotondati a subarrotondati (olo<sub>2</sub>).

Depositi antropici caotici eterometrici costituiti da ghiaia, sabbia, limo e argilla e da frammenti di manufatti (olo<sub>2</sub>).

**OLOCENE - ATTUALE**



### SUCCESSIONE MARINA DEL PLIOCENE SUPERIORE-PLEISTOCENE

#### FORMAZIONE DI MUTIGNANO

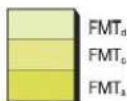
Sabbie ed arenarie da fini a molto grossolane di colore giallastro, frequentemente bioturbate, in strati da sottili a spessi, con lenti e livelli conglomeratici, con clasti calcarei e silicei generalmente ben arrotondati. Le sabbie presentano stratificazioni incrociate sia a basso sia ad alto angolo, con clinostatificazione prevalente verso nord. Le laminazioni sono generalmente incrociate a basso ed alto angolo, sia planari sia a trugolo e spesso bidirezionali, con ripples simmetrici tipici di ambiente di spiaggia sia emerso che sommerso e di piana intertidale. In questi casi possono localmente essere intercalate a sottili livelli siltosi o argillosi, generalmente massivi o sottilmente laminati, che spesso drappeggiano le strutture sedimentarie sottostanti. Gli affioramenti sono localizzati nella porzione settentrionale del Foglio. Lo spessore massimo osservabile si aggira sui 30-40 metri nel settore a nord di Vasto. associazione sabbioso-conglomeratica (FMT<sub>2</sub>).

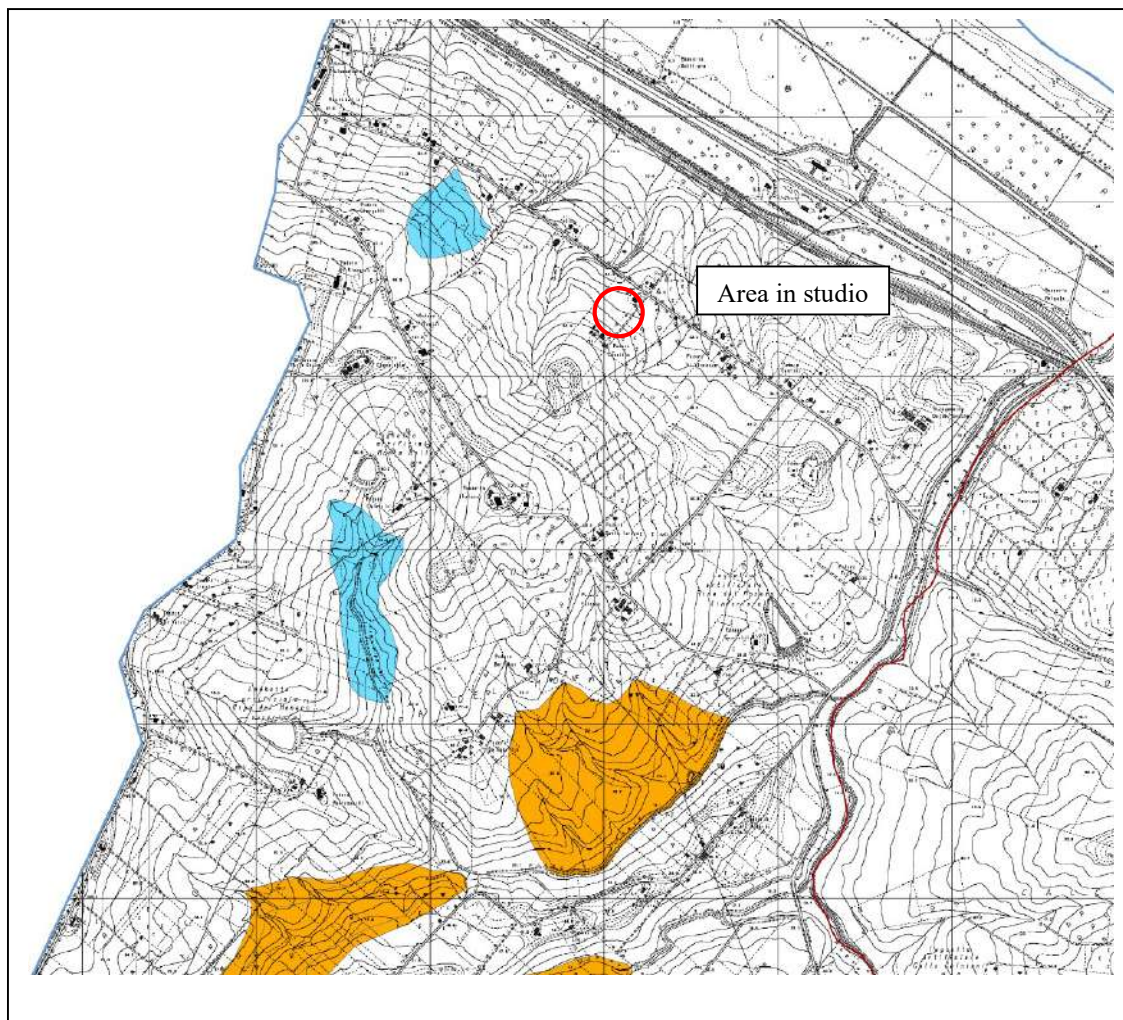
Altezze di sabbie e sabbie siltose di colore giallo-ocra, a diverso grado di cementazione, ed argille e argille siltose grigiastre sottilmente laminate. Sono presenti strutture trattive e rari ciottoli arrotondati. Lo spessore degli strati sabbiosi aumenta dal basso verso l'alto da sottile a medio ed il rapporto sabbia/argilla è pressoché pari a 1. Rappresenta il termine di transizione tra la sottostante associazione pelitico-sabbiosa e la sovrastante associazione sabbioso-conglomeratica. L'ambiente deposizionale è riconducibile alla transizione tra il sistema di offshore e il sistema deltizio. Gli affioramenti sono molto limitati e localizzati a Monte Gazzano, nella zona centrale del Foglio. Lo spessore della successione è molto ridotto e si aggira sui 5-10 metri. associazione sabbioso-pelitica (FMT<sub>2</sub>).

Argille ed argille marnose di colore grigio azzurro, compatte, spesso a frattura concoidale, con intercalati livelli sottili di sabbie gialle, sabbie limose e sabbie microconglomeratiche. Le intercalazioni sabbiose possono presentare laminazione pianoparallela e incrociata. Il rapporto sabbia/argilla è sempre nettamente inferiore all'unità. Localmente sono presenti livelli fossiliferi a pecten, gasteropodi e molluschi. La maggiore concentrazione di sabbie si ha in corrispondenza della porzione più bassa. Affiorante della successione, nei pressi della località Montalfano, mentre verso l'alto sono predominanti le argille, ben visibili nelle forme calanchive che si sviluppano a S di Cupello. Sulla base dei caratteri generali delle facies l'ambiente dovrebbe corrispondere ad un'area di offshore al largo di un sistema deltizio. Caratterizza gli affioramenti delle porzioni centro-meridionali del Foglio. Lo spessore affiorante della litofacies è valutabile in almeno 170 m. associazione pelitico-sabbiosa (FMT<sub>2</sub>).

Lo spessore complessivo della formazione è di almeno 200 m.

**PLIOCENE SUPERIORE - PLEISTOCENE INFERIORE p.p.**





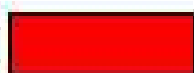
## CARTA DELLA PERICOLOSITA'



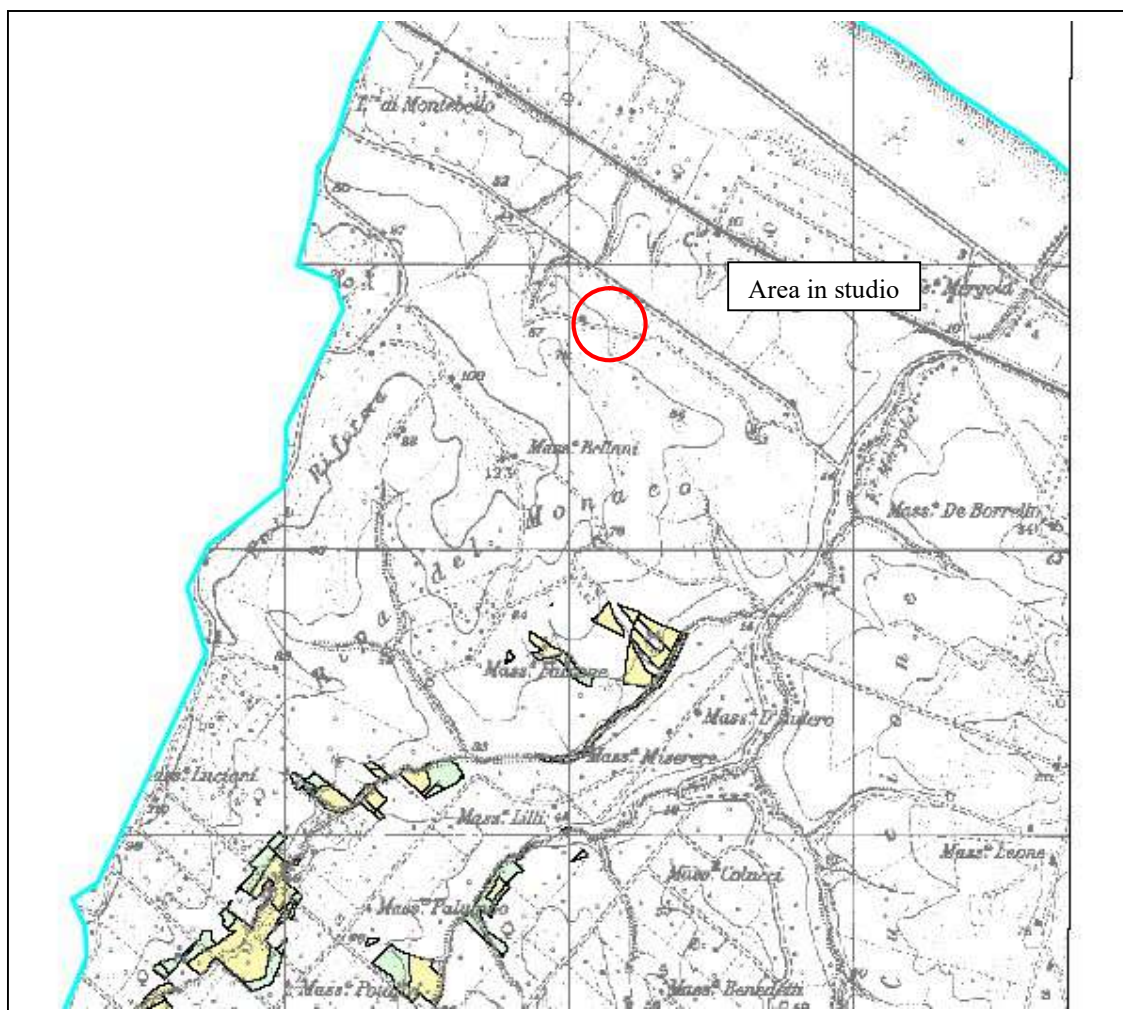
Pericolosità moderata



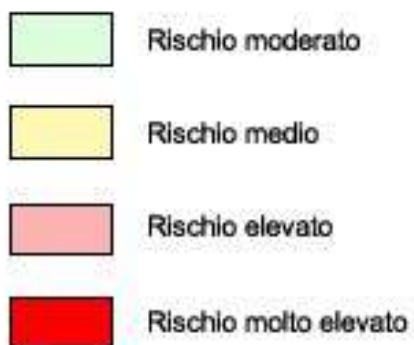
Pericolosità elevata



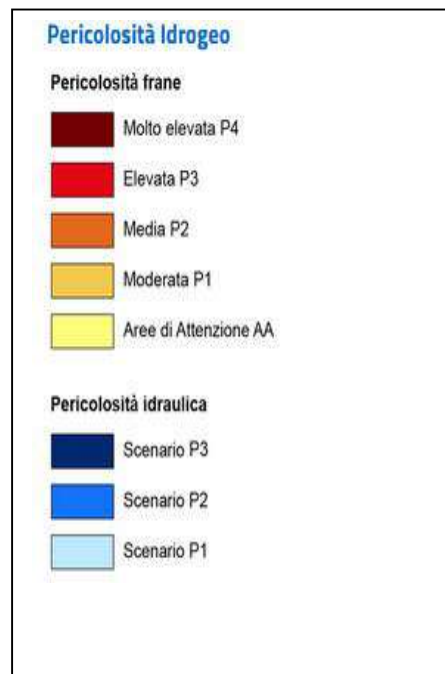
Pericolosità estremamente elevata



## CARTA DELLE AREE A RISCHIO DA FRANA



Stralcio carta IFFI e Pericolosità da frana



## V CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E TECNICA DEI LITOTIPI

Per una caratterizzazione geologico-tecnica dei terreni costituenti il sottosuolo in esame, oltre al rilevamento geologico ed alla raccolta di dati sulle indagini presenti in zona, sono stati eseguiti due sondaggi a carotaggio continuo, due prove penetrometriche dinamiche una prospezione sismica tipo masw e a stazione singola hvsr. I sondaggi sono stati realizzati con una sonda a rotazione dotata di carotiere semplice mentre, per le prove penetrometriche è stato utilizzato il penetrometro dinamico medio munito di una massa battente di 30 kg e di cui, in seguito, saranno descritte le caratteristiche.

### 5.1 Sequenza stratigrafica locale

I sondaggi eseguiti S1 a monte ed S2 verso valle hanno consentito di riconoscere la natura delle diverse litologie del sottosuolo e la loro rispettiva posizione stratigrafica. Essi hanno raggiunto la profondità di 16.0 m dal p.c. e la stratigrafia emersa può essere così riassunta:

#### Sondaggio S1

- terreno vegetale fino alla profondità di circa 0.8 m;
- limo sabbioso avana con tonalità chiara e di bassa consistenza. Profondità fino a circa 1.2 m;
- limo argillo-sabbioso avana con striature grigie e giallini, piccoli livelletti sabbiosi giallini. Inizialmente poco consistente. Profondità fino a circa 7.8 m.
- limo argilloso avana e grigia con livelletti sabbiosi giallini sparsi. Profondità circa 8.8 m;

- argille limose grigie consistenti fino a fondo foro.



Postazione Sondaggio S1



Testimoni di carote da 0.0- 5.0 m



Testimoni di carote da 5.0-10.0 m



Testimoni di carote da 10.0-16.0 m

### Sondaggio S2

- terreno vegetale fino alla profondità di circa 4.1 m;
- limo sabbioso avana scuro, terroso, poco consistente. Profondità fino a circa 5.2 m;
- limo argillo-sabbioso avana con striature grigie e livelletti sabbiosi giallini. Profondità fino a circa 9.5 m;
- limo argilloso avana e grigia con livelletti sabbiosi giallini sparsi.

Profondità circa 10.8 m;

- argille limose grigie consistenti fino a fondo foro.



Postazione Sondaggio S2



Testimoni di carote da 0.0-5.0 m



Testimoni di carote da 5.0-10.0 m



Testimoni di carote da 10.0-16.0m

Durante l'esecuzione dei sondaggi non è stata rinvenuta presenza di falda idrica ed inoltre i sondaggi realizzati ben si correlano con altri eseguiti nella lottizzazione adiacente.

## **5.2 Generalità sulla prova penetrometrica**

La prova penetrometrica dinamica media consiste nel conteggio del numero di colpi N necessari per infiggere nel terreno (mediante un maglio) una batteria di aste munita di punta conica, per successive quantità costanti.

I dati che si ricavano da queste prove forniscono utili indicazioni qualitative e quantitative per una analisi conoscitiva delle caratteristiche del sottosuolo.

L'esecuzione dei sondaggi penetrometrici permette di ricavare, in continuo, il valore di resistenza che il terreno investigato oppone alla penetrazione della punta (Resistenza dinamica  $R_d$ ). Questo parametro è rappresentativo dello stato di addensamento di un terreno incoerente e della consistenza di un terreno coesivo.

Lo strumento usato (penetrometro dinamico medio) ha le seguenti caratteristiche:

- peso del maglio a caduta libera:  $M = 30 \text{ Kg}$
- altezza costante di caduta del maglio:  $h = 20 \text{ cm}$
- sezione della punta conica a perdere:  $A = 10 \text{ cm}^2$
- peso delle aste (diam. 20 mm lung. 1 m):  $P = 2,4 \text{ Kg/ml}$

Il conteggio del numero di colpi viene effettuato per ogni approfondimento della punta conica nel terreno di una profondità costante pari a 10 cm.

La resistenza dinamica  $R_d$  è ottenuta tramite la formula degli Olandesi:

$$R_d = \frac{M * M * h}{A * e * (M + P)} * Chi$$

dove:

$Chi$  = coefficiente caratteristico del penetrometro, in funzione della profondità;

$e = 10/N$  con  $N$  numero di colpi.

## **5.2 Prospezione penetrometrica**

Un primo esame dei dati emersi dalle prove avviene attraverso un'analisi degli istogrammi che esprimono i risultati e dell'andamento dei grafici possono essere tratte delle utili informazioni sui caratteri dei terreni investigati.

Le prove sono state spinte fino a quando è stato raggiunto un discreto numero di colpi ed ottenuto informazioni sufficienti.

I risultati sono riassunti negli istogrammi allegati e, dalla loro analisi, è possibile identificare nei terreni indagati un livello pedologico di circa 1.0 m e due orizzonti principali (*A* e *B*) distinti da una differente distribuzione delle resistenze offerte alla penetrazione. All'interno di tali orizzonti, inoltre, è stato possibile individuare anche dei sub-orizzonti caratterizzati da valori simili di resistenza.

Per quanto riguarda la distribuzione di queste resistenze nel sottosuolo, possiamo osservare nell'orizzonte *A* una prima parte più superficiale alterata o mediamente alterata con spessori intorno ai 4.0-4.5 m. Successivamente, si è registrato un trend di resistenze medie. Nel successivo orizzonte, si ha un aumento piuttosto netto del numero di colpi.

Sempre nel secondo orizzonte, nella prova P2 quella eseguita nella zona più bassa, si è registrato un piccolo tratto con resistenze inferiori rispetto alla massa. In generale si ha la tendenza ad un aumento dei valori con la profondità.

Infine, nella fase di estrazione delle aste queste sono risultate asciutte.

### 5.3 Caratteristiche tecniche

Dalle prove penetrometriche mediando i valori di N ottenuti nei tratti costituiti da fasce omogenee di resistenza è possibile valutare i parametri tecnici caratteristici del terreno investigato, attraverso le correlazioni suggerite dalla letteratura tecnica specifica tra il numero di colpi N del penetrometro medio con  $N_{spt}$  e della resistenza dinamica  $R_d$  con la resistenza alla punta del penetrometro statico.

Nei sedimenti indagati in questo caso è stato possibile distinguere un comportamento reologico tipicamente coesivo, per cui sono stati caratterizzati attraverso la valutazione della *coesione non drenata*  $C_u$ .

Nelle tabelle seguenti si riportano in forma sintetica i risultati delle prove:

| <b>PROVA PENETROMETRICA P1</b> |                   |                           |                         |                           |                                         |                                      |
|--------------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------|
| <b>Orizzonte</b>               | <b>Sub.orizz.</b> | <b>Profondità<br/>(m)</b> | <b>Spessore<br/>(m)</b> | <b>N<br/>(colpi medi)</b> | <b><math>N_{spt}</math><br/>(colpi)</b> | <b><math>R_d</math><br/>(Kg/cmq)</b> |
| t.vegetale                     |                   | 0.0 – 0.7                 | 0.7                     |                           |                                         |                                      |
| A alterato                     | A <sub>1</sub>    | 0.7 – 3.0                 | 2.3                     | 3-4                       | 2-3                                     | 11                                   |
| A med alte                     | A <sub>2</sub>    | 3.0 – 3.8                 | 0.8                     | 5-6                       | 4                                       | 15                                   |
| A                              | A <sub>3</sub>    | 3.8 – 5.8                 | 2.0                     | 8                         | 6                                       | 20                                   |
| A                              | A <sub>4</sub>    | 5.8 – 7.1                 | 1.3                     | 13                        | 10                                      | 30                                   |
| B                              | B <sub>1</sub>    | 7.1 – 7.8                 | 0.8                     | 22                        | 16                                      | 40                                   |
| B                              | B <sub>2</sub>    | 7.8                       |                         | >30                       | 22                                      | <50                                  |

| <b><i>CORRELAZIONI Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI</i></b> |                           |                              |                                       |                        |                                      |
|--------------------------------------------------------|---------------------------|------------------------------|---------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|
| <b>Orizzonte</b>                                       | <b>Profondità<br/>(m)</b> | <b>Nspt<br/>(colpi medi)</b> | <b><math>\gamma</math><br/>(t/mc)</b> | <b>Cu<br/>(Kg/cmq)</b> | <b><math>\phi</math><br/>(gradi)</b> |
| t.v.                                                   | 0.0 – 0.7                 |                              |                                       |                        |                                      |
| A <sub>1</sub> alterato                                | 0.7 – 3.0                 | 2-3                          | 1.8                                   | 0.25                   |                                      |
| A <sub>2</sub> med. alterato                           | 3.0 – 3.8                 | 4                            | 1.8                                   | 0.45                   |                                      |
| A <sub>3</sub>                                         | 3.8 – 5.8                 | 6                            | 1.85                                  | 0.6                    |                                      |
| A <sub>4</sub>                                         | 5.8 – 7.1                 | 10                           | 1.9                                   | 0.9                    |                                      |
| B <sub>1</sub>                                         | 7.1 – 7.8                 | 16                           | 2.0                                   | 1.5                    |                                      |
| B <sub>2</sub>                                         | 7.8                       | 22                           | 2.0                                   | >1.5                   |                                      |

| <b><i>PROVA PENETROMETRICA P2</i></b> |                   |                           |                         |                           |                         |                        |
|---------------------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------|
| <b>Orizzonte</b>                      | <b>Sub.orizz.</b> | <b>Profondità<br/>(m)</b> | <b>Spessore<br/>(m)</b> | <b>N<br/>(colpi medi)</b> | <b>Nspt<br/>(colpi)</b> | <b>Rd<br/>(Kg/cmq)</b> |
| t.vegetale                            |                   | 0.0 – 0.9                 | 0.9                     |                           |                         |                        |
| A alterato                            | A <sub>1</sub>    | 0.9 – 4.4                 | 3.5                     | 3-4                       | 2-3                     | 12                     |
| A                                     | A <sub>2</sub>    | 4.4 – 6.3                 | 1.9                     | 8                         | 6                       | 18                     |
| A                                     | A <sub>3</sub>    | 6.3 – 7.6                 | 1.3                     | 10                        | 7                       | 22                     |
| A                                     | A <sub>4</sub>    | 7.6 – 9.4                 | 1.8                     | 13                        | 10                      | 27                     |
| A                                     | A <sub>2</sub>    | 9.4 – 9.7                 | 0.3                     | 10                        | 7                       | 18                     |
| B                                     | B <sub>1</sub>    | 9.7 – 10.2                | 0.5                     | 17                        | 13                      | 30                     |
| B                                     | B <sub>2</sub>    | 10.2                      |                         | >30                       | 22                      | >50                    |

| <b><i>CORRELAZIONI N<sub>spt</sub> - PARAMETRI GEOTECNICI</i></b> |                           |                                         |                                       |                        |                                      |
|-------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|
| <b>Orizzonte</b>                                                  | <b>Profondità<br/>(m)</b> | <b>N<sub>spt</sub><br/>(colpi medi)</b> | <b><math>\gamma</math><br/>(t/mc)</b> | <b>Cu<br/>(Kg/cmq)</b> | <b><math>\phi</math><br/>(gradi)</b> |
| t.v.                                                              | 0.0 – 0.9                 |                                         |                                       |                        |                                      |
| A <sub>1</sub> alterato                                           | 0.9 – 4.4                 | 2-3                                     | 1.8                                   | 0.25                   |                                      |
| A <sub>2</sub> med.alterato                                       | 4.4 – 6.3                 | 6                                       | 1.85                                  | 0.6                    |                                      |
| A <sub>3</sub>                                                    | 6.3 – 7.6                 | 7                                       | 1.9                                   | 0.7                    |                                      |
| A <sub>4</sub>                                                    | 7.6 – 9.4                 | 10                                      | 1.9                                   | 1.0                    |                                      |
| A <sub>2</sub>                                                    | 9.4 – 9.7                 | 7                                       | 1.9                                   | 0.7                    |                                      |
| B <sub>1</sub>                                                    | 9.7 – 10.2                | 13                                      | 2.0                                   | 1.3                    |                                      |
| B <sub>2</sub>                                                    | 10.2                      | 22                                      | 2.0                                   | 2.0                    |                                      |

## 5.4 Caratteri litotecnici

Il rilevamento geologico e le indagini hanno evidenziato nell'area in studio, una geologia caratterizzata dalla presenza dell'unità pleistocenica delle argille grigio-azzurre costituita dalla tipica successione data da un orizzonte di limi argillosi di colore avana al tetto seguite, in profondità, dalle argille consolidate grigio-azzurre che rappresentano il substrato inalterato e più integro.

La formazione risulta coperta da un orizzonte eluvio colluviale individuata con le indagini ed in particolare con il sondaggio S2 realizzato più a valle dove, si individua uno spessore di materiale scuro seguito da limi sabbiosi avana chiaro presenti questi ultimi anche in S1. Questi terreni possono appartenere ai resti di terrazzi alluvionali e alle coperture eluvio colluviali.

Le caratteristiche meccaniche dei sedimenti possono essere espresse attraverso una stima della coesione non drenata  $C_u$ , parametro che assume

per la parte più superficiale dei valori non alti, intorno a  $0.25 \text{ Kg/cm}^2$  successivamente, sempre nel primo orizzonte si hanno valori di  $C_u$  tra  $0.5-0.7 \text{ kg/cm}^2$ . Nel secondo orizzonte, si hanno valori variabili con la tendenza ad un aumento graduale con la profondità. Si ottiene quindi una  $C_u$  maggiore di  $1.0 \text{ kg/cm}^2$  per poi passare a valori maggiori di  $1.5-2.0 \text{ kg/cm}^2$ .

## **5.5 Caratterizzazione dinamica**

L'analisi complessiva di tutti i dati emersi nello studio dell'area in esame concorre ad una valutazione delle caratteristiche dinamiche del terreno di fondazione e, quindi, permette di giungere ad una verifica degli effetti di un eventuale sisma.

Per classificare il nostro terreno possiamo seguire le indicazioni contenute nella normativa sismica italiana per le categorie di suolo di fondazione, normativa che definisce l'azione sismica attraverso dei profili stratigrafici di riferimento e, avendo eseguito un'indagine sismica in sito di tipo MASW e a stazione singola HVSR, unitamente a diverse prove realizzate su terreni simili possiamo definire i caratteri dinamici del nostro sottosuolo.

Quindi, con i dati a disposizione, abbiamo voluto definire l'azione sismica per l'area in studio attraverso i criteri stabiliti dalla normativa sismica italiana, normativa che, come accennato in precedenza, definisce quest'azione attraverso dei profili stratigrafici di riferimento riassunti nella *tabella 1* e secondo le condizioni topografiche.

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

La normativa definisce i terreni attraverso i seguenti parametri:

- con le  $V_{s,eq}$ , la velocità equivalente delle onde  $S$  stabilita con la relazione:

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

con  $h_i$  lo spessore in metri dell' $i^{\text{esimo}}$  strato di terreno;

$V_{s,i}$  la velocità dell'onda di taglio media corrispondente;

$N$  il numero di strati;

$H$  la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s. Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s,30}$  dove  $H = 30$  m considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

## L'indagine sismica di superficie attiva della tipologia masw

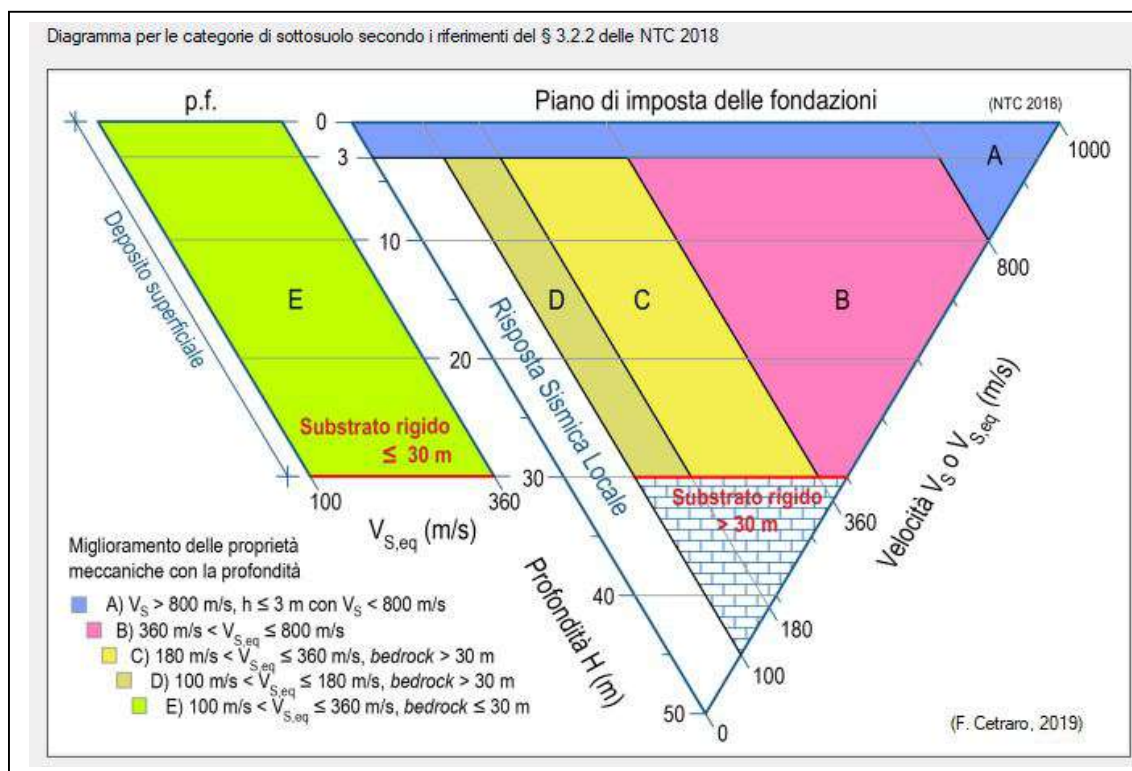
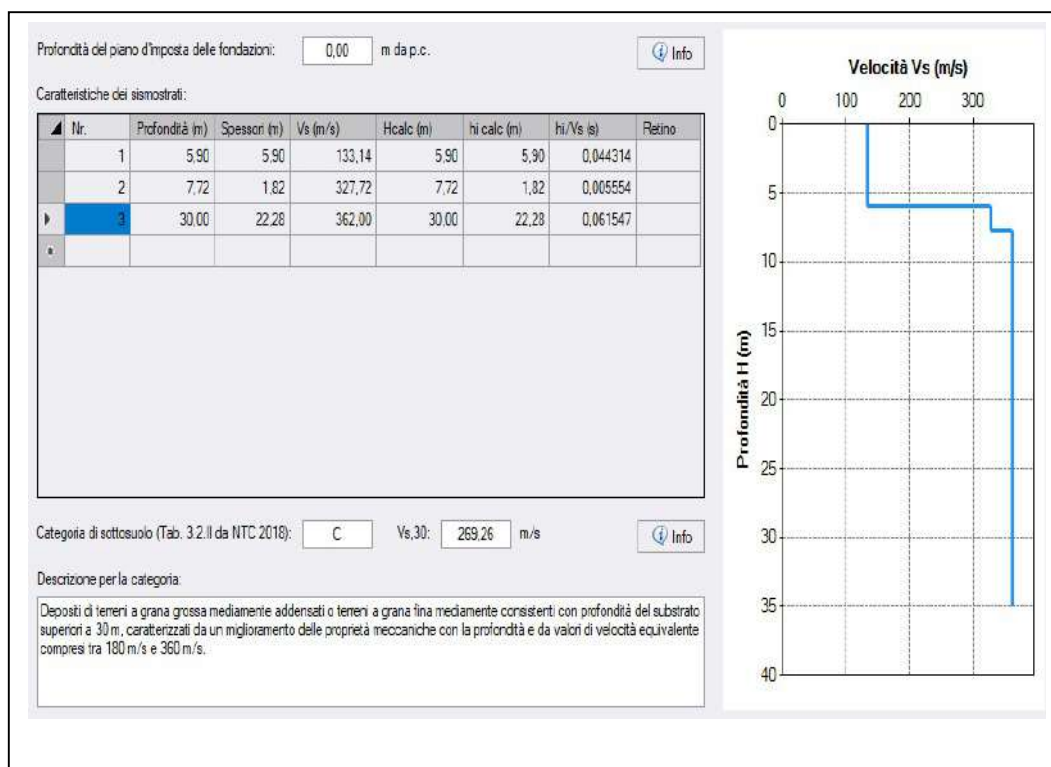
L'indagine consiste nella registrazione della propagazione delle Onde Sismiche di Superficie di tipo Rayleigh, determinate da una Sorgente di Energia ad impatto verticale, registrate da Apparecchi di Ricezione a componente verticale, disposti lungo uno Stendimento Lineare.

La registrazione avviene con 12,00 Geofoni Verticali disposti secondo uno Stendimento Lineare lungo 33,00 m; la Distanza Intergeofonica è stata scelta pari a 3,00 m. La battura è stata eseguita ad una distanza di 3,00 m dall'inizio dello Stendimento Lineare.

L'Analisi Spettrale dei Sismogrammi ha permesso di ricavare la Curva di Dispersione Sperimentale; il Profilo delle Velocità delle Onde Sismiche di Taglio è stato ricavato definendo la migliore corrispondenza tra la Curva di Dispersione Sperimentale e la Curva di Dispersione Teorica, modificando in maniera opportuna la Profondità, lo Spessore, il Peso di Volume, il Coefficiente di Poisson, la Velocità delle Onde Sismiche di Compressione e la Velocità delle Onde Sismiche di Taglio dei Suoli di Fondazione che costituiscono il sottosuolo in corrispondenza del sito di intervento.



L'indagine sismica masw individua per i terreni della successione, dei valori delle velocità di propagazione sismica  $V_{s,eq}$  che si attestano intorno ai 269 m/s. Tale valore indica un suolo appartenente alla classe C.



**Cenni teorici della prova hvsr:** la tecnica HVSr permette in primo luogo di valutare la frequenza naturale di vibrazione di un sito. Scopo della definizione di frequenza del sito, consiste nel definire la frequenza per la quale il terreno può subire effetto di amplificazione sismica per effetto di risonanza legato alla variazione stratigrafica di maggior rilevanza.

Il tipo di stratigrafia sismica che la tecnica può fornire si basa sul concetto di contrasto di impedenza.

Il processing dei dati verte sul rapporto spettrale, tra il segnale del sensore verticale e quelli orizzontali, operando su finestre di selezione del segnale eliminando eventuali disturbi.

In linea generale, l'indagine deve prevedere almeno 20 minuti di registrazione con una frequenza di campionamento maggiore di 128 Hz.

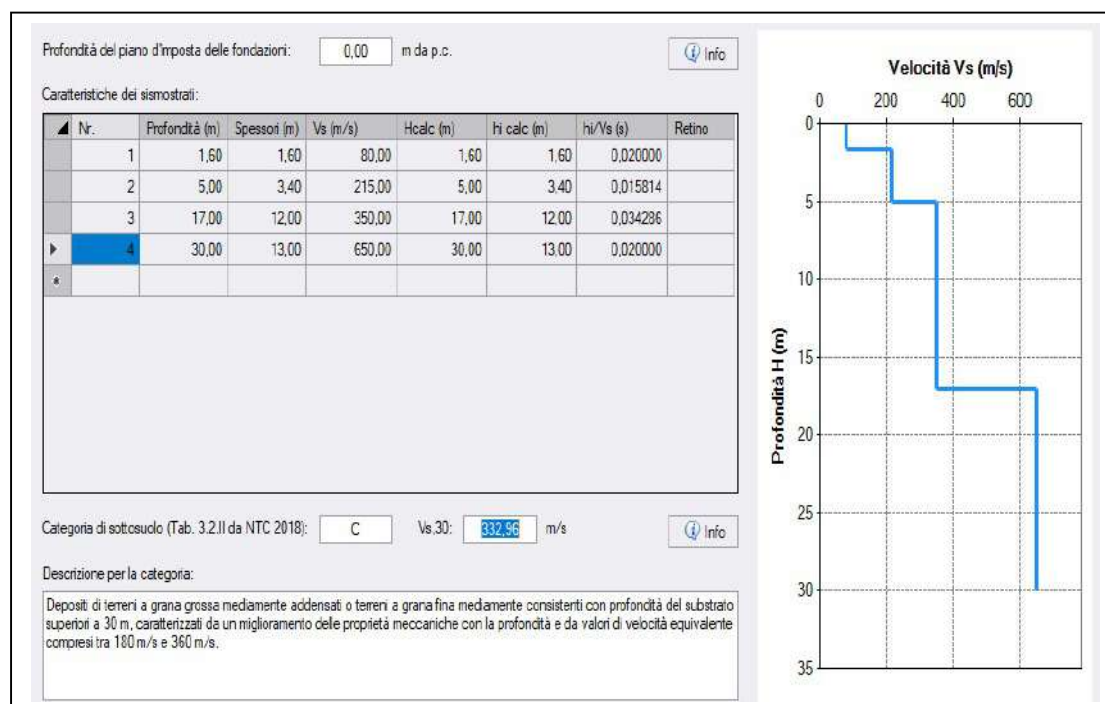
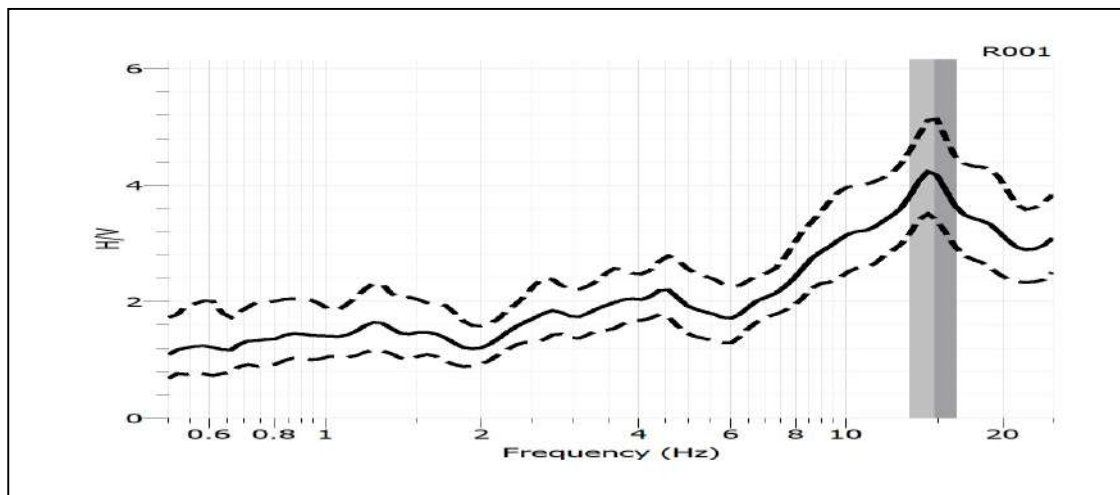
Dalla registrazione del rumore sismico si è ricavata la curva H/V.

Nel rapporto tecnico si riportano i dati acquisiti e le risultanze specifiche.

L'elemento caratteristico della curva H/V, quello attraverso il quale esprime una serie di informazioni fondamentali è il picco o i picchi. Un picco è chiaramente tale se è prominente rispetto alla curva HVSr, sia in riferimento al tratto immediatamente precedente che quello immediatamente successivo. Nel nostro caso osserviamo la presenza di un picco definito individuato con  $F_0 = 14.81 \text{ Hz}$  ed un'ampiezza di picco  $A_0 = 4.45$  non si esclude comunque che tutti abbiano un significato fisico nel sottosuolo d'indagine.

Nel nostro caso, i dati delle indagini sismiche HVRS si individuano per i terreni della successione, dei valori delle velocità di propagazione sismica

$V_{s,eq}$  che si attestano intorno ai 330 m/s. caratterizzando un suolo di classe C in quanto il substrato sismico è posto a profondità maggiore di 30 m.



Per quanto riguarda la correlazione tra velocità sismica e composizione litologica, risulta sempre difficile attribuire univocamente ad un certo valore di velocità sismica una corrispondente unità litologica in



Per quanto riguarda le condizioni topografiche per configurazioni semplici si può adottare la seguente classificazione:

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

Con il DM del 14.01.08, le azioni sismiche di progetto, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito e costituisce l’elemento primario per la determinazione delle azioni sismiche. La pericolosità sismica, è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (categoria A) nonché dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento.

Le forme spettrali sono definite per ciascuna delle probabilità di superamento del periodo di riferimento a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

$a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito

$F_0$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro di accelerazione orizzontale

$T_c$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro di accelerazione orizzontale

La pericolosità sismica di un generico sito, viene descritta con un sufficiente grado di dettaglio sia in termini geografici che in termini

temporali e quindi i risultati dello studio di pericolosità sismica sono forniti:

In termini di valori di accelerazione orizzontale massima  $a_g$  e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta.

In corrispondenza dei punti di un reticolo di riferimento i cui nodi sono sufficientemente vicini.

Per le diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno ricadenti in un intervallo di riferimento compreso tra 30 e 2475 anni.

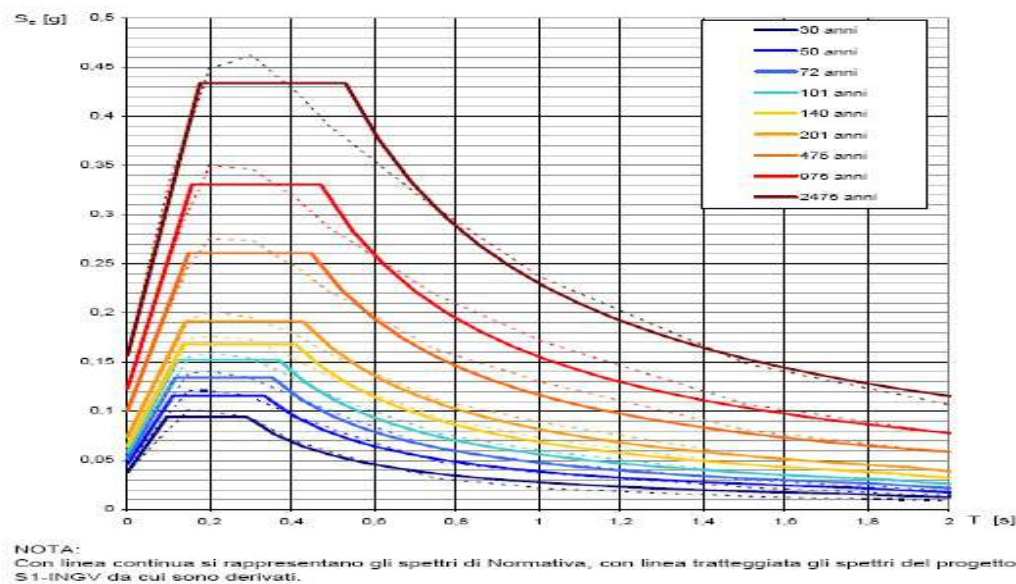
Attraverso un programma fornito dal ministero per l'elaborazione con spettri NTC, si ricavano i valori di  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c$ , partendo dalle coordinate della zona che in particolare risultano essere 14,8077 di longitudine e 42,0438 di latitudine.

Elaborazioni effettuate con "Spettri NTC ver.1.0.2"

Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c$  per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento

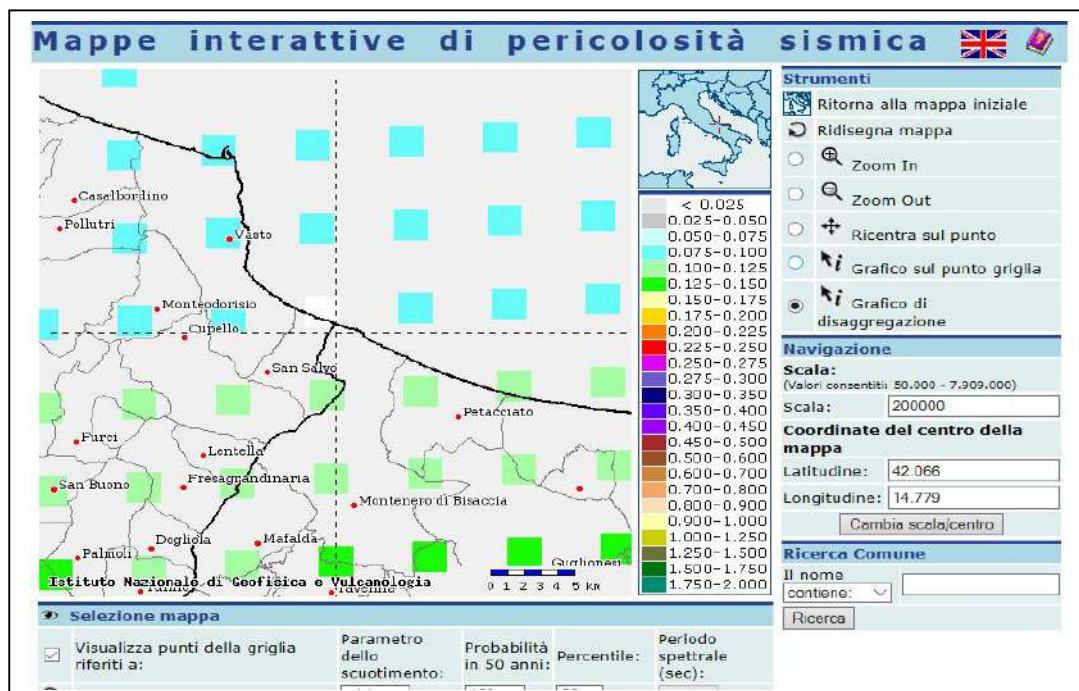
| $T_R$<br>[anni] | $a_g$<br>[g] | $F_0$<br>[-] | $T_c$<br>[s] |
|-----------------|--------------|--------------|--------------|
| 30              | 0.038        | 2.495        | 0.290        |
| 50              | 0.046        | 2.522        | 0.333        |
| 72              | 0.052        | 2.580        | 0.352        |
| 101             | 0.058        | 2.635        | 0.367        |
| 140             | 0.064        | 2.614        | 0.408        |
| 201             | 0.074        | 2.600        | 0.426        |
| 475             | 0.100        | 2.605        | 0.447        |
| 975             | 0.123        | 2.694        | 0.470        |
| 2475            | 0.156        | 2.776        | 0.531        |

Elaborazioni effettuate con "Spettri NTC ver.1.0.2"

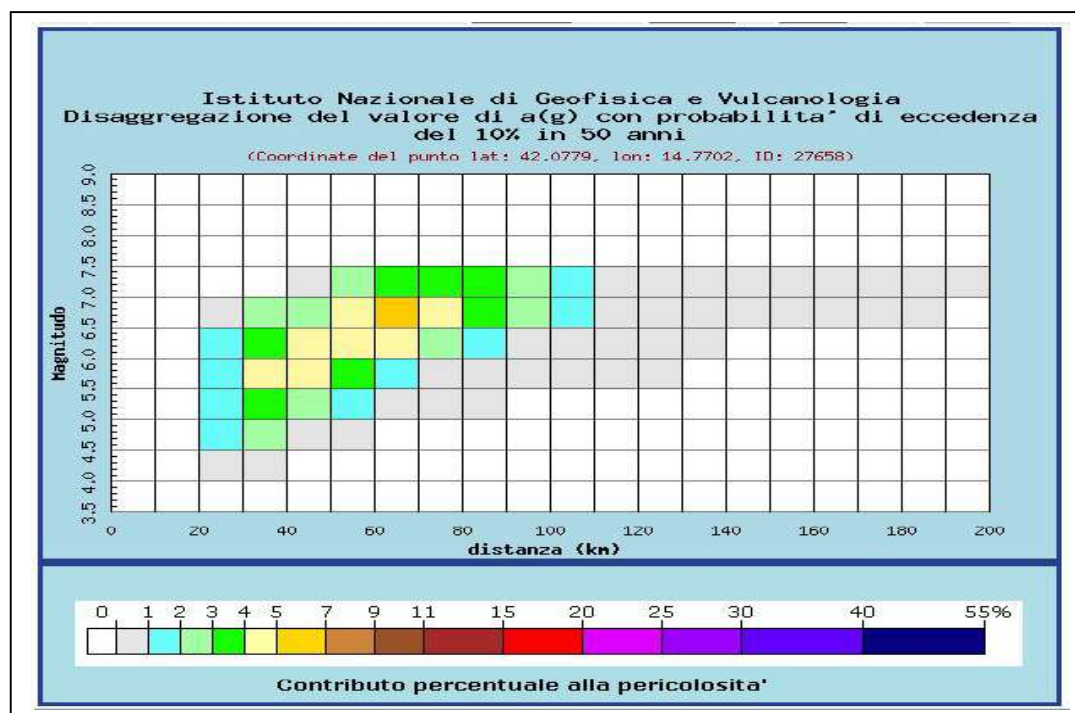
**Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento**

**Disaggregazione:** la disaggregazione della pericolosità sismica è un'operazione che consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito. L'analisi della disaggregazione dei valori di  $a(g)$  riporta per ogni nodo della griglia di calcolo la valutazione del contributo percentuale della stima della pericolosità fornita da tutte le possibili coppie di valori di magnitudo e distanza.

Questo tipo di analisi permette di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza  $R$  capaci di generare terremoti di magnitudo  $M$ . In altri termini il processo di disaggregazione in  $M$ - $R$  fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità inteso come l'evento di magnitudo  $M$  e distanza  $R$  dal sito in studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica di base del sito stesso.



Mappa interattiva della pericolosità sismica



| Distanza in km | Disaggregazione del valore di a(g) con probabilit  di eccedenza del 10% in 50 anni<br>(Coordinate del punto lat: 42.0779, lon: 14.7702, ID: 27658) |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                | Magnitudo                                                                                                                                          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|                | 3.5-4.0                                                                                                                                            | 4.0-4.5 | 4.5-5.0 | 5.0-5.5 | 5.5-6.0 | 6.0-6.5 | 6.5-7.0 | 7.0-7.5 | 7.5-8.0 | 8.0-8.5 | 8.5-9.0 |
| 0-10           | 0.000                                                                                                                                              | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 10-20          | 0.000                                                                                                                                              | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 20-30          | 0.000                                                                                                                                              | 0.291   | 1.210   | 1.550   | 1.470   | 1.090   | 0.653   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 30-40          | 0.000                                                                                                                                              | 0.173   | 2.040   | 3.810   | 4.440   | 3.790   | 2.180   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 40-50          | 0.000                                                                                                                                              | 0.000   | 0.535   | 2.650   | 4.170   | 4.210   | 2.360   | 0.127   | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 50-60          | 0.000                                                                                                                                              | 0.000   | 0.014   | 1.050   | 3.330   | 4.890   | 4.920   | 2.530   | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 60-70          | 0.000                                                                                                                                              | 0.000   | 0.000   | 0.162   | 1.890   | 4.030   | 5.420   | 3.970   | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 70-80          | 0.000                                                                                                                                              | 0.000   | 0.000   | 0.010   | 0.752   | 2.640   | 4.300   | 3.680   | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 80-90          | 0.000                                                                                                                                              | 0.000   | 0.000   | 0.001   | 0.221   | 1.660   | 3.300   | 3.120   | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 90-100         | 0.000                                                                                                                                              | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.038   | 0.838   | 2.130   | 2.010   | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 100-110        | 0.000                                                                                                                                              | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.008   | 0.348   | 1.290   | 1.210   | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 110-120        | 0.000                                                                                                                                              | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.002   | 0.112   | 0.688   | 0.639   | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 120-130        | 0.000                                                                                                                                              | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.031   | 0.420   | 0.409   | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 130-140        | 0.000                                                                                                                                              | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.004   | 0.251   | 0.274   | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 140-150        | 0.000                                                                                                                                              | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.128   | 0.187   | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 150-160        | 0.000                                                                                                                                              | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.059   | 0.125   | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 160-170        | 0.000                                                                                                                                              | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.025   | 0.082   | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 170-180        | 0.000                                                                                                                                              | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.006   | 0.035   | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 180-190        | 0.000                                                                                                                                              | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.001   | 0.017   | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 190-200        | 0.000                                                                                                                                              | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.009   | 0.000   | 0.000   | 0.000   |

| Valori medi |          |         |
|-------------|----------|---------|
| Magnitudo   | Distanza | Epsilon |
| 6.340       | 60.800   | 1.720   |

## VI – ZONAZIONE TECNICA

La valutazione tecnica finale dell'area da lottizzare è stata realizzata attraverso la sintesi di tutti i dati emersi nelle diverse indagini e, quindi, valutando contemporaneamente le caratteristiche geomorfologiche, le qualità meccaniche e dinamiche che caratterizzano i sedimenti ed i potenziali rischi a cui essa può essere sottoposta.

Questa valutazione è stata sintetizzata in una specifica carta tematica, dell'*Uso del Territorio e della Zonazione Sismica*, dove, considerata l'omogeneità riscontrata nelle qualità dell'area, vengono indicate anche le caratteristiche dinamiche dei terreni.

L'area in esame è posta all'interno di un versante caratterizzato nel complesso da un versante con una morfologia poco o mediamente acclive con le pendenze rivolte verso nord ed in particolare, il lotto si mostra con medio-bassa acclività.

La geologia è rappresentata dall'unità delle argille grigio-azzurre con una stratigrafia tipica della successione di questa unità data da limi argillosi di colore avana con livelletti sabbiosi al tetto seguite, in profondità, dalle argille consolidate grigio-azzurre, presenti a partire dalla profondità media tra i 9.0 e 11.0 m.

La copertura è data da terreni eluvio colluviali presenti dappertutto nella zona con spessori variabili che nel nostro caso sono risultati intorno ai 2.0 - 5.0 m

Le penetrometrie che hanno definito meccanicamente questi terreni, hanno evidenziato un orizzonte più superficiale alterato o facilmente alterabile mentre, gli orizzonti sottostanti, mostrano quell'andamento di crescita progressiva delle resistenze con la profondità caratteristica della

successione geologica.

Con le indagini sismiche a disposizione, abbiamo definito per l'area un'unica microzona caratterizzata, da un suolo appartenente alla *classe C*.

Il complesso delle caratteristiche presentate dall'area interessata dalla lottizzazione che possiamo riassumere in una superficie topografica poco acclive, assenza di forme di dissesto e drenaggio assicurato dalla pendenza dell'area stessa, fanno definire ai fini edificatori l'area come BUONA e quindi, l'area risulta compatibile con la previsione urbanistica in progetto.

La presenza nella parte più superficiale della successione stratigrafica di materiali di qualità meccaniche non alte, fanno suggerire di porre attenzione nella scelta del terreno di fondazione e del tipo di fondazione. In questa scelta, si raccomanda che venga superato l'orizzonte superficiale più alterato.

---

## VII– NOTE CONCLUSIVE

Al termine di questo lavoro, si possono riassumere tutti i dati emersi dalle varie indagini in modo da avere una loro visione complessiva e poter giungere a delle conclusioni finali.

Il versante interessato è quello esposto a nord nord-est dove l'acclività si mostra medio-bassa ed un andamento pressappoco uniforme. Lungo i versanti della zona non mancano a volte tratti con avvallamenti e rigonfiamenti tipici di un territorio argilloso dove le coltri superficiali giocano un ruolo importante.

Per quanto riguarda la geologia, l'area rientra nella zona di affioramento delle argille grigio-azzurre, un'unità tipicamente formata da limi argillosi avana al tetto seguiti, in profondità da argille limose grigie. La copertura è data da terreni eluvio colluviali con spessori variabili.

Le qualità meccaniche di questi materiali sono risultati al di sotto di un primo strato vegetale mediamente alterato per poi passare ad una condizione di media resistenza con la tendenza ad un aumento dei valori con la profondità al passaggio al successivo orizzonte.

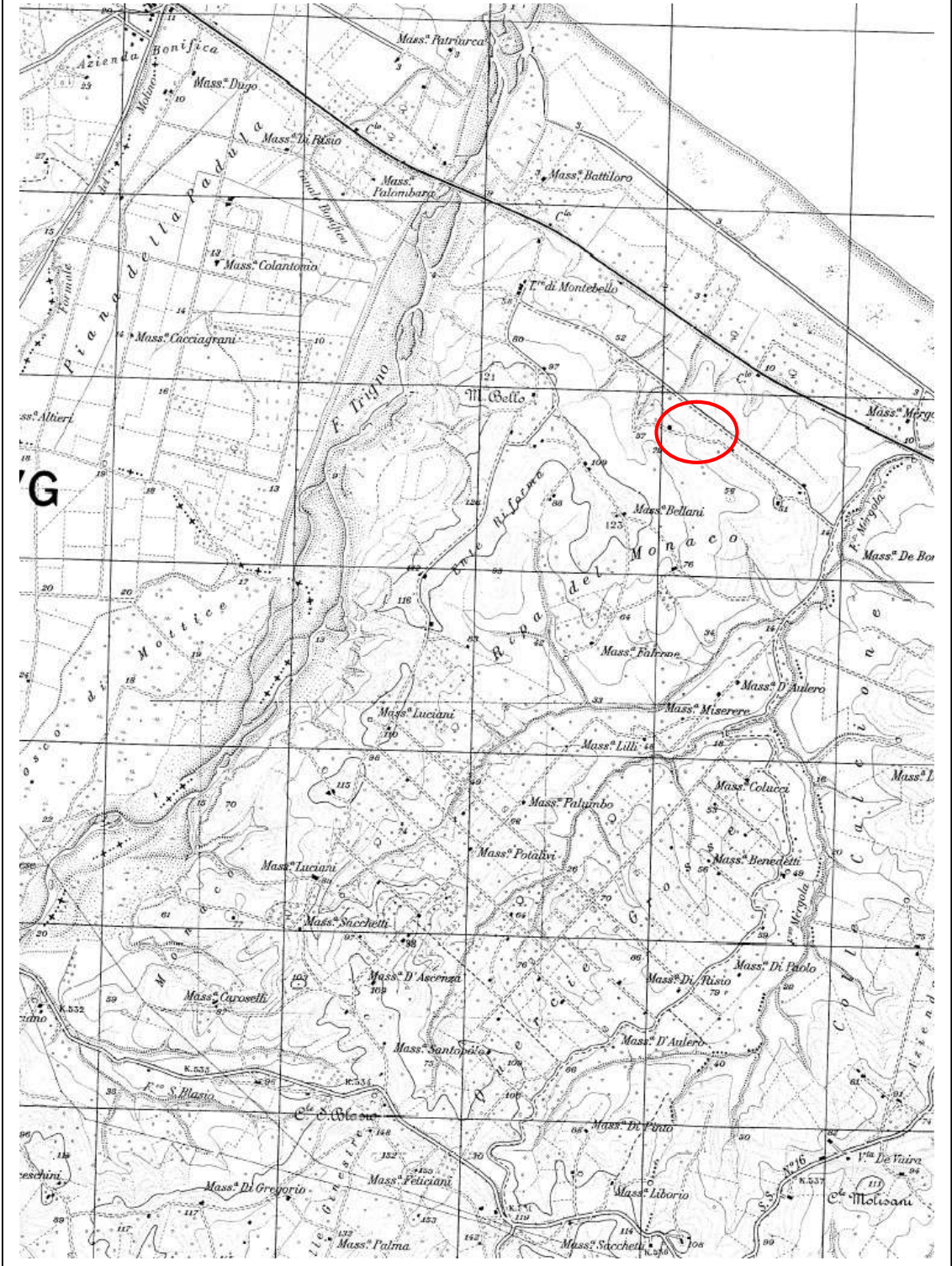
Per quanto riguarda il piano per l'assetto idrogeologico della regione, l'area non rientra all'interno di zone perimetrale a rischio e per la caratterizzazione dinamica dei terreni, in base alle direttive della normativa sismica si ha un suolo appartenente alla *classe C*.

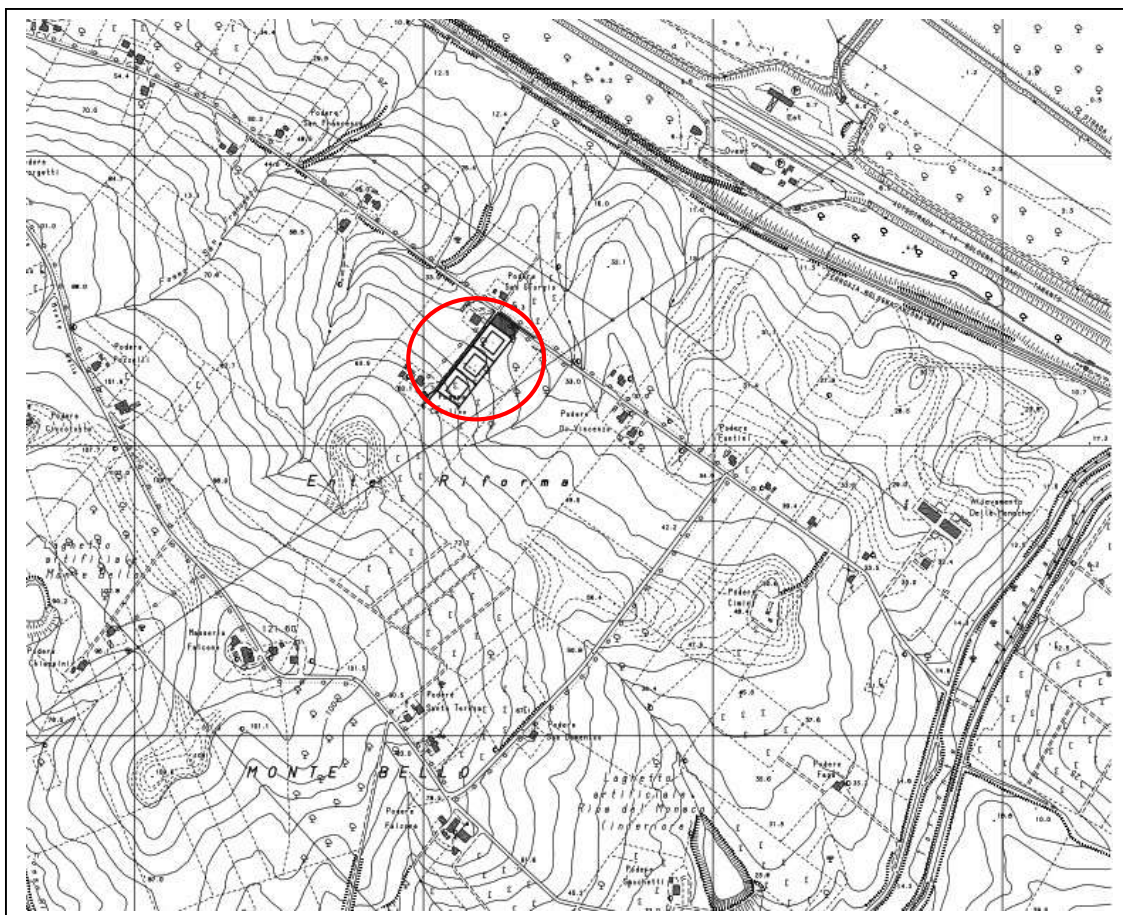
In conclusione, quindi, il complesso delle caratteristiche presentate dall'area interessata dalla lottizzazione hanno fatto definire la stessa Buona ai fini edificatori.

Giugno 2025

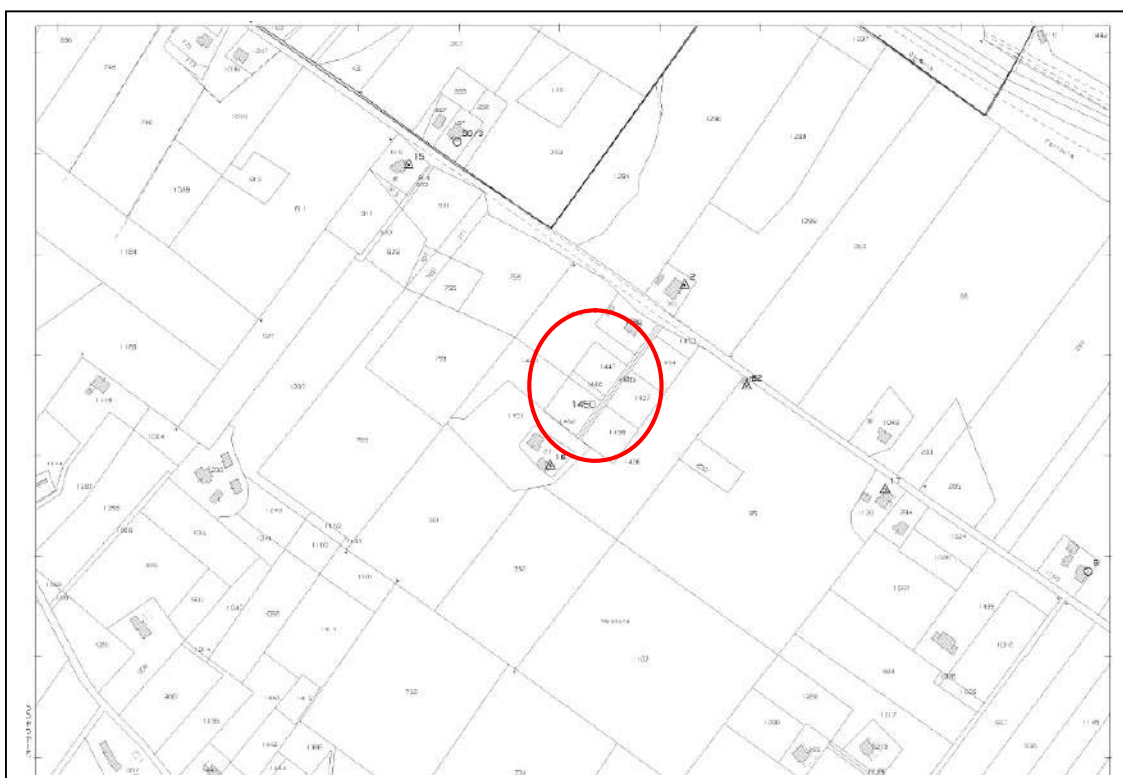


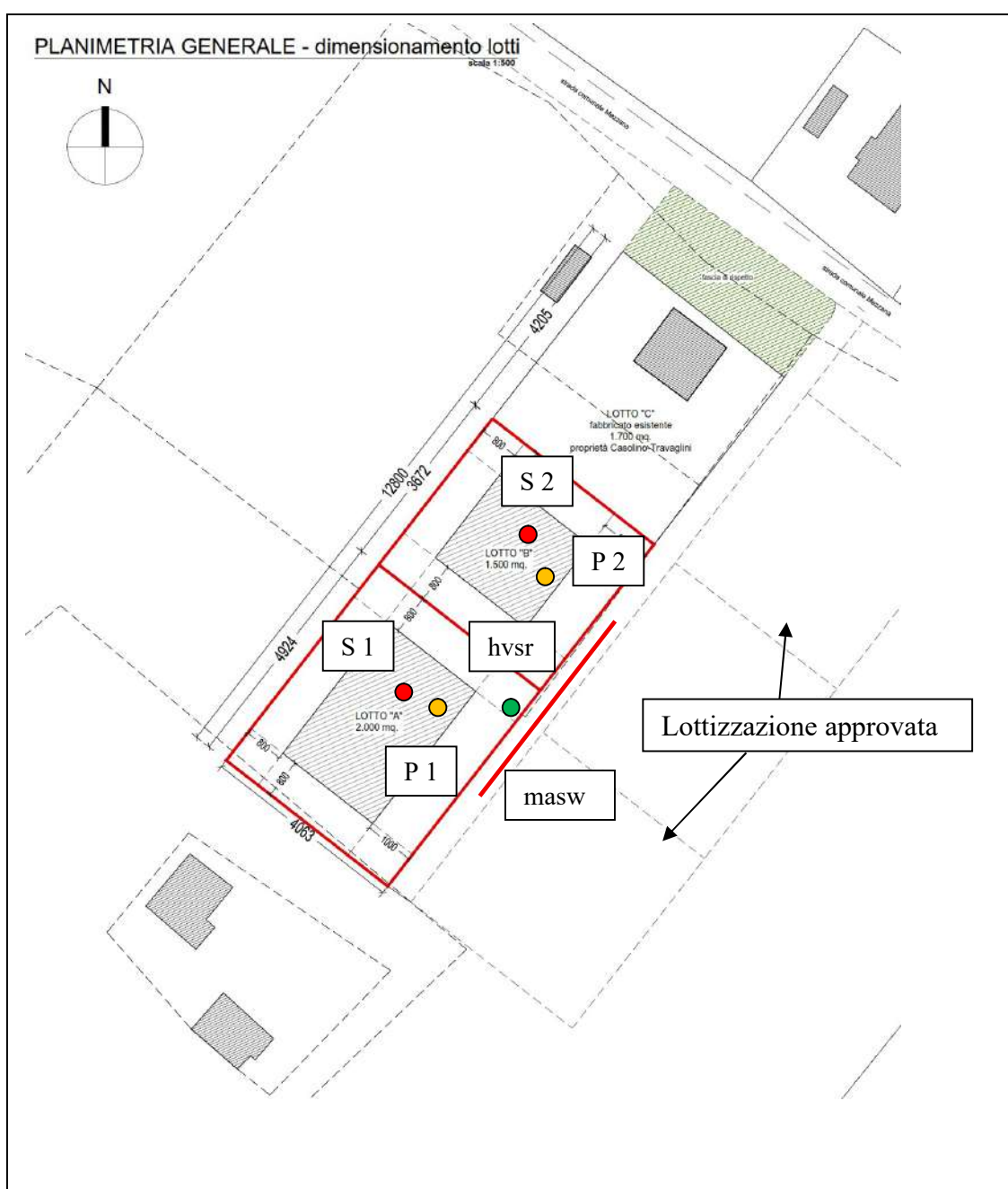
Dott. Geol. Gianfranco Sabatino





Stralcio carta tecnica regionale e catastale





- S sondaggio a carotaggio continuo
- P prova penetrometrica dinamica
- Hvsr sismica a stazione singola
- / Stesa sismica masw

|                                |                 |                                                                                                                                                                                 |                                                                                                               |   |       |                                                                   |              |
|--------------------------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------|-------------------------------------------------------------------|--------------|
| DITTA ESECUTRICE<br>TRVEL PALI |                 | COMMITTENTE: CASOLINO GIANNI<br><br>LOCALITA':MONTENERO DI BIS. (CB) MONTEBELLO<br>CANTIERE: LOTTIZZAZIONE<br><br>PERFORAZIONE: carotaggio continuo<br>QUOTA: piano di campagna |                                                                                                               |   |       | SONDAGGIO N. 1<br><br>Data:<br>MAGGIO 2025<br><br>F o g l i o 1/1 |              |
| PROSPETTO STRATIGRAFICO        |                 |                                                                                                                                                                                 |                                                                                                               |   |       | Scala 1:100                                                       |              |
| Profondità<br>ml.              | SPESSORE<br>ml. | SIMBOLOGIA                                                                                                                                                                      | L I T O L O G I A                                                                                             | σ | FALDA | Rp<br>kg./cmq.                                                    | SPT<br>COLPI |
| 0.8                            | 1               |                                                                                                                                                                                 | TERRENO VEGETALE                                                                                              |   |       |                                                                   |              |
| 1.2                            | 0.8             |                                                                                                                                                                                 |                                                                                                               |   |       |                                                                   |              |
|                                | 0.4             |                                                                                                                                                                                 | LIMO SABBIOSO AVANA BASSA CONSISTENZA                                                                         |   |       |                                                                   |              |
| 2                              |                 |                                                                                                                                                                                 | LIMO ARGILLO-SABBIOSO AVANA CON STRIATURE GRIGIE E LIVELLETTI SABBIOSI GIALLINI INIZIALMENTE POCO CONSISTENTE |   |       |                                                                   |              |
| 3                              |                 |                                                                                                                                                                                 |                                                                                                               |   |       |                                                                   |              |
| 4                              |                 |                                                                                                                                                                                 |                                                                                                               |   |       |                                                                   |              |
| 5                              |                 |                                                                                                                                                                                 |                                                                                                               |   |       |                                                                   |              |
| 6                              |                 |                                                                                                                                                                                 |                                                                                                               |   |       |                                                                   |              |
| 7                              | 6.6             |                                                                                                                                                                                 |                                                                                                               |   |       |                                                                   |              |
| 7.8                            |                 |                                                                                                                                                                                 |                                                                                                               |   |       |                                                                   |              |
| 8                              |                 |                                                                                                                                                                                 | LIMO ARGILLOSO AVANA E GRIGIA CON LIVELLETTI SABBIOSI SPARSI, MEDIAMENTE CONSISTENTE                          |   |       |                                                                   |              |
| 8.8                            | 1.0             |                                                                                                                                                                                 |                                                                                                               |   |       |                                                                   |              |
| 9                              |                 |                                                                                                                                                                                 |                                                                                                               |   |       |                                                                   |              |
| 10                             |                 |                                                                                                                                                                                 | ARGILLA LIMOSA GRIGIA CON LIVELLETTI SABBIOSI                                                                 |   |       |                                                                   |              |
| 11                             |                 |                                                                                                                                                                                 |                                                                                                               |   |       |                                                                   |              |
| 12                             |                 |                                                                                                                                                                                 |                                                                                                               |   |       |                                                                   |              |
| 13                             |                 |                                                                                                                                                                                 |                                                                                                               |   |       |                                                                   |              |
| 14                             |                 |                                                                                                                                                                                 |                                                                                                               |   |       |                                                                   |              |
| 15                             |                 |                                                                                                                                                                                 |                                                                                                               |   |       |                                                                   |              |
| 16                             |                 |                                                                                                                                                                                 |                                                                                                               |   |       |                                                                   |              |
| 17                             |                 |                                                                                                                                                                                 |                                                                                                               |   |       |                                                                   |              |
| 18                             |                 |                                                                                                                                                                                 |                                                                                                               |   |       |                                                                   |              |
| 19                             |                 |                                                                                                                                                                                 |                                                                                                               |   |       |                                                                   |              |
| 20                             |                 |                                                                                                                                                                                 |                                                                                                               |   |       |                                                                   |              |

|                                                    |                 |                                                                                                                                                                                 |                                                                                    |   |       |                                                                   |              |
|----------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---|-------|-------------------------------------------------------------------|--------------|
| DITTA ESECUTRICE<br>TRVEL PALI                     |                 | COMMITTENTE: CASOLINO GIANNI<br><br>LOCALITA':MONTENERO DI BIS. (CB) MONTEBELLO<br>CANTIERE: LOTTIZZAZIONE<br><br>PERFORAZIONE: carotaggio continuo<br>QUOTA: piano di campagna |                                                                                    |   |       | SONDAGGIO N. 2<br><br>Data:<br>MAGGIO 2025<br><br>F o g l i o 1/1 |              |
| PROSPETTO STRATIGRAFICO                            |                 |                                                                                                                                                                                 |                                                                                    |   |       | Scala 1:100                                                       |              |
| Profondità<br>ml.                                  | SPESSORE<br>ml. | SIMBOLOGIA                                                                                                                                                                      | L I T O L O G I A                                                                  | σ | FALDA | Rp<br>kg./cmq.                                                    | SPT<br>COLPI |
| 1<br>2<br>3<br>4<br>4.1                            | 4.1             |                                                                                                                                                                                 | TERRENO VEGETALE E MATERIALE SCURO, TERROSO                                        |   |       |                                                                   |              |
| 5<br>5.2                                           | 1.1             |                                                                                                                                                                                 | LIMO SABBIOSO AVANA E AVANA SCURO<br>POCO CONSISTENTE                              |   |       |                                                                   |              |
| 6<br>7<br>8<br>9<br>9.5                            | 4.3             |                                                                                                                                                                                 | LIMO ARGILLO-SABBIOSO AVANA CON STRIATURE<br>GRIGIE E LIVELLETTI SABBIOSI GIALLINI |   |       |                                                                   |              |
| 10<br>10.8                                         | 1.3             |                                                                                                                                                                                 | LIMO ARGILLOSO AVANA E GRIGIA CON LIVELLETTI<br>SABBIOSI MEDIAMENTE CONSISTENTE    |   |       |                                                                   |              |
| 12<br>13<br>14<br>15<br>16<br>17<br>18<br>19<br>20 |                 |                                                                                                                                                                                 | ARGILLA LIMOSA GRIGIA CON LIVELLETTI SABBIOSI                                      |   |       |                                                                   |              |

# **GEOPROJECT**

STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA

VIA VALENTINA - MONTENERO DI BISACCIA (CB) -

TEL. 328 3262536

## INDAGINE PENETROMETRICA DINAMICA MEDIA

OGGETTO:

DIAGRAMMI N. DEI COLPI (N) E RESISTENZA DINAMICA (Rd)

TABELLE DEI VALORI DI RESISTENZA ALLA PENETRAZIONE

COMMITTENTE: CASOLINO GIANNI e TRAVAGLINI MARIA

LOCALITA': MONTENERO DI BIS. (CB) LOC. MONTEBELLO

CANTIERE: LOTTIZZAZIONE

DATA: MAGGIO 2025

### PENETROMETRO DINAMICO MEDIO

CARATTERISTICHE DELLO STRUMENTO:

M = 30 kg peso del maglio a caduta libera

H = 20 cm altezza costante di caduta del maglio

A = 10 cmq sezione della punta conica a perdere

P = 2,4 Kg/ml peso delle aste (di lunghezza 1 m e diametro 20 mm)

PARAMETRO DI RESISTENZA:

Rd = Resistenza dinamica di rottura alla punta (formula degli Olandesi):

$$R_d = \frac{M * M * H}{A * e (M + P)} * Chi$$

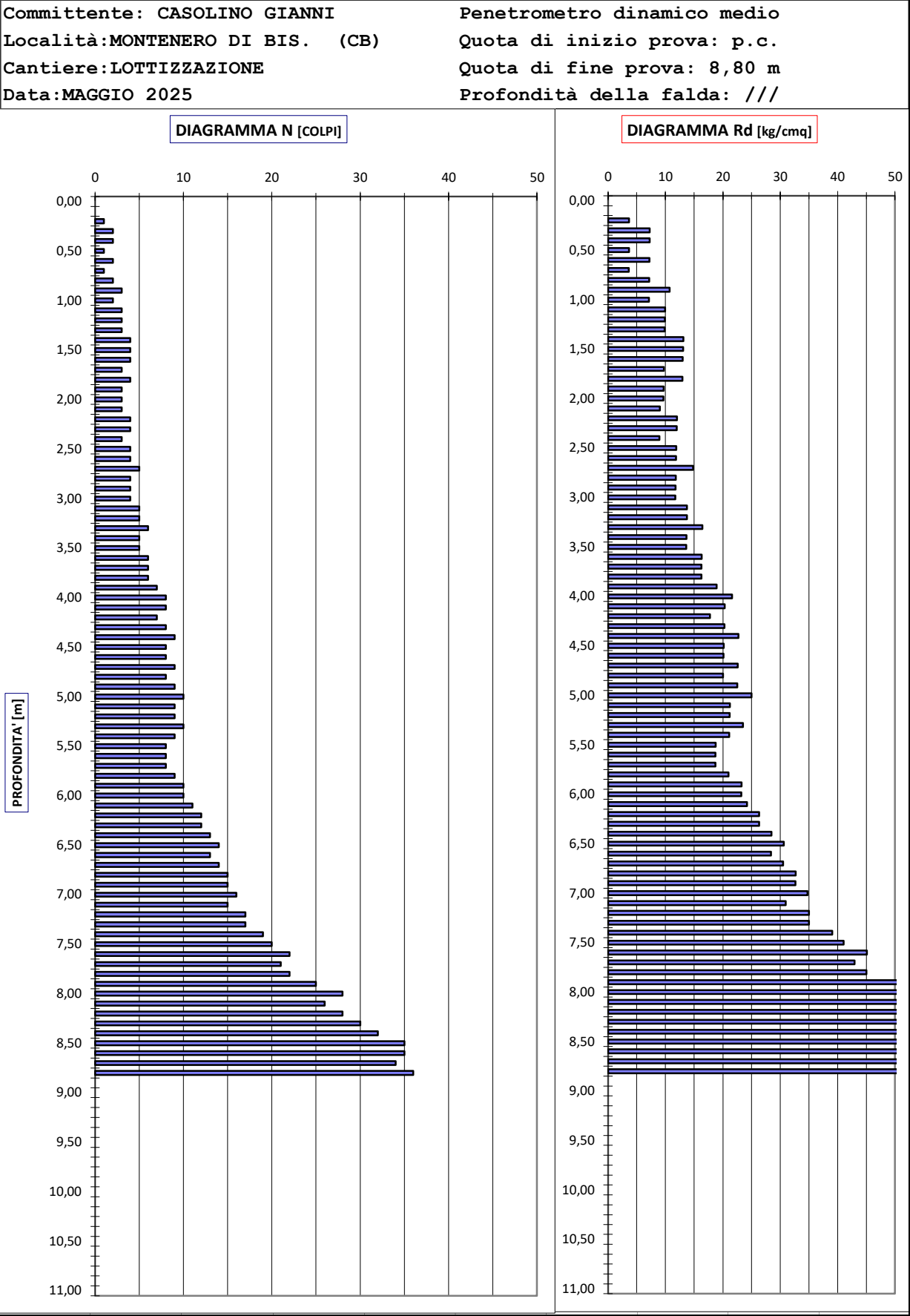
dove:

Chi = coefficiente caratteristico del penetrometro medio

e = 10/N, con N numero dei colpi per ogni approfondimento di 10 cm della punta.

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA MEDIA  
NUMERO DEI COLPI E RESISTENZA DINAMICA

N° 1



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA MEDIA N° 1

## TABELLA DEI VALORI DI RESISTENZA

Committente: CASOLINO e TRAVAGLINI

Penetrometro dinamico medio

Cantiere : LOTTIZZAZIONE

Quota di inizio prova : p.c.

Località: MONTENERO DI BIS. (CB) LOC. MONTEBELLO

Quota di fine prova : 8,8 m

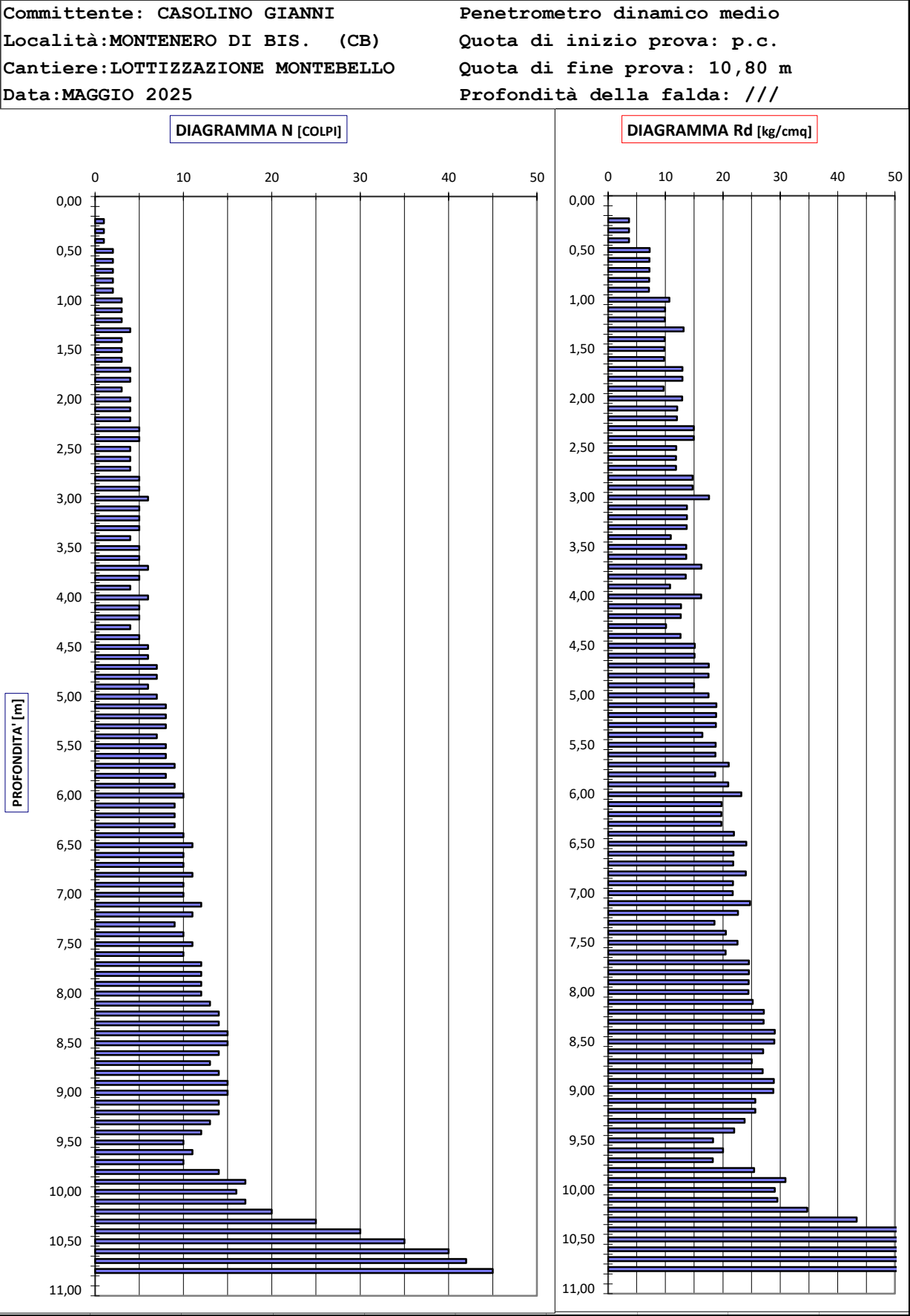
Data : MAGGIO 2025

Profondità della falda : ///

| ASTE | Prof. [m] | NUM. COLPI | Rd [Kg/cmq] | ASTE | Prof. [m] | NUM. COLPI | Rd [Kg/cmq] |
|------|-----------|------------|-------------|------|-----------|------------|-------------|
|      | 0,10      | 0          | 0,00        |      | 5,10      | 9          | 21,23       |
|      | 0,20      | 1          | 3,67        |      | 5,20      | 9          | 21,20       |
|      | 0,30      | 2          | 7,31        |      | 5,30      | 10         | 23,51       |
|      | 0,40      | 2          | 7,28        |      | 5,40      | 9          | 21,12       |
|      | 0,50      | 1          | 3,63        |      | 5,50      | 8          | 18,74       |
|      | 0,60      | 2          | 7,23        |      | 5,60      | 8          | 18,71       |
|      | 0,70      | 1          | 3,60        |      | 5,70      | 8          | 18,68       |
|      | 0,80      | 2          | 7,18        |      | 5,80      | 9          | 20,98       |
|      | 0,90      | 3          | 10,73       |      | 5,90      | 10         | 23,27       |
| 1    | 1,00      | 2          | 6,64        | 6    | 6,00      | 10         | 21,13       |
|      | 1,10      | 3          | 9,93        |      | 6,10      | 11         | 23,21       |
|      | 1,20      | 3          | 9,90        |      | 6,20      | 12         | 25,28       |
|      | 1,30      | 3          | 9,87        |      | 6,30      | 12         | 25,25       |
|      | 1,40      | 4          | 13,12       |      | 6,40      | 13         | 27,31       |
|      | 1,50      | 4          | 13,07       |      | 6,50      | 14         | 29,37       |
|      | 1,60      | 4          | 13,04       |      | 6,60      | 13         | 27,24       |
|      | 1,70      | 3          | 9,75        |      | 6,70      | 14         | 29,29       |
|      | 1,80      | 4          | 12,96       |      | 6,80      | 15         | 31,34       |
|      | 1,90      | 3          | 9,69        |      | 6,90      | 15         | 42,90       |
| 2    | 2,00      | 3          | 9,39        | 7    | 7,00      | 16         | 33,07       |
|      | 2,10      | 3          | 9,02        |      | 7,10      | 15         | 30,96       |
|      | 2,20      | 4          | 12,00       |      | 7,20      | 17         | 35,04       |
|      | 2,30      | 4          | 11,96       |      | 7,30      | 17         | 34,99       |
|      | 2,40      | 3          | 8,95        |      | 7,40      | 19         | 39,05       |
|      | 2,50      | 4          | 11,90       |      | 7,50      | 20         | 41,04       |
|      | 2,60      | 4          | 11,87       |      | 7,60      | 22         | 45,08       |
|      | 2,70      | 5          | 14,80       |      | 7,70      | 21         | 42,97       |
|      | 2,80      | 4          | 11,81       |      | 7,80      | 22         | 44,95       |
|      | 2,90      | 4          | 11,78       |      | 7,90      | 25         | 51,00       |
| 3    | 3,00      | 4          | 11,04       | 8    | 8,00      | 28         | 54,40       |
|      | 3,10      | 5          | 13,76       |      | 8,10      | 26         | 50,44       |
|      | 3,20      | 5          | 13,73       |      | 8,20      | 28         | 54,26       |
|      | 3,30      | 6          | 16,44       |      | 8,30      | 30         | 58,08       |
|      | 3,40      | 5          | 13,67       |      | 8,40      | 32         | 61,89       |
|      | 3,50      | 5          | 13,64       |      | 8,50      | 35         | 67,62       |
|      | 3,60      | 6          | 16,33       |      | 8,60      | 35         | 67,55       |
|      | 3,70      | 6          | 16,30       |      | 8,70      | 34         | 65,55       |
|      | 3,80      | 6          | 16,26       |      | 8,80      | 36         | 69,34       |
|      | 3,90      | 7          | 18,94       |      |           |            |             |
| 4    | 4,00      | 8          | 20,36       |      |           |            |             |
|      | 4,10      | 8          | 20,32       |      |           |            |             |
|      | 4,20      | 7          | 17,75       |      |           |            |             |
|      | 4,30      | 8          | 20,24       |      |           |            |             |
|      | 4,40      | 9          | 22,73       |      |           |            |             |
|      | 4,50      | 8          | 20,16       |      |           |            |             |
|      | 4,60      | 8          | 20,12       |      |           |            |             |
|      | 4,70      | 9          | 22,60       |      |           |            |             |
|      | 4,80      | 8          | 20,06       |      |           |            |             |
|      | 4,90      | 9          | 22,52       |      |           |            |             |
| 5    | 5,00      | 10         | 23,63       |      |           |            |             |

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA MEDIA  
NUMERO DEI COLPI E RESISTENZA DINAMICA

N° 2



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA MEDIA N° 2

## TABELLA DEI VALORI DI RESISTENZA

Committente: CASOLINO e TRAVAGLINI

Penetrometro dinamico medio

Cantiere : LOTTIZZAZIONE

Quota di inizio prova : p.c.

Località: MONTENERO DI BIS. (CB) LOC. MONTEBELLO

Quota di fine prova : 10,8 m

Data : MAGGIO 2025

Profondità della falda : ///

| ASTE | Prof. [m] | NUM. COLPI | Rd [Kg/cmq] | ASTE | Prof. [m] | NUM. COLPI | Rd [Kg/cmq] |
|------|-----------|------------|-------------|------|-----------|------------|-------------|
|      | 0,10      | 0          | 0,00        |      | 5,10      | 8          | 18,87       |
|      | 0,20      | 1          | 3,67        |      | 5,20      | 8          | 18,84       |
|      | 0,30      | 1          | 3,65        |      | 5,30      | 8          | 18,81       |
|      | 0,40      | 1          | 3,64        |      | 5,40      | 7          | 16,43       |
|      | 0,50      | 2          | 7,25        |      | 5,50      | 8          | 18,74       |
|      | 0,60      | 2          | 7,23        |      | 5,60      | 8          | 18,71       |
|      | 0,70      | 2          | 7,21        |      | 5,70      | 9          | 21,02       |
|      | 0,80      | 2          | 7,18        |      | 5,80      | 8          | 18,65       |
|      | 0,90      | 2          | 7,16        |      | 5,90      | 9          | 20,94       |
| 1    | 1,00      | 3          | 9,96        | 6    | 6,00      | 10         | 21,13       |
|      | 1,10      | 3          | 9,93        |      | 6,10      | 9          | 18,99       |
|      | 1,20      | 3          | 9,90        |      | 6,20      | 9          | 18,96       |
|      | 1,30      | 4          | 13,16       |      | 6,30      | 9          | 18,94       |
|      | 1,40      | 3          | 9,84        |      | 6,40      | 10         | 21,01       |
|      | 1,50      | 3          | 9,80        |      | 6,50      | 11         | 23,08       |
|      | 1,60      | 3          | 9,78        |      | 6,60      | 10         | 20,95       |
|      | 1,70      | 4          | 13,00       |      | 6,70      | 10         | 20,92       |
|      | 1,80      | 4          | 12,96       |      | 6,80      | 11         | 22,98       |
|      | 1,90      | 3          | 9,69        |      | 6,90      | 10         | 28,60       |
| 2    | 2,00      | 4          | 12,52       | 7    | 7,00      | 10         | 20,67       |
|      | 2,10      | 4          | 12,02       |      | 7,10      | 12         | 24,77       |
|      | 2,20      | 4          | 12,00       |      | 7,20      | 11         | 22,67       |
|      | 2,30      | 5          | 14,96       |      | 7,30      | 9          | 18,52       |
|      | 2,40      | 5          | 14,92       |      | 7,40      | 10         | 20,55       |
|      | 2,50      | 4          | 11,90       |      | 7,50      | 11         | 22,57       |
|      | 2,60      | 4          | 11,87       |      | 7,60      | 10         | 20,49       |
|      | 2,70      | 4          | 11,84       |      | 7,70      | 12         | 24,55       |
|      | 2,80      | 5          | 14,76       |      | 7,80      | 12         | 24,52       |
|      | 2,90      | 5          | 14,72       |      | 7,90      | 12         | 24,48       |
| 3    | 3,00      | 6          | 16,55       | 8    | 8,00      | 12         | 23,32       |
|      | 3,10      | 5          | 13,76       |      | 8,10      | 13         | 25,22       |
|      | 3,20      | 5          | 13,73       |      | 8,20      | 14         | 27,13       |
|      | 3,30      | 5          | 13,70       |      | 8,30      | 14         | 27,10       |
|      | 3,40      | 4          | 10,93       |      | 8,40      | 15         | 29,01       |
|      | 3,50      | 5          | 13,64       |      | 8,50      | 15         | 28,98       |
|      | 3,60      | 5          | 13,61       |      | 8,60      | 14         | 27,02       |
|      | 3,70      | 6          | 16,30       |      | 8,70      | 13         | 25,06       |
|      | 3,80      | 5          | 13,55       |      | 8,80      | 14         | 26,96       |
|      | 3,90      | 4          | 10,82       |      | 8,90      | 15         | 28,86       |
| 4    | 4,00      | 6          | 15,27       | 9    | 9,00      | 15         | 27,54       |
|      | 4,10      | 5          | 12,70       |      | 9,10      | 14         | 25,68       |
|      | 4,20      | 5          | 12,68       |      | 9,20      | 14         | 25,65       |
|      | 4,30      | 4          | 10,12       |      | 9,30      | 13         | 23,79       |
|      | 4,40      | 5          | 12,63       |      | 9,40      | 12         | 21,94       |
|      | 4,50      | 6          | 15,12       |      | 9,50      | 10         | 18,26       |
|      | 4,60      | 6          | 15,09       |      | 9,60      | 11         | 20,06       |
|      | 4,70      | 7          | 17,58       |      | 9,70      | 10         | 18,22       |
|      | 4,80      | 7          | 17,55       |      | 9,80      | 14         | 25,48       |
|      | 4,90      | 6          | 15,01       |      | 9,90      | 17         | 30,91       |
| 5    | 5,00      | 7          | 16,54       | 10   | 10,00     | 16         | 27,82       |

**STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA**

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

|                                                       |                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                       | <b>Data: novembre 2024</b>                                                                                                                           |
|                                                       | <b>Il committente: Casolino e Travaglini</b>                                                                                                         |
|                                                       | <b>IL Tecnico</b><br><b>Dott. Geol. Gianfranco SABATINO</b><br> |
|                                                       | <b>Il Progettista</b>                                                                                                                                |
| <b>Indagine geofisica tramite tecnica MASW e HVSR</b> |                                                                                                                                                      |

## **PREMESSA**

In ambito dello studio geologico per la lottizzazione di iniziativa privata di un'area contraddistinta nel PRG come "C4" destinata a residenza turistica in contrada Montebello nel comune di Montenero di Bisaccia, è stata svolta una campagna indagini consistita in una registrazione sismica di tipo masw e passiva a stazione singola hvsr.

## **Easy MASW**

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

### **Moto del segnale sismico**

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P**-Longitudinale: onda profonda di compressione;
- **S**-Trasversale: onda profonda di taglio;
- **L**-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R**-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

## **Onde di Rayleigh – “R”**

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P,S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

## **Analisi del segnale con tecnica MASW**

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

## **Modellizzazione**

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde

P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times \nu$$

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

### **Modi di vibrazione**

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

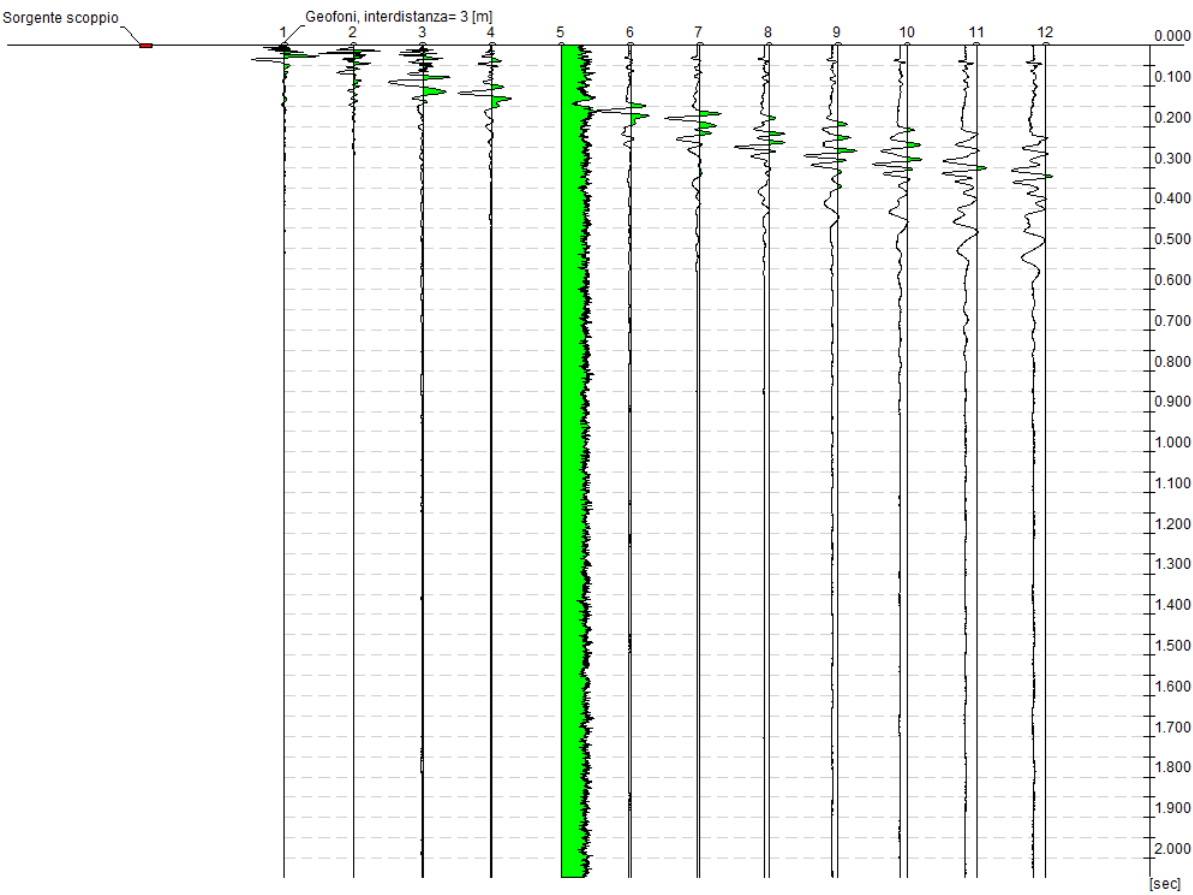
### **Profondità di indagine**

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



Tracce

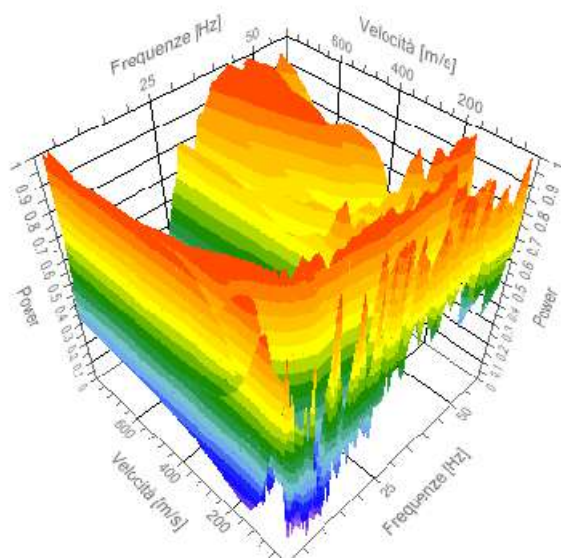
|                       |        |
|-----------------------|--------|
| N. tracce             | 12     |
| Durata acquisizione   | 2048.0 |
| [msec]                |        |
| Interdistanza geofoni | 3.0    |
| [m]                   |        |
| Periodo di            | 1.00   |
| campionamento         |        |
| [msec]                |        |



## Analisi spettrale

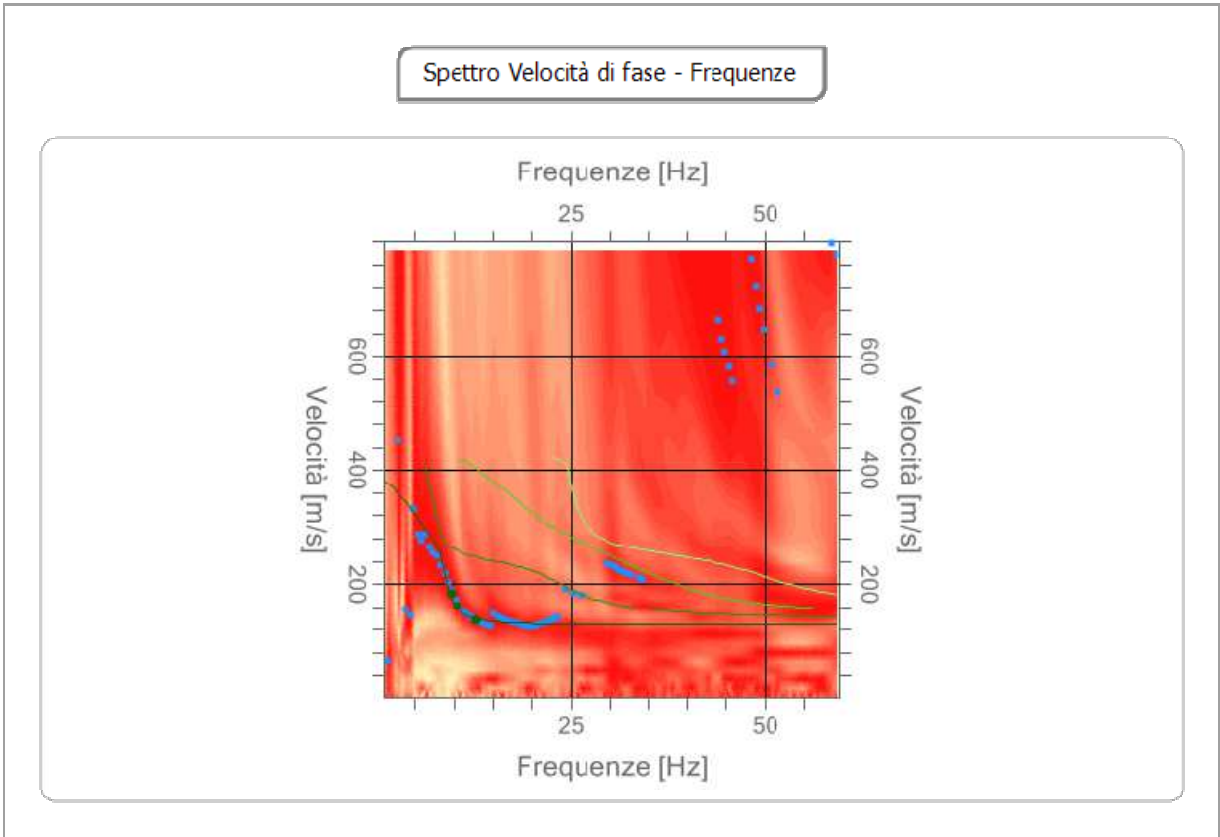
|                                          |     |
|------------------------------------------|-----|
| Frequenza minima di elaborazione [Hz]    | 1   |
| Frequenza massima di elaborazione [Hz]   | 60  |
| Velocità minima di elaborazione [m/sec]  | 1   |
| Velocità massima di elaborazione [m/sec] | 800 |
| Intervallo velocità [m/sec]              | 1   |

Spettro Velocità di fase - Frequenze



Curva di dispersione

| n. | Frequenza<br>[Hz] | Velocità<br>[m/sec] | Modo |
|----|-------------------|---------------------|------|
| 1  | 9.6               | 183.8               | 0    |
| 2  | 10.5              | 160.2               | 0    |
| 3  | 12.9              | 136.6               | 0    |



## Inversione

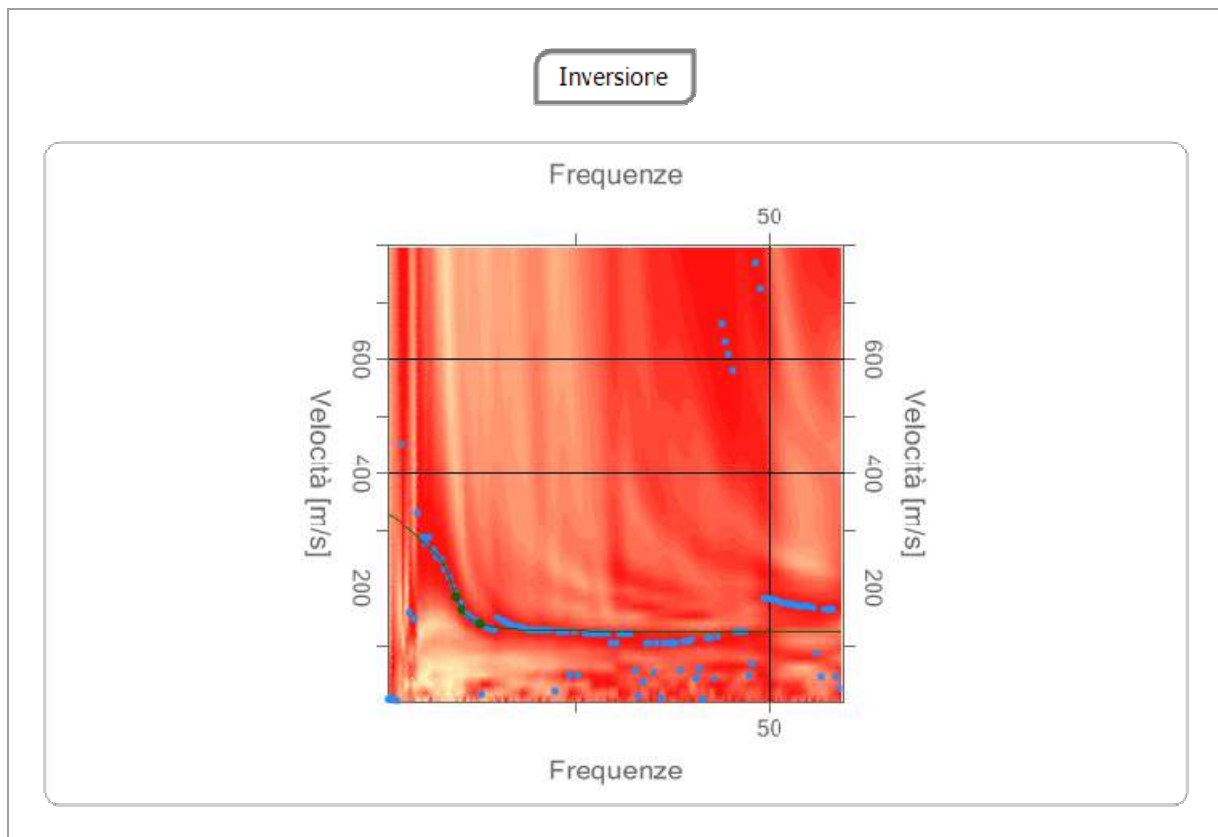
| n. | Descrizio<br>ne | Profondit<br>à<br>[m] | Spessore<br>[m] | Peso unità<br>volume<br>[kg/mc] | Coefficie<br>nte<br>Poisson | Falda | Vp<br>[m/sec] | Vs<br>[m/sec] |
|----|-----------------|-----------------------|-----------------|---------------------------------|-----------------------------|-------|---------------|---------------|
| 1  |                 | 5.90                  | 5.90            |                                 |                             |       | 249.1         | 133.1         |
| 2  |                 | 7.72                  | 1.82            |                                 |                             |       | 613.1         | 327.7         |
| 3  |                 | oo                    | oo              |                                 |                             |       | 678.0         | 362.4         |

Percentuale di errore

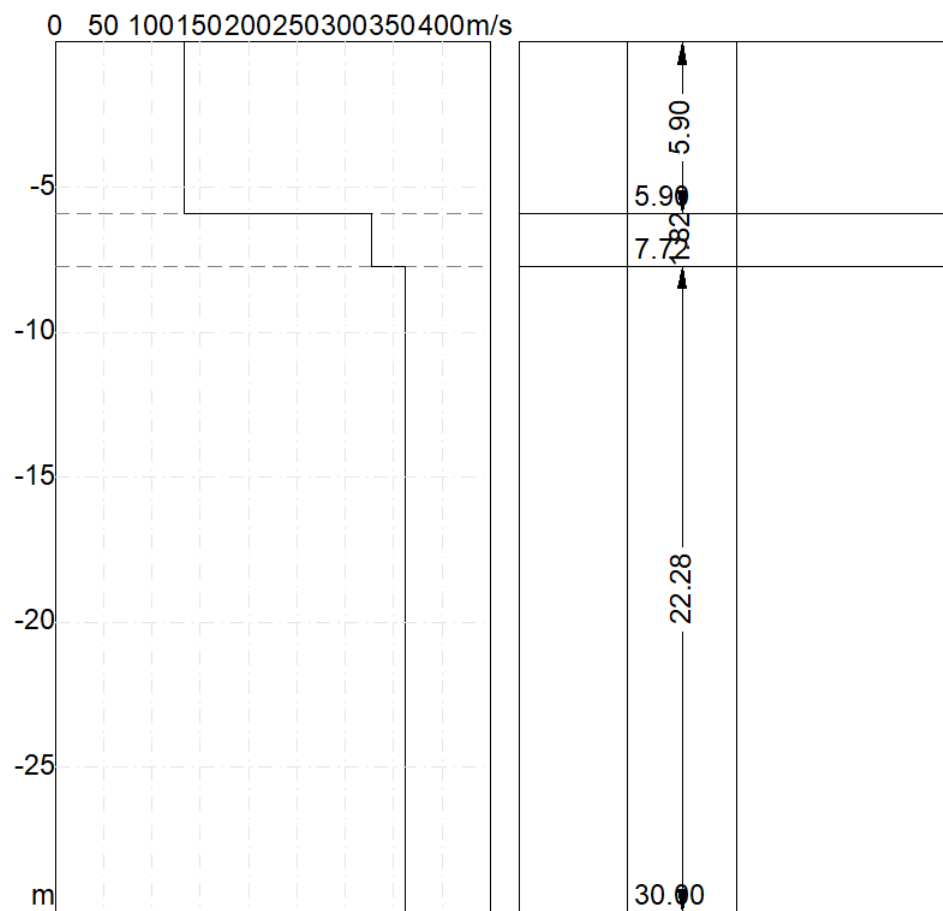
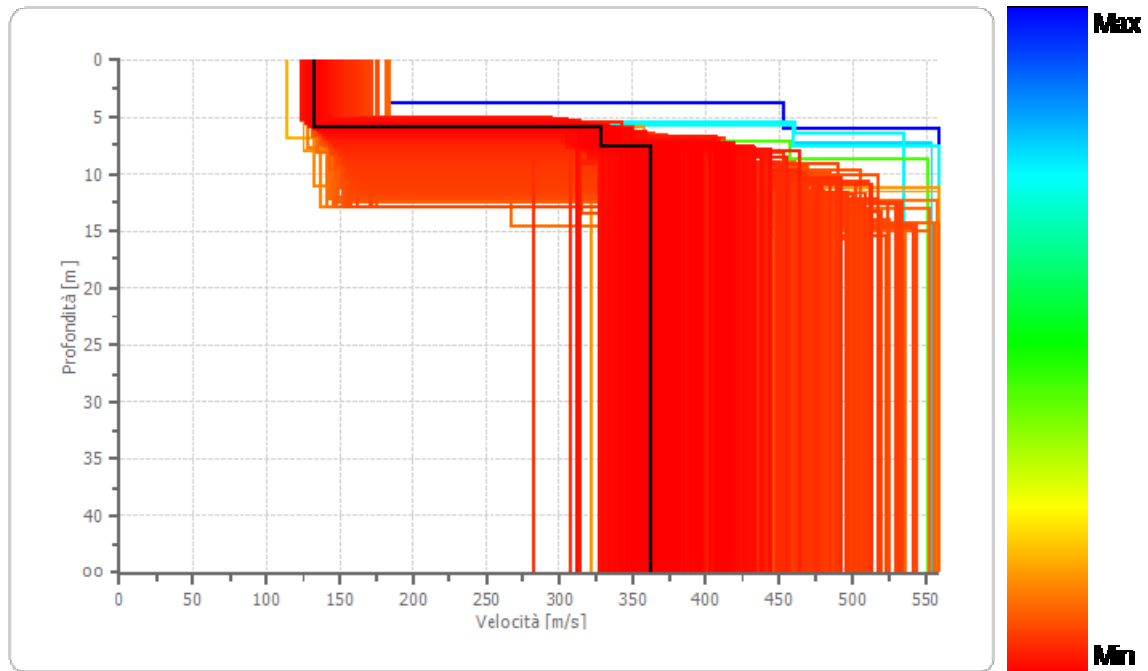
0.000 %

### Fattore di disadattamento della soluzione

0.000



Profilo di velocità



Risultati

|                     |        |
|---------------------|--------|
| Profondità piano di | 0.00   |
| posa [m]            |        |
| Vs30 [m/sec]        | 269.43 |
| Categoria del suolo | C      |

Altri parametri geotecnici

| n. | Profon<br>dità<br>[m] | Spesso<br>re<br>[m] | Vs<br>[m/s] | Vp<br>[m/s] | Densit<br>à<br>[kg/m<br>c] | Coeffi<br>ciente<br>Poisso<br>n | G0<br>[MPa] | Ed<br>[MPa] | M0<br>[MPa] | Ey<br>[MPa] | NSPT | Qc<br>[kPa] |
|----|-----------------------|---------------------|-------------|-------------|----------------------------|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------|-------------|
| 1  | 5.90                  | 5.90                | 133.14      | 249.07      |                            |                                 |             |             |             |             |      |             |
| 2  | 7.72                  | 1.82                | 327.72      | 613.10      |                            |                                 |             |             |             |             |      |             |
| 3  | oo                    | oo                  | 362.43      | 678.05      |                            |                                 |             |             |             |             |      |             |

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

## Cenni teorici della prova hvsr:

La tecnica HVSR permette in primo luogo di valutare la frequenza naturale di vibrazione di un sito. Scopo della definizione di frequenza del sito, consiste nel definire la frequenza per la quale il terreno può subire effetto di amplificazione sismica per effetto di risonanza legato alla variazione stratigrafica di maggior rilevanza.

Il tipo di stratigrafia sismica che la tecnica può fornire si basa sul concetto di contrasto di impedenza.

Il processing dei dati verte sul rapporto spettrale, tra il segnale del sensore verticale e quelli orizzontali, operando su finestre di selezione del segnale eliminando eventuali disturbi.

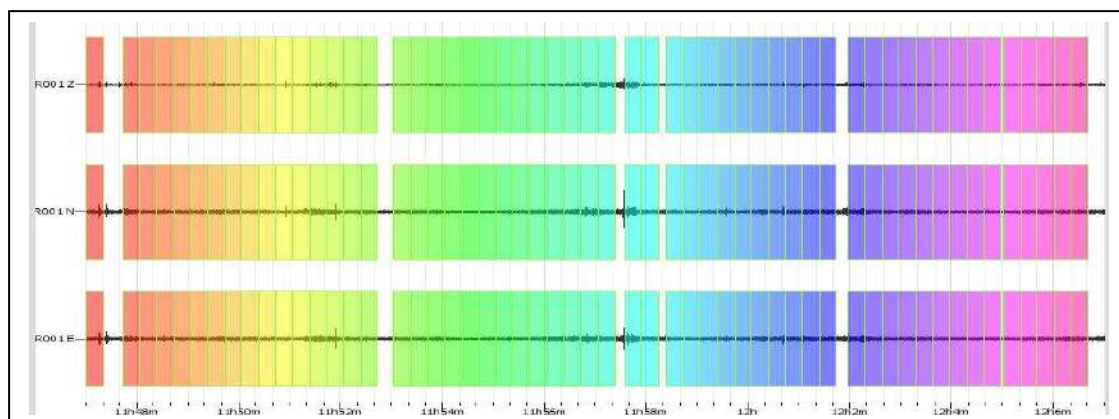
In linea generale, l'indagine deve prevedere almeno 20 minuti di registrazione con una frequenza di campionamento maggiore di 128 Hz.

Dalla registrazione del rumore sismico si è ricavata la curva H/V.

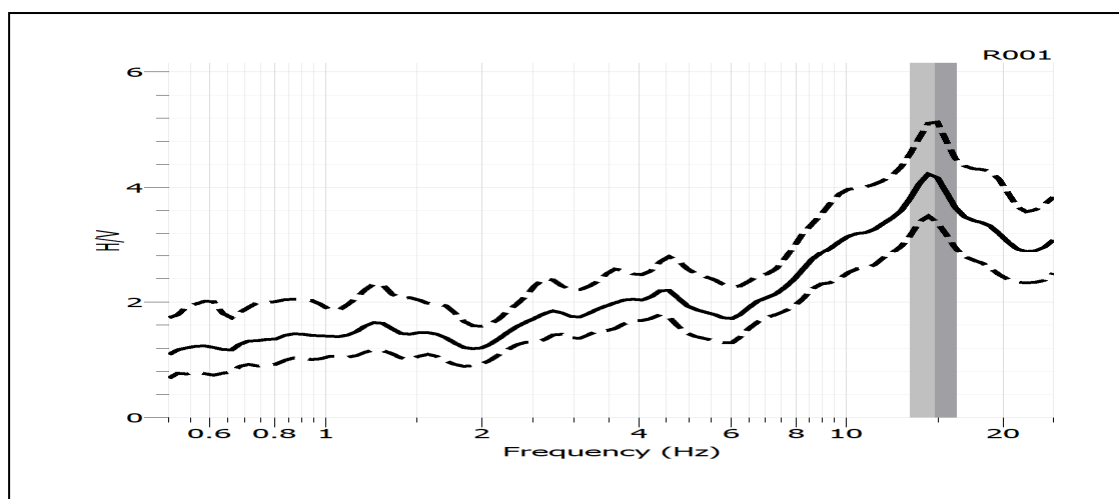
Nel rapporto tecnico si riportano i dati acquisiti e le risultanze specifiche.

L'elemento caratteristico della curva H/V, quello attraverso il quale esprime una serie di informazioni fondamentali è il picco o i picchi. Un picco è chiaramente tale se è prominente rispetto alla curva HVSR, sia in riferimento al tratto immediatamente precedente che quello immediatamente successivo. Nel nostro caso osserviamo la presenza di un picco definito individuato con  $F_0 = 14.81 \text{ Hz}$  ed un'ampiezza di picco  $A_0 = 4.45$  non si esclude comunque che tutti abbiano un significato fisico nel sottosuolo d'indagine.

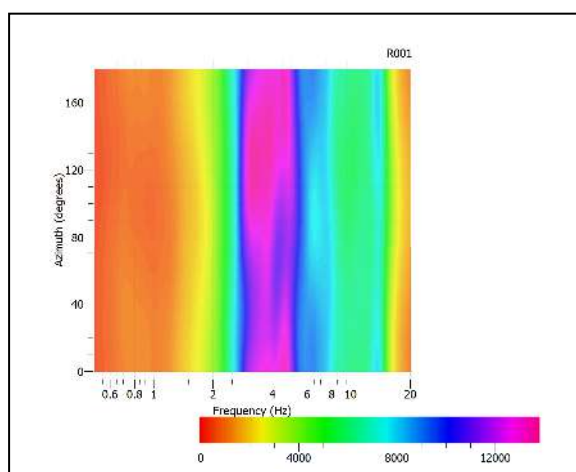
Inoltre, i dati ricavati dall'indagine sismica hvsr portano ad individuare per i terreni della successione dei valori delle velocità medie di propagazione sismica  $V_{s,eq}$  intorno ai  $330 \text{ m/s}$ , valori che indicano un suolo appartenente alla *classe C*. in accordo con quanto ricavato dalla prova masw.



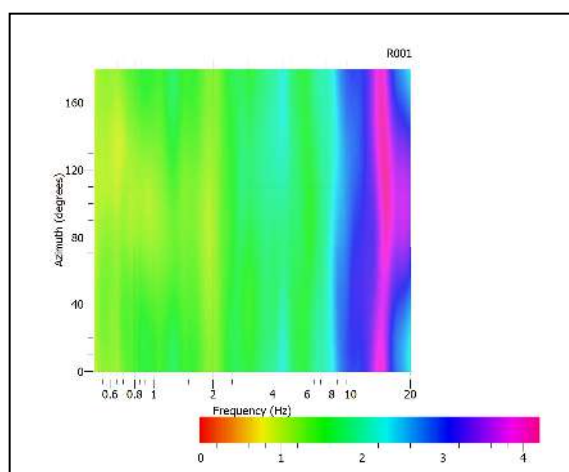
*Finestre temporali*



*rapporti H/V*

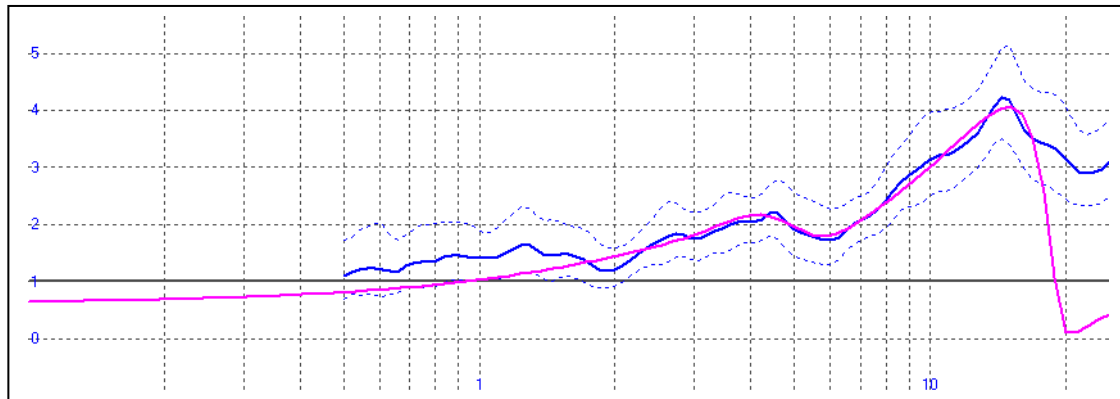


*Grafico della stazionarietà*



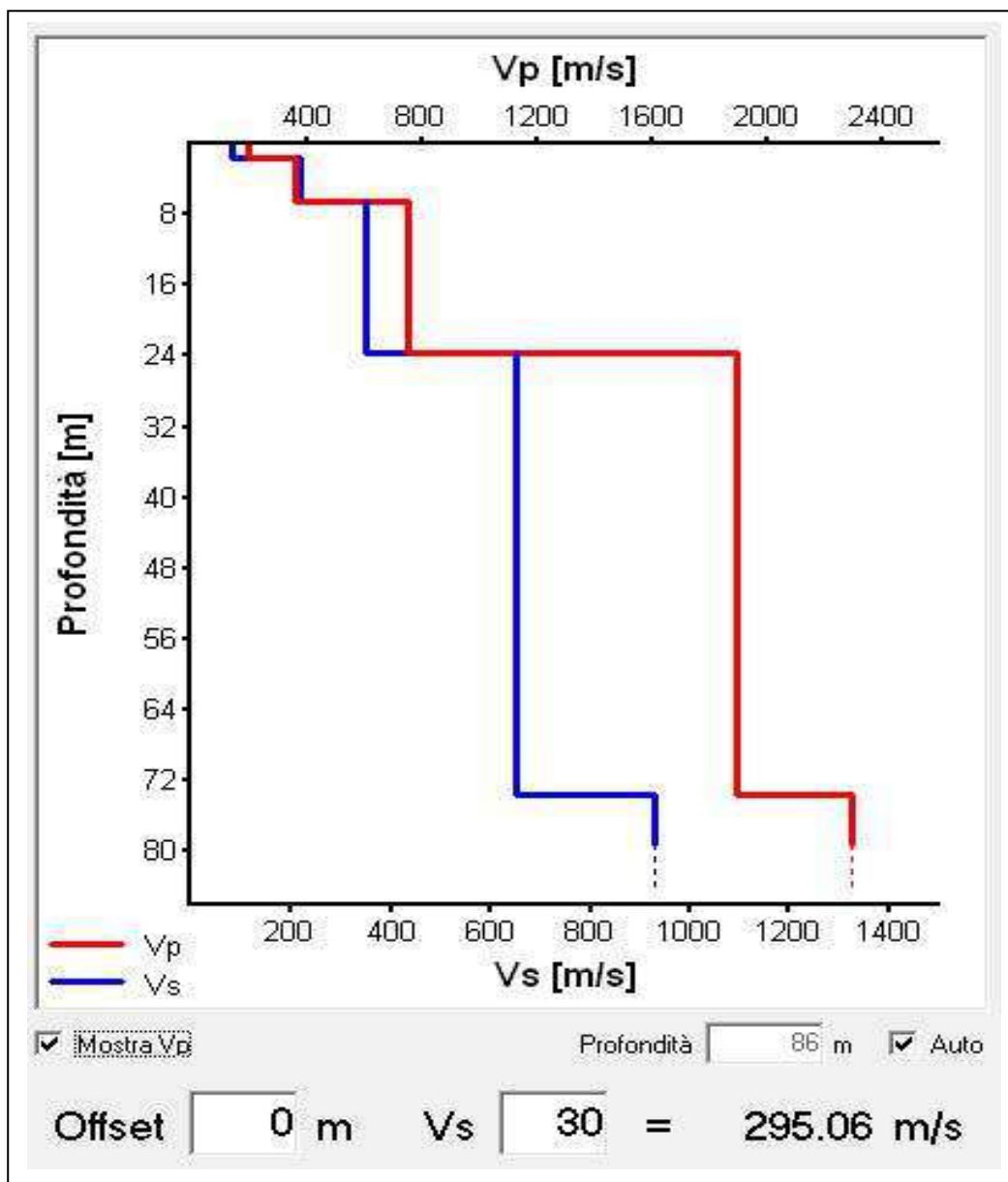
*Grafico della direzionalità*

Una volta elaborato il segnale è possibile ricostruire la curva di inversione, in modo da ottenere un modello della stratigrafia sismica più probabile del sito e ricavare diverse informazioni tra le quali la  $V_s$ .



— curva di ellitticità sperimentale — curva sintetica

| H [m] | D [m]  | VP [m/s] | VS [m/s] | RHO [Kg/m <sup>3</sup> ] | QP | QS |
|-------|--------|----------|----------|--------------------------|----|----|
| 1.6   | 1.6    | 200      | 80       | 1800                     | 50 | 50 |
| 5     | 6.6    | 360      | 215      | 1800                     | 50 | 50 |
| 17    | 23.6   | 750      | 350      | 1900                     | 50 | 50 |
| 50    | 73.6   | 1900     | 650      | 2000                     | 50 | 50 |
| -     | > 73.6 | 2300     | 930      | 2000                     | 50 | 50 |



Giugno 2025

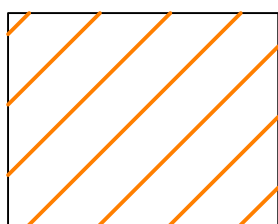
Dott. Geol. Gianfranco Sabatino



# CARTA GEOMORFOLITOLOGICA

(Scala 1 : 500)

## LEGENDA



### FORMAZIONE DELLE ARGILLE GRIGIO-AZZURRE

Unità rappresentata da una successione costituita da un orizzonte di limi argillosi avana con sparsi livelletti sabbiosi nella parte alta seguito, in profondità, dalle tipiche argille limose consolidate di colore grigio-azzurro che rappresentano il substrato inalterato.



● Sondaggio a carotaggio continuo



● Prova penetrometrica dinamica



● prospezione sismica a stazione singola hvsr



prospezione sismica masw

A

A'

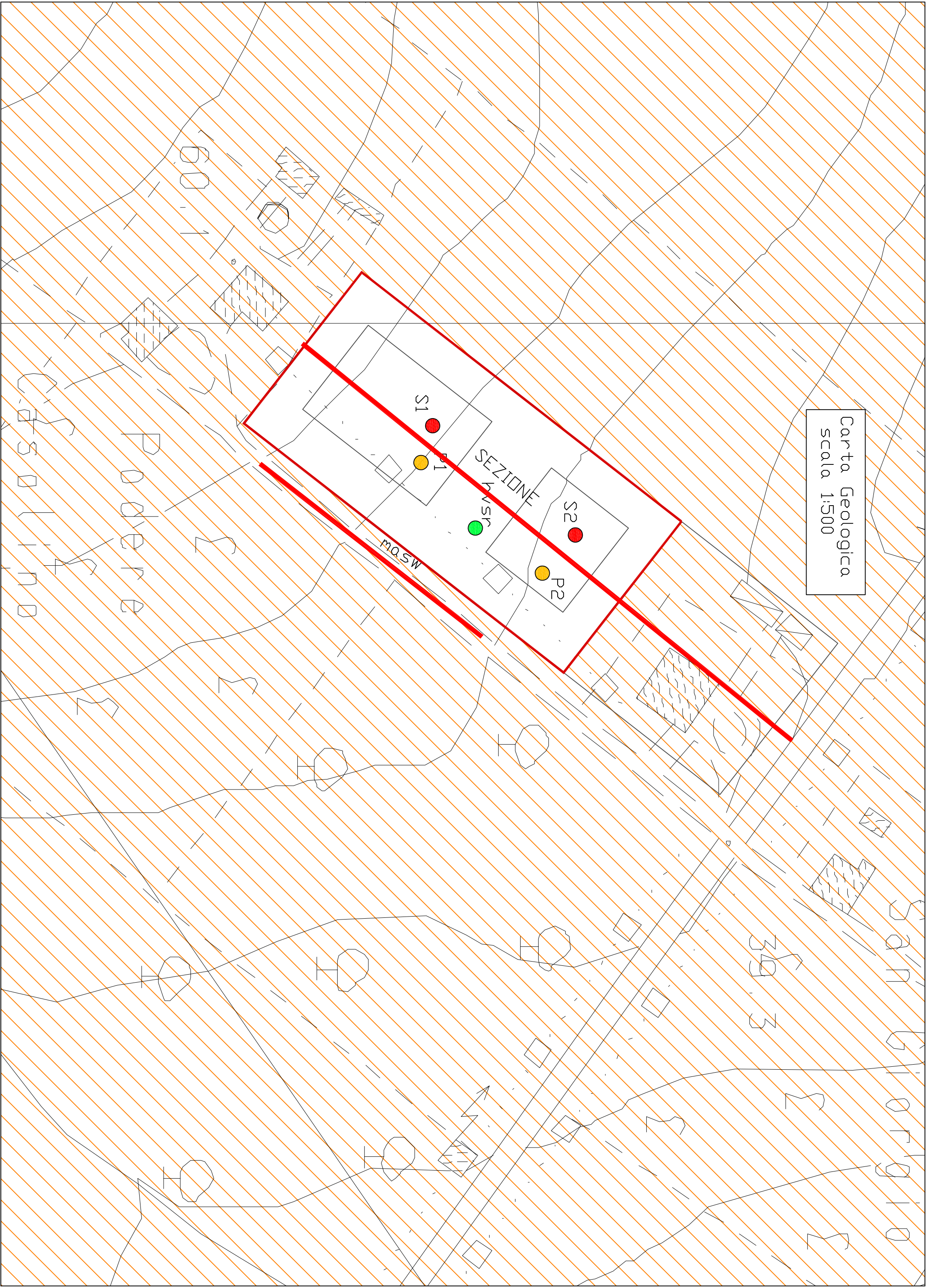


Traccia di sezione



Area interessata dal progetto

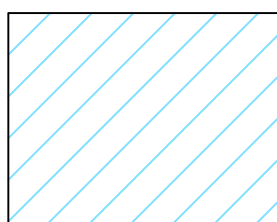
Carta Geologica  
scala 1:500



# CARTA GEOMORFOLITOLOGICA

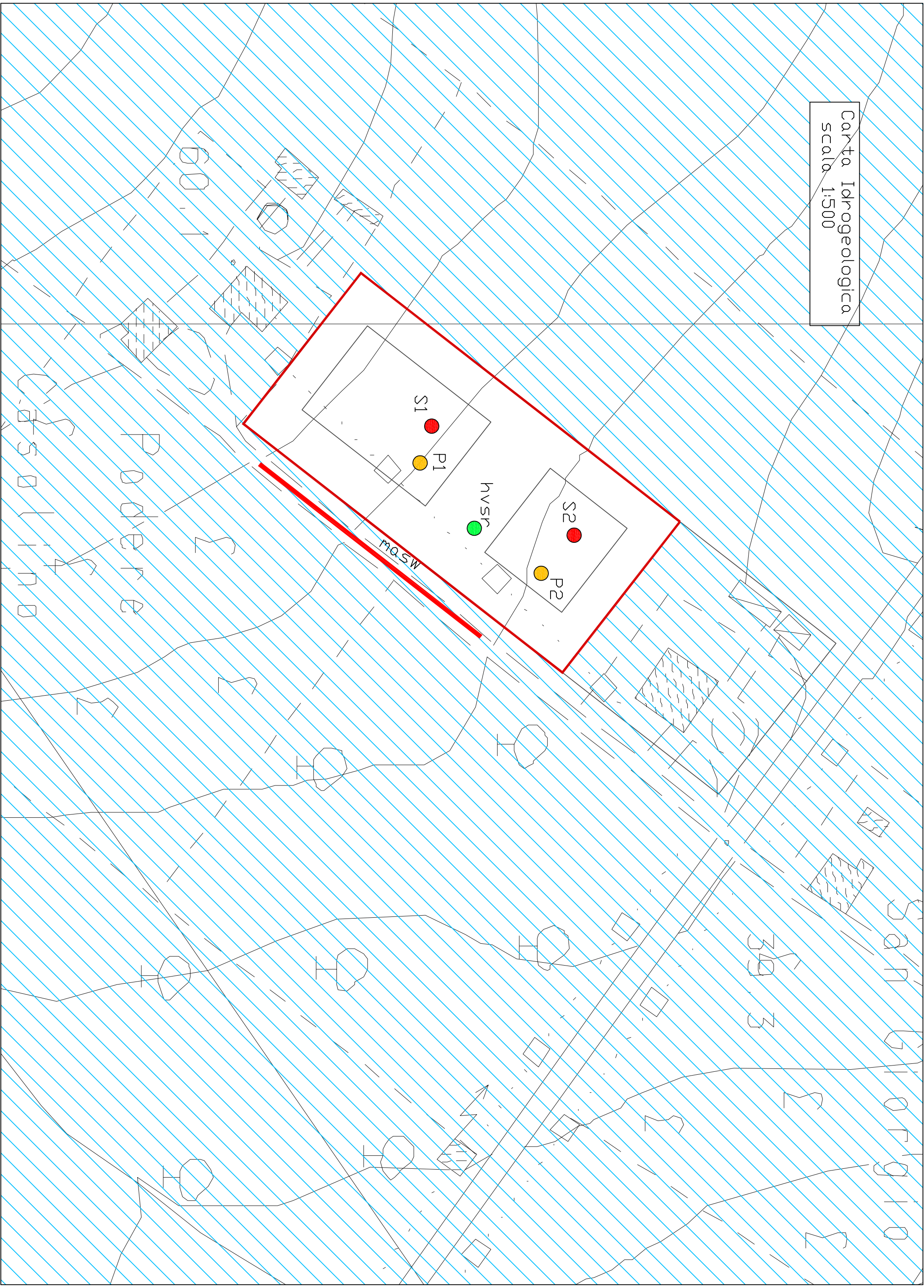
(Scala 1 : 500)

## LEGENDA



Terreni inizialmente classificati come MEDIAMENTE PERMEABILI seguiti da terreni limo-argillosi con livelletti sabbiosi collocati nella parte alta della successione e classificati come TERRENI POCO PERMEABILI con  $1 \cdot 10^{-6} < k < 1 \cdot 10^{-4}$ , cm/sec. A tale orizzonte, seguono in profondità da argille limose grigie definite praticamente IMPERMEABILI.

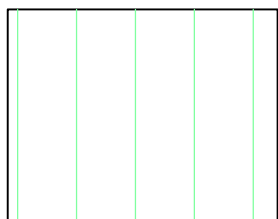
Carta Idrogeologica  
scala 1:500



# CARTA DELLA ZONAZIONE SISMICA E DELL'USO DEL TERRITORIO

(Scala 1 : 500)

## LEGENDA

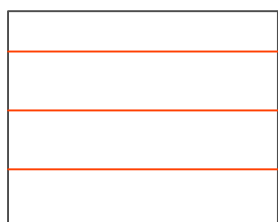


### ZONAZIONE SISMICA

Nella zonazione macrosismica regionale la nostra area rientra tra quelle classificate di III categoria.

Le indagini condotte hanno definito una microzona caratterizzata da un suolo appartenente alla "Classe C" secondo le indicazioni contenute nella normativa sismica italiana

individuando un valore di  $V_{s,eq} = 270-330$  m/sec.



L'area in esame è ubicata nella parte nord del territorio comunale, all'interno di una pendice debolmente acclive, orientata verso settentrione, dove non si registrano fenomeni di dissesto. La geologia è caratterizzata dall'unità delle argille grigio-azzurre plioceniche. La stratigrafia emersa presenta una

successione data da limi argillosi di colore avana al tetto seguite in profondità

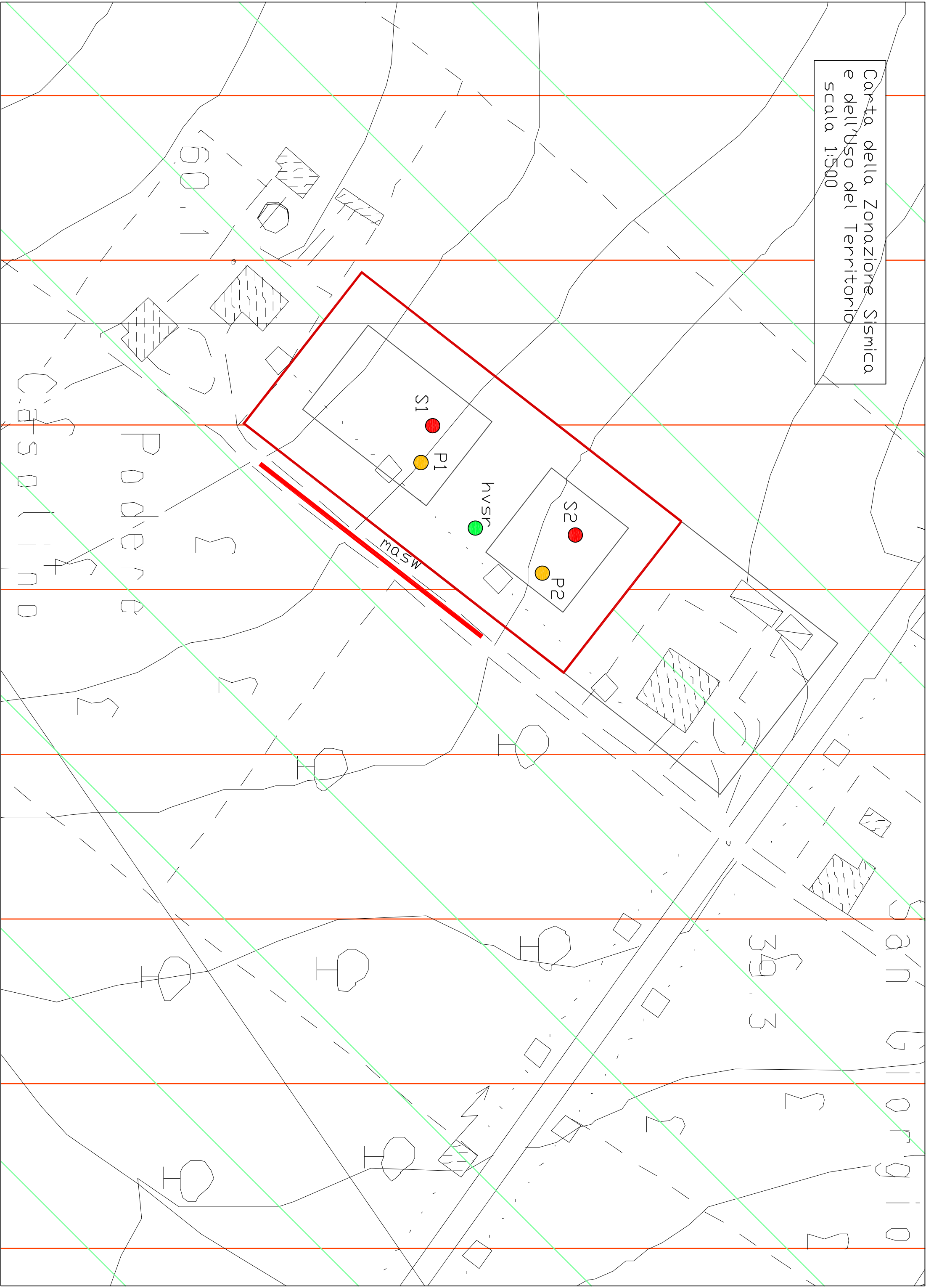
dalle argille consolidate grigio-azzurre che nei sondaggi è comparso ad una ad una profondità variabile intorno agli 9.0 e gli 11.0 m circa dal p.c.

La formazione risulta coperta da terreni eluvio colluviali molto diffusi all'interno di tutto il versante con spessori variabili. Nel nostro caso sono risultati intorno a i 2.0-5.0 m.

Dalle penetrometrie si evidenzia un andamento con la tendenza ad un aumento graduale delle resistenze con la profondità ed al passaggio agli orizzonti successivi

Considerando tutte le caratteristiche presentate dell'area tra cui una superficie topografica poco acclive ed assenza di forme di dissesto, portano ad una definizione complessiva dell'area come BUONA.

Carta della Zonazione Sismica  
e dell'Uso del Territorio  
scala 1:500



# SEZIONE GEOMORFOLOGICA PROFILO 1

scala 1:500

