



Data: 06/04/2022

Relazione tecnica composta da 26 pagine + Allegati 1-2.

**PROPOSTA DI REALIZZAZIONE DI UNA MEDIA STRUTTURA DI VENDITA (SUPERMERCATO ALIMENTARE) - PROPOSTA DEFINITVA, PROGRAMMI URBANI COMPLESSI - DA REALIZZARE NEL COMUNE DI MARTINSICURO (TE). MAPPA CATASTALE FOGLIO N. 12, MAPPALI 2944-2945-2946-2947-2661-2662-1917**

- Relazione geologico-geomorfologica ai sensi dell'Art. 89 DPR 380/2001;
- Modellazione Sismica;
- Vincolistica e Raccomandazioni.

Committente: DELTA COSTRUZIONI S.r.l.;



Collaboratore: Geologo Stefano MASSI

Geologo Roberto D'AMBROSIO

## SOMMARIO

<b>RELAZIONE GEOLOGICA</b> .....	3
UBICAZIONE AREA DI STUDIO .....	4
INQUADRAMENTO GEOLOGICO E STRUTTURALE .....	6
GEOMORFOLOGIA, IDROGEOLOGIA, RISCHIO IDROGEOLOGICO .....	9
PAI TRONTO.....	10
<b>MODELLAZIONE SISMICA</b> .....	13
CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE.....	14
CARTA DELLE MOPS (MS1) .....	17
<b>RELAZIONE GEOTECNICA SULLE INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE DEL VOLUME SIGNIFICATIVO DI TERRENO</b> .....	19
<b>CONCLUSIONI</b> .....	23
ELENCO ALLEGATI.....	26

## RELAZIONE GEOLOGICA

L'indagine geologica in oggetto è stata commissionata dalla **DELTA COSTRUZIONI S.r.l.** in merito alla **PROPOSTA DI REALIZZAZIONE DI UNA MEDIA STRUTTURA DI VENDITA (SUPERMERCATO ALIMENTARE) - PROPOSTA DEFINITVA, PROGRAMMI URBANI COMPLESSI - DA REALIZZARE NEL COMUNE DI MARTINSICURO (TE). MAPPA CATASTALE FOGLIO N. 12, MAPPALI 2944-2945-2946-2947-2661-2662-1917.**

Scopo dell'indagine è di comprendere le caratteristiche geologiche generali dell'area, le caratteristiche geomorfologiche e idrogeologiche, le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione.

L'indagine geologica si è articolata nelle seguenti fasi:

- Studio di cartografie ufficiali realizzate da Università ed Enti di Ricerca Italiani (*Carta Geologica d'Italia* al 100.000, *Carta Geologica Regionale*, *Studi di Microzonazione Sismica di livello 1*);
- Studio della cartografia ufficiale prodotta riguardante il rischio idrogeologico legato alle frane (PAI Tronto) realizzata da Enti Pubblici Regionali e Interregionali;
- Consultazione d'indagini puntuali e lineari storiche tratte dagli *Studi di Microzonazione Sismica di livello 1*;
- Reperimento d'indagini storiche sia geotecniche (DPSH *Dynamic Probing Super Heavy*) che sismiche (HVSr *Horizontal to Vertical Spectral Ratios* - MASW *Multichannel Analysis of Surface Waves*) realizzate nei pressi dell'area di studio e tratte da relazioni geologiche di proprietà della committenza.

Nel dettaglio si tende a determinare:

- la stratigrafia del sottosuolo lungo la verticale delle indagini storiche consultate fino ad indagare un volume significativo di influenza del manufatto;
- una stima delle caratteristiche fisico-meccaniche medie di ciascuno strato ed una stima dei principali parametri geotecnici dei livelli individuati;
- le frequenze di vibrazione naturale del terreno  $f_0, f_1, \dots$ ;
- una stima della categoria del suolo (DM 17/01/2018 - NTC 2018);
- la presenza di una circolazione idrica nel sottosuolo;
- l'eventuale presenza di vincoli normativi legati al rischio idrogeologico derivante dalle frane (PAI Tronto).

**Questa Relazione Geologica**, pertanto, seguendo i dettami della normativa vigente, è **finalizzata alla costruzione del modello geologico-geomorfologico del sito ed alla caratterizzazione geotecnica e sismica dei terreni nel volume significativo di sottosuolo, al fine di fornire all'Amministrazione Comunale e al competente ufficio tecnico regionale elementi per esprimere un parere sugli strumenti urbanistici** (cifr. Art. 89 del DPR 380/2001). Infine si forniscono, ai Progettisti, utili indicazioni sulla tipologia fondale più idonea.

## UBICAZIONE AREA DI STUDIO

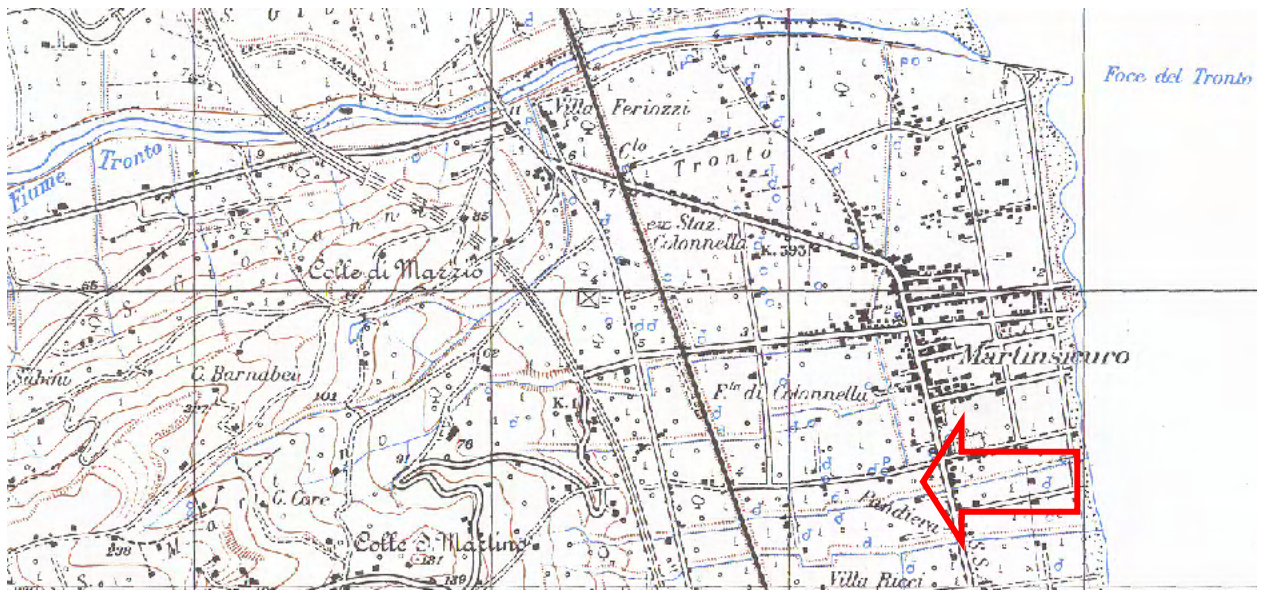


Figura 1 - *Snapshot* Carta topografica regionale, edizione 2000 derivante dalla mosaicatura dei 43 quadranti della versione 1985 ed è caratterizzata dal taglio ED50: ogni foglio al 50.000 è diviso in due tavole (Est e Ovest) per un totale di 49 tavole.

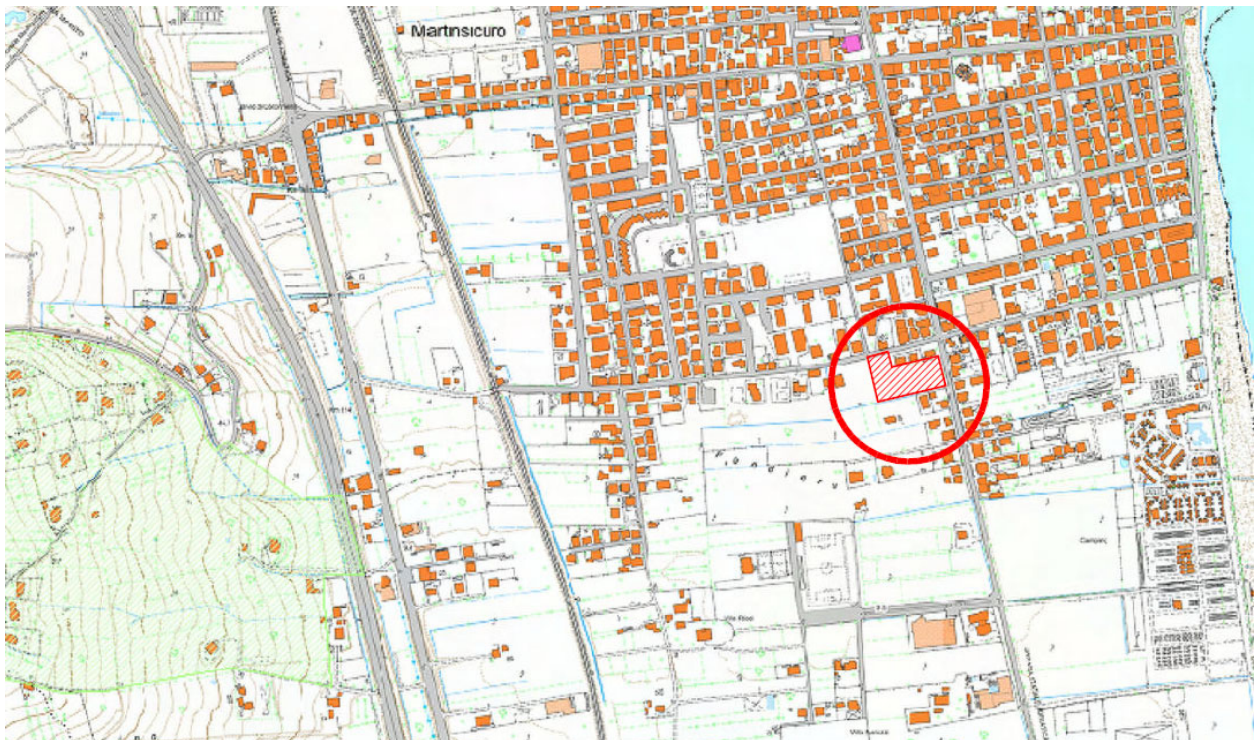


Figura 2 - *Snapshot* Carta Tecnica Regionale scala 1:5000 Aggiornamento 2007.



## INQUADRAMENTO GEOLOGICO E STRUTTURALE

La cartografia geologica di riferimento dell'area di studio è la seguente:

- ✓ Carta Geologica d'Italia al 100.000, Foglio F.° 133-134 Ascoli Piceno - Giulianova;
- ✓ Carta Geologica dell'Abruzzo al 100.000, Foglio Ovest - A cura di L. Vezzani / F. Ghisetti;
- ✓ Carta Geologico - Tecnica al 5.000 degli Studi di Microzonazione Sismica di Livello 1.

Si riportano di seguito degli stralci delle Carte Geologiche elencate.

### Carta Geologica d'Italia al 100.000, F.° 133-134 Ascoli Piceno - Giulianova

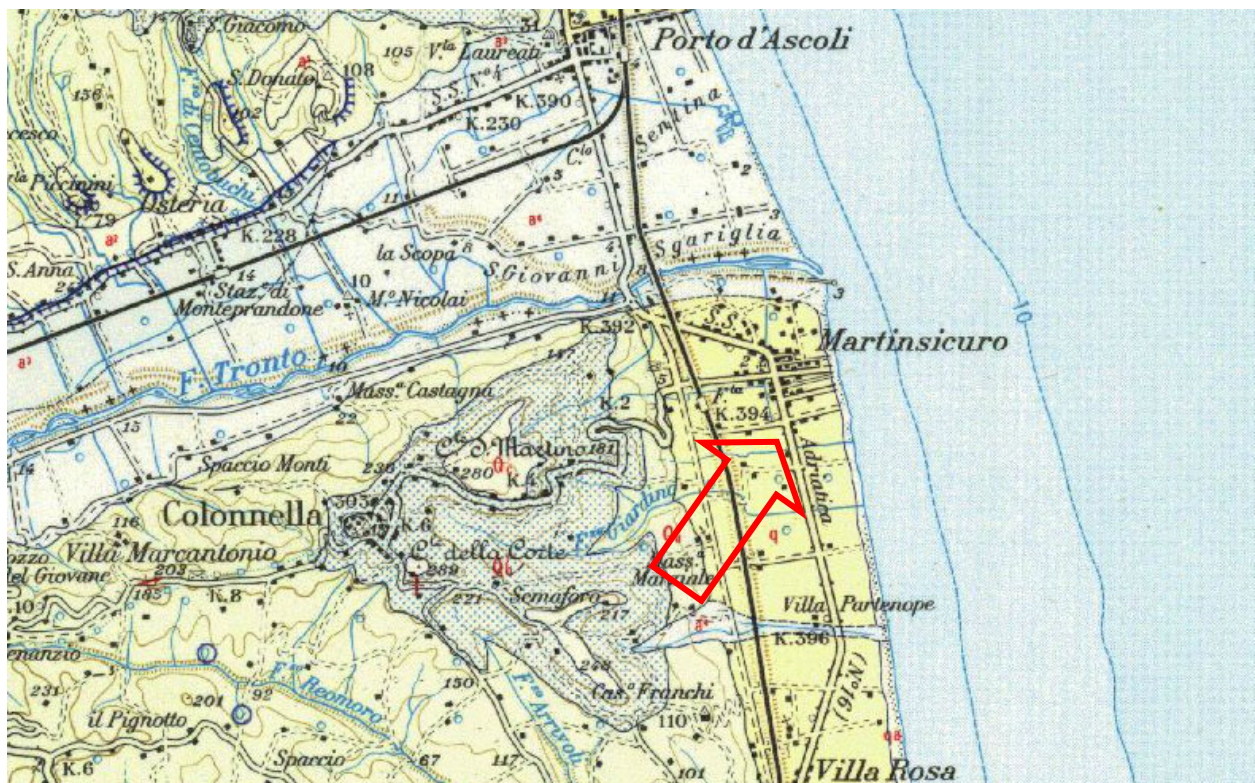


Figura 4 - *Snapshot* Carta Geologica d'Italia al 100.000.

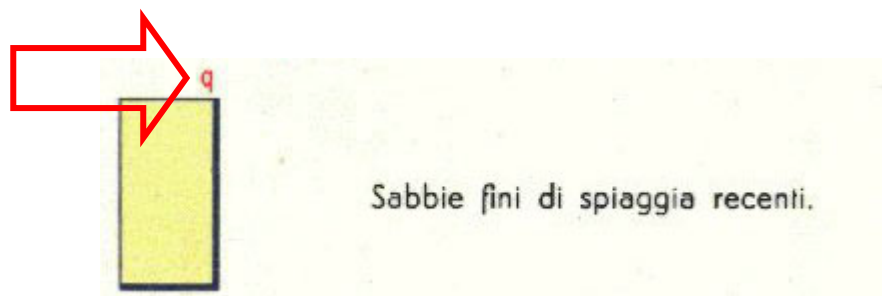


Figura 5 - *Snapshot* Legenda d'interesse.

Nell'area di studio **affiorano le sabbie fini di spiaggia, recenti (q)**. Le indagini geotecniche storiche consultate, confermano tale dato.

### Carta Geologica dell'Abruzzo al 100.000, Foglio Ovest

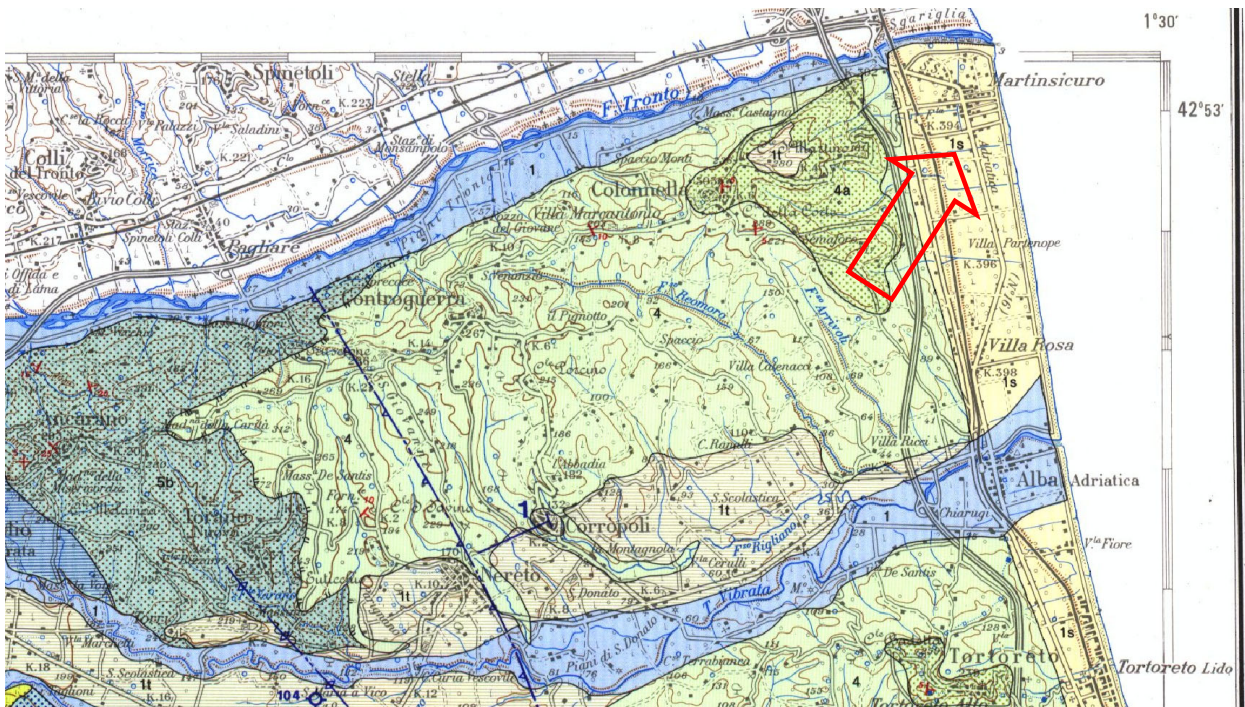
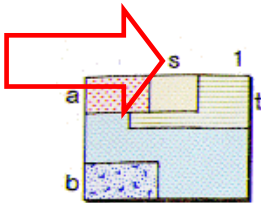


Figura 6 - Snapshot Carta Geologica dell'Abruzzo.



Depositi lacustri argilloso-limoso-sabbiosi; depositi fluviali e fluvio-glaciali prevalentemente ghiaioso-sabbiosi; travertini (1). Depositi sabbiosi delle piane costiere (s). Depositi alluvionali terrazzati (t). Detriti di falda e coperture detritico-colluviali; depositi residuali; terre rosse (a). Sedimenti morenici (b). *Olocene - Pleistocene superiore.*

Figura 7 - Snapshot Legenda d'interesse.

Consultando la *Carta Geologica dell'Abruzzo* si ricava che nell'area di studio **affiorano i depositi sabbiosi delle piane costiere (s)**. Le indagini geotecniche storiche consultate, confermano tale dato.

### Carta Geologico - Tecnica degli Studi di Microzonazione Sismica di Livello 1

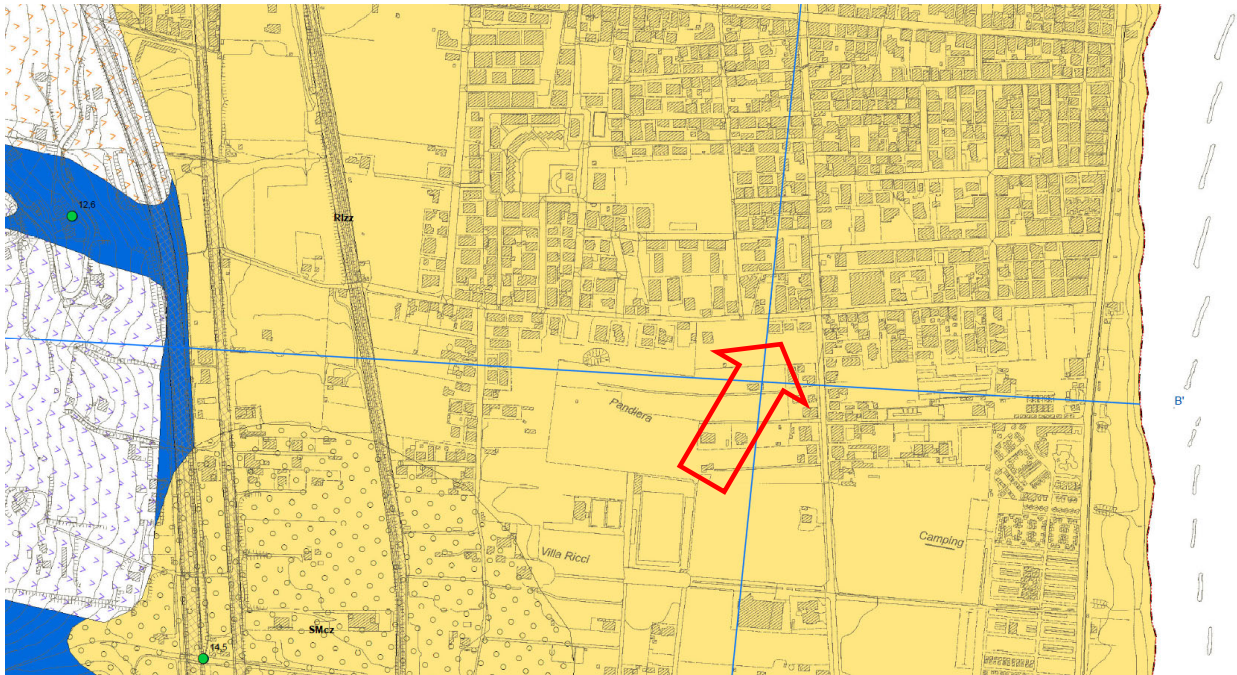


Figura 8 - *Snapshot* Carta Geologico-Tecnica (MS1).

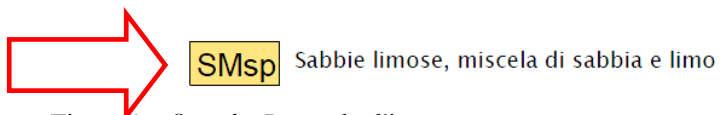


Figura 9 - *Snapshot* Legenda d'interesse.

Nell'area di studio **affiorano sabbie limose, miscela di sabbia e limo (SM) di ambiente di spiaggia (SM-sp)**. Le indagini geotecniche storiche consultate, confermano tale dato.



## GEOMORFOLOGIA, IDROGEOLOGIA, RISCHIO IDROGEOLOGICO

L'area di indagine è ubicata ad una quota topografica di 3÷4 m s.l.m. nell'area costiera di Martinsicuro (TE), in destra idrografica del Fiume Tronto ad una distanza dall'argine artificiale di  $\approx$  1485 m. L'area dista inoltre  $\approx$  500 m dall'attuale linea di costa.



Figura 10 - *Snapshot* Immagine satellitare 2021. Distanza dell'area di studio rispetto al Fiume Tronto.

## PAI TRONTO

### Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico del Fiume Tronto



Figura 11 - *Snapshot* Allegato A al Decreto del Segretario Generale n. 11 del 30.07.2009. Carta del dissesto e delle aree esondabili Tavv. 10/09-16-17 (sezioni 327070 - 327100 - 327110).



Figura 12 - *Snapshot* Legenda d'interesse.

Consultando la *Carta del dissesto e delle aree esondabili* del PAI Tronto - *Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico del Fiume Tronto* - si ricava che **NON** sussiste alcun rischio idrogeologico legato alle esondazioni del Fiume Tronto. L'area di studio **NON** ricade in aree di pericolosità e/o rischio. Storicamente, dal punto di vista delle inondazioni, l'area **NON** è stata colpita dalle ultime esondazioni del Fiume Tronto.

### Schema Idrogeologico dell'Italia Centro Adriatica

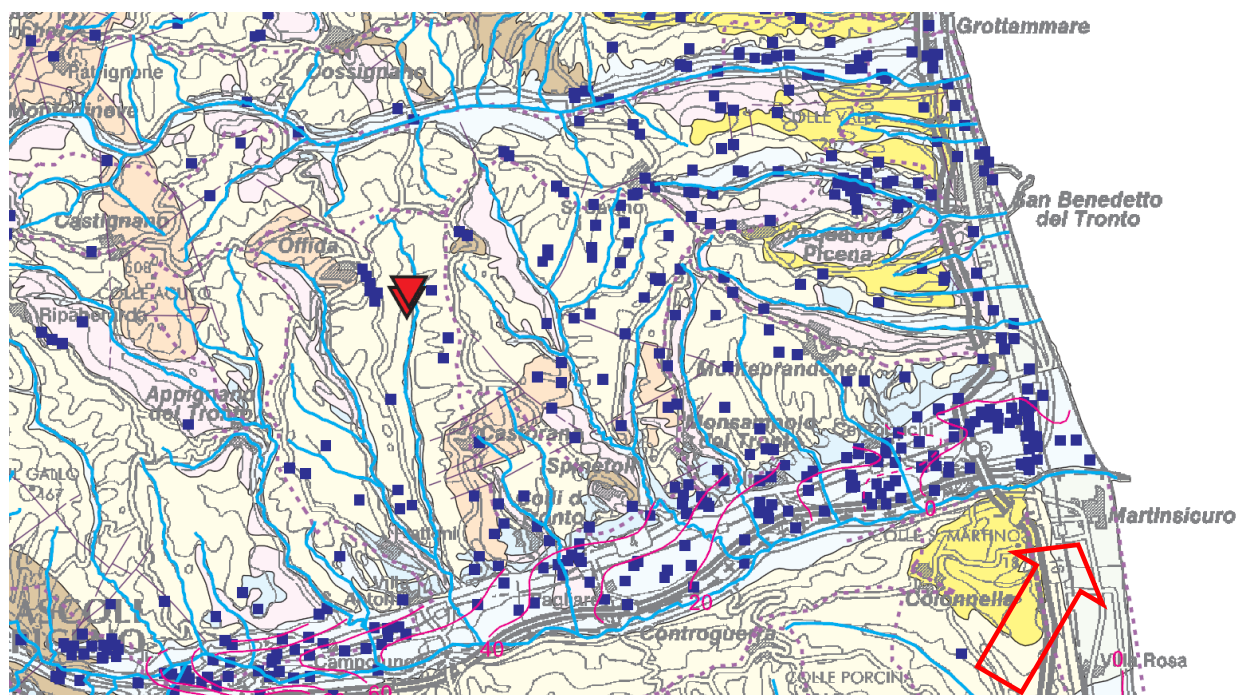
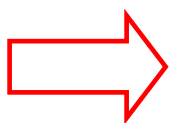


Figura 13 - *Snapshot* Schema Idrogeologico dell'Italia Centro Adriatica.



C

#### C - DEPOSITI DI SPIAGGIA (Olocene)

Depositi sabbiosi delle spiagge e dune costiere caratterizzati da assetti idrogeologici fortemente differenziati da zona a zona. Le falde presenti sono alimentate dalle piogge e dalle acque circolanti nei depositi alluvionali adiacenti e nelle eluvio colluvioni dei versanti collinari con le quali i depositi costieri si interdigitano.

Il complesso ha una porosità primaria complessivamente alta; le intercalazioni argillose possono influire localmente sulla permeabilità che resta comunque elevata.

La vulnerabilità del complesso è estremamente alta, la pericolosità potenziale di inquinamento, legata all'attività antropica industriale e turistica, è alta.

Figura 14 - *Snapshot* Legenda d'interesse.

Da un punto di vista idrogeologico, consultando lo *Schema Idrogeologico dell'Italia Centro Adriatica* si segnala che nell'area d'interesse affiora il complesso idrogeologico dei depositi di spiaggia (C). Durante l'estrazione delle aste dell'indagine penetrometrica DPSH storica, in data 23.01.2020, è stato rilevato il livello statico della falda acquifera alla profondità di -1.7 m dal piano campagna attuale.

### Schema Idrogeologico dell'Italia Centrale

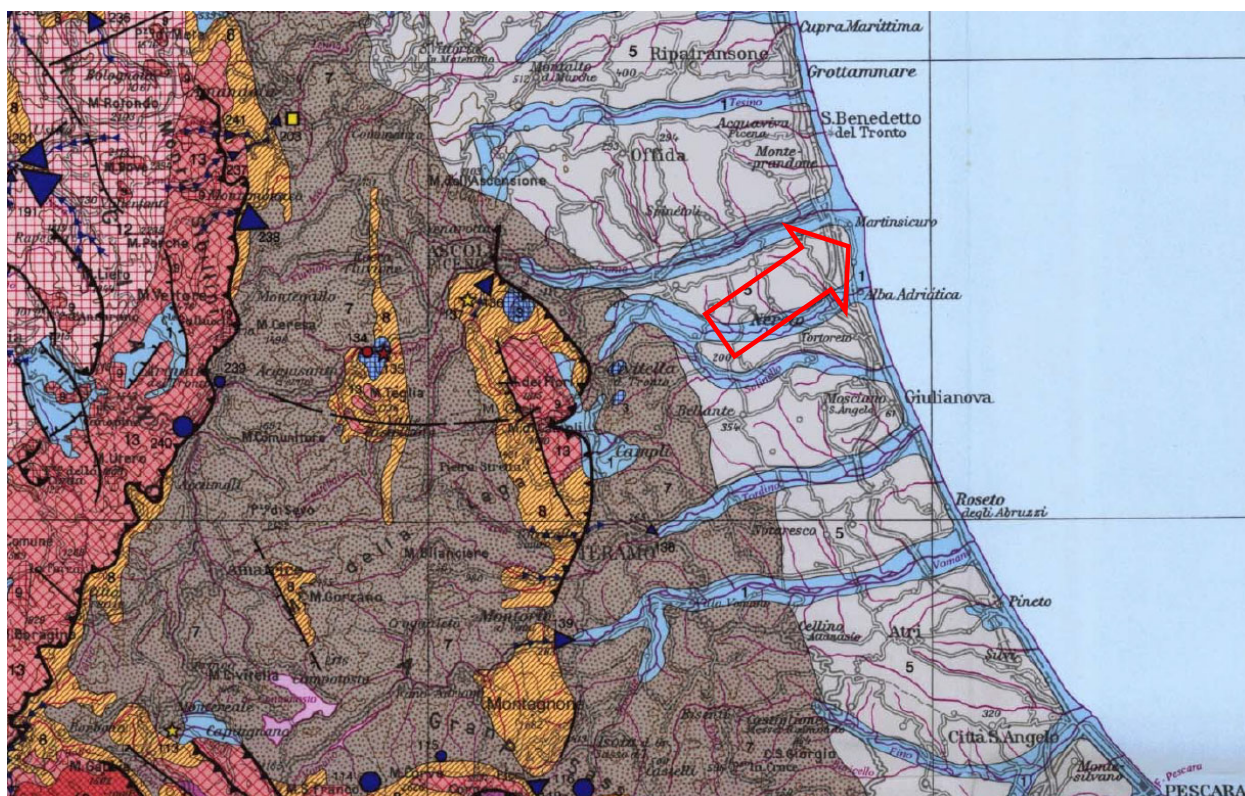


Figura 15 - *Snapshot* Carta dello schema Idrogeologico dell'Italia centrale. Boni et alii., 1986. A cura del Servizio Geologico d'Italia.

**Depositi post orogenici, di copertura e di colramento, prevalentemente continentali, subordinatamente marini di ambiente neritico**  
**Post-orogenic cover: continental and marine coastal deposits**

**1**

**Complesso dei depositi detritici di limitato spessore**  
Depositi continentali (argillosi, sabbiosi e ghiaiosi) e marini costieri (argillosi, sabbiosi e conglomeratici) caratterizzati da notevole eterogeneità litologica e da spessore limitato (PLIOCENE-QUATERNARIO). Spessore da qualche decina ad alcune centinaia di metri.  
Contengono falde a superficie libera di spessore, estensione ed importanza molto variabile con la geometria e la prevalente natura litologica del deposito. Acquiferi di notevole importanza nei depositi detritici pedemontani e nei depositi alluvionali ciottolosi e sabbiosi dei principali corsi d'acqua (Trammissività indicativa da  $10^2$  a  $10^4$  m<sup>2</sup>/sec). Acquiferi di interesse locale nei depositi alluvionali dei corsi d'acqua minori e nei depositi neritici ed eolici costieri (Trammissività indicativa  $10^3$  -  $10^4$  m<sup>2</sup>/sec).

Figura 16 - *Snapshot* Legenda d'interesse.

Consultando lo *Schema Idrogeologico dell'Italia Centrale* si indica che nell'area d'interesse affiora il complesso idrogeologico dei depositi detritici di limitato spessore (1). **Durante l'estrazione delle aste dell'indagine penetrometrica DPSH storica, in data 23.01.2020, è stato rilevato il livello statico della falda acquifera alla profondità di -1.7 m dal piano campagna attuale.**

## MODELLAZIONE SISMICA

### Pericolosità Sismica del Sito (DM 17/01/2018 - NTC 2018)

Con l'entrata in vigore del DM 14/01/2008 (NTC 2008) e del successivo DM 17/01/2018 (NTC 2018) la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio sito dipendente e non più tramite un criterio zona dipendente. L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione viene definita partendo dalla pericolosità di base del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica. Nell'Aprile 2004 l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ha presentato alla Commissione Grandi Rischi, Sezione Rischio Sismico, una nuova mappa di pericolosità sismica (MPS04) elaborata secondo i criteri proposti dall'Ordinanza PCM 3274; si riporta la mappa ove ciascuna zona è individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo  $a_g$ , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (Figura seguente). Nel corso del 2006 una nuova Ordinanza (OPCM 3519/2006) ha adottato la mappa di pericolosità sismica MPS04 quale riferimento ufficiale e ha definito i criteri che le Regioni devono seguire per aggiornare le afferenze dei Comuni alle 4 zone sismiche. In tale quadro, la Regione Abruzzo ha classificato il territorio comunale di Martinsicuro (TE) come **zona sismica 3**.

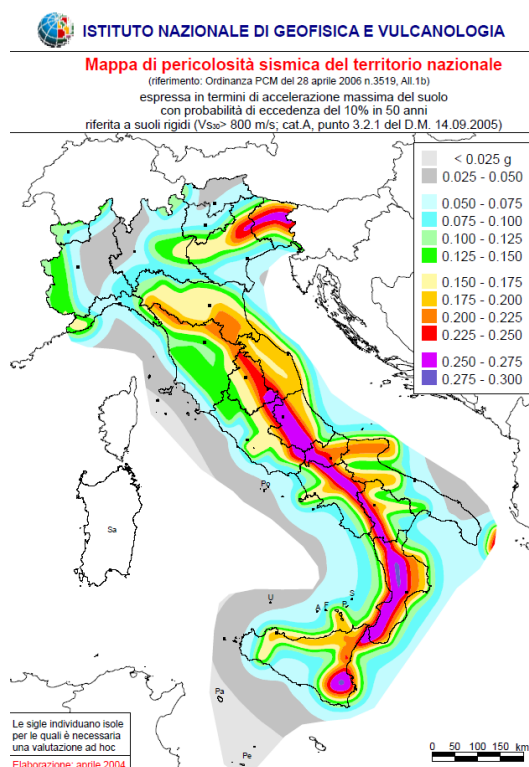


Figura 17 - *Snapshot* Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale.

## CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

### Categoria di Sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, ... qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio,  $V_s$ . I valori di  $V_s$  sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

**Considerato che il substrato sismico** - definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s - **è posto ad una profondità >> di 30 m** (dagli Studi di Microzonazione Sismica di livello 1 si ricava che la formazione geologica delle Argille e argille sabbiose grigio-azzurre ha una velocità  $V_s \ll a 800 \text{ m/s}$ ) **la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s,30}$** . Tramite l'indagine MASW storica (vedi Allegato 2) integrata con dati stratigrafici delle indagini geotecniche storiche (vedi Allegati 1) è stato stimato il **valore di  $V_{s,30}$  che risulta ricadere nel range 180÷360 m/s cui corrisponde la categoria di sottosuolo C.**

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

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
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.

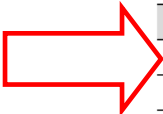
Figura 18 - Snapshot Tabella delle Categorie di sottosuolo. Norme Tecniche per le Costruzioni DM 17/01/2018 - NTC 2018.

### **Categoria Topografica**

L'area di indagine è ubicata ad una quota topografica di 3÷4 m s.l.m. nell'area costiera di Martinsicuro (TE), in destra idrografica del Fiume Tronto ad una distanza dall'argine artificiale di  $\approx$  1485 m. L'area dista inoltre  $\approx$  500 m dall'attuale linea di costa.

In merito all'azione sismica di progetto relativa alle condizioni topografiche (definite in § 3.2.2 NTC 2018 - DM 17/01/2018), ricadendo in un sito dalla configurazione superficiale semplice, compresa nelle Categorie topografiche indicate nella Tabella 3.2.III, si può adottare la seguente classificazione:

**Tab. 3.2.III - Categorie topografiche**



<b>Categoria</b>	<b>Caratteristiche della superficie topografica</b>
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 $i > 30^\circ$

Figura 19 - Tabella delle categorie topografiche. Norme Tecniche per le Costruzioni DM 17/01/2018 - NTC 2018.

### Valutazione del potenziale sismogenico e probabilità di forti terremoti - DISS version 3.3.0

Il Database delle Singole Sorgenti Sismogeniche - a cura dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia INGV - include una grande quantità di materiale originale e pubblicato sulle principali fonti sismogeniche d'Italia insieme a dati di natura geografica, sismologica, geologica ed informazioni tettoniche ed è stato progettato come "work in progress", e come tale è aperto a continue aggiunte e miglioramenti. Tale lavoro costituisce nelle sue varie fasi di elaborazione, dal 2009 ad oggi, l'ultimo ed il più aggiornato strumento a scala nazionale per la valutazione, individuazione ed analisi delle Sorgenti Sismogeniche.

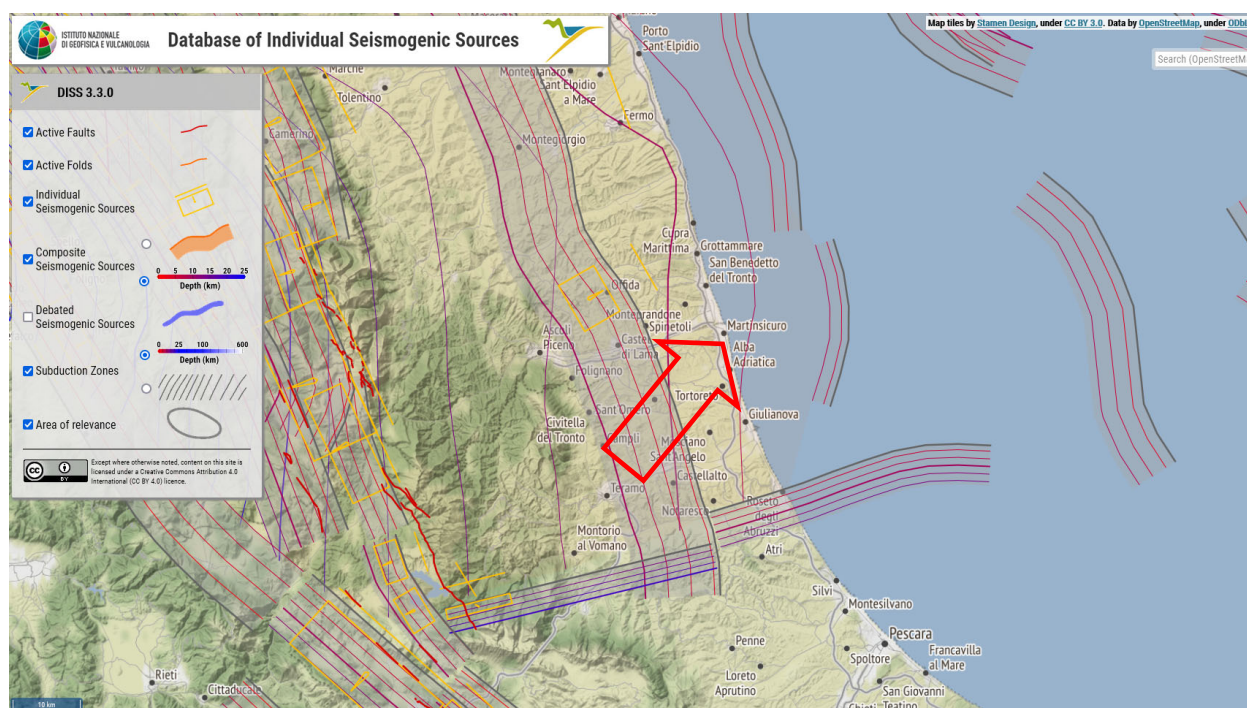


Figura 20 - Snapshot Sorgenti sismogeniche individuali e composite presenti nell'area di Martinsicuro (TE).

Dall'analisi della documentazione disponibile (DISS 3.3.0) emerge che l'area d'interesse **NON ricade** all'interno di sorgenti sismogeniche pur trovandosi nelle immediate vicinanze di alcune di esse: la sorgente *Southern Marche* [ITCS020], la sorgente *Offida* [ITIS070], la sorgente *Conrad* [ITCS156], la sorgente *S. Benedetto - Giulianova offshore* [ITCS159], la sorgente *Castelnuovo Vomano-Campotosto* [ITCS135] e la sorgente *Roseto degli Abruzzi* [ITCS134]. Prese nel loro insieme queste sorgenti sismogeniche sono in grado di generare terremoti di massima magnitudo momento  $M_{W,max}$  pari a 5.5÷6.9 ad una profondità massima di 20.0 km.



## CARTA DELLE MOPS (MS1)

Per il Comune di Martinsicuro è disponibile, validata, la Microzonazione Sismica di livello 1. Si riporta di seguito uno stralcio della *Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica - MOPS*.

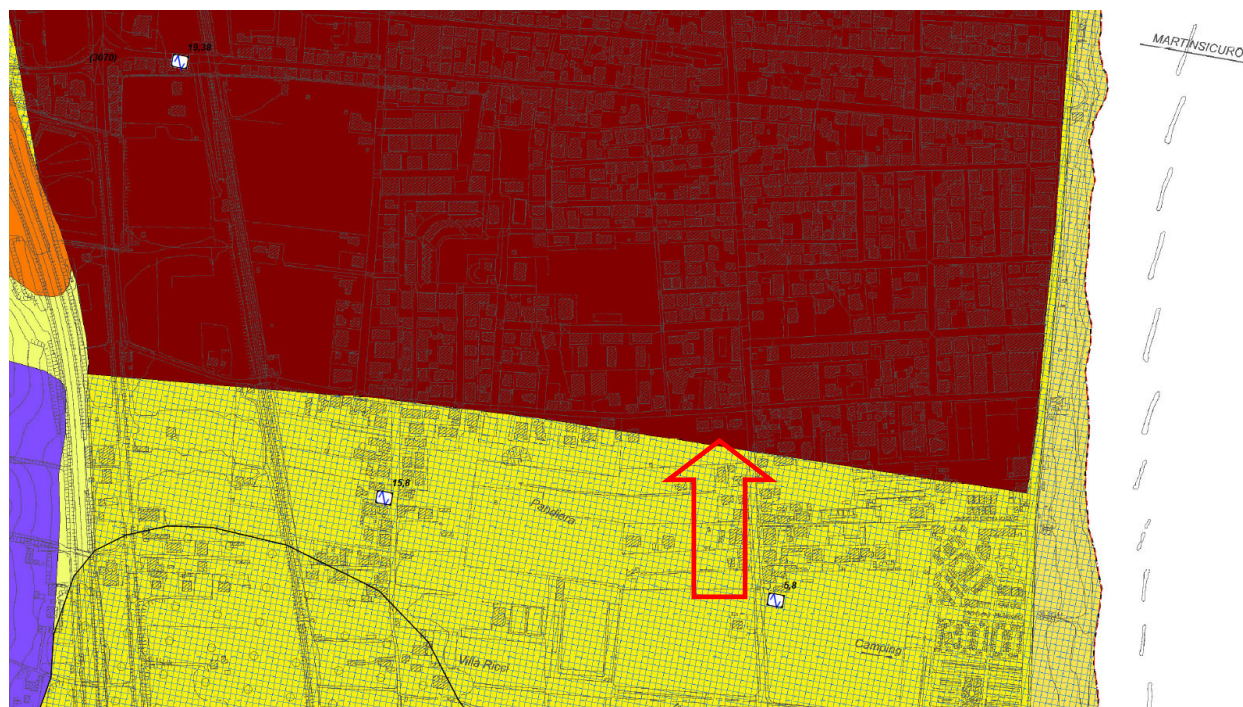


Figura 21 - *Snapshot* Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS).

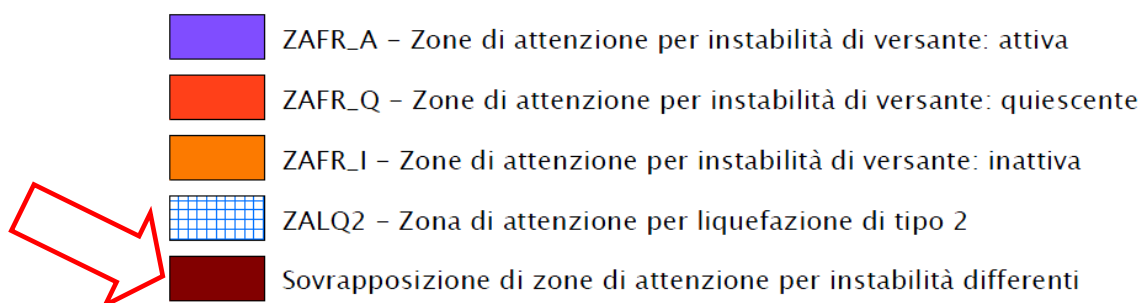


Figura 22 - *Snapshot* Legenda d'interesse.

Dalla carta si ricava che l'area oggetto d'indagine ricade al limite fra due zone di **Attenzione per instabilità: sovrapposizione di zone di attenzione per instabilità differenti e Zona di attenzione per liquefazione di tipo 2**. Il Comune di Martinsicuro dovrà, nei prossimi mesi/anni, effettuare lo Studio di Microzonazione Sismica di livello 2/3; tale studio ha un dettaglio tale da poter confermare o meno il rischio di liquefazione e il rischio di cedimenti differenziali. Allo stato attuale si tratta di un potenziale rischio che le linee guida indicano di segnalare.

Al di sotto di tali zone di attenzione è presente la zona stabile suscettibile di amplificazioni locali:

**Zona 2007.**

### Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

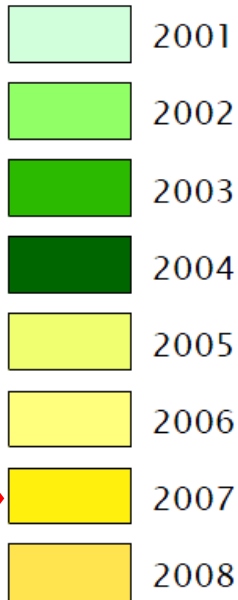


Figura 23 - *Snapshot* Legenda d'interesse.

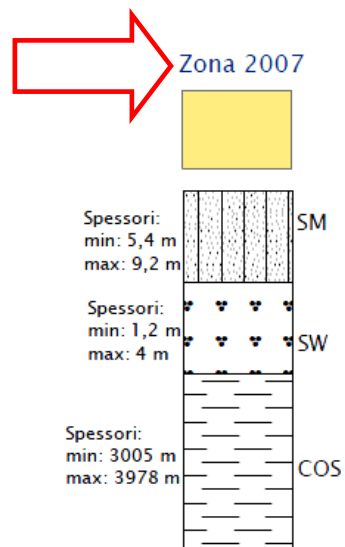


Figura 24 - *Snapshot* Legenda d'interesse.

## **RELAZIONE GEOTECNICA SULLE INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE DEL VOLUME SIGNIFICATIVO DI TERRENO**

Gli studi geologici e la caratterizzazione geotecnica (GEO) sono stati programmati in funzione del tipo di opera/intervento e riguardano il volume significativo di cui al § 3.2.2 delle NTC 2018 - DM 17/01/2018, permettendo la definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo necessari alla progettazione, e sono stati estesi a tutta la zona di possibile influenza degli interventi previsti, in modo da accertarne le condizioni di stabilità, anche in relazione agli effetti derivanti dalla realizzazione delle opere in oggetto.

Come detto, il programma delle indagini è stato formulato tenendo conto delle problematiche in esame, della conoscenza geologica dell'area, nonché dell'importanza e delle dimensioni dell'intervento edilizio da realizzare ovvero del **PROPOSTA DI REALIZZAZIONE DI UNA MEDIA STRUTTURA DI VENDITA (SUPERMERCATO ALIMENTARE) - PROPOSTA DEFINITVA, PROGRAMMI URBANI COMPLESSI - DA REALIZZARE NEL COMUNE DI MARTINSICURO (TE). MAPPA CATASTALE FOGLIO N. 12, MAPPALI 2944-2945-2946-2947-2661-2662-1917.**

Lo studio ha riguardato in fase preliminare un'approfondita disamina dei dati presenti in letteratura scientifica e in secondo luogo presenti nei lavori geologici pregressi.

Nello specifico lo studio è stato impostato sia sulla base dell'esperienza e delle conoscenze disponibili (così come disposto nel § 6.2.2 delle NTC) sia sui dati ricavati da indagini in sito realizzate *ex-novo*; la stratigrafia del terreno di fondazione è stata ottenuta mediante l'interpretazione dei risultati di un'indagine storica denominata "DPSH storica" (vedi Allegato 1) in considerazione dell'EC7 sulla qualità delle indagini geotecniche; per la caratterizzazione sismica del sottosuolo si è fatto riferimento all'indagine sismica storica di tipo MASW (vedi Allegato 2) integrate con dati di stratigrafia.

Pertanto si sono ritenute, in questa fase, non necessarie indagini e le prove eseguite e certificate dai laboratori di cui all'art. 59 del DPR n.380/01, facenti parte dell'elenco depositato presso il Servizio Tecnico Centrale del Ministero delle Infrastrutture, come previsto nel cap. 6.2.2 INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA del DM 17/01/2018 - Norme tecniche per le costruzioni NTC 2018 - fermo restando la piena responsabilità dello scrivente su ipotesi e scelte progettuali.

In relazione a:

- ⇒ natura ed entità degli interventi da realizzare;
- ⇒ omogeneità delle proprietà e caratteristiche dei terreni di sedime;

si è ritenuto che le osservazioni compiute abbiano esaurientemente validato:

- la modellazione geologica del sito, orientata alla ricostruzione dei caratteri stratigrafici, litologici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio in cui ricadono le opere in oggetto;
- la caratterizzazione geotecnica del volume significativo di sottosuolo, definendo lo schema rappresentativo delle condizioni stratigrafiche, del regime delle pressioni interstiziali, accertando che il sito di costruzione ed i terreni di fondazione sono esenti da pericoli d'instabilità dei pendii, liquefazione, addensamento in caso di sisma, nonché di faglia in superficie.

In sintesi, la modellazione e caratterizzazione si è uniformata ai seguenti obiettivi minimi:

- a) la caratterizzazione stratigrafica del sottosuolo;
- b) la conoscenza del regime delle pressioni interstiziali (superficie libera della falda, condizioni di quiete o di moto dell'acqua);
- c) la conoscenza delle proprietà fisiche e meccaniche dei diversi terreni ricadenti nel volume significativo (vedi Allegato 1);
- d) la valutazione dell'azione sismica di progetto (riferimento all'approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento - Tab. 3.2.II e Tab. 3.2.III delle NTC 2018 - DM 17/01/2018).

**Indagini geotecniche e geofisiche storiche (vedi Allegato 1)**

Sono state consultate alcune indagini geotecniche e geofisiche storiche - *di proprietà della committenza* - ritenute rappresentative dell'area d'interesse, ai fini della modellazione del sottosuolo.



Figura 25 - *Snapshot* Immagine satellitare 2021 con ubicazione delle indagini geotecniche e geofisiche storiche (freccia gialla) rispetto all'area d'interesse (freccia rossa).

## Indagini puntuali e lineari **storiche** (tratte dagli Studi di Microzonazione Sismica di Livello 1)

Sono state consultate (ma non riportate in relazione) alcune indagini geotecniche e geofisiche **storiche** - *tratte dagli Studi di Microzonazione Sismica di Livello 1* - ritenute rappresentative dell'area d'interesse, ai fini della modellazione del sottosuolo.

Si segnala inoltre che, consultando la Carta delle Indagini (MS1), l'area oggetto di studio ricade in una zona potenzialmente soggetta sia a fenomeni di cedimenti sia a liquefazione dei terreni di fondazione.

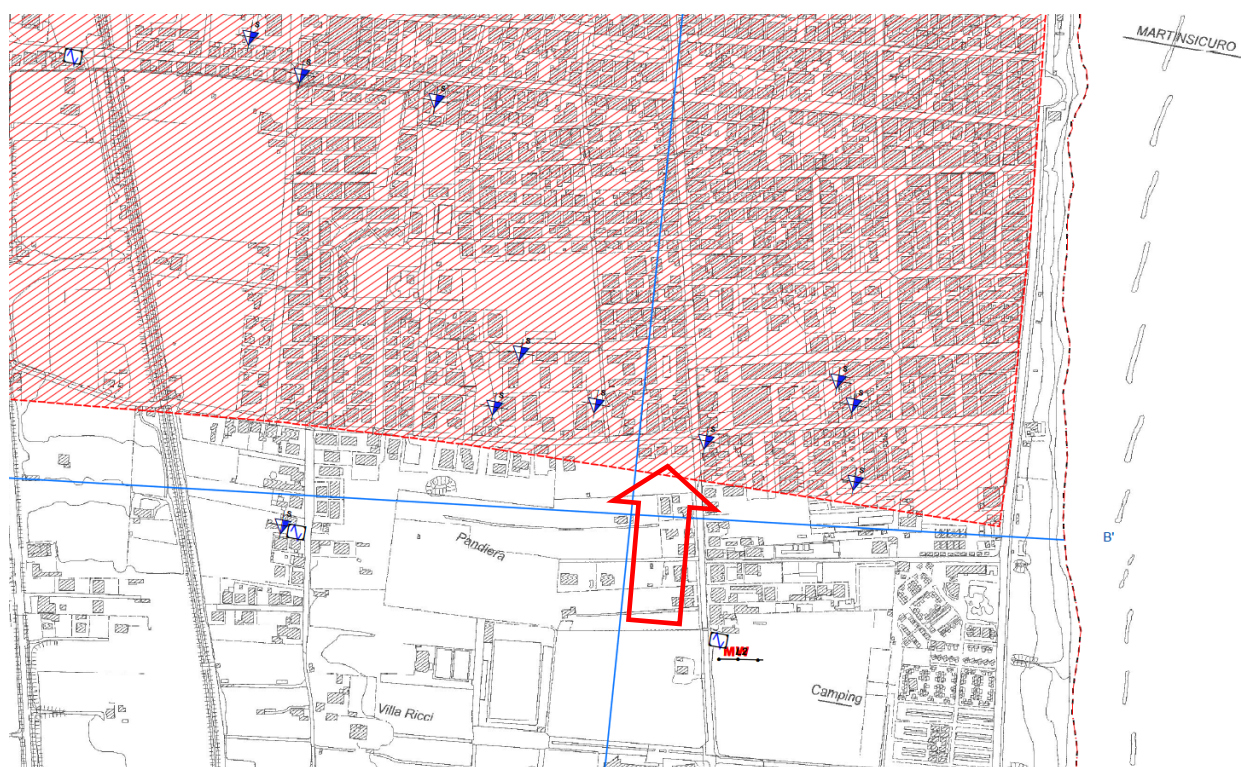


Figura 26 - *Snapshot* Carta delle Indagini (MS1).

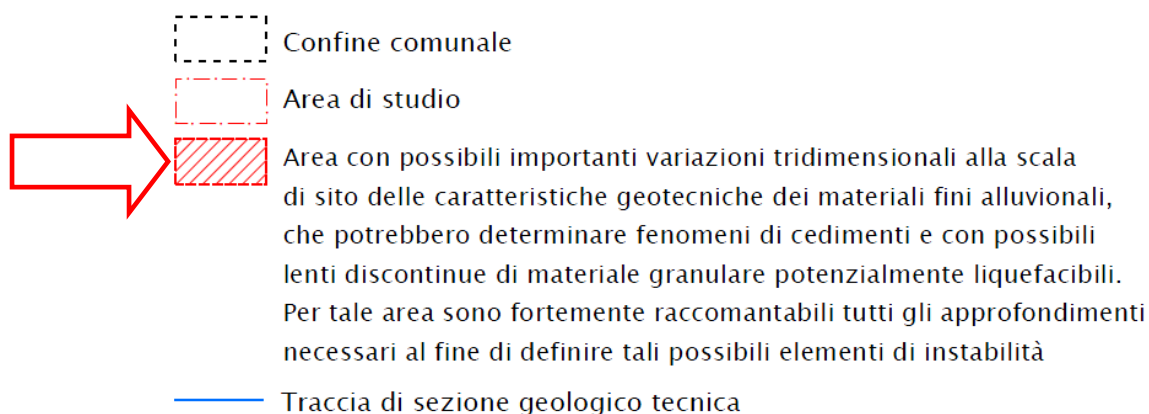


Figura 27 - *Snapshot* Legenda d'interesse.

## CONCLUSIONI

Dalle indagini geotecniche e sismiche e dagli studi geologici effettuati nell'area oggetto d'interesse sono emersi i seguenti dati.

STRATIGRAFIA - E' stata consultata un'indagine penetrometrica dinamica super pesante storica denominata "DPSH storica". Nell'Allegato 1 è riportata la stratigrafia e le principali caratteristiche geotecniche e fisico-meccaniche per ciascun livello geotecnico individuato.

FALDA ACQUIFERA - Nel sottosuolo è presente una falda acquifera freatica, non in pressione. **Durante l'estrazione delle aste dell'indagine penetrometrica storica, in data 23.01.2020, è stato rilevato il livello statico della falda acquifera alla profondità di -1.7 m dal piano campagna attuale.** La falda acquifera è variabile da stagione a stagione in funzione delle piogge e delle maree. Si possono osservare variazioni verticali dell'ordine di  $\pm 1.0$  m.

CATEGORIE di SOTTOSUOLO e CONDIZIONI TOPOGRAFICHE - Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, ..., le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni sono riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II (DM 17/01/2018 - NTC 2018). **La categoria di sottosuolo è la "C"** (per dettagli vedere pagg. 14, 15 e Allegato 1-2). **La categoria topografica è la "T1"**.

RISCHIO IDROGEOLOGICO DERIVANTE DALLE ALLUVIONI - Consultando la *Carta del dissesto e delle aree esondabili del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico del Fiume Tronto* si ricava che **NON** sussiste alcun pericolo/rischio idrogeologico legato alle esondazioni del Fiume Tronto. Storicamente, dal punto di vista delle inondazioni, l'area **NON** è stata colpita dalle ultime esondazioni del Fiume Tronto.

SORGENTI SIMOGENICHE - Dall'analisi della documentazione disponibile (DISS 3.3.0) emerge che l'area d'interesse **NON ricade** all'interno di sorgenti sismogeniche pur trovandosi nelle immediate vicinanze di alcune di esse: le sorgenti *Southern Marche [ITCS020]*, *Offida [ITIS070]*, *Conrad [ITCS156]*, *S. Benedetto - Giulianova offshore [ITCS159]*, *Castelnuovo Vomano-Campotosto [ITCS135]* e *Roseto degli Abruzzi [ITCS134]*. Prese nel loro insieme queste sorgenti sismogeniche sono in grado di generare terremoti di massima magnitudo momento  $M_{W,max}$  pari a  $5.5 \div 6.9$  ad una profondità massima di 20.0 km.

MICROZONAZIONE SISMICA - Consultando la *Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica* (MOPS) relativa agli *Studi di Microzonazione Sismica di Livello 1* si ricava che l'area oggetto d'indagine ricade al limite fra due zone di **Attenzione per instabilità: sovrapposizione di zone di attenzione per instabilità differenti e Zona di attenzione per liquefazione di tipo 2** (vedi pagine 17-18). Al di sotto di tali zone di attenzione è presente la zona stabile suscettibile di amplificazioni locali: **Zona 2007**.

VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE - Relazioni geologiche che seguiranno la presente relazione tecnica - *e che saranno propedeutiche alla progettazione della struttura di vendita, ai sensi delle NTC2018* - dovranno essere accompagnata da una verifica a liquefazione utilizzando una delle metodologie indicate nel § 7.11.3.4 delle Norme Tecniche per Costruzioni 2018. L'eventuale esclusione della verifica a liquefazione dovrà essere motivata da un'analisi granulometrica condotta da un laboratorio geotecnico certificato.

INDICAZIONI GEOTECNICHE PER I PROGETTISTI - Dalle carte tematiche e dalle prove geotecniche storiche consultate è possibile indicare che i terreni di sedime **NON** sono idonei per fondazioni superficiali di tipo plinti (vedi pag. 22).

Si dichiara la compatibilità dell'intervento oggetto della presente relazione tecnica rispetto alle caratteristiche geologiche generali dell'area, alle caratteristiche geomorfologiche e idrogeologiche, alle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione.

Alla luce dei dati acquisiti, ed in base alle condizioni geologiche e tecniche prescritte dalle normative vigenti, è possibile esprimere parere favorevole alla fattibilità geologica dell'intervento progettato nell'area oggetto di studio.

Martinsicuro, aprile 2022



The image shows a handwritten signature in black ink, which appears to be 'Roberto D'Ambrosio'. Below the signature is a circular professional stamp. The stamp contains the text: 'ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE ABRUZZO', 'Dott. Geol. Roberto D'AMBROSIO', and 'N. ISCRIZ. 599 A.P. sez. A'. There is also a small globe icon within the stamp.

---

Geologo Roberto DAMBROSIO



## **Normative di Riferimento e Lavori Consultati**

Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni». DECRETO 17 gennaio 2018. Supplemento ordinario alla "Gazzetta Ufficiale n. 42 del 20 febbraio 2018 - Serie generale.

Nota n. 3187 del 21 marzo 2018 con la quale il Servizio Tecnico Centrale fornisce, agli operatori tecnici ed economici interessati ed ai destinatari dei provvedimenti autorizzativi e/o di qualificazione di competenza dello stesso Servizio Tecnico Centrale, prime indicazioni per l'applicazione del nuovo D.M. 17.01.2018 ai relativi procedimenti, sull'impatto stesso D.M. sulle istruttorie del Servizio Tecnico Centrale e sulle attività degli operatori economici coinvolti.

Schema Idrogeologico dell'Italia Centro Adriatica. CNR/Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche. T. Nanni, G. Desiderio, C. Folchi Vici d'Arcevia, M. Petitta, G. Ruggeri, S. Rusi, M. Tallini e P. Vivalda.

Carta Geologica d'Italia 1:100.000 - Foglio F.° 133-134 Ascoli Piceno - Giulianova. Cartografia realizzata dal Servizio Geologico D'Italia, organo cartografico dello Stato (LEGGE 2/2/1960 N.68).

Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio F.° 133-134 Ascoli Piceno - Giulianova.

Carta Geologica dell'Abruzzo alla scala 100.000, Foglio Ovest - A cura di L. Vezzani / F. Ghisetti.

Carta dello schema Idrogeologico dell'Italia centrale alla scala 1:500.000 - Boni et alii., 1986. A cura del Servizio Geologico d'Italia.

Studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 (MS1). Struttura dati di proprietà dell'Amministrazione comunale di Martinsicuro (TE).

Allegato A al Decreto del Segretario Generale n. 11 del 30.07.2009. Carta del dissesto e delle aree esondabili Tavv. 10/09-16-17 (sezioni 327070 - 327100 - 327110).

Basili R., G. Valensise, P. Vannoli, P. Burrato, U. Fracassi, S. Mariano, M.M. Tiberti, E. Boschi (2008), The Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), version 3: summarizing 20 years of research on Italy's earthquake geology, Tectonophysics, doi:10.1016/j.tecto.2007.04.014

DISS 3.3.0 - DISS Working Group (2021). Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.3.0: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/diss3.3.0>

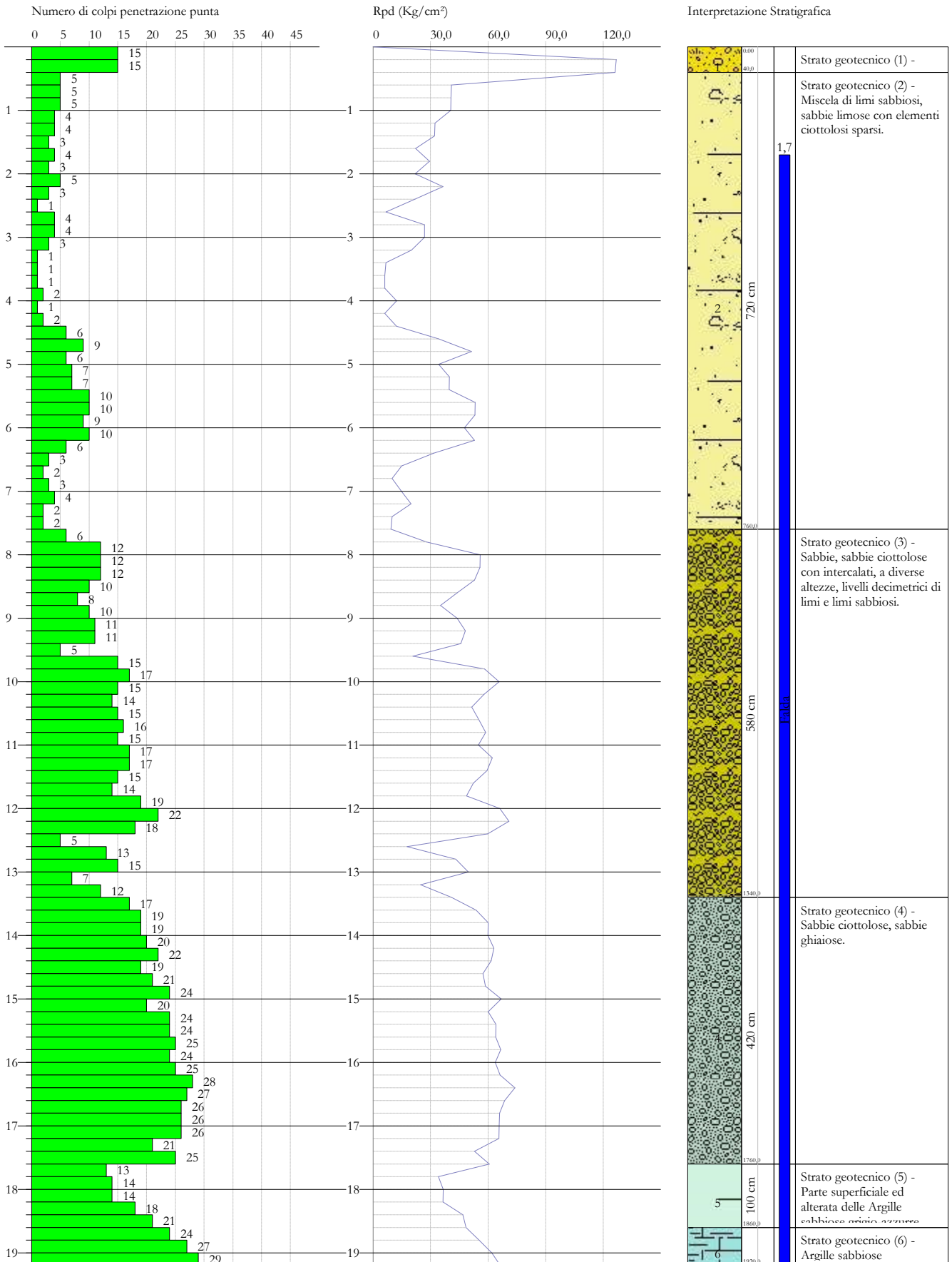
2009-2017 - Progetto ViDEPI - Visibilità dei dati afferenti all'attività di esplorazione petrolifera in Italia Ministero dello sviluppo economico DGRME - Società Geologica Italiana - Assomineraria (cc) BY - Contenuti distribuiti con Licenza Creative Commons Attribuzione 3.0 Italia.

## ELENCO ALLEGATI

- ✓ **Allegato 1** - *Report* di un'indagine penetrometrica dinamica super pesante storica denominata **DPSH storica** - *Dynamic Probing Super Heavy*. Nello stesso cantiere è stata realizzata un'indagine MASW ed una stima del fattore di sicurezza alla liquefazione basata sui dati dell'indagine "DPSH storica". Indagini e dati di proprietà della committenza.
  
- ✓ **Allegato 2** - *Report* di un'ulteriore indagine sismica storica di tipo **MASW** realizzata nelle vicinanze - *Multi-channel Analysis of Surface Waves*. Indagini e dati di proprietà della committenza.

## ALLEGATO 1

*Report* di un'indagine penetrometrica dinamica super pesante storica denominata **DPSH storica** - *Dynamic Probing Super Heavy*. Nello stesso cantiere è stata realizzata un'indagine MASW ed una stima del fattore di sicurezza alla liquefazione basata sui dati dell'indagine "DPSH storica". Indagini e dati di proprietà della committenza.



## VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

### Seed e Idriss (1982)

Per poter determinare gli sforzi di taglio indotti dal sisma, gli autori propongono una semplice procedura basata sull'ipotesi di terreno omogeneo. Ipotizzando la propagazione verticale di onde sismiche di taglio, una colonna di terreno di altezza  $z$  (Figura 1) si muove rigidamente in direzione orizzontale e pertanto lo sforzo di taglio massimo alla profondità  $z$  è dato da:

$$\tau_{\max} = \frac{a_{\max}}{g} \cdot \gamma z$$

dove  $a_{\max}$  rappresenta l'accelerazione orizzontale massima attesa in superficie,  $g$  l'accelerazione di gravità e  $\gamma$  il peso di volume secco del terreno.

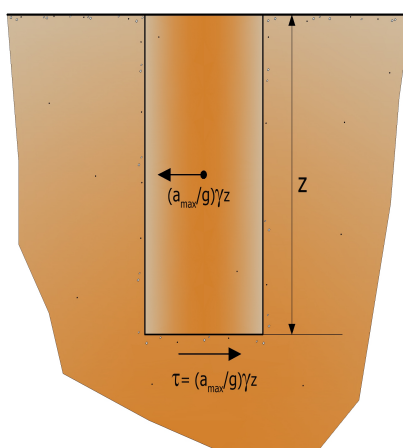


Fig. 1 - Sforzo di taglio indotto dal terremoto ad una determinata quota

Poiché nella realtà il terreno è deformabile, lo sforzo di taglio è minore che nell'ipotesi di corpo rigido e quindi bisogna introdurre un coefficiente riduttivo  $r_d$ . Normalizzando con la pressione verticale effettiva e riferendosi ad un valore medio  $\tau_{av}$  anziché ad un valore massimo  $\tau_{\max}$  si ottiene:

$$\frac{\tau_{av}}{\sigma_{vo}} = CSR_{7,5} = 0,65 \frac{a_{\max}}{g} \frac{\sigma_{vo}}{\sigma_{vo}} r_d$$

dove  $a_{\max}$  rappresenta l'accelerazione orizzontale massima attesa in superficie contenente gli effetti amplificativi di sito. L'espressione è valida per eventi sismici di magnitudo 7,5. Per magnitudo diverse bisogna dividere il Rapporto di Tensione Ciclica per il fattore correttivo **MSF** (*Magnitude Scaling Factor*):

$$CSR = \frac{CSR_{7,5}}{MSF} \quad (1.3)$$

Per determinare il valore del coefficiente riduttivo  $r_d$  viene utilizzata la formula empirica proposta da **Iwasaki et alii** (1978):

$$r_d = 1 - 0,015z$$

mentre per il fattore correttivo **MSF** si fa riferimento ai valori riportati in Tabella 1 ricavati da diversi ricercatori, tra cui **Seed H. B. e Idriss I. M** (1982).

**Tabella 1** - Fattore di scala della magnitudo derivato da diversi ricercatori

Magnitudo	Seed H.B. & Idriss I.M. (1982)	Ambraseys N.N (1988).	NCEER (Seed R. B. et alii) (1997; 2003)
5,5	1,43	2,86	2,21
6,0	1,32	2,20	1,77
6,5	1,19	1,69	1,44
7,0	1,08	1,30	1,19
7,5	1,00	1,00	1,00
8,0	0,94	0,67	0,84
8,5	0,89	0,44	0,73

Il termine al numeratore della (1.0), cioè il Rapporto di Resistenza Ciclica **CRR**, viene calcolato in funzione della magnitudo, del numero di colpi nella prova SPT, della pressione verticale effettiva, della densità relativa.

Si calcola inizialmente il numero dei colpi corretto alla quota desiderata per tenere conto della pressione litostatica mediante la seguente espressione:

$$(N_{1,60}) = C_N \cdot N_m$$

dove **N<sub>m</sub>** è il numero medio dei colpi nella prova penetrometrica standard SPT e **C<sub>N</sub>** un coefficiente correttivo che si determina dalla relazione:

$$C_N = \left( \frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^n$$

dove **σ'<sub>vo</sub>** è la pressione verticale effettiva, **Pa** la pressione atmosferica (~ 100 kPa) espressa nelle stesse unità di **σ'<sub>vo</sub>** ed **n** un'esponente che dipende dalla densità relativa del terreno (Figura 2).

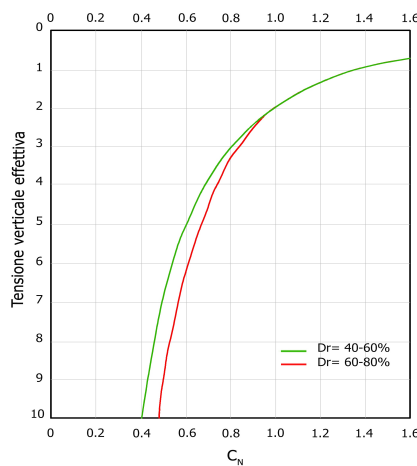


Fig. 2 - Coefficiente correttivo **C<sub>N</sub>**

Si valuta il rapporto di resistenza ciclica **CRR** dall'abaco riportato in Figura 3 che rappresenta l'insieme dei valori di soglia (separazione tra liquefazione e non liquefazione) per fissato valore della magnitudo.

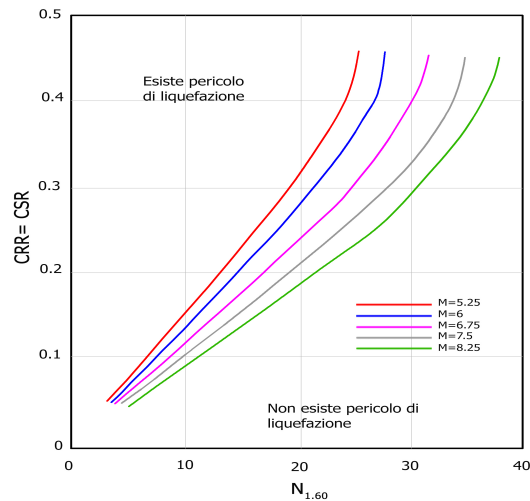


Fig. 3 - Correlazione tra CRR e  $N_{1,60}$

E' stato dimostrato che per un terremoto di magnitudo pari a 7,5 CRR può essere espresso dalla seguente espressione:

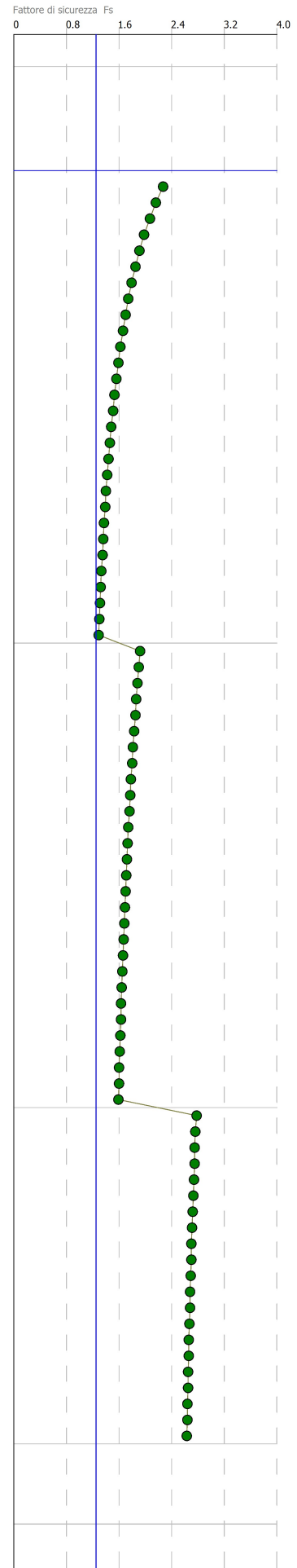
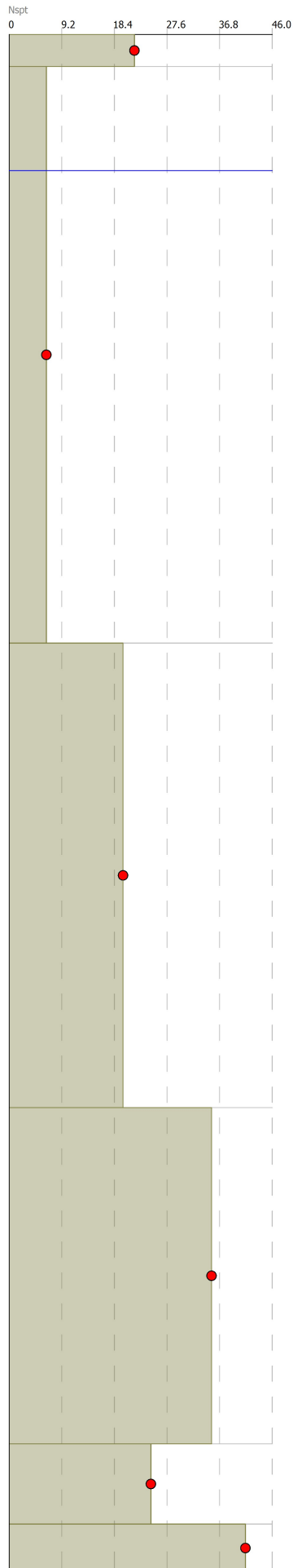
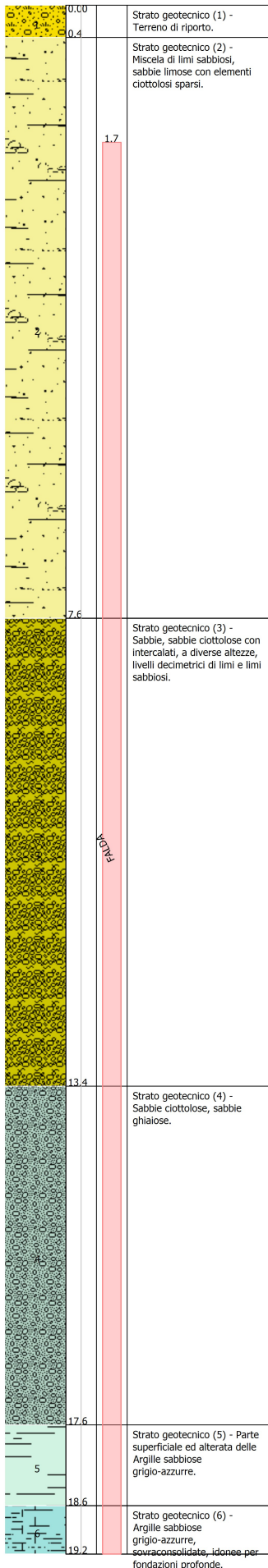
$$CRR \approx \frac{N_{1,60}}{90} \quad (1.7)$$

Applicando quindi la (1.0) si determina il fattore di sicurezza a liquefazione (**FS**) che deve essere confrontato con i valori imposti dalla normativa di riferimento.

Gli Autori hanno precisato che questa procedura è valida per sabbie con  $D_{50} > 0,25$  mm; per sabbie limose e limi suggeriscono di correggere ulteriormente il valore di  $N_{1,60}$  utilizzando la seguente formula:

$$(N_{1,60})_{cs} = N_{1,60} + 7.5 \quad (1.8)$$

Colonna stratigrafica





## DATI GENERALI

Data 13/02/2020  
 Normativa: Norme Tecniche Costruzioni 2018, Decreto 17 Gen. 2018

Fattore sicurezza normativa 1.25

### FALDA

Profondità falda idrica 1.7 m

### CARICHI SUL PIANO CAMPAGNA

Base 20 m  
 Lunghezza 25 m  
 Carico in superficie 60 kPa  
 Metodo calcolo stato tensionale Bussinesq  
 Coefficiente di Poisson 0.3

### DATI SIMICI

Accelerazione Bedrock 0.15

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza  $V_{s30}=180-360$   
 Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.5  
 Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1  
 Magnitudo momento sismico (Mw) 6  
 Distanza epicentro 15 Km  
 Peak ground acceleration (PGA) 0.225

## PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	Resistenza $q_c$ (KPa)	Velocità onde di taglio $V_s$ (m/s)
1	Strato geotecnico (1) - Terreno di riporto.	0	0.4	16.2	19.9	21.9	4216	150
2	Strato geotecnico (2) - Miscela di limi sabbiosi, sabbie limose con elementi ciottolosi sparsi.	0.4	7.6	14.3	19	6.5	1274	170
3	Strato geotecnico (3) - Sabbie, sabbie ciottolose con intercalati, a diverse altezze, livelli decimetrici di limi e limi sabbiosi.	7.6	13.4	19.4	19.8	19.91	6766	170
4	Strato geotecnico (4) - Sabbie ciottolose, sabbie ghiaiose.	13.4	17.6	20	20.3	35.39	9806	260
5	Strato geotecnico (5) - Parte superficiale ed alterata delle Argille sabbiose grigio-azzurre.	17.6	18.6	21.2	22.2	24.78	4805	260
6	Strato geotecnico (6) - Argille sabbiose grigio-azzurre, sovraconsolidate, idonee per fondazioni profonde.	18.6	19.2	25	25	41.31	8041	400

Seed H. B. Idriss I. M. (1982)

Dr (%)	Validità
100	Valido per sabbie-limose e limi
48	Valido per sabbie-limose e limi
63	Valido per sabbie pulite
65	Valido per sabbie pulite
54	Non valido
63	Non valido

Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Correzione per la pressione litostatica efficace (CN)	Numero colpi corretto (N1,60)	Coeff. Riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coeff. Di Sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione
1.90	43.870	41.909	1.613	17.180	0.972	0.191	0.084	2.27	Terreno non suscettibile di liquefazione
2.10	47.668	43.745	1.576	16.955	0.969	0.188	0.087	2.16	Terreno non suscettibile di liquefazione
2.30	51.465	45.581	1.541	16.743	0.966	0.186	0.090	2.07	Terreno non suscettibile di liquefazione
2.50	55.261	47.416	1.507	16.545	0.963	0.184	0.093	1.98	Terreno non suscettibile di liquefazione
2.70	59.057	49.250	1.476	16.358	0.960	0.182	0.095	1.91	Terreno non suscettibile di liquefazione
2.90	62.852	51.084	1.447	16.181	0.957	0.180	0.097	1.85	Terreno non suscettibile di liquefazione
3.10	66.646	52.917	1.419	16.015	0.954	0.178	0.099	1.79	Terreno non suscettibile di liquefazione
3.30	70.440	54.750	1.393	15.857	0.951	0.176	0.101	1.74	Terreno non suscettibile di liquefazione
3.50	74.233	56.581	1.368	15.707	0.948	0.175	0.103	1.70	Terreno non suscettibile di liquefazione
3.70	78.025	58.412	1.344	15.564	0.945	0.173	0.104	1.66	Terreno non suscettibile di liquefazione
3.90	81.816	60.242	1.321	15.429	0.942	0.171	0.106	1.62	Terreno non suscettibile di liquefazione
4.10	85.607	62.071	1.300	15.299	0.939	0.170	0.107	1.59	Terreno non suscettibile di liquefazione
4.30	89.396	63.899	1.279	15.176	0.936	0.169	0.108	1.56	Terreno non suscettibile di liquefazione
4.50	93.185	65.726	1.260	15.058	0.933	0.167	0.109	1.53	Terreno non suscettibile di liquefazione
4.70	96.973	67.553	1.241	14.945	0.930	0.166	0.110	1.51	Terreno non suscettibile di

									liquefazione
4.90	100.759	69.378	1.223	14.836	0.927	0.165	0.111	1.48	Terreno non suscettibile di liquefazione
5.10	104.545	71.202	1.205	14.732	0.924	0.164	0.112	1.46	Terreno non suscettibile di liquefazione
5.30	108.329	73.025	1.189	14.632	0.921	0.163	0.113	1.44	Terreno non suscettibile di liquefazione
5.50	112.113	74.848	1.173	14.536	0.918	0.162	0.114	1.42	Terreno non suscettibile di liquefazione
5.70	115.895	76.669	1.157	14.444	0.915	0.160	0.114	1.40	Terreno non suscettibile di liquefazione
5.90	119.677	78.489	1.142	14.355	0.912	0.159	0.115	1.39	Terreno non suscettibile di liquefazione
6.10	123.457	80.308	1.128	14.269	0.909	0.159	0.115	1.37	Terreno non suscettibile di liquefazione
6.30	127.236	82.126	1.114	14.186	0.906	0.158	0.116	1.36	Terreno non suscettibile di liquefazione
6.50	131.014	83.942	1.101	14.106	0.903	0.157	0.116	1.35	Terreno non suscettibile di liquefazione
6.70	134.791	85.758	1.088	14.029	0.900	0.156	0.117	1.33	Terreno non suscettibile di liquefazione
6.90	138.567	87.572	1.076	13.954	0.897	0.155	0.117	1.32	Terreno non suscettibile di liquefazione
7.10	142.342	89.386	1.064	13.882	0.894	0.154	0.118	1.31	Terreno non suscettibile di liquefazione
7.30	146.115	91.198	1.052	13.812	0.891	0.153	0.118	1.30	Terreno non suscettibile di liquefazione
7.50	149.887	93.009	1.041	13.744	0.888	0.153	0.118	1.29	Terreno non suscettibile di liquefazione
7.70	153.738	94.898	1.024	20.477	0.885	0.228	0.118	1.92	Terreno non suscettibile di liquefazione
7.90	157.668	96.867	1.014	20.289	0.882	0.225	0.119	1.90	Terreno non suscettibile di liquefazione
8.10	161.597	98.835	1.005	20.106	0.879	0.223	0.119	1.88	Terreno non suscettibile di liquefazione
8.30	165.525	100.801	0.996	19.928	0.876	0.221	0.119	1.86	Terreno non suscettibile di liquefazione
8.50	169.452	102.766	0.988	19.756	0.873	0.220	0.119	1.85	Terreno non suscettibile di liquefazione
8.70	173.377	104.730	0.979	19.588	0.870	0.218	0.119	1.83	Terreno non suscettibile di liquefazione
8.90	177.301	106.693	0.971	19.425	0.867	0.216	0.119	1.81	Terreno non

									suscettibile di liquefazione
9.10	181.224	108.655	0.963	19.267	0.864	0.214	0.119	1.80	Terreno non suscettibile di liquefazione
9.30	185.147	110.616	0.956	19.112	0.861	0.212	0.119	1.78	Terreno non suscettibile di liquefazione
9.50	189.068	112.576	0.948	18.962	0.858	0.211	0.119	1.77	Terreno non suscettibile di liquefazione
9.70	192.987	114.534	0.941	18.815	0.855	0.209	0.119	1.76	Terreno non suscettibile di liquefazione
9.90	196.906	116.492	0.934	18.672	0.852	0.207	0.119	1.74	Terreno non suscettibile di liquefazione
10.10	200.824	118.448	0.927	18.533	0.849	0.206	0.119	1.73	Terreno non suscettibile di liquefazione
10.30	204.741	120.404	0.920	18.397	0.846	0.204	0.119	1.72	Terreno non suscettibile di liquefazione
10.50	208.657	122.358	0.913	18.264	0.843	0.203	0.119	1.71	Terreno non suscettibile di liquefazione
10.70	212.571	124.312	0.907	18.134	0.840	0.201	0.119	1.70	Terreno non suscettibile di liquefazione
10.90	216.485	126.264	0.900	18.008	0.837	0.200	0.119	1.69	Terreno non suscettibile di liquefazione
11.10	220.398	128.216	0.894	17.884	0.834	0.199	0.118	1.68	Terreno non suscettibile di liquefazione
11.30	224.310	130.166	0.888	17.763	0.831	0.197	0.118	1.67	Terreno non suscettibile di liquefazione
11.50	228.221	132.116	0.882	17.644	0.828	0.196	0.118	1.66	Terreno non suscettibile di liquefazione
11.70	232.131	134.065	0.876	17.528	0.825	0.195	0.118	1.65	Terreno non suscettibile di liquefazione
11.90	236.040	136.013	0.871	17.415	0.822	0.193	0.118	1.64	Terreno non suscettibile di liquefazione
12.10	239.949	137.960	0.865	17.304	0.819	0.192	0.118	1.63	Terreno non suscettibile di liquefazione
12.30	243.856	139.906	0.860	17.195	0.816	0.191	0.117	1.63	Terreno non suscettibile di liquefazione
12.50	247.763	141.851	0.854	17.089	0.813	0.190	0.117	1.62	Terreno non suscettibile di liquefazione
12.70	251.669	143.796	0.849	16.984	0.810	0.189	0.117	1.61	Terreno non suscettibile di liquefazione
12.90	255.574	145.740	0.844	16.882	0.807	0.188	0.117	1.60	Terreno non suscettibile di liquefazione

13.10	259.479	147.683	0.839	16.782	0.804	0.186	0.117	1.60	Terreno non suscettibile di liquefazione
13.30	263.383	149.626	0.834	16.683	0.801	0.185	0.116	1.59	Terreno non suscettibile di liquefazione
13.50	267.336	151.617	0.829	29.022	0.798	0.322	0.116	2.78	Terreno non suscettibile di liquefazione
13.70	271.338	153.658	0.824	28.848	0.795	0.321	0.116	2.76	Terreno non suscettibile di liquefazione
13.90	275.340	155.699	0.819	28.677	0.792	0.319	0.116	2.75	Terreno non suscettibile di liquefazione
14.10	279.341	157.739	0.815	28.510	0.789	0.317	0.115	2.75	Terreno non suscettibile di liquefazione
14.30	283.342	159.778	0.810	28.346	0.786	0.315	0.115	2.74	Terreno non suscettibile di liquefazione
14.50	287.342	161.817	0.805	28.184	0.783	0.313	0.115	2.73	Terreno non suscettibile di liquefazione
14.70	291.342	163.855	0.801	28.026	0.780	0.311	0.115	2.72	Terreno non suscettibile di liquefazione
14.90	295.341	165.893	0.796	27.871	0.777	0.310	0.114	2.71	Terreno non suscettibile di liquefazione
15.10	299.339	167.930	0.792	27.718	0.774	0.308	0.114	2.70	Terreno non suscettibile di liquefazione
15.30	303.337	169.967	0.788	27.568	0.771	0.306	0.114	2.70	Terreno non suscettibile di liquefazione
15.50	307.335	172.003	0.783	27.421	0.768	0.305	0.113	2.69	Terreno non suscettibile di liquefazione
15.70	311.332	174.039	0.779	27.276	0.765	0.303	0.113	2.68	Terreno non suscettibile di liquefazione
15.90	315.329	176.074	0.775	27.133	0.762	0.301	0.113	2.68	Terreno non suscettibile di liquefazione
16.10	319.325	178.110	0.771	26.993	0.759	0.300	0.112	2.67	Terreno non suscettibile di liquefazione
16.30	323.321	180.144	0.767	26.856	0.756	0.298	0.112	2.66	Terreno non suscettibile di liquefazione
16.50	327.317	182.179	0.763	26.720	0.753	0.297	0.112	2.66	Terreno non suscettibile di liquefazione
16.70	331.313	184.213	0.760	26.587	0.750	0.295	0.111	2.65	Terreno non suscettibile di liquefazione
16.90	335.308	186.247	0.756	26.456	0.747	0.294	0.111	2.65	Terreno non suscettibile di liquefazione
17.10	339.303	188.280	0.752	26.327	0.744	0.293	0.111	2.64	Terreno non suscettibile di

									liquefazione
17.30	343.297	190.314	0.749	26.200	0.741	0.291	0.110	2.64	Terreno non suscettibile di liquefazione
17.50	347.292	192.347	0.745	26.075	0.738	0.290	0.110	2.63	Terreno non suscettibile di liquefazione
17.70	351.476	194.570	-	-	-	-	-	-	Terreno non suscettibile di liquefazione
17.90	355.850	196.982	-	-	-	-	-	-	Terreno non suscettibile di liquefazione
18.10	360.224	199.395	-	-	-	-	-	-	Terreno non suscettibile di liquefazione
18.30	364.598	201.807	-	-	-	-	-	-	Terreno non suscettibile di liquefazione
18.50	368.971	204.220	-	-	-	-	-	-	Terreno non suscettibile di liquefazione
18.70	373.625	206.912	-	-	-	-	-	-	Terreno non suscettibile di liquefazione
18.90	378.558	209.884	-	-	-	-	-	-	Terreno non suscettibile di liquefazione
19.10	383.492	212.856	-	-	-	-	-	-	Terreno non suscettibile di liquefazione
19.30	0.000	0.000	-	-	-	-	-	-	Terreno non suscettibile di liquefazione

IPL (Iwasaki)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso

## REPORT PROSPEZIONE SISMICA MASW

*Multi-channel Analysis of Surface Waves*



Committente: **DELTA IMMOBILIARE S.r.l.;**

Oggetto: Caratterizzazione sismica dei terreni di fondazione mediante indagini in sito;

Ubicazione cantiere: *Via Venezia*, Comune di Martinsicuro (TE);

Data: 23.01.2020.

## Introduzione

Al fine di caratterizzare la risposta sismica del sito in esame è stata eseguita un'acquisizione MASW *Multi-channel Analysis of Surface Waves* - utile a definire il profilo verticale della velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_s$ .

La classificazione dei terreni si basa sul valore della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  - *rif. 3.2.2. NTC 2018*. Nel loro insieme, le procedure adottate sono in accordo con le norme tecniche per le costruzioni NTC2018 (ex DM 14 gennaio 2008).

L'indagine è stata condotta in data 23.01.2020 presso il cantiere di *Via Venezia*, Comune di Martinsicuro (TE).

## Ubicazione Area di Indagine

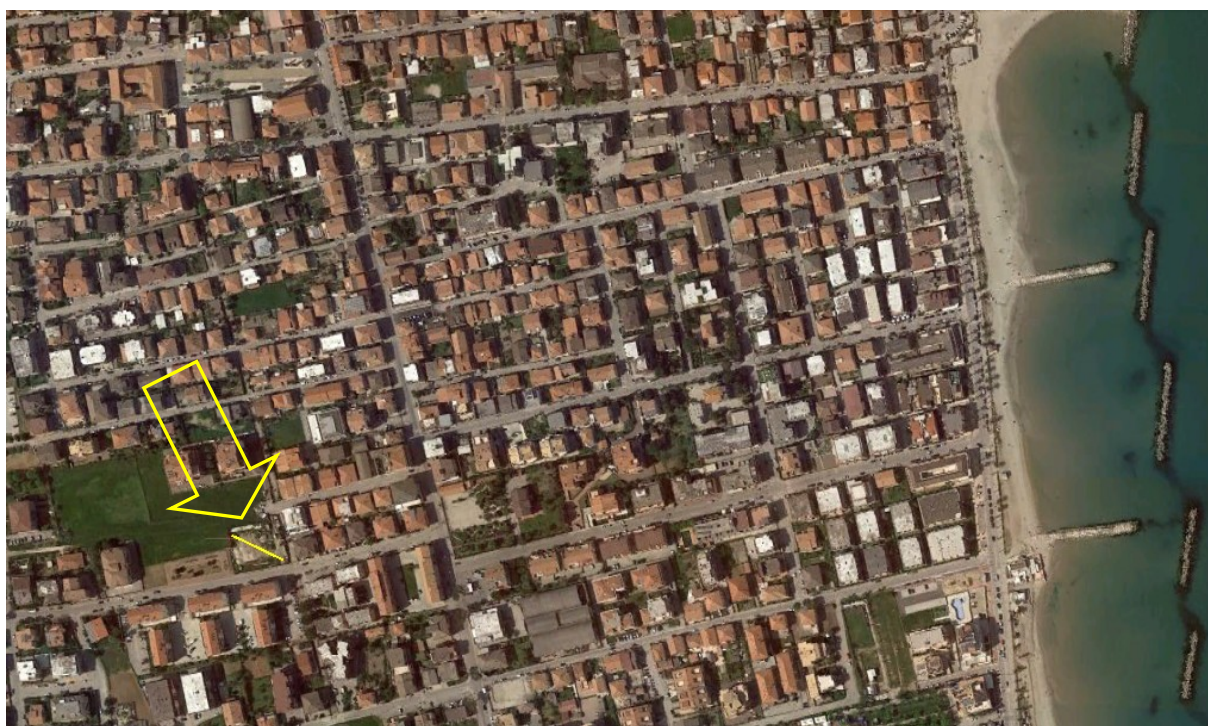


Fig. 1 - Indicazione area di indagine su immagine satellitare. **Panoramica.**



## Acquisizione dati

### Strumentazione impiegata per l'acquisizione del segnale e per l'elaborazione.

L'acquisizione è avvenuta tramite sismografo a 24 canali (mod. PASI 16SG24 24 canali) collegato a geofoni verticali a frequenza propria di 4.5 Hz. Utilizzando una sorgente ad impatto verticale (ZVF) e geofoni a componente verticale, si acquisiscono dati utili all'analisi delle onde di *Rayleigh*.

Il sismografo PASI 16SG24 24 canali è uno strumento compatto e versatile progettato e realizzato appositamente per eseguire indagini di prospezione sismica convenzionali (rifrazione, riflessione) e non convenzionali [Re.Mi. - *Refraction Microtremor* & M.A.S.W. - *Multichannel Analysis of Surface Waves*]. L'elevata dinamica (24 bit di risoluzione) unita alla notevole memoria per l'acquisizione, ne consente l'utilizzo per tecniche di indagine di tipo non convenzionale. Tali indagini risultano particolarmente adatte in aree fortemente antropizzate (aree urbane e industriali) con notevole presenza di rumore di fondo. Per le analisi dei dati acquisiti si è adottato il *software* winMASW 3C ([www.eliosoft.it](http://www.eliosoft.it)). I dati MASW sono stati elaborati (determinazione spettro di velocità, identificazione curve di dispersione, inversione/modellazione di queste ultime) per ricostruire il profilo verticale della velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ).



Fig. 2 - Ubicazioni indagine MASW nell'area di interesse. **Zoom.**

## Indagine eseguita

Al fine di caratterizzare sismicamente il suolo in area progettuale è stata eseguita una prospezione sismica MASW, con uno stendimento geofonico di 46.0 m. Le oscillazioni del suolo sono state rilevate da 24 geofoni verticali da 4.5 Hz posizionati lungo il profilo di indagine con distanza intergeofonica di 2.0 m (fig. seguente).



Fig. 3 - Prospezione sismica MASW effettuata sul sito oggetto di studio: è visibile lo stendimento in preparazione per il posizionamento dei geofoni.

Come *trigger/starter* è stato utilizzato un geofono verticale da 10 Hz, posto in prossimità della piastra, alla distanza di 3.0 m dal primo geofono (*offset* minimo). La lunghezza complessiva dello stendimento è stata sufficiente a determinare la sismostratigrafia 1D dei terreni di sedime fino alla

profondità di circa 30 m dal pc. Nelle figg. seguenti viene riportata una rappresentazione schematica dello stendimento sismico per la prova MASW eseguita.



Fig. 4 - Stendimento sismico per i primi 12 geofoni, rappresentati in giallo e posti a distanza costante di 2 m. A sinistra del trigger è posta la massa battente che costituisce la sorgente di energizzazione; a destra è collocato il sismografo per la registrazione dei segnali sismici.



Fig. 5 - Porzione terminale dello stendimento sismico (speculare all'array di 12 geofoni della fig. precedente).

## Elaborazione dati

Le acquisizioni dei segnali migliori, di lunghezza temporale  $T = 512/1024$  ms, sono state eseguite con passo di campionamento  $dt$  0.250/0.500 ms.

L'elaborazione dei dati e l'inversione delle curve di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di *Rayleigh* sono state eseguite con il programma winMASW ([www.eliosoft.it](http://www.eliosoft.it)) che ha permesso di eseguire l'intero processo di elaborazione di una sezione sismostratigrafica 1D delle  $V_s$ . Gli elaborati riguardanti la prova effettuata sono riportati di seguito.

## Conclusioni

L'analisi della dispersione delle onde di *Rayleigh* a partire da dati di sismica attiva MASW ha consentito di determinare il profilo verticale della velocità delle onde di taglio  $V_s$  e, di conseguenza, del **parametro  $V_{s,eq}$  risultato pari a 247 m/s**. Facendo riferimento all'approccio semplificato - Tab. 3.2.II delle NTC 2018 - **la categoria di sottosuolo è la C**.

## Riferimenti

- ✓ Manuale winMASW 2019 - Manuale d'uso - ELIOSOFT Geophysical Software and Services;
- ✓ Dal Moro G., Pipan M. & Gabrielli P., 2007, *Rayleigh Wave Dispersion Curve Inversion via Genetic Algorithms and Posterior Probability Density Evaluation*, *J. Appl. Geophysics*, 61, 39-55;
- ✓ Park C. B., Miller R. D., & Xia J., 1999, *Multichannel analysis of surface waves*, *Geophysics*, 64, 3; 800–808.

## Elaborati di analisi

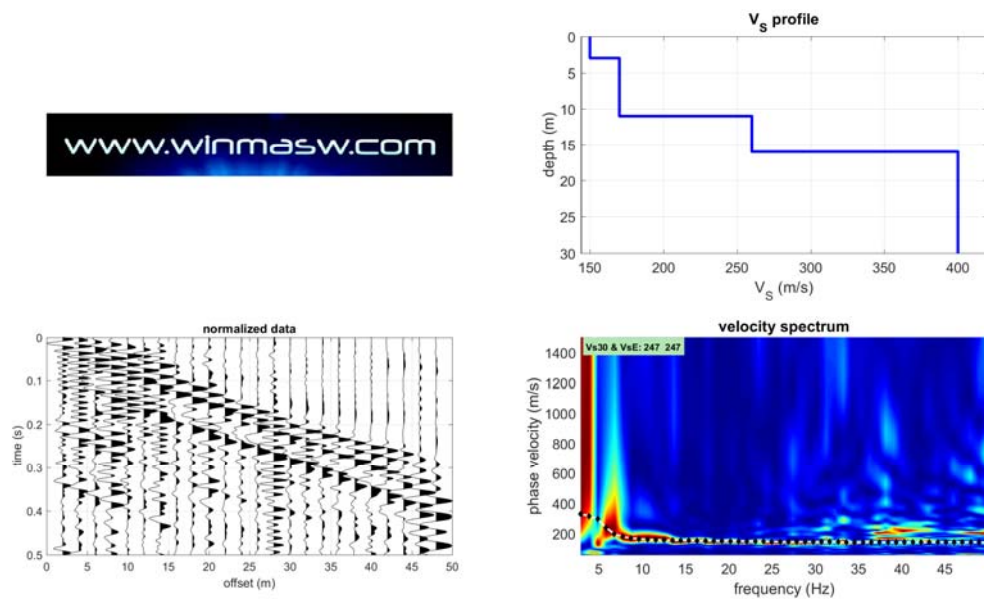


Fig. 6 - Schermata del *software* di elaborazione winMASW: a sinistra sono riportati i dati di campagna; a destra lo spettro di velocità calcolato.

### Subsurface Model

Vs (m/s): 150, 170, 260, 400;

Thickness (m): 3.0, 8.0, 5.0;

Density (gr/cm<sup>3</sup>) (approximate values): 1.81, 1.80, 1.91, 1.98;

Shear modulus (MPa) (approximate values): 41, 52, 129, 317;

*Analyzing Phase velocities / Analysis: Rayleigh Waves*

Approximate values for Vp and Poisson

Vp (m/s): 367, 354, 541, 748;

Poisson: 0.40, 0.35, 0.35, 0.30;

**V<sub>s,30</sub> and V<sub>s,eq</sub> (m/s): 247, 247.**

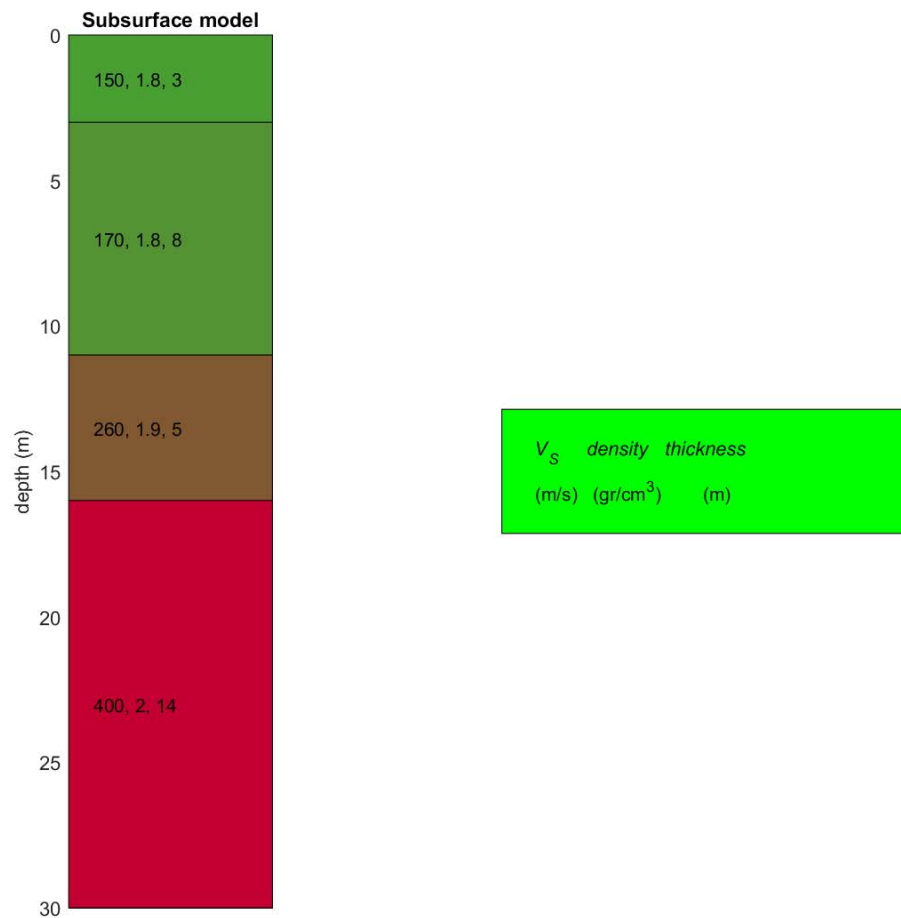


Fig. 7 - Modello schematico del sottosuolo con indicazione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio di  $V_s$ , della densità e dello spessore degli strati sismici sino alla profondità di 30 m dal pc attuale.

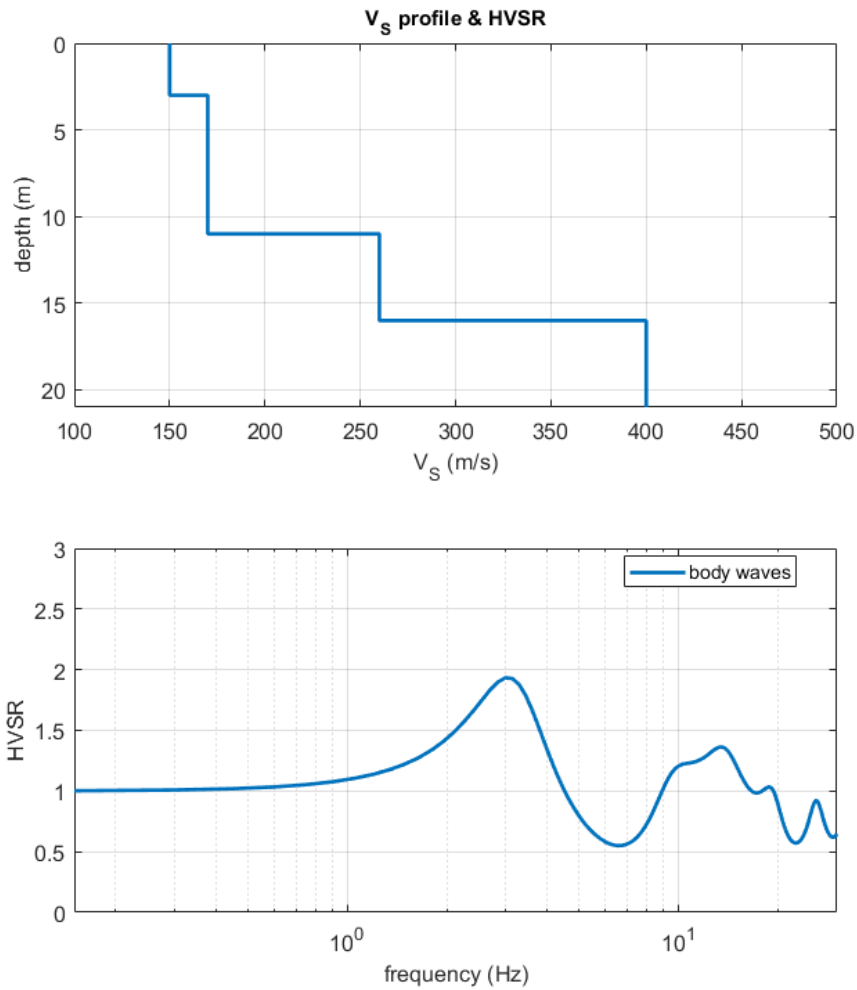


Fig. 8 - Snapshot VS vs HVSR (body waves).

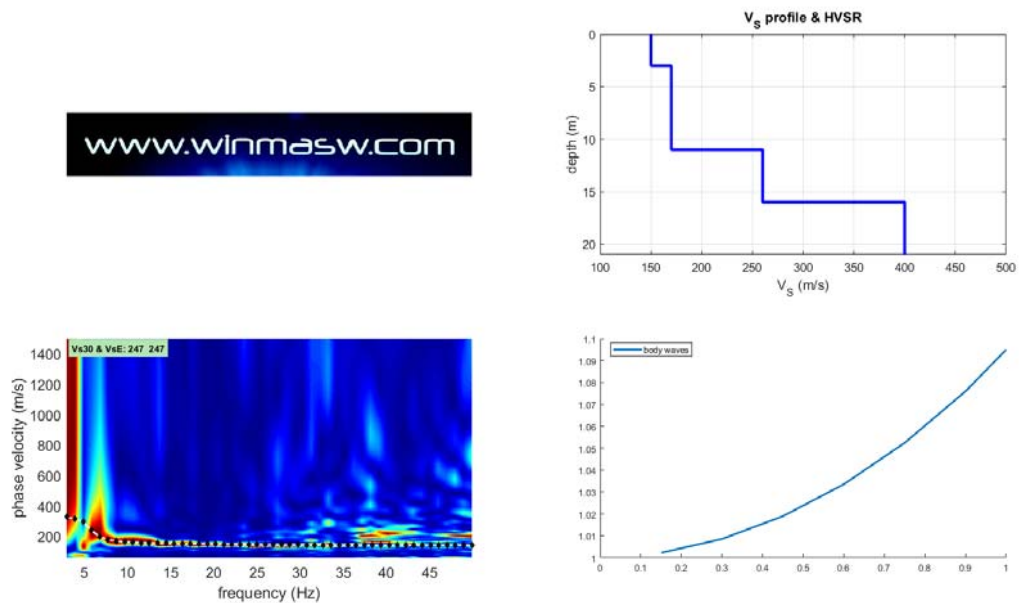


Fig. 9 - Schermata del software di elaborazione winMASW: profilo di propagazione delle onde di taglio V<sub>s</sub>.

## ALLEGATO 2

*Report* di un'ulteriore indagine sismica storica di tipo **MASW** realizzata nelle vicinanze - *Multi-channel Analysis of Surface Waves*. Indagini e dati di proprietà della committenza.



## REPORT PROSPEZIONE SISMICA MASW storica

*Multi-channel Analysis of Surface Waves*



**Committente:** ...;

**Oggetto:** Caratterizzazione sismica dei terreni di fondazione mediante indagine in sito MASW;

**Ubicazione cantiere:** Comune di Martinsicuro (TE).



## Introduzione

Al fine di caratterizzare la risposta sismica del sito in esame è stata eseguita n. 1 (una) acquisizione MASW - *Multi-channel Analysis of Surface Waves* - utile a definire il profilo verticale della velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_s$ .

La classificazione dei terreni si basa sul valore della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  - *rif. 3.2.2. NTC 2018*. Nel loro insieme, le procedure adottate sono in accordo con le norme tecniche per le costruzioni NTC2018 (ex DM 14 gennaio 2008).

L'indagine sismica MASW è stata condotta, nel mese di maggio 2021, nel Comune di Martinsicuro (TE).



Figura 1 - Ubicazione del cantiere: Via [...], nel Comune di Martinsicuro (TE).

## Acquisizione dati

### Strumentazione impiegata. Elaborazione

Le acquisizioni sono avvenute tramite sismografo a 24 canali (mod. PASI 16SG24 24 canali) collegato a geofoni verticali a frequenza propria di 4.5 Hz. Utilizzando una sorgente ad impatto verticale (ZVF) e geofoni a componente verticale, si acquisiscono dati utili all'analisi delle onde di *Rayleigh*. Il sismografo PASI 16SG24 24 canali è uno strumento compatto e versatile progettato e realizzato appositamente per eseguire indagini di prospezione sismica convenzionali (rifrazione, riflessione) e non convenzionali [Re.Mi. - *Refraction Microtremor* & M.A.S.W. - *Multichannel Analysis of Surface Waves*]. L'elevata dinamica (24 bit di risoluzione) unita alla notevole memoria per l'acquisizione, ne consente l'utilizzo per tecniche d'indagine di tipo non convenzionale. Tali indagini risultano particolarmente adatte in aree fortemente antropizzate (aree urbane e industriali) con notevole presenza di rumore di fondo. Per le analisi dei dati acquisiti si è adottato il *software* winMASW 3C ([www.eliosoft.it](http://www.eliosoft.it)). I dati MASW sono stati elaborati (determinazione dello spettro di velocità, identificazione delle curve di dispersione, inversione/modellazione di queste ultime) per ricostruire il profilo verticale della velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ).

## Indagini eseguite

Al fine di caratterizzare sismicamente il suolo in area progettuale è stata eseguita n. 1 (una) prospezione sismica MASW, con uno stendimento geofonico di 23 m. Le oscillazioni del suolo sono state rilevate da 24 geofoni verticali da 4.5 Hz posizionati lungo il profilo dell'indagine con distanza intergeofonica di 1.0 m. Nelle figg. seguenti viene riportata una rappresentazione schematica dello stendimento sismico per la prova MASW eseguita.



Figura 3 - Stendimento sismico per i primi 12 geofoni, rappresentati in giallo e posti a distanza costante di 1.0 m. A sinistra del trigger è posta la massa battente che costituisce la sorgente di energizzazione; a destra è collocato il sismografo per la registrazione dei segnali sismici.



Figura 4 - Porzione terminale dello stendimento sismico (speculare all'array di 12 geofoni della Figura precedente).

Come *trigger/ starter* è stato utilizzato un geofono verticale da 10 Hz, posto in prossimità della piastra, alla distanza (*offset*) di 3.0/4.0/5.0 m dal primo geofono. La lunghezza complessiva dello stendimento unita ai dati forniti dall'indagine HVSr è stata sufficiente a determinare la sismostratigrafia 1D dei terreni di sedime fino alla profondità  $\geq 30$  m dal pc.

## **Elaborazione dati**

Le acquisizioni dei segnali migliori, di lunghezza temporale  $T = 512/1024/2048$  ms, sono state eseguite con passo di campionamento  $dt 0.250/0.500/1.000/2.000$  ms.

L'elaborazione dei dati e l'inversione delle curve di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di *Rayleigh* sono state eseguite con il programma winMASW 3C ([www.eliosoft.it](http://www.eliosoft.it)) che ha permesso di eseguire l'intero processo di elaborazione delle sezioni sismostratigrafiche 1D delle  $V_s$ . Gli elaborati riguardanti le prove effettuate sono riportati di seguito.

## Conclusioni

L'analisi della dispersione delle onde di *Rayleigh* a partire da dati di sismica attiva MASW ha consentito di determinare il profilo verticale della velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_s$  e, di conseguenza, del **parametro  $V_{s,eq}$  risultato pari 268 m/s - valore riferito al piano campagna attuale.**

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

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

Figura 6 - *Snapshot* Tabella 3.2.II delle NTC 2018.

## Elaborazione

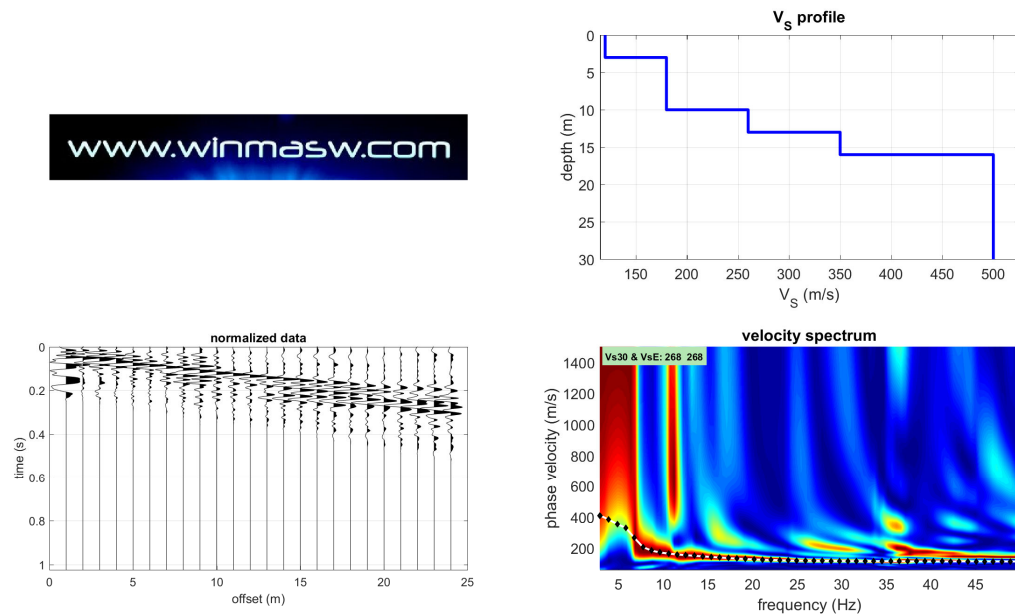


Figura 7 - Schermata del *software* di elaborazione winMASW: a sinistra sono riportati i dati di campagna; a destra lo spettro di velocità calcolato.

### Subsurface Model

Vs (m/s): 120, 180, 260, 350, 500;

Thickness (m): 3.0, 7.0, 3.0, 3.0, 14.0;

Density (gr/cm<sup>3</sup>) (approximate values): 1.76, 1.82, 1.91, 1.98, 2.04;

Shear modulus (MPa) (approximate values): 25, 59, 129, 242, 509;

*Analyzing Phase velocities / Analysis: Rayleigh Waves*

Approximate values for Vp and Poisson

Vp (m/s): 294, 375, 541, 729, 935;

Poisson: 0.40, 0.35, 0.35, 0.35, 0.30;

**V<sub>s,30</sub> = 268 m/s**

**V<sub>s,eq</sub> = 268 m/s (valore riferito al piano campagna attuale)**

### Massima profondità di penetrazione dell'indagine MASW

Per la curva di dispersione ottenuta dall'indagine MASW si ricava che il valore della velocità di fase  $V_R$  corrispondente alla frequenza più bassa piccabile ( $\approx 7$  Hz) è pari a 450 m/s. La massima lunghezza d'onda  $\lambda_{,max}$  è pari quindi a 64 m. Considerato che la massima profondità di penetrazione dell'indagine MASW ricade nel *range*  $\lambda_{,max}/2.5 \div \lambda_{,max}/2.0 \implies$  si ricava che la massima profondità di penetrazione dell'indagine MASW ricade nel *range* 25  $\div$  32 m.

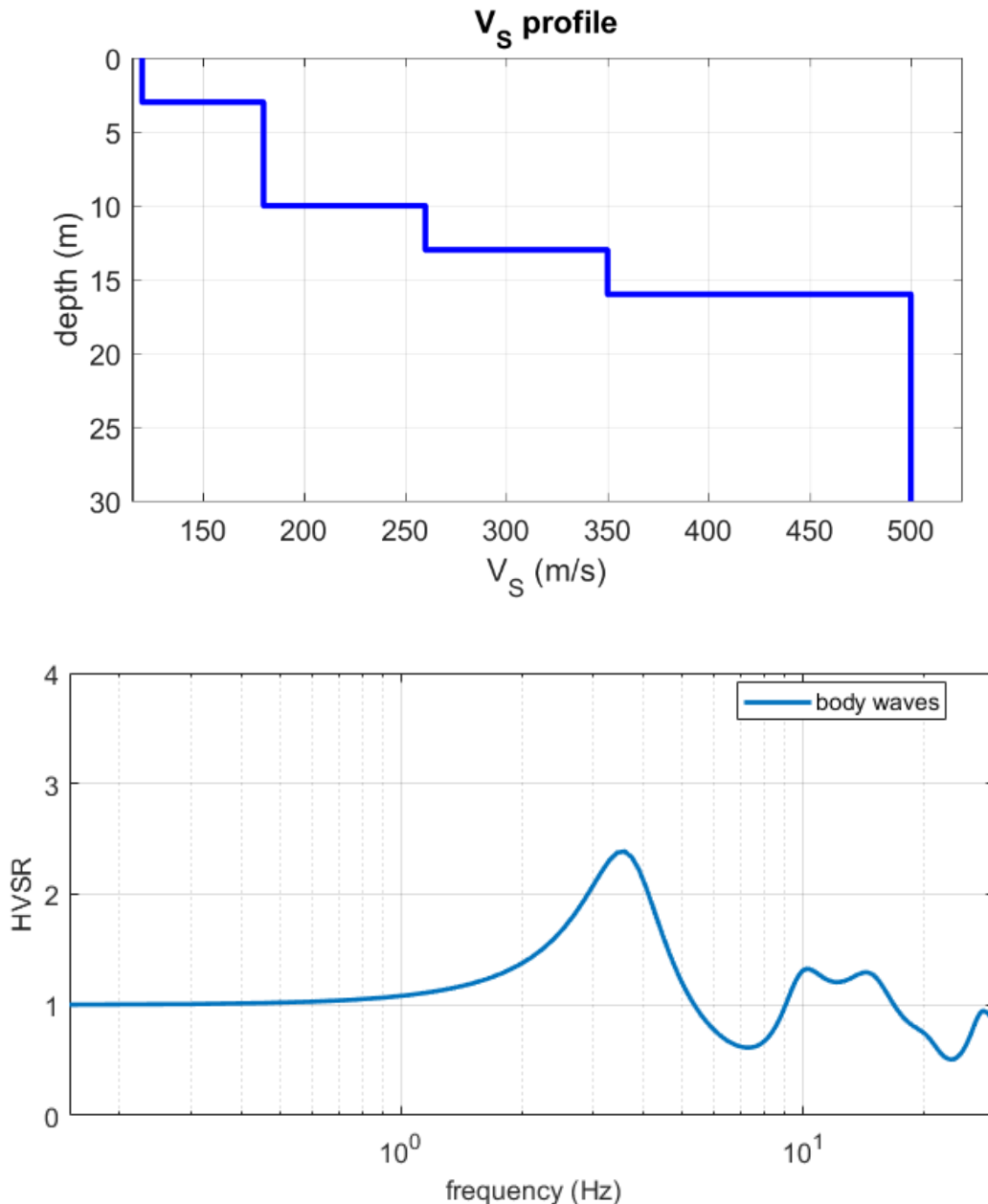


Figura 8 - Snapshot profilo  $V_S$  & HVSR (*Surface Waves ellipticity*).

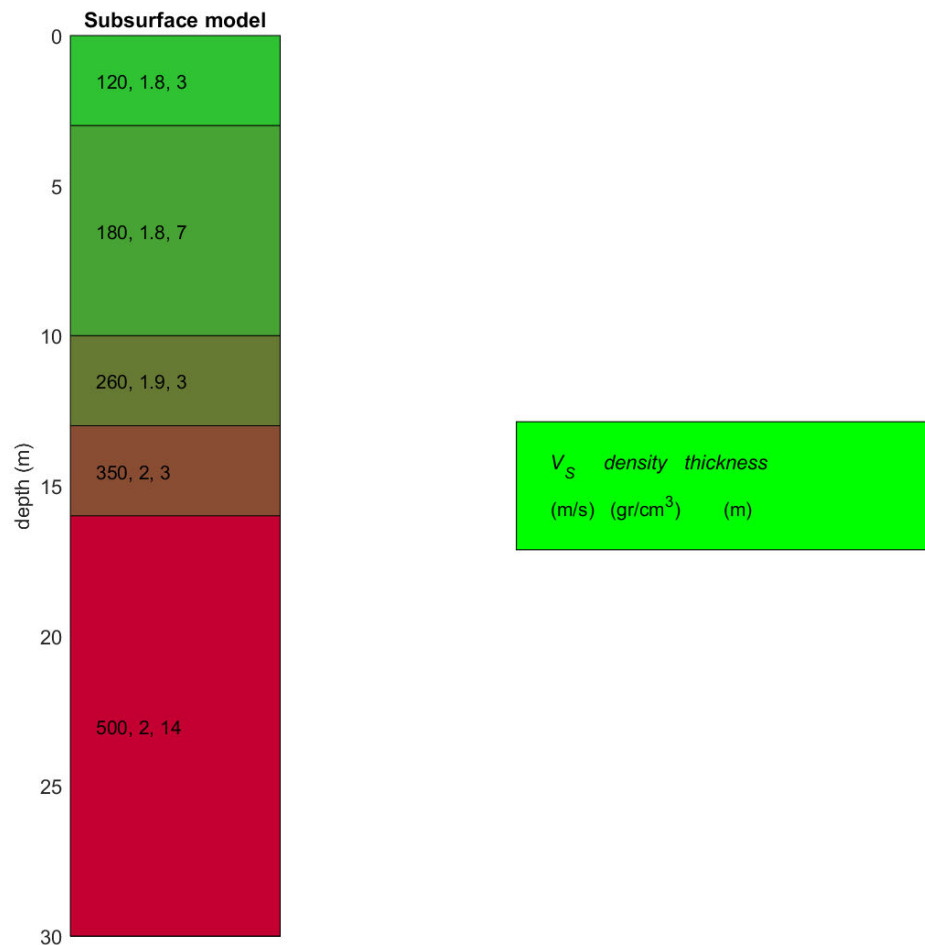


Figura 9 - Modello schematico del sottosuolo con indicazione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio di  $V_s$ , della densità e dello spessore degli strati sismici sino alla profondità di 30 m dal pc attuale.

## Riferimenti

- ✓ Manuale d'uso winMASW® 2019 - ELIOSOFT geophysical software and services;
- ✓ Dal Moro G., Pipan M. & Gabrielli P., 2007, *Rayleigh Wave Dispersion Curve Inversion via Genetic Algorithms and Posterior Probability Density Evaluation*, *J. Appl. Geophysics*, 61, 39÷55;
- ✓ Park C. B., Miller R. D., & Xia J., 1999, *Multichannel analysis of surface waves*, *Geophysics*, 64, 3; 800÷808.