





E N E R G Y  
ENVIRONMENT  
ENGINEERING

Nuova SE RTN380/150/36 kV "CAR380" e Raccordi  
**Relazione Geologica**

**HELIOS SRL**

OGGETTO / SUBJECT

**117.21.00.R11**

**00**

**Mar. 23**

**2/32**

TAG

REV

DATE

PAG / TOT

CLIENTE / CUSTOMER

## **S O M M A R I O**

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| <b>1</b>  | <b>PREMESSA .....</b>                                      | <b>3</b>  |
| <b>2</b>  | <b>DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO.....</b>            | <b>5</b>  |
| <b>3</b>  | <b>INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....</b>                    | <b>6</b>  |
| <b>4</b>  | <b>RIFERIMENTI NORMATIVI.....</b>                          | <b>8</b>  |
| <b>5</b>  | <b>GEOLOGIA.....</b>                                       | <b>9</b>  |
| 5.1       | Inquadramento Geologico Generale .....                     | 9         |
| 5.2       | Geologia del sito di intervento.....                       | 12        |
| <b>6</b>  | <b>GEOMORFOLOGIA E COMPATIBILITA' GEOMORFOLOGICA .....</b> | <b>14</b> |
| <b>7</b>  | <b>VALUTAZIONI IDROGEOLOGICHE E IDROLOGICHE .....</b>      | <b>17</b> |
| <b>8</b>  | <b>CLASSIFICAZIONE SISMICA .....</b>                       | <b>20</b> |
| 8.1       | Cenni sulla storia Sismica del territorio .....            | 20        |
| 8.2       | Pericolosità Sismica di base .....                         | 23        |
| 8.3       | Pericolosità Sismica Locale .....                          | 24        |
| 8.4       | Azione sismica di dettaglio .....                          | 25        |
| 8.5       | Risultati dei calcoli Indagini Masw .....                  | 28        |
| <b>9</b>  | <b>CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI .....</b>       | <b>29</b> |
| <b>10</b> | <b>CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE .....</b>                     | <b>30</b> |

|   |   |           |                |                    |             |
|---|---|-----------|----------------|--------------------|-------------|
|  | Nuova SE RTN380/150/36 kV "CAR380" e Raccordi<br><b>Relazione Geologica</b> |           |                | <b>HELIOS SRL</b>  |             |
|   | OGGETTO / SUBJECT   |           |                |                    |             |
|   | <b>117.21.00.R11</b>  | <b>00</b> | <b>Mar. 23</b> |                    | <b>3/32</b> |
|   | TAG   | REV       | DATE           |                    | PAG / TOT   |
|   |   |           |                | CLIENTE / CUSTOMER |             |

## 1 PREMESSA

Su incarico conferito dalla Ditta HELIOS s.r.l., lo scrivente Dott. Geol. Marcello Militello, ha eseguito uno studio geologico di supporto al Piano Tecnico delle Opere che, al fine di ottenerne la connessione e relativamente alla parte tecnica di connessione alla RTN, comprende gli elaborati tecnici richiesti:

- a) una nuova Stazione Elettrica (di seguito S.E.) RTN 380/150/36 kV denominata "CARLENTINI 380" nel Comune di Melilli, Provincia di Siracusa;
- b) nuovi raccordi in entra – esci a 380 kV all'attuale elettrodotto 380 kV della RTN denominato "Paternò-Priolo";

Lo studio ha consentito di definire sia le litologie dei terreni affioranti in un'area più vasta rispetto a quella di stretto interesse, sia le locali caratteristiche geomorfologiche ed idrogeologiche, al fine di verificare le condizioni di stabilità in cui versa l'area interessata dalla realizzazione delle opere in progetto e valutare la compatibilità geomorfologica l.s. delle stesse.

La valutazione iniziale delle condizioni strutturali dei terreni, unitamente ad un'analisi diretta delle prime porzioni di sottosuolo, è stata effettuata mediante un rilievo geologico e geomorfologico di dettaglio. Al rilievo sono stati integrati dati acquisiti dalle cartografie ufficiali, nonché da studi precedenti eseguiti in aree limitrofe.

Nel seguito della relazione, dopo una breve descrizione dell'ambiente fisico, si espongono i risultati dello studio geologico comprensivo di analisi di carattere geologico e litologico dei terreni presenti, studio geomorfologico, studio idrogeologico e inquadramento sismico, nonché una caratterizzazione geotecnica preliminare dei terreni di fondazione.

Gli studi, in sintesi, si sono articolati attraverso le seguenti fasi:

- rilievo geologico di dettaglio dell'area interessata dalle opere in progetto e di un significativo intorno della stessa con particolare attenzione ai tralicci di nuova realizzazione;
- rilievo geomorfologico e idrogeologico di dettaglio dell'area interessata dalle opere in progetto e di un significativo intorno della stessa focalizzando l'attenzione ai tralicci di nuova realizzazione;

|   |   |           |                |                    |             |
|---|---|-----------|----------------|--------------------|-------------|
|  | Nuova SE RTN380/150/36 kV "CAR380" e Raccordi<br><b>Relazione Geologica</b> |           |                | <b>HELIOS SRL</b>  |             |
|   | OGGETTO / SUBJECT   |           |                |                    |             |
|   | <b>117.21.00.R11</b>  | <b>00</b> | <b>Mar. 23</b> |                    | <b>4/32</b> |
|   | TAG   | REV       | DATE           |                    | PAG / TOT   |
|   |   |           |                | CLIENTE / CUSTOMER |             |

- Verifica della compatibilità geomorfologica delle opere in progetto rispetto alla configurazione geologica ed idrogeologica delle aree interessate dai lavori stessi.

Il lavoro ha inoltre portato alla redazione di allegati cartografici e digitali che ne costituiscono parte integrante.

|   |   |           |                |                    |             |
|---|---|-----------|----------------|--------------------|-------------|
|  | Nuova SE RTN380/150/36 kV "CAR380" e Raccordi<br><b>Relazione Geologica</b> |           |                | <b>HELIOS SRL</b>  |             |
|   | OGGETTO / SUBJECT   |           |                |                    |             |
|   | <b>117.21.00.R11</b>  | <b>00</b> | <b>Mar. 23</b> |                    | <b>5/32</b> |
|   | TAG   | REV       | DATE           |                    | PAG / TOT   |
|   |   |           |                | CLIENTE / CUSTOMER |             |

## 2 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

Come riportato nella relazione tecnica redatta dal progettista incaricato "il sito che ospiterà la nuova stazione elettrica si trova nella zona agricola sul territorio comunale di Melilli, Provincia di Siracusa, in Località "Masseria della Piccola", interessando una nuova area di circa 65.400 m<sup>2</sup> (area comprensiva degli spazi necessari per le opere di sistemazione e mascheramenti). L'accesso alla S.E. avverrà tramite un tratto di circa 280 m di nuova viabilità, che andrà ad immettersi sull'esistente SP.95 Priolo-Lentini, circa al km 22+500. Gli elettrodotti AT a 380 kV in ST collegheranno la nuova stazione di rete 380/150/36 kV "CARLENTINI 380" e l'esistente elettrodotto a 380 kV denominato "Paternò-Priolo". I tracciati si sviluppano per una lunghezza complessiva di circa 2,8 km, coinvolgendo prevalentemente zone agricole. Ciascun raccordo sarà costituito da 4 nuovi sostegni. La situazione è esemplificata nella figura seguente".

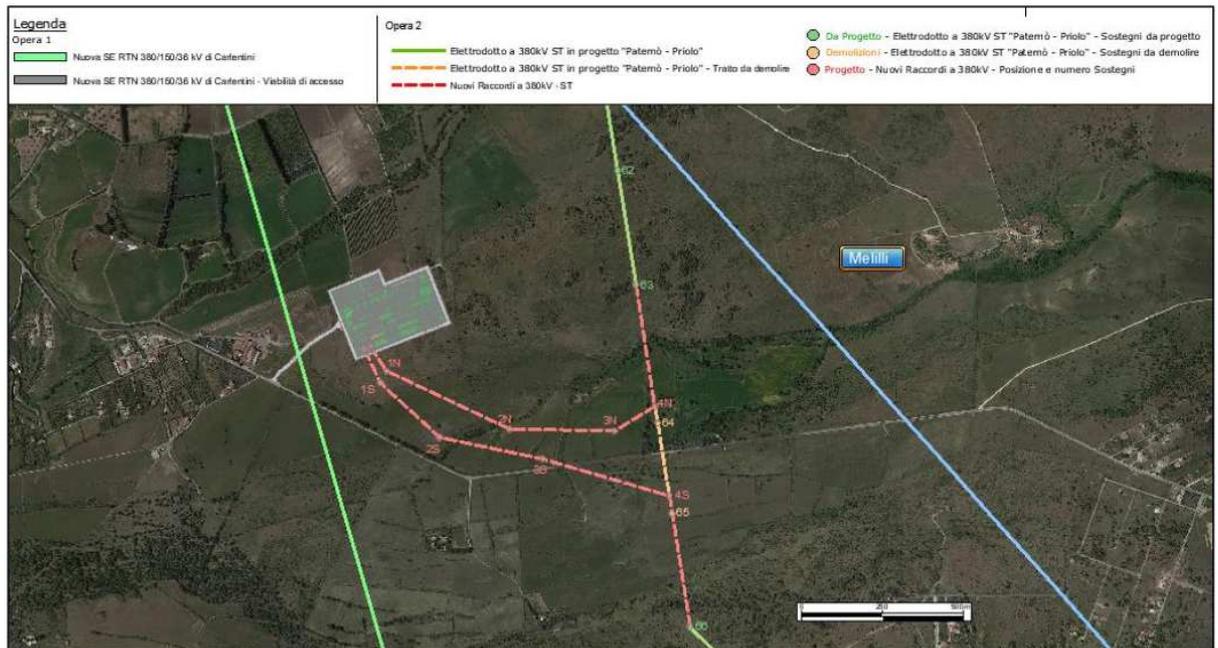


Figura 2.1: Inquadramento su Ortofoto delle opere in progetto

Le coordinate geografiche: latitudine 37°15'27.35"N, e longitudine 15° 3'9.96"E.



ENERGY  
ENVIRONMENT  
ENGINEERING

Nuova SE RTN380/150/36 kV "CAR380" e Raccordi  
**Relazione Geologica**

**HELIOS SRL**

OGGETTO / SUBJECT

**117.21.00.R11**

**00**

**Mar. 23**

**6/32**

TAG

REV

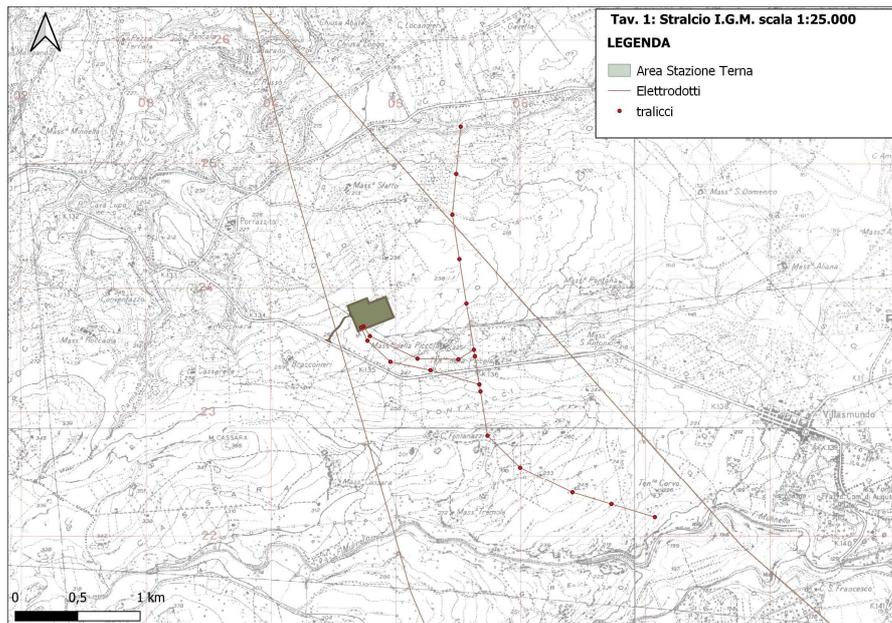
DATE

PAG / TOT

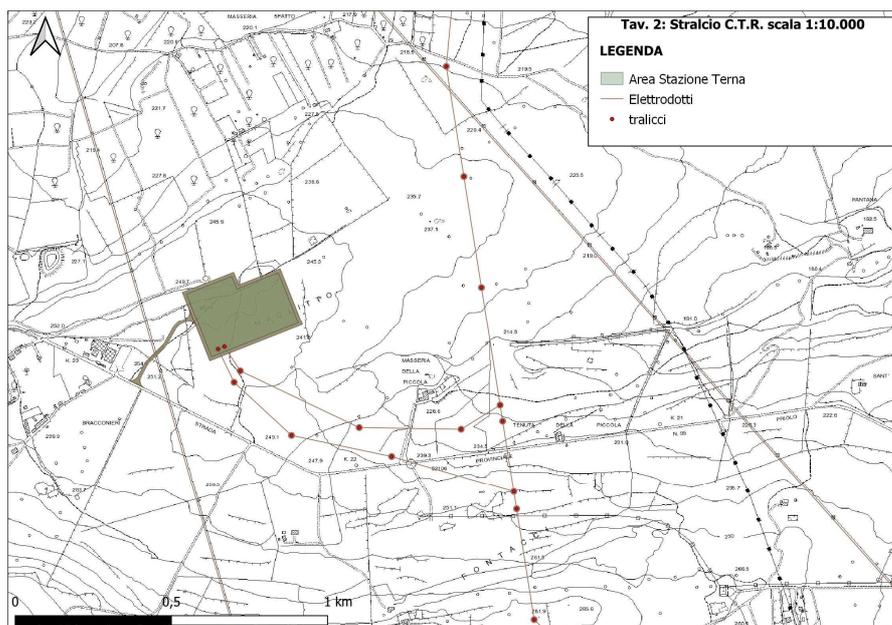
CLIENTE / CUSTOMER

### 3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Dal punto di vista cartografico le opere in progetto ricadono nella Tavoletta I.G.M. 274 IV NO "Lentini" (Cfr. Tav.1) e nella carta tecnica regionale in scala 1:10.000 nella sezione 641090 "Carlentini" (Cfr. Tav.2).



Tav.1: Inquadramento dell'impianto su I.G.M



Tav. 2: Inquadramento dell'impianto su C.T.R.



ENERGY  
ENVIRONMENT  
ENGINEERING

Nuova SE RTN380/150/36 kV "CAR380" e Raccordi  
**Relazione Geologica**

**HELIOS SRL**

OGGETTO / SUBJECT

**117.21.00.R11**

**00**

**Mar. 23**

**7/32**

TAG

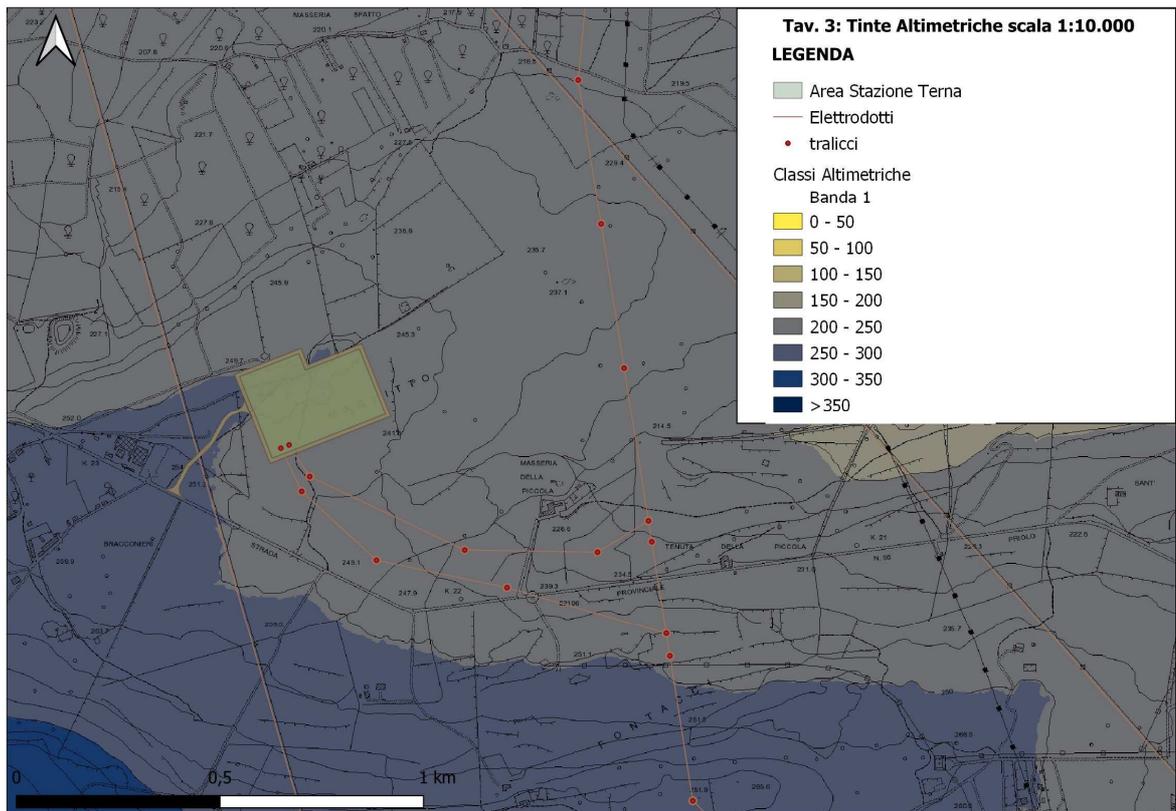
REV

DATE

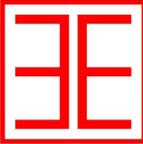
PAG / TOT

CLIENTE / CUSTOMER

Altimetricamente le opere di rete ricadono tra le isoipse di quota 249mt. s.l.m. e 251 mt. ed è caratterizzata da una superficie topografica a debole pendenza, circa 2° con massime di 5°, (Cfr. **Tav. 3**).



Tav.3: Tinte altimetriche delle opere di rete e connessione.

|   |   |           |                |                    |             |
|---|---|-----------|----------------|--------------------|-------------|
| <br>ENERGY<br>ENVIRONMENT<br>ENGINEERING | Nuova SE RTN380/150/36 kV "CAR380" e Raccordi<br><b>Relazione Geologica</b> |           |                | <b>HELIOS SRL</b>  |             |
|   | OGGETTO / SUBJECT   |           |                |                    |             |
|   | <b>117.21.00.R11</b>  | <b>00</b> | <b>Mar. 23</b> |                    | <b>8/32</b> |
|   | TAG   | REV       | DATE           |                    | PAG / TOT   |
|   |   |           |                | CLIENTE / CUSTOMER |             |

## 4 RIFERIMENTI NORMATIVI

Gli studi geologici e la redazione della presente relazione sono stati eseguiti seguendo le prescrizioni delle norme, i cui riferimenti sono di seguito riportati:

- ✓ D.D.G. n.102 del 23 Giugno 2021;
- ✓ Il D.S.G. n.189/2020;
- ✓ Direttiva dell’Autorità di Bacino (AdB) del 11/10/2019 (Prot.6834);
- ✓ D.M. 17 Gennaio 2018 – Nuove Norme tecniche per le costruzioni;
- ✓ Circolare ARTA 3/DRA del 20/06/2014;
- ✓ D.M. 14 Gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni; Circolare 2 febbraio 2009, n° 617 – istruzioni per l’applicazione delle “Norme tecniche per le costruzioni”;
- ✓ Norme Tecniche di cui al D.M. 11.03.88 - Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”;
- ✓ Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274/2003 - “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.”; modificata dall’O.P.C.M. 3431 del 03/05/2005;
- ✓ Delibera della Giunta Regionale della Regione Siciliana n. 408 del 19/12/2003 - “Elenco dei comuni della Sicilia classificati sismici con i criteri della delibera di Giunta Regionale n.408 del 19 Dicembre 2003” pubblicato sulla GURS n.7 del 13/02/2004”;
- ✓ Regio Decreto Legge 30 dicembre 1923, n.3267 - “Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani”;
- ✓ Regolamento 16 maggio 1926, n.1126 - “Approvazione del regolamento per l'applicazione del R.D. 30 dicembre 1923, n.3267, concernente il riordinamento e la riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani”;
- ✓ Legge regionale 6 aprile 1996, n.16 - “Riordino della legislazione in materia forestale e di tutela della vegetazione”;
- ✓ Legge 18 maggio 1989, n.183 - “Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo” e s.m.i.;



ENERGY  
ENVIRONMENT  
ENGINEERING

Nuova SE RTN380/150/36 kV "CAR380" e Raccordi  
**Relazione Geologica**

**HELIOS SRL**

OGGETTO / SUBJECT

**117.21.00.R11**

**00**

**Mar. 23**

**9/32**

TAG

REV

DATE

PAG / TOT

CLIENTE / CUSTOMER

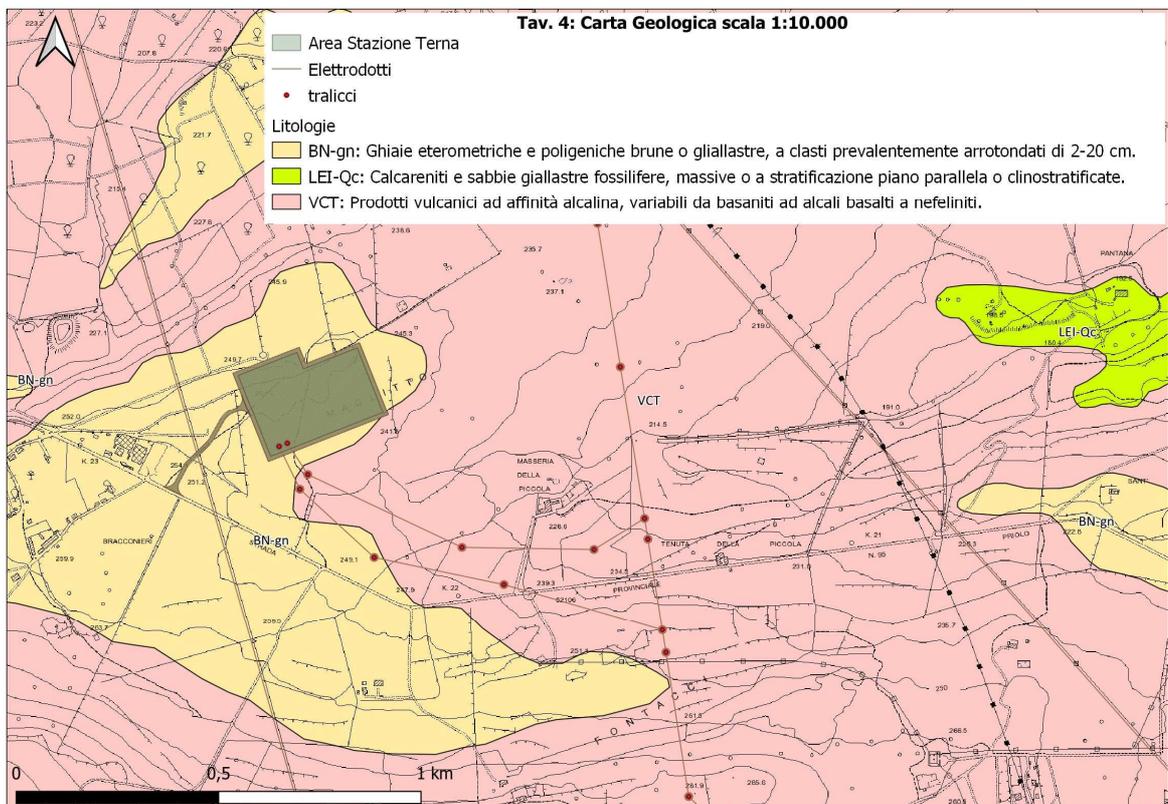
## 5 GEOLOGIA

### 5.1 Inquadramento Geologico Generale

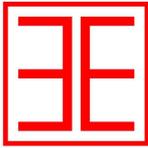
L'area in esame è ubicata sul margine sud-orientale dell'Altipiano Ibleo. Quest'ultimo, considerato come un'area di avampaese stabile, si presenta come un horst calcareo allungato in direzione NE-SW, delimitato ad ovest dalla avanfossa Catania – Gela, con orientamento NE-SW, e ad Est dalla scarpata ibleo - maltese che marca il bacino ionico con un trend di faglie orientate NNW - SSE.

La parte centrale di tale settore è interessata e delimitata dal sistema di faglie Comiso, Chiaramonte e Pedagaggi, con orientamento NE-SW e da sistemi minori che, secondo trend coniugati NW – SE ed E – W, individuano graben secondari e strutture a gradinate.

Nell'area di studio, affiorano terreni di età compresa tra il Miocene ed il Quaternario (F. Lentini et alii, 1987 "Carta geologica della Sicilia sud-orientale, scala 1:100.000"). Dal basso verso l'alto si susseguono le seguenti successioni del settore orientale ibleo (**Cfr. Tav.4**):



Tav. 4: Carta Geologica dell'area in progetto.



ENERGY  
ENVIRONMENT  
ENGINEERING

Nuova SE RTN380/150/36 kV "CAR380" e Raccordi  
**Relazione Geologica**

**HELIOS SRL**

OGGETTO / SUBJECT

**117.21.00.R11**

**00**

**Mar. 23**

**10/32**

TAG

REV

DATE

PAG / TOT

CLIENTE / CUSTOMER

**Calcareniti e calciruditi a banchi** (Fm. Monti Climiti - Oligocene medio) Affiorano nella porzione orientale del territorio in esame. Litologicamente si tratta di una serie carbonatica in banchi di spessore variabile intorno ai 10 metri, separati da livelli sottili più teneri. Sono di colore grigiastro con tracce di ossidazione sulle superfici alterate, di colore bianco - grigiastre al taglio fresco. La giacitura degli strati è generalmente verso Nord-Est con inclinazione media degli strati compresa tra 5 e 10 gradi, valori più alti si hanno in corrispondenza delle zone maggiormente tettonizzate. Nell'insieme, l'assetto strutturale è quello di una monoclinale immergente verso N – E, localmente dislocata da sistemi di faglie dirette. La macrofauna, anche se non abbondante, è talvolta ben rappresentata; sono presenti lamellibranchi (ostrea, pecten), alghe, coralli e briozoi. Stratigraficamente, queste calcareniti mostrano una continuità di sedimentazione con le calcareniti della Formazione Palazzolo, dove i rapporti stratigrafici sono di eteropia e di parziale sovrapposizione.

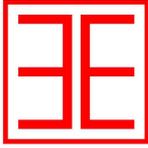
**Vulcanoclastiti e lave** (Fm. Carlentini - Tortoniano)

Le vulcaniti affioranti in questa porzione di territorio dell'altopiano ibleo sono da mettere in stretta relazione con la presenza di strutture diatremiche, riconducibili al ciclo eruttivo ibleo supra-miocenico.

Si tratta di un complesso eruttivo sub-marino costituito in prevalenza da vulcanoclastiti (tufiti, breccie vulcaniche), diversamente alterate e argillificate, ed in subordine da lave basaltiche a pillows e più raramente da vere e proprii dicchi a struttura colonnare.

**Calcari a lumachelle** (Fm. Monte Carruba) (Tortoniano sup. – Messiniano inf.) Nell'area in esame tale formazione si presenta in limitati affioramenti di modesto spessore, non superando mai i 20 metri di potenza. Litologicamente si tratta di calcareniti e marne calcaree di colore biancastro o giallastro al taglio fresco, si presentano di colore bruno o grigiastro sulle superfici alterate. Generalmente, si osserva una notevole ricchezza di fossili specie di modelli interni di lamellibranchi e valve di Ostree. Più ricchi risultano i livelli sommitali dove si osserva una malacofauna fittamente associata costituita da Euxnicardium sp. e Didacna, tale da costituire appunto degli orizzonti a "lumachelle". L'attribuzione cronologica di questa formazione è basata essenzialmente su considerazioni stratigrafiche e paleo-ambientali. L'età secondo i dati forniti dalla letteratura è riferibile al Miocene Superiore.

**Vulcaniti basiche** (Pliocene medio-superiore): Si tratta di potenti successioni di vulcaniti basiche prevalentemente submarine in basso e subaeree verso l'alto. I prodotti submarini



ENERGY  
ENVIRONMENT  
ENGINEERING

Nuova SE RTN380/150/36 kV "CAR380" e Raccordi  
**Relazione Geologica**

**HELIOS SRL**

OGGETTO / SUBJECT

**117.21.00.R11**

**00**

**Mar. 23**

**11/32**

TAG

REV

DATE

PAG / TOT

CLIENTE / CUSTOMER

sono dati da brecce vulcanoclastiche a grana minuta e da brecce a pillows immerse in una matrice vulcanoclastica giallo-rossastra. Quelli subaerei sono costituiti da prevalenti colate di lave bollose scoriacee e da subordinati prodotti piroclastici. Nel loro complesso costituiscono prodotti sia tholeitici che di serie basaltica alcalina prevalentemente basalti olivini fino a nefeliniti con scarse manifestazioni a tendenza hawaiana. Intercalazioni di materiale sedimentario, generalmente sabbie e limi carbonatici, sono presenti un po' ovunque.

**Sabbie gialle e calcareniti organogene** "Panchina" e conglomerati poligenici, (Pleistocene med-sup). Lo spessore complessivo di tale litotipi varia da 0 a 10 metri circa in tutta l'area. Al taglio fresco la roccia ha un colore giallo ocra, in superficie è alterata. La grana è grossolana ed è costituita da frammenti di origine organogena. La roccia presenta frequenti piani di discontinuità verticali e fori e gusci di Bivalvi endolitici (Litodomi). Nella parte sommitale si nota una patina di alterazione giallastra, alla base alcuni ciottoli arrotondati che sono la testimonianza dei depositi alluvionali frammisti alle calcareniti.

**Alluvioni terrazzate**, (Pleistocene sup.-Olocene): Si ritrovano due ordini di terrazzi disposti a quote diverse in relazione al progressivo ringiovanimento del rilievo conseguente all'innalzamento del territorio. La loro giacitura è di ricoprimento dei terreni più antichi litologicamente costituiti dalle calcareniti del membro dei Calcari di Siracusa e dalle Calcareniti superiori. Si tratta di depositi sciolti con elementi ciottolosi e ghiaiosi in genere arrotondati, di dimensioni da centimetriche a decimetriche. Tali elementi per lo più di natura calcarea sono immersi in una matrice a prevalente composizione sabbioso-argillosa di colore bruno-rossastro.

**Alluvioni recenti ed attuali** (Olocene): Occupano il fondovalle delle principali incisioni che solcano il territorio esaminato. Litologicamente sono costituiti da ciottoli arrotondati di natura calcarea di varie dimensioni e, subordinatamente da materiali limoso-sabbiosi. La giacitura è lentiforme mentre lo spessore è variabile da luogo a luogo a causa delle non uniformi modalità di deposizione. Ciò si verifica a causa della continua incisione ed asportazione da parte delle acque incanalate dotate di un elevato potere di erosione e trasporto specialmente in occasione di intense e prolungate precipitazioni che determinano le cosiddette "ondate di piena".

**Sabbie e detriti** - depositi di spiaggia: Le sabbie sono poco rappresentate poiché presenti in brevi tratti del litorale ed esclusivamente in piccole insenature tipo "pocket beach", rispetto

|  |   |           |                |                    |              |
|--|---|-----------|----------------|--------------------|--------------|
| <br>E N E R G Y<br>ENVIRONMENT<br>ENGINEERING | Nuova SE RTN380/150/36 kV "CAR380" e Raccordi<br><b>Relazione Geologica</b> |           |                | <b>HELIOS SRL</b>  |              |
|  | OGGETTO / SUBJECT   |           |                |                    |              |
|  | <b>117.21.00.R11</b>  | <b>00</b> | <b>Mar. 23</b> |                    | <b>12/32</b> |
|  | TAG   | REV       | DATE           |                    | PAG / TOT    |
|  |   |           |                | CLIENTE / CUSTOMER |              |

all'andamento morfologico della costa, che è prevalentemente alta e rocciosa. In alcuni casi, i depositi sabbiosi non sono cartografabili per le loro dimensioni decisamente ridotte.

## 5.2 Geologia del sito di intervento

Il rilevamento geologico di superficie, opportunamente esteso ad un'ampia fascia perimetrale esterna rispetto al sito di progetto, opportunamente correlato con le interpretazioni delle indagini sismiche in situ effettuate, hanno permesso di ricostruire in modo soddisfacente la successione dei terreni presenti nell'area studiata. Le formazioni geologiche che affiorano nell'area in studio, procedendo da quelle di deposizione più recente verso quelle più antiche, sono le seguenti:

### Depositi alluvionali terrazzate (bn-gn)

Ghiaie eterometriche e poligeniche brune o giallastre, a clasti prevalentemente arrotondati di 2-20 cm, a supporto di matrice sabbioso-argillosa; sabbie e limi argillosi e suolo agrario, terrazzati in più ordini. Spessore fino a 15 m. Tale litotipo affiora, in corrispondenza della nuova Stazione Elettrica RTN 380/150/36kV e dei nuovi raccordi in entra – esci a 380 kV all'attuale elettrodotto 380kV della RTN denominato "Paternò-Priolo".

Dall'indagine di simica a rifrazione Rz5, eseguita in area limitrofa, si riscontra ad una profondità variabile di circa 1,8-2,0 metri dal p.c. e risulta ammantato da uno strato di terreno limo-sabbioso di colore rossastro.

Le indagini hanno messo in evidenza la presenza, nei primi 10-12 metri, di un solo orizzonte rifratore ben definito. Tale interfaccia si presenta con aspetto lievemente ondulato ma nell'insieme con andamento sub-parallelo rispetto alla traccia della superficie topografica.

In definitiva sono stati quindi individuati n°2 sismostrati caratterizzati da velocità delle onde sismiche Vp differenti (Fig. 5.2.1).

#### - 1° Sismostrato

È caratterizzato da velocità delle onde di compressione Vp, nell'ordine di 360,8 m/s (in Rz5), indicative di un orizzonte costituito da terreno sciolto di colore rossastro e da lenti a livelli discontinui di ciottoli carbonatici di dimensioni variabili immersi in matrice sabbioso – limosa

|   |   |           |                |                    |              |
|---|---|-----------|----------------|--------------------|--------------|
|  | Nuova SE RTN380/150/36 kV "CAR380" e Raccordi<br><b>Relazione Geologica</b> |           |                | <b>HELIOS SRL</b>  |              |
|   | OGGETTO / SUBJECT   |           |                |                    |              |
|   | <b>117.21.00.R11</b>  | <b>00</b> | <b>Mar. 23</b> |                    | <b>13/32</b> |
|   | TAG   | REV       | DATE           |                    | PAG / TOT    |
|   |   |           |                | CLIENTE / CUSTOMER |              |

giallo bruno. Lo spessore, in riferimento alla traccia lungo la superficie topografica, risulta piuttosto costante e mediamente valutabile in circa 2,5-3,5 metri.

- 2° Sismostrato

Strato caratterizzato da una  $V_p$  di 801.9 m/s, valore compatibile con terreni poco o pe nulla addensati afferenti a depositi alluvionali terrazzati.

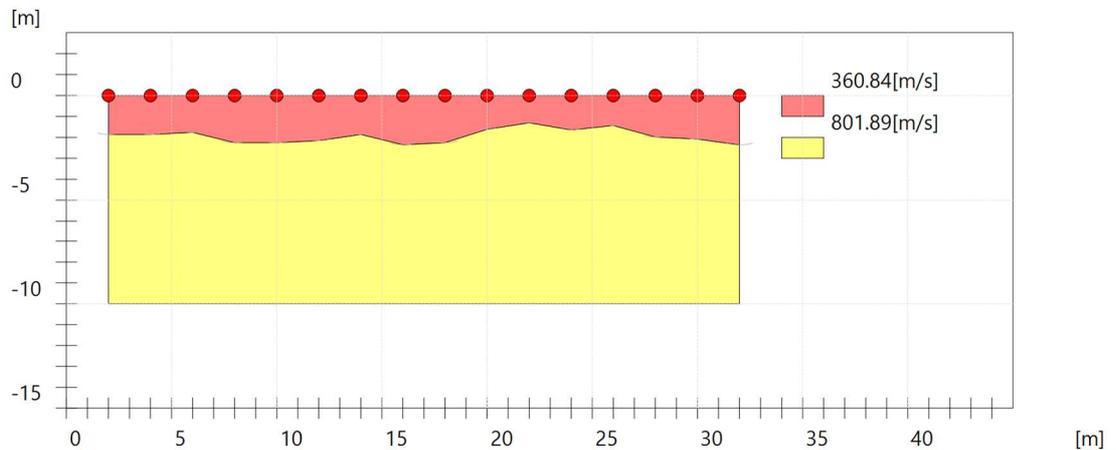


Fig. 5.2.1: Sismo-sezione Rz5 eseguita in area limitrofa.

**Tali considerazioni litologiche, dovranno essere comunque affinate, in fasi progettuali successive, attraverso una mirata campagna di indagini geognostiche.**

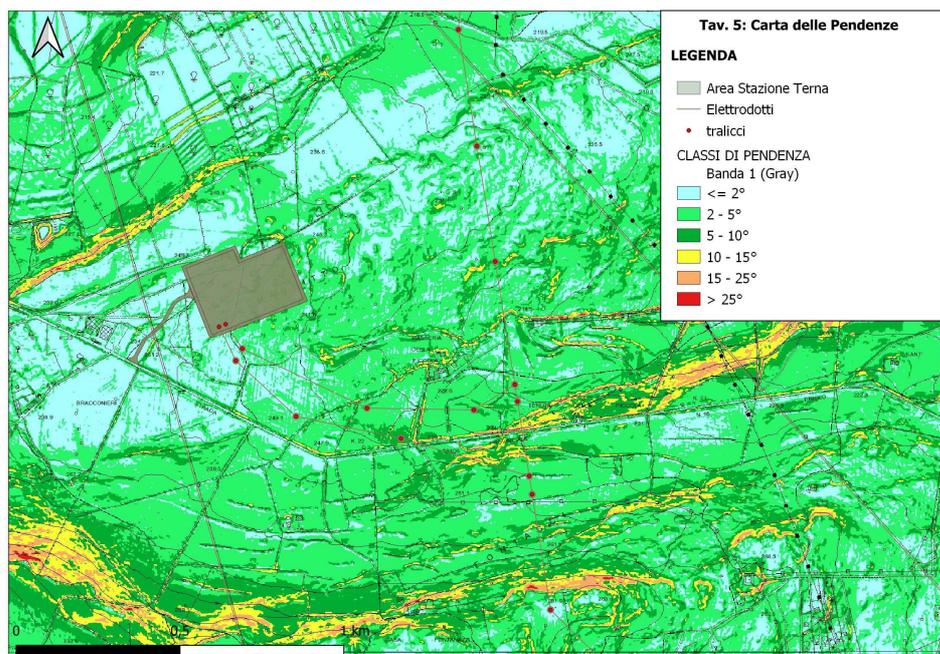
|   |   |           |                |                    |              |
|---|---|-----------|----------------|--------------------|--------------|
|  | Nuova SE RTN380/150/36 kV "CAR380" e Raccordi<br><b>Relazione Geologica</b> |           |                | <b>HELIOS SRL</b>  |              |
|   | OGGETTO / SUBJECT   |           |                |                    |              |
|   | <b>117.21.00.R11</b>  | <b>00</b> | <b>Mar. 23</b> |                    | <b>14/32</b> |
|   | TAG   | REV       | DATE           |                    | PAG / TOT    |
|   |   |           |                | CLIENTE / CUSTOMER |              |

## 6 GEOMORFOLOGIA E COMPATIBILITA' GEOMORFOLOGICA

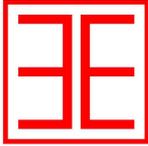
L'area studiata ricade nel settore sud-orientale della Sicilia che, a più riprese in tempi storici, ha subito ingenti distruzioni ad opera di violenti terremoti, tra cui va ricordato quello del 1693 che ha cancellato il vecchio abitato di Noto. In occasione di tali eventi sismici i fenomeni di erosione gravitativa possono essere innescati o accelerati repentinamente anche in quelle aree oggi apparentemente stabili. Da un esame complessivo del territorio, la pendenza media dei versanti è molto varia: si passa da forme dolci o lievemente ondulate a forme aspre con valori di pendenza elevati e con accidentalità topografiche.

L'analisi dell'acclività dei versanti e della morfologia del rilievo in funzione della litologia e del reticolato idrografico permette di effettuare una prima valutazione delle condizioni evolutive del bacino, fornendo un quadro generale dei fenomeni di erosione e di dissesto idrogeologico. L'area interessata dall'opera in oggetto, si colloca a circa 2,3 km a sud rispetto il centro abitato di Carlentini, in una area prevalentemente sub-pianeggiante.

Dall'analisi della distribuzione delle altimetrie si evince che la stazione CAR 380 ricade tra le isoipse di quota 240mt. s.l.m. e 250 mt. s.l.m ed è caratterizzata da una morfologia a debole pendenza circa 2° con massime di 5° e con quote degradanti verso nord (**Tav. 5**).



Tav. 5: Carta delle Pendenze dell'area in progetto.



E N E R G Y  
ENVIRONMENT  
ENGINEERING

Nuova SE RTN380/150/36 kV "CAR380" e Raccordi  
**Relazione Geologica**

**HELIOS SRL**

OGGETTO / SUBJECT

**117.21.00.R11**

**00**

**Mar. 23**

**15/32**

TAG

REV

DATE

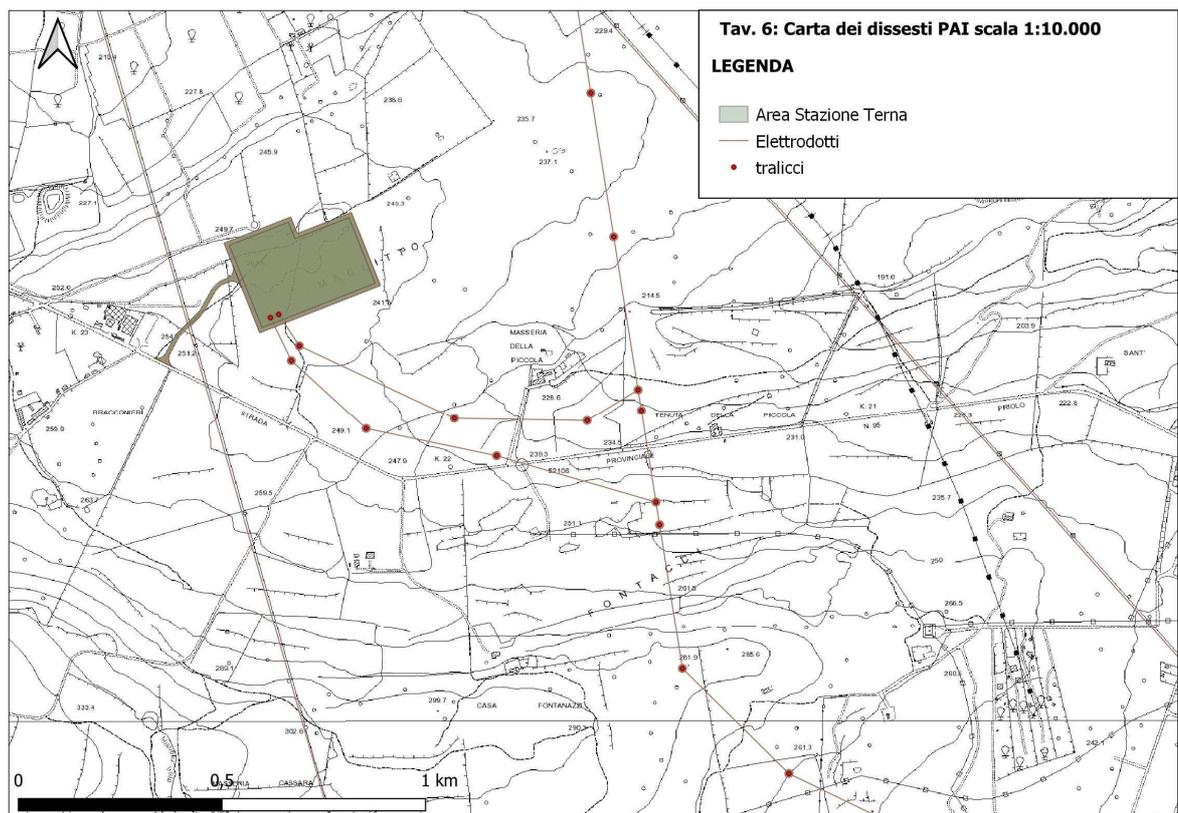
PAG / TOT

CLIENTE / CUSTOMER

Le condizioni di stabilità dell'area sono buone in relazione alla favorevole giacitura dei terreni presenti, nonché alla mancanza di agenti geodinamici che possano in futuro turbare il presente equilibrio, non sono, infatti, presenti, allo stato attuale né dissesti né rischi di carattere geomorfologico.

Sulla base delle considerazioni sopra esposte ed essendo l'area pianeggiante, non si ritiene di eseguire verifiche di stabilità in quanto risulta improbabile l'instaurarsi di movimenti franosi e, quindi, si registrerebbero valori del coefficiente di sicurezza decisamente superiori ai minimi previsti dalla legge.

Con riferimento al Piano Straordinario del rischio idrogeologico le aree in progetto, non rientrano tra le aree a rischio di frana o soggette ad alluvionamenti cartografate PAI (**Cfr. Tavv. 6-7**).



Tav. 6: Stralcio della carta dei dissesti PAI.



ENERGY  
ENVIRONMENT  
ENGINEERING

Nuova SE RTN380/150/36 kV "CAR380" e Raccordi  
**Relazione Geologica**

**HELIOS SRL**

OGGETTO / SUBJECT

**117.21.00.R11**

**00**

**Mar. 23**

**16/32**

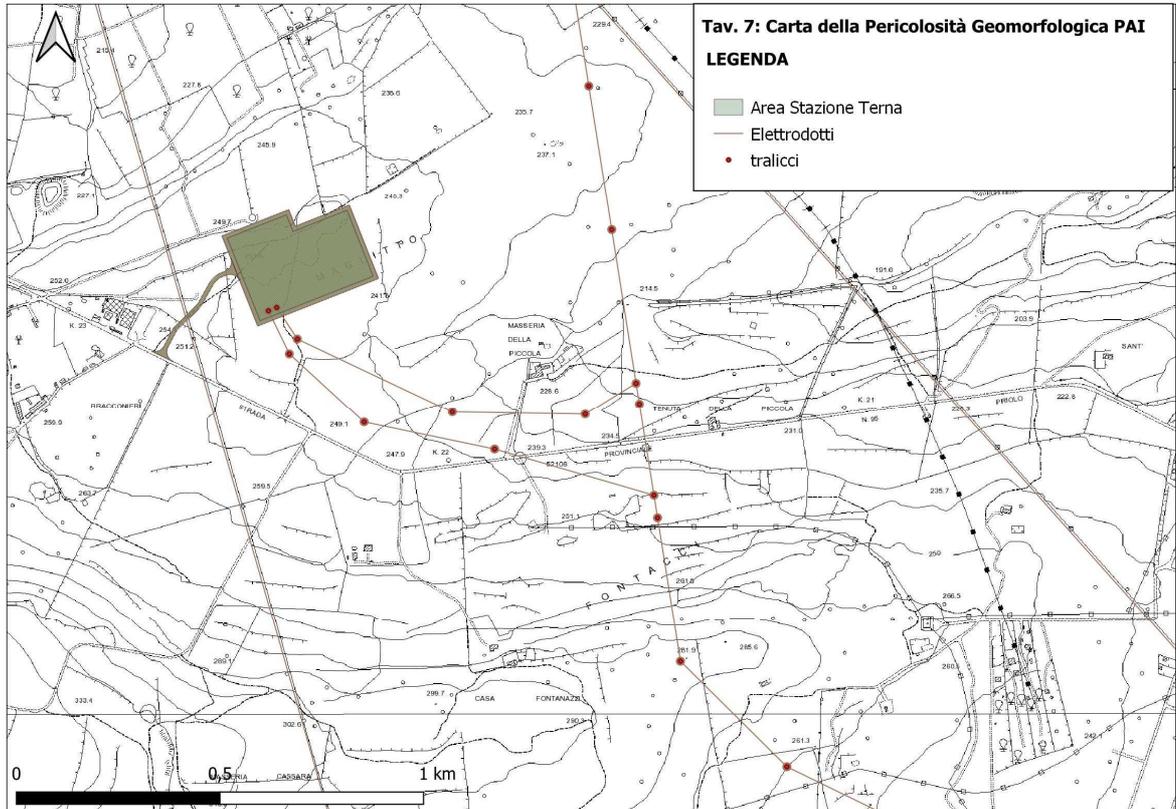
TAG

REV

DATE

PAG / TOT

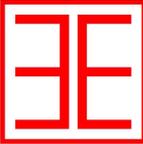
CLIENTE / CUSTOMER



Tav.7: Stralcio della carta della Pericolosità Geomorfologica PAI.

Dal punto di vista geomorfologico, pertanto, l'area è inserita in un ambiente, che non lascia prevedere evoluzioni negative per l'insediamento dell'opera in progetto, e pertanto, presenta i necessari requisiti, per definirla idonea alla realizzazione dell'opera in progetto.

**Considerato quanto sopra, si ritiene, in via del tutto preliminare che a seguito della realizzazione degli interventi in progetto, il grado di pericolosità e rischio dell'area resterà invariato. Tuttavia, in fase di progettazione esecutiva, dovranno essere eseguiti indagini e studi approfonditi.**

|   |   |           |                |                    |              |
|---|---|-----------|----------------|--------------------|--------------|
| <br>ENERGY<br>ENVIRONMENT<br>ENGINEERING | Nuova SE RTN380/150/36 kV "CAR380" e Raccordi<br><b>Relazione Geologica</b> |           |                | <b>HELIOS SRL</b>  |              |
|   | OGGETTO / SUBJECT   |           |                |                    |              |
|   | <b>117.21.00.R11</b>  | <b>00</b> | <b>Mar. 23</b> |                    | <b>17/32</b> |
|   | TAG   | REV       | DATE           |                    | PAG / TOT    |
|   |   |           |                | CLIENTE / CUSTOMER |              |

## 7 VALUTAZIONI IDROGEOLOGICHE E IDROLOGICHE

In questo paragrafo si rappresentano le principali caratteristiche idrogeologiche esistenti nel territorio preso in considerazione. La caratterizzazione idrogeologica dei terreni individuati scaturisce da una serie di osservazioni qualitative riguardanti gli aspetti macroscopici che questi presentano ad un primo esame, quali: porosità, fatturazione grado di cementazione, discontinuità strutturali. La permeabilità dei complessi idrogeologici affioranti nell'areale oggetto di studio, risulta essere, principalmente, primaria per porosità ed in maniera ridotta per fratturazione. Sulla base delle considerazioni di carattere geologico-strutturale, l'area in esame, può essere suddivisa, dal punto di vista idrogeologico, in tre complessi principali; infatti, la circolazione idrica sotterranea presenta aspetti e caratteristiche differenti in relazione soprattutto ai litotipi affioranti, ma anche al loro particolare assetto. Di seguito si riportano le caratteristiche idrogeologiche dei terreni dell'intorno investigato, associati in funzione delle loro caratteristiche.

### Rocce permeabili per porosità (permeabilità medio-alta per porosità)

Appartengono a questa categoria le ghiaie eterometriche e poligeniche brune. I terreni di tale complesso idrogeologico presentano una permeabilità variabile da media, in funzione del prevalere della classe granulometrica più minuta su quella grossolana. Generalmente i pori intergranulari dei depositi clastici aventi una scarsa matrice limosa tendono a saturarsi durante la circolazione delle acque di infiltrazione consentendo la formazione di un acquifero. Tuttavia, quando la componente pelitica prevale in percentuale su quella sabbio-ghiaiosa, la permeabilità tende a diminuire perché i pori si occludono rendendo difficoltosa la circolazione idrica.

### Rocce a permeabilità medio alta per fessurazione

Appartengono a questa categoria le vulcanoclastiti a granulometria variabile da blocchi a ceneri con più o meno abbondante frazione carbonatica sedimentaria e subordinate colate basaltiche ed i basalti tholeitici di colore grigio a struttura afirica. Nell'insieme, essi sono infatti caratterizzati da una permeabilità tendenzialmente elevata in funzione dell'intensa fratturazione subita per cause sismo-tettoniche. Non a caso in corrispondenza di tali complessi litologici il reticolo idrografico risulta praticamente assente a causa anche della scarsa erodibilità dei litotipi stessi.



ENERGY  
ENVIRONMENT  
ENGINEERING

Nuova SE RTN380/150/36 kV "CAR380" e Raccordi  
**Relazione Geologica**

**HELIOS SRL**

OGGETTO / SUBJECT

**117.21.00.R11**

**00**

**Mar. 23**

**18/32**

TAG

REV

DATE

PAG / TOT

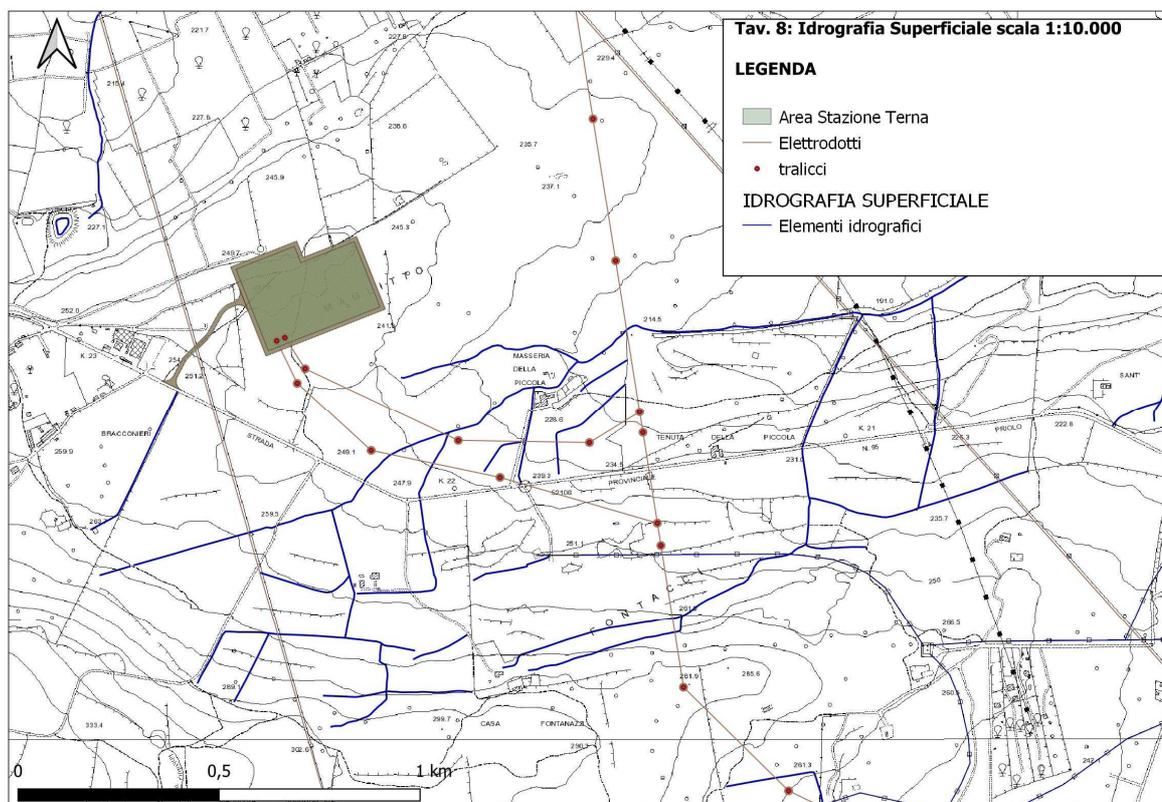
CLIENTE / CUSTOMER

### Rocce a permeabilità medio-bassa per porosità

Appartengono a questa categoria i depositi palustri limi sabbiosi brunastri, limi e argille nere con elevata frazione vegetale. Non a caso il reticolo idrografico si concentra in corrispondenza di tale complesso idrogeologico in virtù dell'elevata erodibilità dello stesso.

Per quanto riguarda gli aspetti delle interferenze con il reticolo idrografico le linee di drenaggio superficiale delle aree oggetto di studio sono poco evidenti grazie all'elevata permeabilità dei terreni presenti.

L'idrografia superficiale è rappresentata da corpi idrici minori identificate nella cartografia ATA 2012-2013 come cabalette, di chiara origine antropica rispetto ai quali il layout progettuale si è opportunamente distanziato secondo le indicazioni del DSG 189/2020 e del R.D. 523/1904. A riguardo si riporta di seguito (**Cfr. Tav.8**) la carta delle interferenze con il reticolo idrografico ufficiale censito nella cartografia ATA 2012-2013 dove risulta evidente quanto sopra rappresentato.



Tav. 8: Idrografia dell'area in progetto.



E N E R G Y  
ENVIRONMENT  
ENGINEERING

Nuova SE RTN380/150/36 kV "CAR380" e Raccordi  
**Relazione Geologica**

**HELIOS SRL**

OGGETTO / SUBJECT

**117.21.00.R11**

**00**

**Mar. 23**

**19/32**

TAG

REV

DATE

PAG / TOT

CLIENTE / CUSTOMER

Dal punto di vista idraulico, l'area oggetto di intervento **non ricade** in aree vincolate come si evince dalla cartografia allegata al PAI Sicilia, attualmente presente nel portale dedicato ad eccezione.

Sulla scorta delle considerazioni ed indicazioni sopra esposte, allo stato attuale delle conoscenze, è possibile affermare che gli interventi da realizzare non potranno in alcun modo turbare il regime delle acque superficiali e/o sotterranee e risultano compatibili con le condizioni idrogeologiche dell'area.

|   |   |           |                |                    |              |
|---|---|-----------|----------------|--------------------|--------------|
|  | Nuova SE RTN380/150/36 kV "CAR380" e Raccordi<br><b>Relazione Geologica</b> |           |                | <b>HELIOS SRL</b>  |              |
|   | OGGETTO / SUBJECT   |           |                |                    |              |
|   | <b>117.21.00.R11</b>  | <b>00</b> | <b>Mar. 23</b> |                    | <b>20/32</b> |
|   | TAG   | REV       | DATE           |                    | PAG / TOT    |
|   |   |           |                | CLIENTE / CUSTOMER |              |

## 8 CLASSIFICAZIONE SISMICA

### 8.1 Cenni sulla storia Sismica del territorio

Il reticolo di punti che permette di valutare la pericolosità sismica di base è frutto sia dello studio delle sorgenti e delle strutture sismogenetiche sul territorio italiano, sia dell'analisi storica dei terremoti. La figura 8.1 mostra la mappa delle sorgenti e strutture sismiche per l'intero territorio siciliano presenti nel database DISS 3.2.1, sviluppato all'interno del progetto nazionale S2 è frutto della collaborazione tra il Dipartimento Nazionale di Protezione Civile (DNPC) e l'Istituto Nazionale Geofisica e Vulcanologia (INGV); il database è liberamente consultabile in formato web-Gis all'indirizzo web: <http://diss.rm.ingv.it/dissmap/dissmap.phtml>.

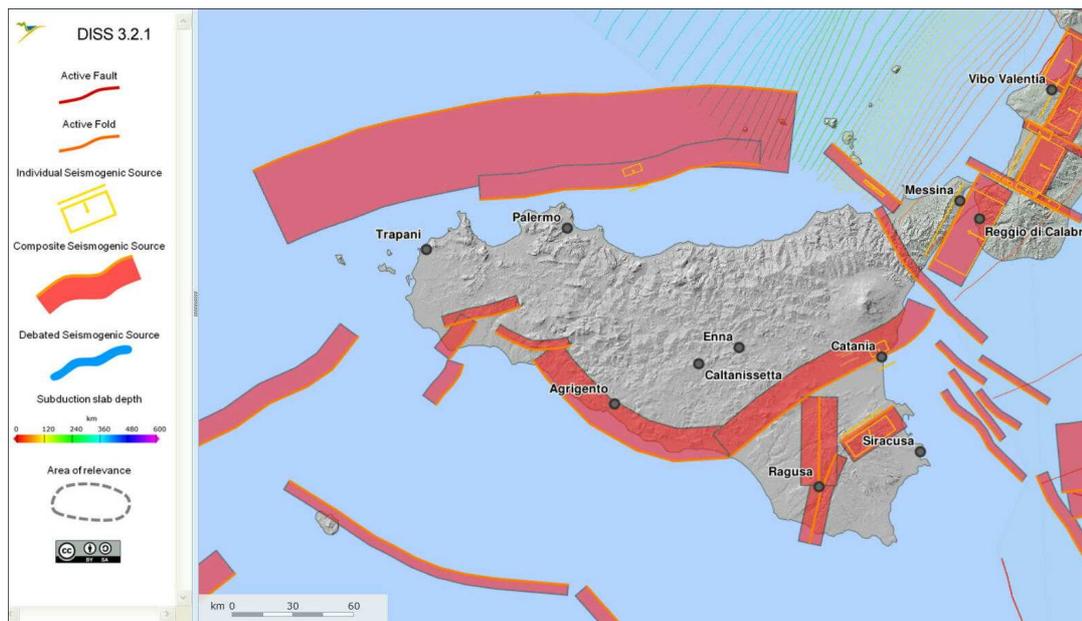


Fig. 8.1: Sorgenti sismogenetiche Sicilia. Fonte INGV.

Dal sito stesso dell'INGV è possibile sfogliare il database sui terremoti storici presenti sul territorio italiano (aggiornato alla versione DBMI15) consultabile all'indirizzo <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>.

Dall'interrogazione del database è possibile valutare la serie dei principali terremoti che hanno interessato in passato il territorio in esame con *Intensità* maggiore di 2. I risultati sono riportati nelle figure 8.2 e 8.3. In base all'aggiornamento della classificazione sismica del territorio regionale della Regione Sicilia, giusta deliberazione n. 81 del 24 febbraio 2022, il

|   |   |           |                |                    |              |
|---|---|-----------|----------------|--------------------|--------------|
|  | Nuova SE RTN380/150/36 kV "CAR380" e Raccordi<br><b>Relazione Geologica</b> |           |                | <b>HELIOS SRL</b>  |              |
|   | OGGETTO / SUBJECT   |           |                |                    |              |
|   | <b>117.21.00.R11</b>  | <b>00</b> | <b>Mar. 23</b> |                    | <b>21/32</b> |
|   | TAG   | REV       | DATE           |                    | PAG / TOT    |
|   |   |           |                | CLIENTE / CUSTOMER |              |

Territorio Comunale di Carlentini è passato da zona sismica 2 a zona sismica 1 pericolosità più elevata.

### Carlentini



PlaceID IT\_68060  
 Coordinate (lat, lon) 37.274, 15.015  
 Comune (ISTAT 2015) Carlentini  
 Provincia Siracusa  
 Regione Sicilia  
 Numero di eventi riportati 27

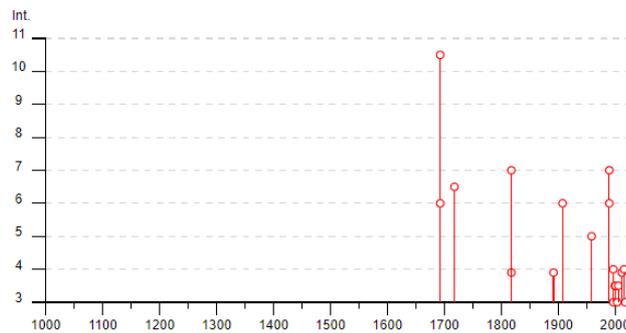


Fig. 8.2: Principali eventi sismici sul territorio comunale intensità/anno. Fonte INGV

| Effetti | In occasione del terremoto del |    |    |    |    |    |                                  | NMDP | Io   | Mw   |
|---------|--------------------------------|----|----|----|----|----|----------------------------------|------|------|------|
| Int.    | Anno                           | Me | Gi | Ho | Mi | Se | Area epicentrale                 |      |      |      |
| 10-11   | 1693                           | 01 | 11 | 13 | 30 |    | Sicilia sud-orientale            | 179  | 11   | 7.32 |
| 6       | 1693                           | 07 | 08 | 17 | 50 |    | Sicilia sud-orientale            | 7    | 6    | 4.93 |
| 6-7     | 1718                           | 02 | 20 |    |    |    | Sicilia orientale                | 7    | 6-7  | 5.25 |
| F       | 1818                           | 02 | 20 | 18 | 15 |    | Catanese                         | 128  | 9-10 | 6.28 |
| 7       | 1818                           | 03 | 01 | 02 | 45 |    | Monti Iblei                      | 24   | 7-8  | 5.57 |
| F       | 1892                           | 01 | 22 | 23 | 47 |    | Monti Iblei                      | 26   | 5    | 4.41 |
| NF      | 1903                           | 07 | 13 | 08 | 19 |    | Calatino                         | 46   | 5    | 4.14 |
| 6       | 1908                           | 12 | 28 | 04 | 20 | 2  | Stretto di Messina               | 772  | 11   | 7.10 |
| 5       | 1959                           | 12 | 23 | 09 | 29 |    | Piana di Catania                 | 108  | 6-7  | 5.11 |
| 2-3     | 1980                           | 01 | 23 | 21 |    |    | Monti Iblei                      | 122  | 5-6  | 4.39 |
| 2-3     | 1983                           | 07 | 20 | 22 | 03 | 3  | Etna - Viagrande                 | 106  | 7-8  | 4.30 |
| NF      | 1990                           | 10 | 29 | 08 | 16 | 1  | Stretto di Sicilia               | 40   |      | 4.79 |
| 7       | 1990                           | 12 | 13 | 00 | 24 | 2  | Sicilia sud-orientale            | 304  |      | 5.61 |
| 6       | 1990                           | 12 | 16 | 13 | 50 | 2  | Ionio meridionale                | 105  |      | 4.38 |
| 3       | 1997                           | 03 | 25 | 00 | 46 | 1  | Ionio meridionale                | 22   | 4-5  | 4.49 |
| 4       | 1997                           | 07 | 30 | 16 | 06 | 3  | Monti Iblei                      | 45   | 5    | 4.45 |
| 3-4     | 2000                           | 11 | 05 | 17 | 26 | 2  | Etna - Versante meridionale      | 70   | 5-6  | 3.85 |
| 3-4     | 2001                           | 01 | 09 | 02 | 51 | 5  | Etna - Zafferana Etnea           | 104  | 6    | 3.73 |
| 3-4     | 2001                           | 05 | 26 | 06 | 02 | 1  | Ionio meridionale                | 35   |      | 4.46 |
| 3       | 2004                           | 05 | 05 | 13 | 39 | 4  | Isole Eolie                      | 641  |      | 5.42 |
| NF      | 2004                           | 12 | 30 | 04 | 04 | 5  | Monti Iblei                      | 48   | 4    | 3.82 |
| NF      | 2005                           | 11 | 21 | 10 | 57 | 4  | Sicilia centrale                 | 255  |      | 4.56 |
| 3-4     | 2006                           | 12 | 19 | 14 | 58 | 0  | Etna - Versante nord-occidentale | 28   | 6    | 4.19 |
| NF      | 2011                           | 10 | 09 | 08 | 28 | 2  | Monti Iblei                      | 26   | 4    | 3.47 |
| F       | 2012                           | 06 | 27 | 01 | 14 | 2  | Monti Iblei                      | 16   | 5    | 3.90 |
| 4       | 2016                           | 02 | 08 | 15 | 35 | 4  | Monti Iblei                      | 58   | 5-6  | 4.44 |
| 3       | 2018                           | 10 | 06 | 00 | 34 | 1  | Etna - Versante sud-occidentale  | 44   | 7-8  | 4.72 |

Fig. 8.3: Principali eventi sismici sul territorio comunale in epoca storica. Fonte INGV

|   |   |           |                |                    |              |
|---|---|-----------|----------------|--------------------|--------------|
|  | Nuova SE RTN380/150/36 kV "CAR380" e Raccordi<br><b>Relazione Geologica</b> |           |                | <b>HELIOS SRL</b>  |              |
|   | OGGETTO / SUBJECT   |           |                |                    |              |
|   | <b>117.21.00.R11</b>  | <b>00</b> | <b>Mar. 23</b> |                    | <b>22/32</b> |
|   | TAG   | REV       | DATE           |                    | PAG / TOT    |
|   |   |           |                | CLIENTE / CUSTOMER |              |

L'evento più significativo a tutt'oggi risulta quello del 11 Gennaio 1693, con epicentro nelle Sicilia sud-orientale, e con un'intensità sul territorio comunale ( $I_0$  - scala MCS) valutata in 11. Per l'accelerazione orizzontale di picco  $a_g$  attesa (in riferimento ad un suolo di categoria A con periodo di ritorno di 475) all'indirizzo web: <http://esse1-gis.mi.ingv.it> è disponibile una funzione che, consentendo la disaggregazione dei dati, permette di ottenere i valori della *Magnitudo* (M) e della *Distanza* (R) del *Terremoto di riferimento atteso* (in senso probabilistico). Dall'interrogazione web-gis emergono valori di 6,13 per la magnitudo e di 9,62 km per la distanza. Nelle figure 8.4 e 8.5 sono riportati i risultati completi dell'interrogazione; si evidenziano nell'area valori di  $a_g$  compresi tra 0,350g e 0,400g, quindi in linea con l'intervallo previsto dall'O.P.C.M. 3274/03.

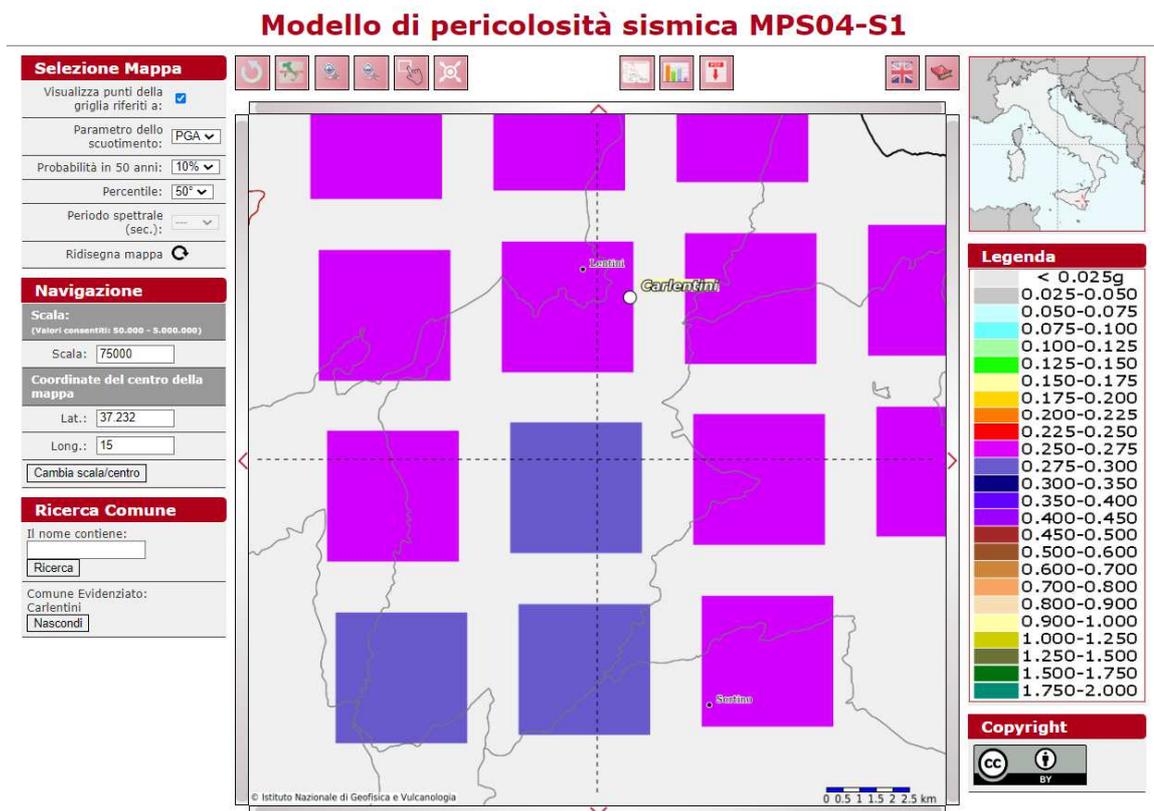


Fig. 8.4: Griglia per la valutazione dei valori di  $a_g$  sul territorio. Fonte INGV



ENERGY  
ENVIRONMENT  
ENGINEERING

Nuova SE RTN380/150/36 kV "CAR380" e Raccordi  
**Relazione Geologica**

**HELIOS SRL**

OGGETTO / SUBJECT

**117.21.00.R11**

**00**

**Mar. 23**

**23/32**

TAG

REV

DATE

PAG / TOT

CLIENTE / CUSTOMER

| Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni<br>(Coordinate del punto: lat. 37.225 lon. 14.992 - id 49197) |                |             |             |         |         |         |             |             |             |             |             |
|--|----------------|-------------|-------------|---------|---------|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Distanza<br>(Km)   | Magnitudo (Mw) |             |             |         |         |         |             |             |             |             |             |
|  | 3.5-<br>4.0    | 4.0-<br>4.5 | 4.5-<br>5.0 | 5.0-5.5 | 5.5-6.0 | 6.0-6.5 | 6.5-<br>7.0 | 7.0-<br>7.5 | 7.5-<br>8.0 | 8.0-<br>8.5 | 8.5-<br>9.0 |
| 0-10   | 0.0000         | 2.8400      | 9.5800      | 12.1000 | 12.7000 | 11.1000 | 8.3800      | 5.5100      | 0.8030      | 0.0000      | 0.0000      |
| 10-20  | 0.0000         | 0.0063      | 0.3690      | 1.6900  | 3.7700  | 5.8400  | 7.0500      | 6.8900      | 1.2500      | 0.0000      | 0.0000      |
| 20-30  | 0.0000         | 0.0000      | 0.0000      | 0.0094  | 0.3630  | 1.2900  | 2.4200      | 3.3400      | 0.7300      | 0.0000      | 0.0000      |
| 30-40  | 0.0000         | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000  | 0.0008  | 0.1200  | 0.4760      | 0.9090      | 0.2310      | 0.0000      | 0.0000      |
| 40-50  | 0.0000         | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000  | 0.0000  | 0.0014  | 0.0459      | 0.1310      | 0.0377      | 0.0000      | 0.0000      |
| 50-60  | 0.0000         | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0002      | 0.0012      | 0.0004      | 0.0000      | 0.0000      |
| 60-70  | 0.0000         | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      |
| 70-80  | 0.0000         | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000      | 0.0005      | 0.0008      | 0.0000      | 0.0000      |
| 80-90  | 0.0000         | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000      | 0.0000      | 0.0001      | 0.0000      | 0.0000      |
| 90-100   | 0.0000         | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      |
| 100-110  | 0.0000         | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      |
| 110-120  | 0.0000         | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      |
| 120-130  | 0.0000         | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      |
| 130-140  | 0.0000         | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      |
| 140-150  | 0.0000         | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      |
| 150-160  | 0.0000         | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      |
| 160-170  | 0.0000         | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      |
| 170-180  | 0.0000         | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      |
| 180-190  | 0.0000         | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      |
| 190-200  | 0.0000         | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      |

Fig. 8.5: Tabella dei valori di disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni. Fonte INGV

## 8.2 Pericolosità Sismica di base

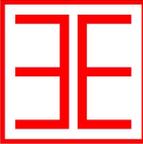
La pericolosità sismica di base rappresenta, sostanzialmente, la probabilità che un evento sismico si verifichi in una determinata area per un determinato periodo di tempo con una data intensità, ovvero la previsione probabilistica dello scuotimento del suolo in un sito con riferimento ad un terremoto standard di riferimento; in pratica fornisce i valori significativi delle accelerazioni massime attese al suolo (PGA - peak ground acceleration) riferite ad una situazione ideale con suolo rigido ed omogeneo ( $V_s > 800$  m/s; categoria A nelle NTC 18). Già con l'ordinanza O.P.C.M. n° 3274 del 20 marzo 2003 l'intero territorio italiano era stato riclassificato con l'individuazione di 4 categorie sismiche in funzione dei valori significativi delle accelerazioni massime attese al suolo riferite a suolo rigido ed omogeneo ( $V_s > 800$

|   |   |           |                |                    |              |
|---|---|-----------|----------------|--------------------|--------------|
|  | Nuova SE RTN380/150/36 kV "CAR380" e Raccordi |           |                | <b>HELIOS SRL</b>  |              |
|   | <b>Relazione Geologica</b>                    |           |                |                    |              |
|   | OGGETTO / SUBJECT                             |           |                |                    |              |
|   | <b>117.21.00.R11</b>                          | <b>00</b> | <b>Mar. 23</b> |                    | <b>24/32</b> |
| TAG   | REV   | DATE      | PAG / TOT      | CLIENTE / CUSTOMER |              |

m/s) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni e con periodo di ritorno di 495 anni. In riferimento a tale macrozonazione sismica l'area in esame ricade in zona 1, ovvero "Zona dove possono verificarsi terremoti molto forti" con un'accelerazione orizzontale massima pari a  $a_g > 0,25g$ . Nella nuova normativa, invece, poiché l'azione sismica viene definita facendo riferimento ad un reticolo i cui punti sono riportati in termini di latitudine e longitudine, di fatto può presentare una discreta variabilità anche all'interno di uno stesso territorio molto ristretto; più nello specifico l'azione sismica viene definita in funzione dei parametri ( $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$ ) che, secondo differenti tempi di ritorno (TR), definiscono le forme spettrali e quindi la "pericolosità sismica di base" che assieme al fattore suolo (S), legato agli effetti di amplificazione locale (stratigrafica e topografica), andrà in definitiva a caratterizzare la "risposta sismica locale". In riferimento al vigente D.M. 17/01/2018, pertanto, al fine di ricavare i parametri di riferimento per l'azione sismica di base, si devono, innanzitutto, individuare le coordinate di sito tramite rilevatore satellitare WGS 84 - ETRF89.

### 8.3 Pericolosità Sismica Locale

La Pericolosità sismica locale, rappresenta una valutazione, a scala di dettaglio, delle variazioni della pericolosità sismica di base per effetto delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, litologiche, idrogeologiche e geotecniche del sito specifico (condizioni locali). È ormai cosa acclarata e confermata da innumerevoli studi, che la struttura geologica sovrastante il bedrock assume un ruolo determinante nella modifica del treno di onde sismiche con fenomeni di amplificazione o di smorzamento; sicché, ad esempio, quando si passa dal bedrock rigido ad un terreno più superficiale con minore rigidità (variazione di impedenza) le onde sismiche subiscono un rallentamento e, per la legge della conservazione dell'energia, la loro ampiezza aumenta. Ne consegue un'amplificazione del moto sismico con danni all'edificato superiori rispetto ad aree circostanti poggianti su un terreno di copertura più rigido. Citando la casistica espressa nelle varie circolari A.R.T.A. relative ai piani di revisione dei PRG, situazioni che portano ad una amplificazione dell'azione sismica sono legate per esempio a zone di ciglio (con  $H > 10$  mt), zone di cresta rocciosa o di dorsale, aree di fondovalle con presenza di alluvioni incoerenti, zone pedemontane di falda di detrito, zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche diverse o zone con terreni di

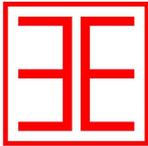
|   |   |           |                |                    |              |
|---|---|-----------|----------------|--------------------|--------------|
| <br>ENERGY<br>ENVIRONMENT<br>ENGINEERING | Nuova SE RTN380/150/36 kV "CAR380" e Raccordi<br><b>Relazione Geologica</b> |           |                | <b>HELIOS SRL</b>  |              |
|   | OGGETTO / SUBJECT   |           |                |                    |              |
|   | <b>117.21.00.R11</b>  | <b>00</b> | <b>Mar. 23</b> |                    | <b>25/32</b> |
|   | TAG   | REV       | DATE           |                    | PAG / TOT    |
|   |   |           |                | CLIENTE / CUSTOMER |              |

fondazione particolarmente scadenti; oltre a questa casistica vengono ugualmente prese in considerazione quelle situazioni che possono portare all'accentuazione di fenomeni di instabilità già in atto in occasione di eventi sismici quali zone caratterizzate da movimenti franosi quiescenti o zone con elevata acclività associate a copertura detritica o ancora ammassi rocciosi con acclività > 50% ed una giacitura sfavorevole degli strati.

In fase di progettazione esecutiva la risposta sismica locale viene valutata o mediante analisi specifiche, come indicate al paragrafo 7.11.3 delle NTC 2018 o facendo riferimento alla procedura semplificata (qui utilizzata per la progettazione definitiva) descritta al paragrafo 8.4.

#### **8.4 Azione sismica di dettaglio**

Il piano di indagini in fase di progettazione definitiva ha previsto la realizzazione, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto ai sensi del D.M. 17/01/2018, la realizzazione di n°1 stendimento per indagine di sismica a rifrazione e n°1 stesa sismica per indagine di tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) al fine di valutare sia la stratigrafia del sito e ricavare il parametro  $V_{Seq}$ . Nell'interpretazione della curva di dispersione delle onde di superficie di tipo Rayleigh, la modellazione diretta basata sulle conoscenze stratigrafiche del sito ha permesso di correlare l'andamento dei modi di propagazione delle onde con i massimi della velocità di fase; Basandosi su tale interpretazione ed a partire dal risultato della modellazione diretta, allo scopo di affinare ulteriormente il modello, è stato successivamente effettuato il picking e l'inversione ipotizzando, per i primi 30 metri, un modello a 4 sismostrati. I risultati delle inversioni dell'indagine eseguita in corrispondenza della stazione utente hanno fornito valori di **categoria suolo fondazione di tipo B** per il sito in progetto. Le indagini geofisiche eseguite, hanno consentito, dunque, di ricostruire l'andamento delle velocità delle onde di taglio al fine di valutare il valore del parametro  $V_{Seq}$  e quindi stabilire la categoria di appartenenza del sottosuolo come da D.M. 17/01/2018. Dalla individuazione delle onde di taglio generate in corrispondenza del punto di indagine è stato possibile determinare la velocità di propagazione media di tali onde entro i primi 30 metri di terreno attraversato; successivamente, attraverso questo parametro ed ai sensi della normativa vigente in materia antisismica, Ordinanza 3274 – Nuova Normativa Antisismica del 20/03/2003, richiamata dal DM 17/01/2018, è stato possibile classificare tali terreni.



ENERGY  
ENVIRONMENT  
ENGINEERING

Nuova SE RTN380/150/36 kV "CAR380" e Raccordi  
**Relazione Geologica**

**HELIOS SRL**

OGGETTO / SUBJECT

**117.21.00.R11**

**00**

**Mar. 23**

**26/32**

TAG

REV

DATE

PAG / TOT

CLIENTE / CUSTOMER

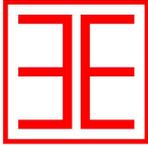
Lo studio sugli effetti di sito è un aspetto fondamentale nella valutazione e mitigazione del rischio sismico. Tale studio si effettua in termini di risposta sismica locale, partendo dal concetto di amplificazione del moto sismico che si origina dal basamento roccioso (definito bedrock sismico) e che si propaga all'interno di un deposito sino a raggiungere la superficie. Valutare questi effetti non è sempre del tutto facile anche perché, in molti casi, l'amplificazione è dovuta ai cosiddetti fenomeni di risonanza nei terreni stratificati posti al di sopra del bedrock, di riflessione e rifrazione delle onde sismiche nelle interfacce di discontinuità e tra mezzi a diversa densità, dove le onde vengono per così dire "intrappolate" e successivamente trasmesse allo strato più superficiale generando così onde di tipo Love e di Rayleigh. A questi, poi, si aggiunge l'effetto di focalizzazione del raggio sismico nelle zone morfologicamente più acclive.

Sul territorio italiano la valutazione degli effetti della risposta sismica locale viene fatta sulla base delle vigenti norme tecniche per le costruzioni pubblicate in GU n.42 del 20/02/2018 - Suppl. Ordinario n. 8. In particolare per situazioni riconducibili alle categorie definite in Tab. 3.2.II di cui al § 3.2.2 si può fare riferimento ad un approccio semplificato basato sui valori di velocità di propagazione delle onde di taglio,  $V_s$ , che costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo di cui al § 6.2.2. In tal caso si calcola la velocità equivalente con la seguente espressione:

$$V_{s, eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

con:  $h_i$  = Spessore in metri dello strato  $i$ -esimo (in m),  $V_s$  = Velocità dell'onda di taglio  $i$ -esimo strato,  $N$  = Numero di strati,  $H$  = profondità del substrato sismico (in m), definito come quella formazione, costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{Seq}$  è definita dal parametro  $V_{S,30}$ , ottenuto ponendo  $H = 30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.



ENERGY  
ENVIRONMENT  
ENGINEERING

Nuova SE RTN380/150/36 kV "CAR380" e Raccordi  
**Relazione Geologica**

**HELIOS SRL**

OGGETTO / SUBJECT

**117.21.00.R11**

**00**

**Mar. 23**

**27/32**

TAG

REV

DATE

PAG / TOT

CLIENTE / CUSTOMER

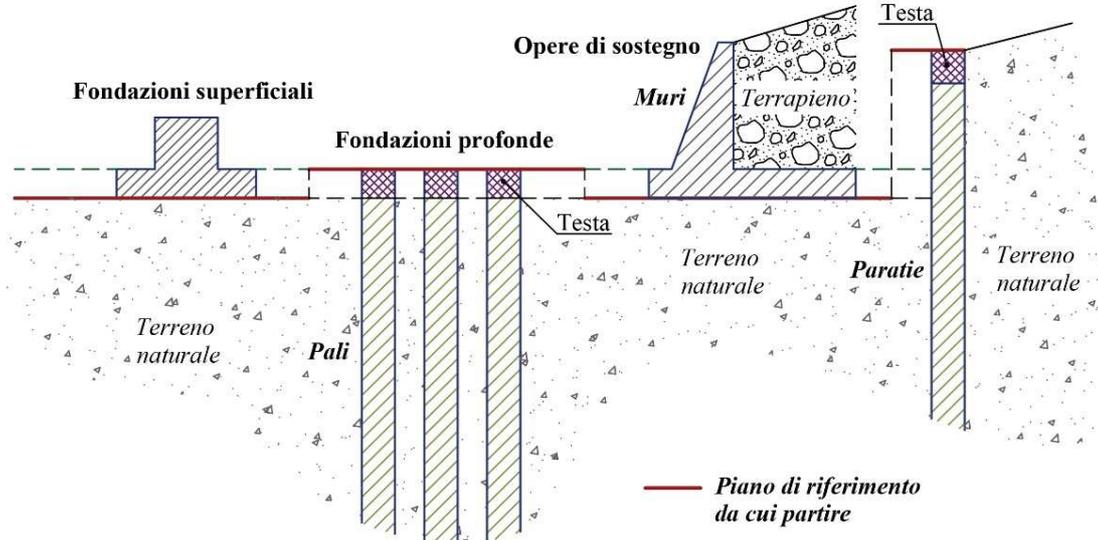


Figura 8.4.1: Schemi di riferimento richiamati al § 3.2.2 delle NTC 2018.

Mentre per tutti quei casi non rientranti è richiesta una specifica analisi della risposta sismica locale, così come previsto al § 7.11.3.

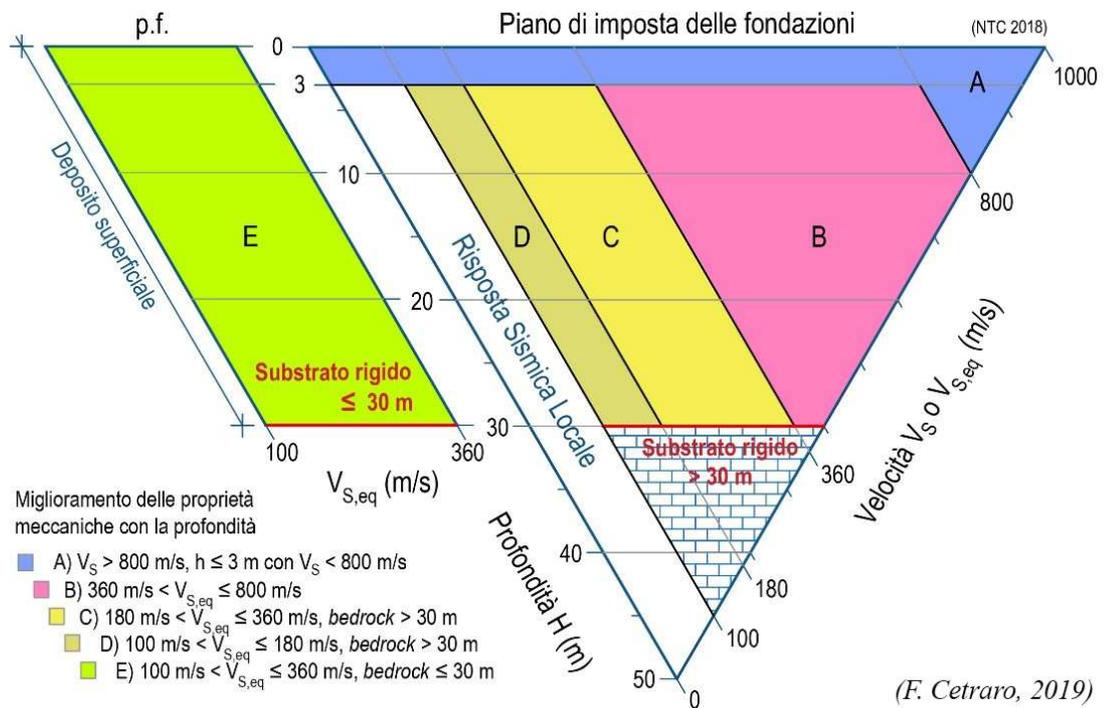


Figura 8.4.2: Diagramma categorie di sottosuolo secondo i riferimenti del § 3.2.2 delle NTC 2018.



E N E R G Y  
ENVIRONMENT  
ENGINEERING

Nuova SE RTN380/150/36 kV "CAR380" e Raccordi  
**Relazione Geologica**

**HELIOS SRL**

OGGETTO / SUBJECT

**117.21.00.R11**

**00**

**Mar. 23**

**28/32**

TAG

REV

DATE

PAG / TOT

CLIENTE / CUSTOMER

### 8.5 Risultati dei calcoli Indagini Masw

Nell'interpretazione della curva di dispersione delle onde di superficie di tipo Rayleigh, valutata tra 5 Hz e 60 Hz, la modellazione diretta basata sulle conoscenze stratigrafiche del sito ha permesso di correlare l'andamento dei modi di propagazione delle onde con i massimi della velocità di fase; Basandosi su tale interpretazione ed a partire dal risultato della modellazione diretta, allo scopo di affinare ulteriormente il modello, è stato successivamente effettuato il picking e l'inversione ipotizzando, per i primi 30 metri, un modello a 4 sismostrati. I risultati dell'inversione hanno fornito i seguenti valori della velocità delle onde S.

#### INDAGINE SISMICA MASW 5

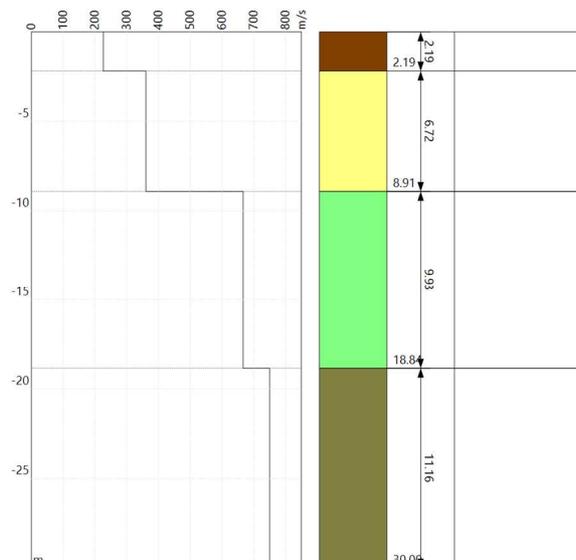
Strato n°1:  $V_s = 226.67$  m/s; spessore medio 2.19 metri.

Strato n°2:  $V_s = 360.58$  m/s; spessore medio oltre 6.72 metri.

Strato n°3:  $V_s = 666.67$  m/s; spessore medio 9.93 metri.

Strato n°4:  $V_s = 750.00$  m/s; spessore oo.

Il modello interpretativo fornito ha permesso pertanto di ottenere la seguente stratigrafia con i relativi valori di velocità delle onde S:



Per la determinazione della Categoria del sottosuolo in applicazione delle NTC/2018 (§ 3.2.2), sulla base del valore ricavato,  $V_{S,eq} = 516.60$  m/s, unitamente a valutazioni circa la stratigrafia e l'andamento del valore delle  $V_s$ , il sottosuolo in esame risulta classificabile come sottosuolo di tipo B e Categoria topografica T1.

|   |   |           |                |                    |              |
|---|---|-----------|----------------|--------------------|--------------|
| <br>ENERGY<br>ENVIRONMENT<br>ENGINEERING | Nuova SE RTN380/150/36 kV "CAR380" e Raccordi<br><b>Relazione Geologica</b> |           |                | <b>HELIOS SRL</b>  |              |
|   | OGGETTO / SUBJECT   |           |                |                    |              |
|   | <b>117.21.00.R11</b>  | <b>00</b> | <b>Mar. 23</b> |                    | <b>29/32</b> |
|   | TAG   | REV       | DATE           |                    | PAG / TOT    |
|   |   |           |                | CLIENTE / CUSTOMER |              |

## 9 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

In questo capitolo vengono analizzate le caratteristiche fisico-meccaniche della litofacies che caratterizzeranno il sedime di fondazione dell'area oggetto di studio. Per le valutazioni geotecniche, riguardanti l'area oggetto di studio, si è fatto riferimento ai risultati di una campagna di prove penetrometriche dinamiche medie, effettuate dallo scrivente in aree limitrofe dalle analoghe caratteristiche litologiche. Questa fase del lavoro ha consentito di indagare sia le unità di copertura che il substrato. Tutti i dati ottenuti hanno permesso di effettuare una ricostruzione della litostratigrafia dell'area e di creare dei modelli rappresentativi, corredati dai parametri geotecnici medi indicativi. Occorre tuttavia considerare che la natura geologica dei terreni indagati, mostra una spiccata variabilità litologica. In particolare le opere in progetto ricadono all'interno di una unità litotecnica di copertura definita secondo i dettami dall'allegato D della Circolare 3/DRA del 20.06.2014.

### COPERTURA

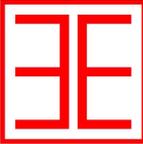
#### UNITA' A – DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI (F1)

Depositi costituiti da ghiaie eterometriche e poligeniche brune o giallastre, a clasti prevalentemente arrotondati di 2-20 cm, a supporto di matrice sabbioso-argillosa.

L'unità litotecnica appartiene alla categoria **F1** ovvero sedimenti sciolti a grana grossa con elementi litici a spigoli arrotondati poco addensati. Per tale litotipo è possibile attribuire le seguenti caratteristiche geotecniche medie indicative:

| <b>Depositi Alluvionali Terrazzati (bn-gn)</b> |                           |                    |            |
|--|---------------------------|--------------------|------------|
| Simbolo  | Caratteristiche           | Unità di Misura    | Valore     |
| Y  | Peso di volume            | t/m <sup>3</sup>   | 1.7 – 1.8  |
| $\phi'$  | Angolo di attrito interno |                    | 23°-25°    |
| C'   | Coesione drenata          | Kg/cm <sup>2</sup> | 0 – 0.3    |
| Cu   | Coesione n. dr.           | Kg/cm <sup>2</sup> | 0.1 - 0.65 |

Pertanto per una preliminare valutazione, sulla tipologia e dimensionamento delle fondazioni possono essere usati i parametri nominali indicati anche se gli aspetti geotecnici dovranno essere implementati in sede di progettazione esecutiva, attraverso mirate campagne di indagini geognostiche in situ e prove di laboratorio.

|   |   |           |                |                    |              |
|---|---|-----------|----------------|--------------------|--------------|
| <br>ENERGY<br>ENVIRONMENT<br>ENGINEERING | Nuova SE RTN380/150/36 kV "CAR380" e Raccordi<br><b>Relazione Geologica</b> |           |                | <b>HELIOS SRL</b>  |              |
|   | OGGETTO / SUBJECT   |           |                |                    |              |
|   | <b>117.21.00.R11</b>  | <b>00</b> | <b>Mar. 23</b> |                    | <b>30/32</b> |
|   | TAG   | REV       | DATE           |                    | PAG / TOT    |
|   |   |           |                | CLIENTE / CUSTOMER |              |

## 10 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il presente studio è stato redatto conformemente ai contenuti tecnici della circolare ARTA 3/DRA del 20/06/2014 ed ai sensi D.M. 17/01/2018.

La finalità dello stesso è stata quella di accertare la compatibilità geomorfologica delle opere in progetto con il territorio in esame, attraverso rilievi geologici di dettaglio estesi ad una fascia perimetrale esterna rispetto a quella di stretto interesse. In particolare è stata eseguita una campagna di indagini di sito specifiche, così come disposto dall'art. 6.12.1 del N.T.C 2018, che hanno incluso indagini di sismica a rifrazione e indagini di sismica masw, il cui numero è apparso congruo sia in funzione dell'attuale livello di approfondimento progettuale sia per la copertura litologica dell'area di interesse. In fase esecutiva si dovranno prevedere, comunque, un supplemento di indagini, attraverso mirate campagne di indagini geognostiche e prove di laboratorio, al fine di potere approfondire le conoscenze circa le stratigrafie presenti e la caratterizzazione geotecnica dei terreni.

Alla luce di quanto precedentemente esposto circa le condizioni morfologiche, geologiche, idrogeologiche, meccaniche e sismiche dei terreni di progetto, si ritiene di poter esporre le seguenti considerazioni conclusive:

### **Analisi Geologica**

Sotto il profilo geolitologico, si può affermare che la stratigrafia riscontrata durante i rilievi e dall'interpretazione dei dati derivanti dalle prove sismiche effettuate evidenziano una stratigrafia costituita da:

### **Depositi alluvionali terrazzate (bn-gn)**

Tale litotipo affiora, in corrispondenza della una nuova Stazione Elettrica RTN 380/150/36kV e dei nuovi raccordi in entra – esci a 380 kV all'attuale elettrodotto 380kV della RTN denominato "Paternò-Priolo".

Trattasi di unità litologica di natura alluvionale è costituita da ghiaie eterometriche e poligeniche brune o giallastre, a clasti prevalentemente arrotondati di 2-20 cm, a supporto di matrice sabbioso-argillosa. Dalle indagini di sismica a rifrazione tale litotipo si riscontra a partire da una profondità variabile di circa 1,8-2,0 metri dal p.c. e risulta ammantato da uno strato di terreno limo-sabbioso con presenza di inclusi litici eterometrici.

|   |   |           |                |   |              |
|---|---|-----------|----------------|---|--------------|
| <br>ENERGY<br>ENVIRONMENT<br>ENGINEERING | Nuova SE RTN380/150/36 kV "CAR380" e Raccordi<br><b>Relazione Geologica</b> |           |                | <b>HELIOS SRL</b><br><br>CLIENTE / CUSTOMER |              |
|   | OGGETTO / SUBJECT   |           |                |   |              |
|   | <b>117.21.00.R11</b>  | <b>00</b> | <b>Mar. 23</b> |   | <b>31/32</b> |
|   | TAG   | REV       | DATE           |   | PAG / TOT    |

### **Analisi Morfologica**

Dall'analisi della distribuzione delle altimetrie si evince che la stazione CAR 380 ricade tra le isoipse di quota 240mt. s.l.m. e 250 mt. s.l.m ed è caratterizzata da una morfologia a debole pendenza circa 2° con massime di 5° e con quote degradanti verso nord.

Dalla visione delle cartografie pubblicate dal P.A.I l'area non ricade in aree caratterizzate da fenomeni morfogenetici attivi e/o situazioni di dissesto in atto o potenziali, tali da essere in contrasto con il progetto proposto.

A testimonianza dell'assunto nell'area in progetto **non sono** stati rilevati fenomeni morfogenetici attivi e/o situazioni di dissesto in atto o potenziali da essere in contrasto con il progetto proposto.

### **Analisi Idrogeologica- idraulica**

Dal punto di vista dei valori di permeabilità dei complessi idrogeologici presenti, sono stati riconosciuti, nel sito in progetto tre complessi principali caratterizzati da valori di permeabilità medio bassa per porosità i depositi palustri e medio alta per fratturazioni i depositi litoidi ed infine medio alta per porosità i depositi alluvionali terrazzati.

Il motivo idrologico principale è rappresentato da corpi idrici minori identificate nella cartografia ATA 2012-2013 come cabalette, di chiara origine antropica rispetto ai quali il layout progettuale si è opportunamente distanziato secondo le indicazioni del DSG 189/2020 e del R.D. 523/1904.

Dal punto di vista idraulico, l'area oggetto di intervento **non ricade** in aree vincolate come si evince dalla cartografia allegata al PAI Sicilia, attualmente presente nel portale dedicato ad eccezione.

### **Valutazioni litotecniche e Sismicità dell'area**

Dal punto di vista litotecnico l'area in progetto è contraddistinta da una unità litotecnica (F1) di copertura definita secondo quanto indicato nell'allegato D della Circolare 3/DRA del 20.06.2014.

In base ai risultati delle indagini sismiche masw eseguite, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto (ai sensi del D.M. 17/01/2018), il terreno di fondazione rientra nella **categoria di sottosuolo di tipo B e categoria Topografica T1.**

|   |   |           |                |                    |              |
|---|---|-----------|----------------|--------------------|--------------|
| <br>ENERGY<br>ENVIRONMENT<br>ENGINEERING | Nuova SE RTN380/150/36 kV "CAR380" e Raccordi<br><b>Relazione Geologica</b> |           |                | <b>HELIOS SRL</b>  |              |
|   | OGGETTO / SUBJECT   |           |                |                    |              |
|   | <b>117.21.00.R11</b>  | <b>00</b> | <b>Mar. 23</b> |                    | <b>32/32</b> |
|   | TAG   | REV       | DATE           |                    | PAG / TOT    |
|   |   |           |                | CLIENTE / CUSTOMER |              |

Per una preliminare valutazione, infine, sulla tipologia e dimensionamento delle fondazioni possono essere usati i parametri nominali indicati nel paragrafo dedicato alla caratterizzazione geotecnica.

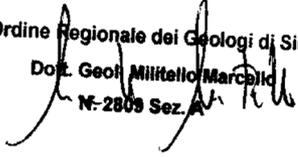
Si rimanda, infine, al progettista incaricato, la valutazione delle tipologie delle strutture fondali da adottare.

**Pertanto alla luce di quanto sopra riportato ed allo stato attuale delle conoscenze è possibile affermare che le aree in cui è prevista la realizzazione delle opere in progetto risultano zone stabili non essendo stati rilevati, all'atto delle indagini, fenomeni morfogenetici attivi e/o situazioni di dissesto in atto o potenziali, tali da essere in contrasto con il progetto proposto, risultando compatibile con il territorio in esame.**

Palermo, Marzo 2023

***Dott. Geol. Marcello Militello***

Ordine Regionale dei Geologi di Sicilia  
Dott. Geol. Militello Marcello  
N. 2809 Sez. A



# **ALLEGATO I**

INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE

# 1. INDAGINE DI SISMICA A RIFRAZIONE

## 1.1 CENNI SULLA SISMICA A RIFRAZIONE

Le indagini di sismica a rifrazione, consentono di interpretare la stratigrafia del sottosuolo attraverso il principio fisico del fenomeno della rifrazione totale di un'onda sismica che incide su una discontinuità, individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse (orizzonte rifrattore). La condizione fondamentale per eseguire studi di sismica a rifrazione è quella per cui la successione di strati da investigare sia caratterizzata da velocità sismiche crescenti all'aumentare della profondità. In questo modo si possono valutare fino a 4 o 5 orizzonti rifrattori differenti. Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda  $\lambda$ , comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell. Il principio di Fermat stabilisce che il raggio sismico percorre la distanza tra sorgente e rilevatore seguendo il percorso per cui il tempo di tragitto è minimo. Per tale principio, dato un piano che separa due mezzi con caratteristiche elastiche diverse, il raggio sismico è quello che si estende lungo un piano perpendicolare alla discontinuità contenente sia la sorgente che il ricevitore.

La legge di Snell è una formula che descrive le modalità di rifrazione di un raggio sismico nella transizione tra due mezzi caratterizzati da diversa velocità di propagazione delle onde  $\lambda$ , equivalentemente, da diversi indici di rifrazione. L'angolo formato tra la superficie di discontinuità e il raggio sismico è chiamato angolo di incidenza  $\theta_i$  mentre quello formato tra il raggio rifratto e la superficie normale è detto angolo di rifrazione  $\theta_r$ . La formulazione matematica è:

$$v_2 \sin \theta_i = v_1 \sin \theta_r$$

Dove  $v_1$  e  $v_2$  sono le velocità dei due mezzi separati dalla superficie di discontinuità. Per  $v_1 > v_2$  si ha che  $\theta_i > \theta_r$  e la sismica a rifrazione non è attuabile poiché il raggio rifratto andrebbe ad inclinarsi verso il basso. Per  $v_1 < v_2$  si ha che  $\theta_i < \theta_r$  ed esiste un angolo limite di incidenza per cui  $\theta_r = 90^\circ$  ed il raggio rifratto viaggia parallelamente alla superficie di discontinuità. L'espressione che definisce l'angolo limite è:

$$\theta_i = \arcsin(v_1 / v_2)$$

Il modo più semplice per analizzare i dati di rifrazione è quello di costruire un diagramma tempi-distanze in cui l'origine del sistema di riferimento è posto in corrispondenza della sorgente di generazione delle onde elastiche. In ascissa sono rappresentate le posizioni dei geofoni ed in ordinata i tempi dei primi arrivi. Ai geofoni più vicini alla sorgente giungono per primi gli impulsi che hanno seguito il percorso diretto in un tempo T dato dalla relazione:

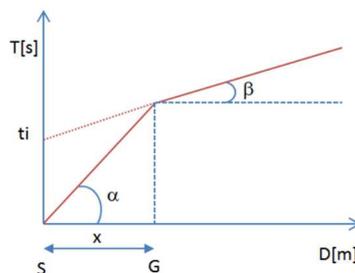
$$T = x_i / V_1$$

dove  $x_i$  è la distanza tra il punto di energizzazione e il punto di rilevazione.

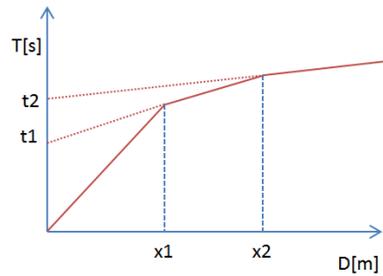
L'equazione precedente rappresenta una retta che passa per l'origine degli assi tempi- distanze e il suo coefficiente angolare consente di calcolare la velocità  $V_1$  del primo mezzo come:

$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

I tempi di arrivo dei raggi rifratti, nel diagramma tempi-distanze, si dispongono secondo una retta che avrà pendenza minore di quella delle onde dirette.



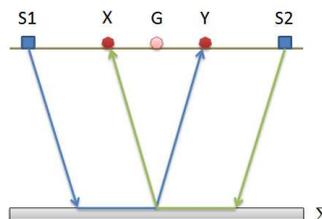
La curva tempi-distanze tende ad avere un andamento regolare secondo una spezzata i cui vertici sono i chiamati *punti di ginocchio* e rappresentano, fisicamente, la condizione in cui si verifica l'arrivo contemporaneo delle onde dirette e rifratte. Per ciascuno di segmenti individuati si determina, dunque, il tempo di ritardo  $t_i$  che rappresenta la differenza tra il tempo che il raggio sismico impiega a percorrere un tratto alla velocità propria dello strato in cui si trasmette ed il tempo che impiegherebbe a viaggiare lungo la componente orizzontale di quel tratto alla massima velocità raggiunta in tutto il percorso di rifrazione. Graficamente il tempo di ritardo è dato dall'intersezione della retta che comprende un segmento della curva tempi-distanze con l'asse dei tempi.



Infine, dalla conoscenza dei tempi  $t_i$  è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

$$h_{(i-1)} = \frac{V_{(i-1)}V_i}{2\sqrt{V_i^2 - V_{(i-1)}^2}} \left( t_i - \frac{2h_1\sqrt{V_i^2 - V_1^2}}{V_1V_i} - \dots - \frac{2h_{(i-2)}\sqrt{V_i^2 - V_{(i-2)}^2}}{V_1V_{(i-2)}} \right)$$

In situazioni morfologiche complesse può essere utilizzato come metodo di elaborazione il Metodo Reciproco Generalizzato (Generalized Reciprocal Method) discusso da Palmer nel 1980. Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifratore.



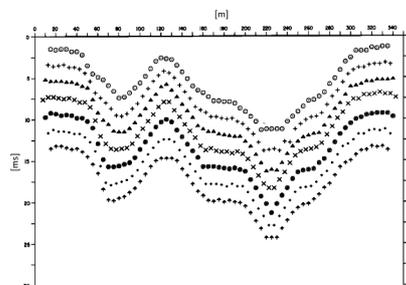
Il primo passo operativo è quello di costruire un diagramma tempi-distanze individuando nei sismogrammi ottenuti dai dati di campagna i primi arrivi delle onde sismiche. Per determinare la distanza XY ottimale è necessario considerare più punti di energizzazione tanto agli estremi quanto all'interno dello stendimento. Ciò permette di individuare con maggiore accuratezza i tempi relativi ad un medesimo rifratore utili a caratterizzare le dromocrone, fondamentali all'interpretazione. Nelle interpretazioni multi strato, la generazione delle dromocrone può sfruttare tecniche di phantoming per sopperire alla mancanza dei dati per alcuni rifrattori. Dalla costruzione delle dromocrone è possibile determinare *la funzione velocità* secondo l'equazione:

$$T_v = \frac{T_{S_1Y} - T_{S_2X} + T_{S_1S_2}}{2}$$

dove TS1Y e TS2X sono i tempi di percorrenza dei raggi sismici per giungere, rispettivamente, dalla sorgente S1 a X e dalla sorgente S2 a Y mentre TS1S2 è il tempo di tragitto tra i due punti di scoppio S1 ed S2, esternamente simmetrici rispetto allo stendimento. Tv è il tempo calcolato su un geofono G posto tra X e Y, non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento. Il calcolo della funzione Tv viene eseguito per ogni valore di XY compreso tra zero e metà dello stendimento con variazione pari alla distanza reale tra i geofoni dello stendimento. La migliore retta di regressione delle funzioni velocità ottenute, permette di determinare l'XY ottimo e la velocità del rifrattore che è ricavata dal coefficiente angolare. Per mezzo della funzione tempo-profondità è possibile trovare la profondità del rifrattore espressa in unità di tempo. L'espressione di tale funzione è:

$$T_G = \frac{T_{S_1Y} + T_{S_2X} - \left( T_{S_1S_2} + \frac{XY}{V_n} \right)}{2}$$

Dove Vn è la velocità del rifrattore.



Analogamente a quanto avviene per la funzione velocità si determinano diverse funzioni tempo- profondità per l'insieme dei valori XY di studio. Tra le funzioni trovate, quella che presenta la maggiore articolazione compete al valore di XY ottimo. Infine, è possibile determinare lo spessore del rifrattore in corrispondenza delle posizioni dei geofoni G mediante la relazione:

$$h = T_G \sqrt{\frac{V_n XY}{2T_G}}$$

h rappresenta la profondità minima dal geofono G dunque la morfologia del rifrattore è definita dall'involuppo delle semicirconferenze di raggio h. Uno dei principali vantaggi del G.R.M. è che il fattore di conversione della profondità è relativamente insensibile alle inclinazioni fino a circa 20°.

## 2.2 STRUMENTAZIONE E TECNICHE UTILIZZATE

Le indagini sono state eseguite utilizzando il sismografo digitale della Sara electronic instruments® dotato di un sistema di acquisizione fino a 24 canali e convertitore A/D a 24 bit. La prova è stata realizzata mediante uno stendimento lineare, lungo un terreno di copertura, con n°16 trasduttori di velocità verticali (geofoni) con frequenza di vibrazione propria di 4,5Hz dotati di memoria e convertitori a/d in grado di digitalizzare il segnale già in corrispondenza del cavo (sismografo Do.Re.Mi); i canali a sua volta sono collegati ad un'unità di testa collegata ad un personal computer portatile. L'attrezzatura risulta, inoltre, dotata di un sistema di trigger che consiste in un geofono indipendente posto a fianco della piastra di battuta, che dà il segnale di start al sismografo; Nello stendimento i geofoni sono stati posizionati ad una distanza intergeofonica di 1 metro mentre l'acquisizione è stata effettuata con un tempo di registrazione  $T = 256 \text{ ms}$  ed un intervallo di campionamento  $\Delta t = 250 \mu\text{s}$ . Per l'energizzazione è stata usata una mazza da 8 kg ed un piattello in PVC 20x20 cm; in tutto sono state effettuate numero 3 energizzazioni. Per ottenere una traccia con un buon rapporto segnale/rumore, sono state eseguite tre energizzazioni per ogni punto di battuta rispettivamente, tra l'8° e il 9° geofono. Inoltre ulteriori 2 battute poste a 2 metri dall'ultimo e dal primo geofono come da schema riportato in figure 2.2.1.

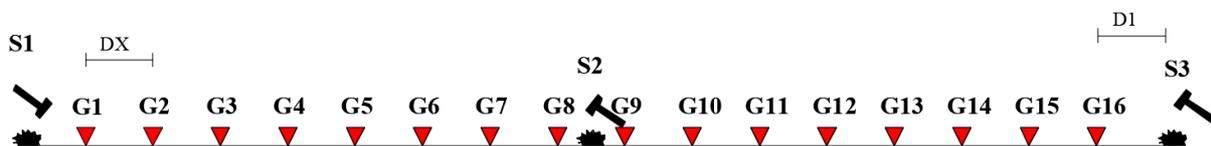


Fig. 2.2.1: Geometria tipo dello stendimento sismico.

Per l'ubicazione su stralcio planimetrico vedi la carta delle indagini.

## INDAGINE DI SISMICA A RIFRAZIONE RZ5

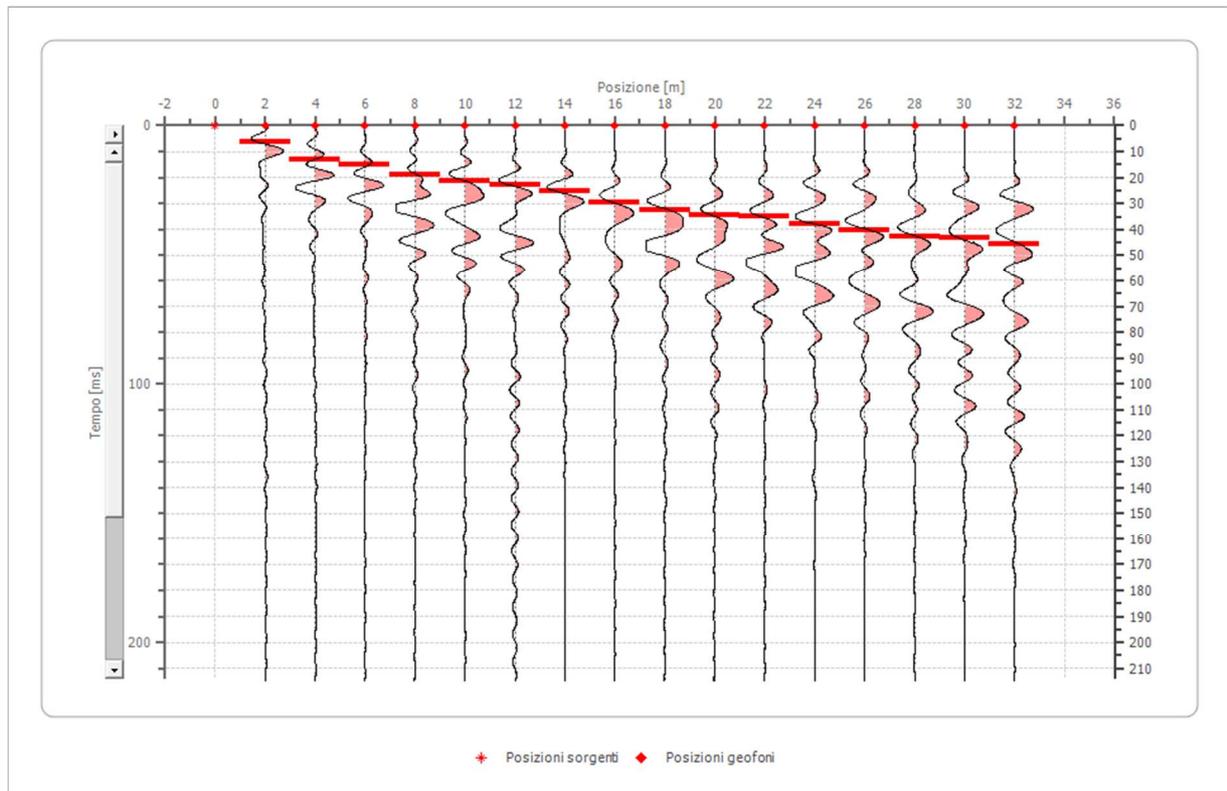
### Geometria geofoni

|    | Posizione X<br>[m] | Posizione Z<br>[m] |
|----|--------------------|--------------------|
| 1  | 2.0                | 0.0                |
| 2  | 4.0                | 0.0                |
| 3  | 6.0                | 0.0                |
| 4  | 8.0                | 0.0                |
| 5  | 10.0               | 0.0                |
| 6  | 12.0               | 0.0                |
| 7  | 14.0               | 0.0                |
| 8  | 16.0               | 0.0                |
| 9  | 18.0               | 0.0                |
| 10 | 20.0               | 0.0                |
| 11 | 22.0               | 0.0                |
| 12 | 24.0               | 0.0                |
| 13 | 26.0               | 0.0                |
| 14 | 28.0               | 0.0                |
| 15 | 30.0               | 0.0                |
| 16 | 32.0               | 0.0                |

### Dati battute

#### Battuta 1

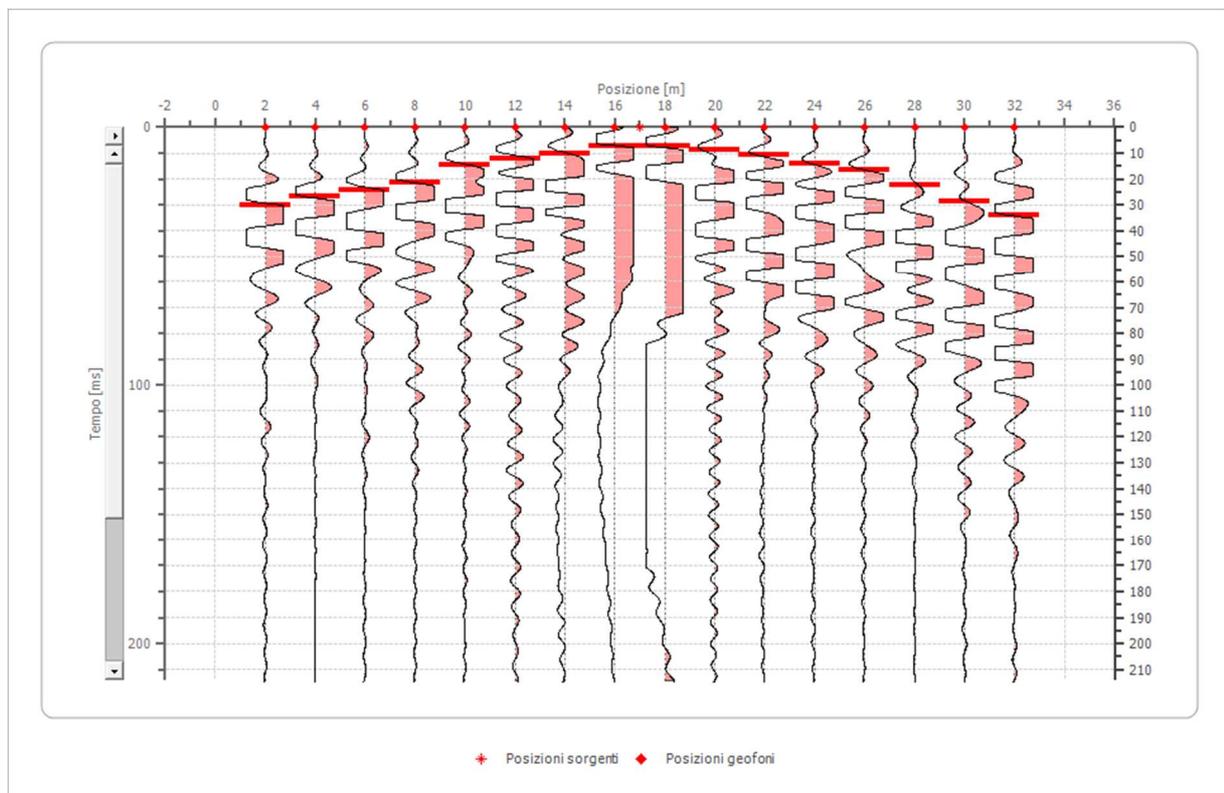
Posizione sorgente X    0    [m]  
Posizione sorgente Z    0    [m]



| Posizione geofono [m] | Tempo [ms] |
|-----------------------|------------|
| 2.0                   | 6.3492     |
| 4.0                   | 13.1195    |
| 6.0                   | 15.0632    |
| 8.0                   | 18.9504    |
| 10.0                  | 21.3800    |
| 12.0                  | 22.8377    |
| 14.0                  | 25.2673    |
| 16.0                  | 29.6404    |
| 18.0                  | 32.5559    |
| 20.0                  | 34.4995    |
| 22.0                  | 34.9854    |
| 24.0                  | 37.9009    |
| 26.0                  | 40.3304    |
| 28.0                  | 42.7600    |
| 30.0                  | 43.2459    |
| 32.0                  | 45.6754    |

Battuta 2

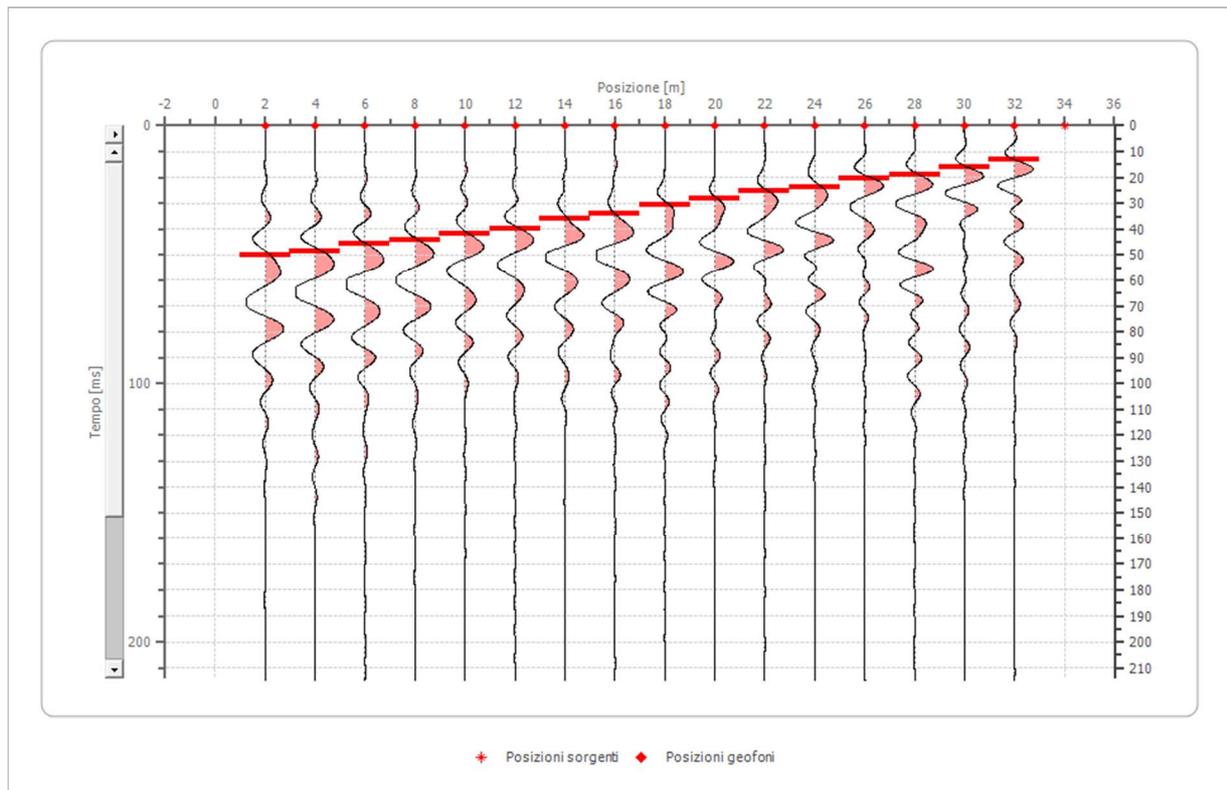
Posizione sorgente X 17 [m]  
 Posizione sorgente Z 0 [m]



| Posizione geofono<br>[m] | Tempo<br>[ms] |
|--------------------------|---------------|
| 2.0                      | 30.3288       |
| 4.0                      | 26.9274       |
| 6.0                      | 24.0930       |
| 8.0                      | 21.2585       |
| 10.0                     | 14.7392       |
| 12.0                     | 12.1882       |
| 14.0                     | 10.2041       |
| 16.0                     | 7.3696        |
| 18.0                     | 7.0862        |
| 20.0                     | 8.5034        |
| 22.0                     | 10.7710       |
| 24.0                     | 14.1723       |
| 26.0                     | 16.4399       |
| 28.0                     | 22.3518       |
| 30.0                     | 28.6686       |
| 32.0                     | 34.0136       |

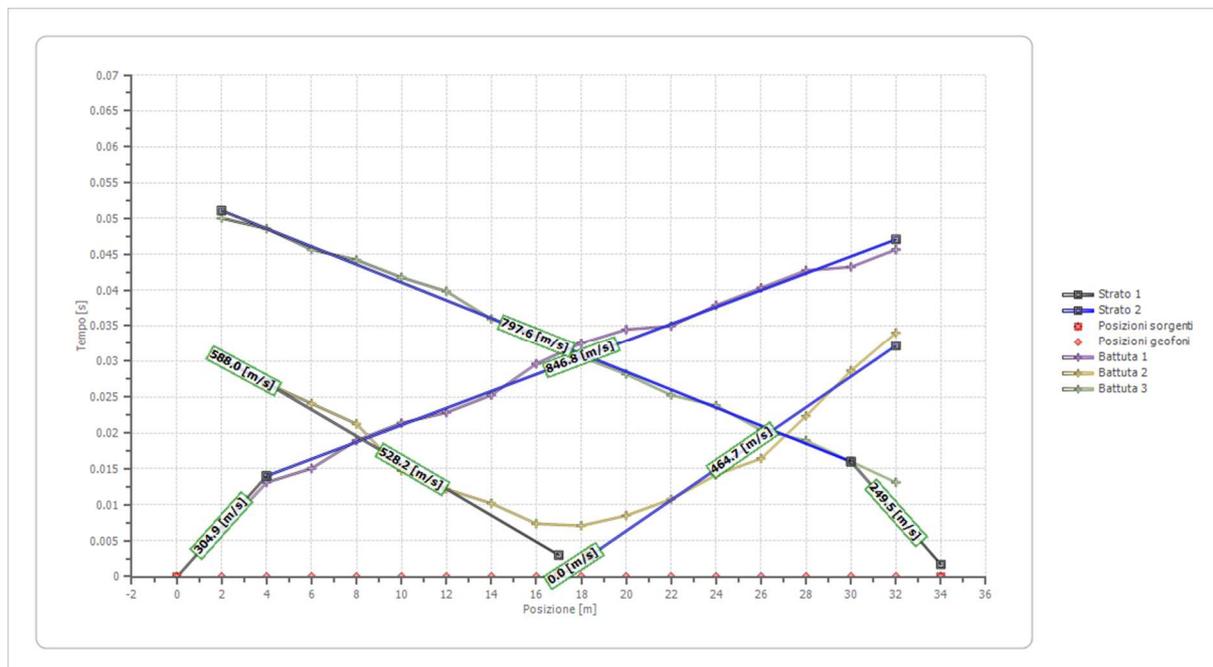
Battuta 3

Posizione sorgente X    34    [m]  
 Posizione sorgente Z    0    [m]

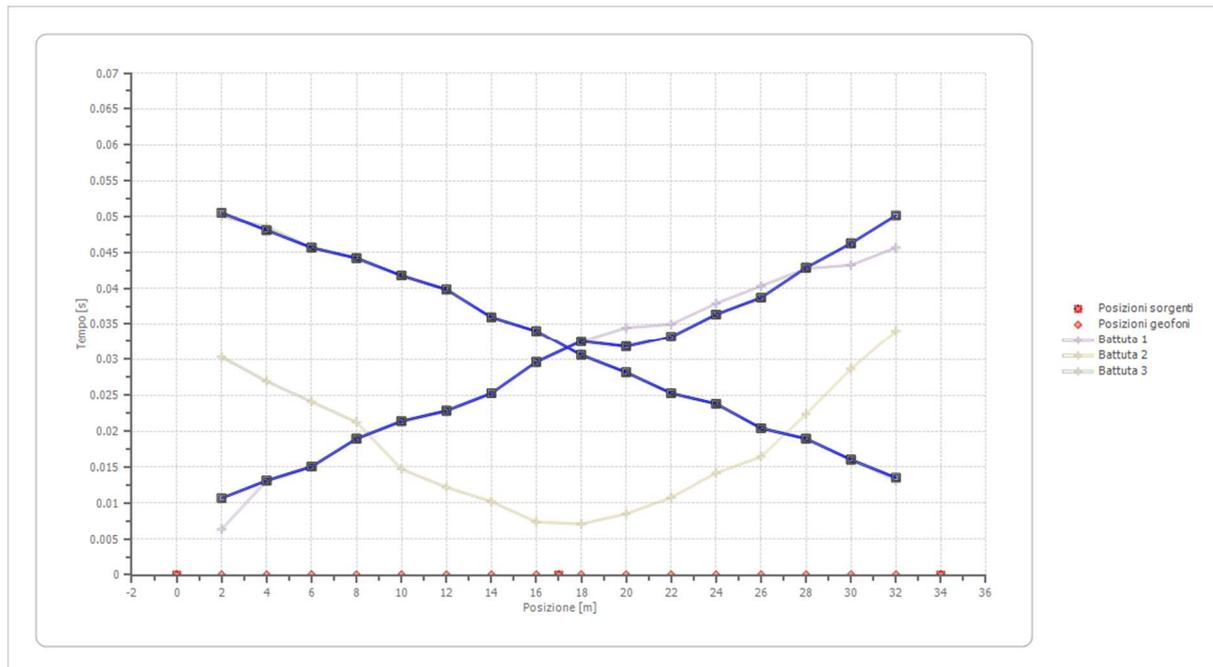


| Posizione geofono [m] | Tempo [ms] |
|-----------------------|------------|
| 2.0                   | 50.0486    |
| 4.0                   | 48.5909    |
| 6.0                   | 45.6754    |
| 8.0                   | 44.2177    |
| 10.0                  | 41.7881    |
| 12.0                  | 39.8445    |
| 14.0                  | 35.9572    |
| 16.0                  | 34.0136    |
| 18.0                  | 30.6122    |
| 20.0                  | 28.1827    |
| 22.0                  | 25.2673    |
| 24.0                  | 23.8095    |
| 26.0                  | 20.4082    |
| 28.0                  | 18.9504    |
| 30.0                  | 16.0350    |
| 32.0                  | 13.1195    |

## Dromocrone



## Dromocrone traslate



## Interpretazione col metodo G,,R.M.

XY: 0

|                  | Strato n. 1 | Strato n. 2 |
|------------------|-------------|-------------|
| G= 2.0 [m]       | 1.9         | --          |
| G= 4.0 [m]       | 1.9         | --          |
| G= 6.0 [m]       | 1.8         | --          |
| G= 8.0 [m]       | 2.3         | --          |
| G= 10.0 [m]      | 2.3         | --          |
| G= 12.0 [m]      | 2.2         | --          |
| G= 14.0 [m]      | 1.9         | --          |
| G= 16.0 [m]      | 2.4         | --          |
| G= 18.0 [m]      | 2.3         | --          |
| G= 20.0 [m]      | 1.6         | --          |
| G= 22.0 [m]      | 1.3         | --          |
| G= 24.0 [m]      | 1.6         | --          |
| G= 26.0 [m]      | 1.4         | --          |
| G= 28.0 [m]      | 2.0         | --          |
| G= 30.0 [m]      | 2.1         | --          |
| G= 32.0 [m]      | 2.4         | --          |
| Velocità [m/sec] | 360.8       | 801.9       |
| Descrizione      |             |             |

## Altri parametri geotecnici

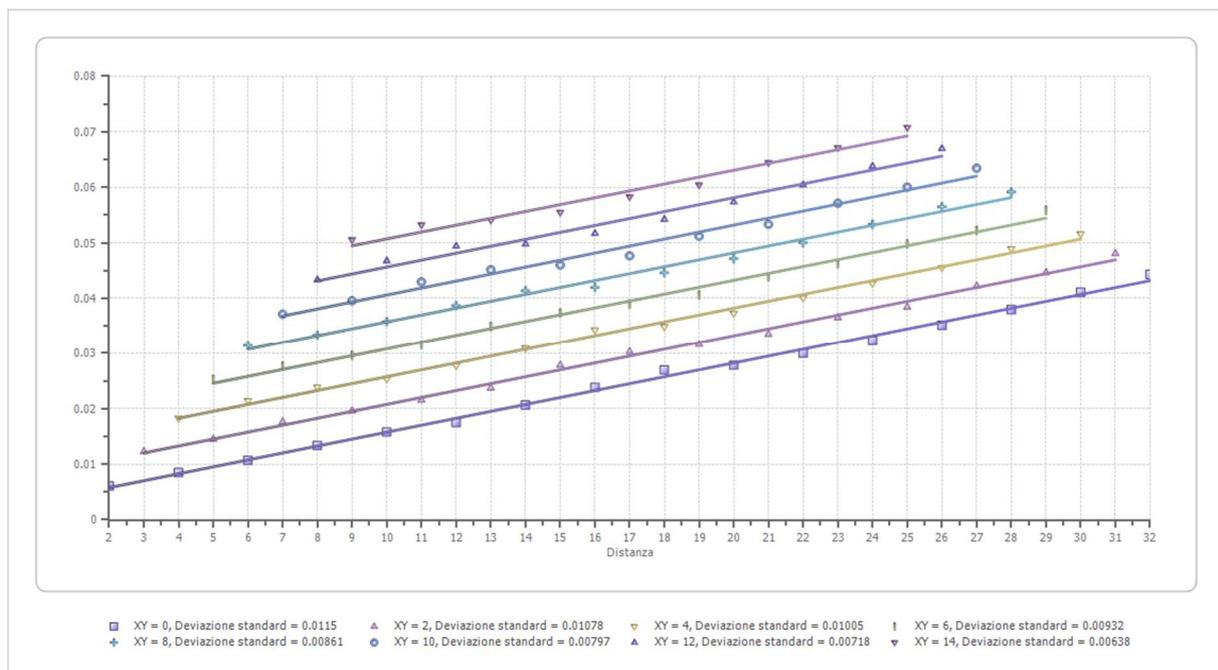
|                              | Strato n. 1 | Strato n. 2 |
|------------------------------|-------------|-------------|
| Coefficiente Poisson         | 0.35        | 0.35        |
| Densità [kg/m <sup>3</sup> ] | 1700.00     | 1800.00     |
| Vp [m/s]                     | 360.84      | 801.89      |
| Vs [m/s]                     | 173.34      | 385.21      |
| G0 [MPa]                     | 51.08       | 267.10      |
| Ed [Mpa]                     | 221.35      | 1157.44     |
| M0 [MPa]                     | 170.27      | 890.34      |
| Ey [Mpa]                     | 137.92      | 721.17      |

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;



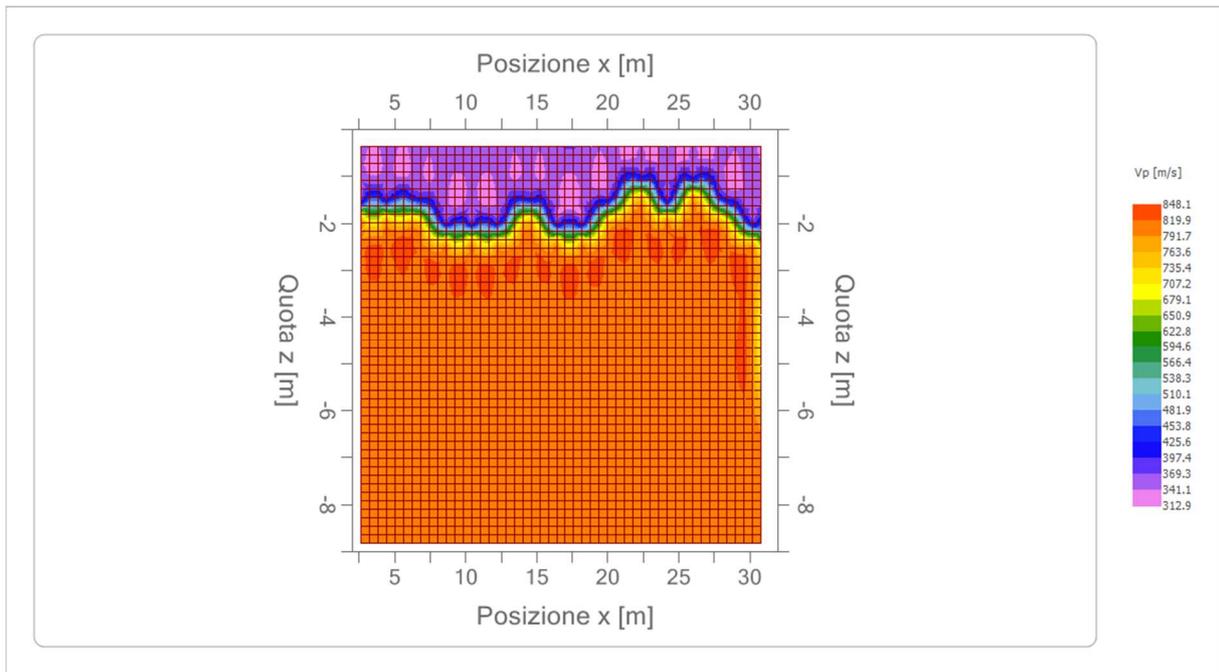
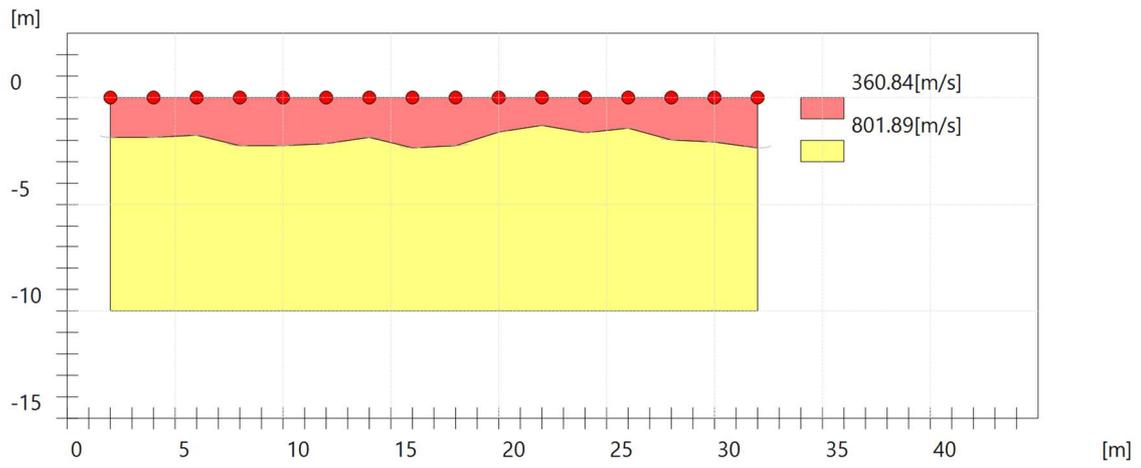




Foto Stendimento di sismica a rifrazione Rz5.

# **ALLEGATO II**

INDAGINE SISMICA MASW

## **1. INDAGINE DI SISMICA MASW**

### **1.1 CENNI SULLA METODOLOGIA DI INDAGINE 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.

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.

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.

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.

È 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:

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

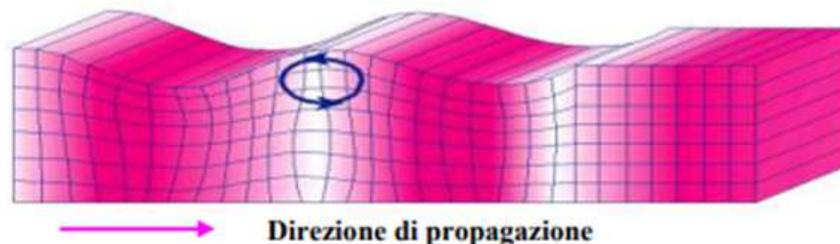
Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

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.

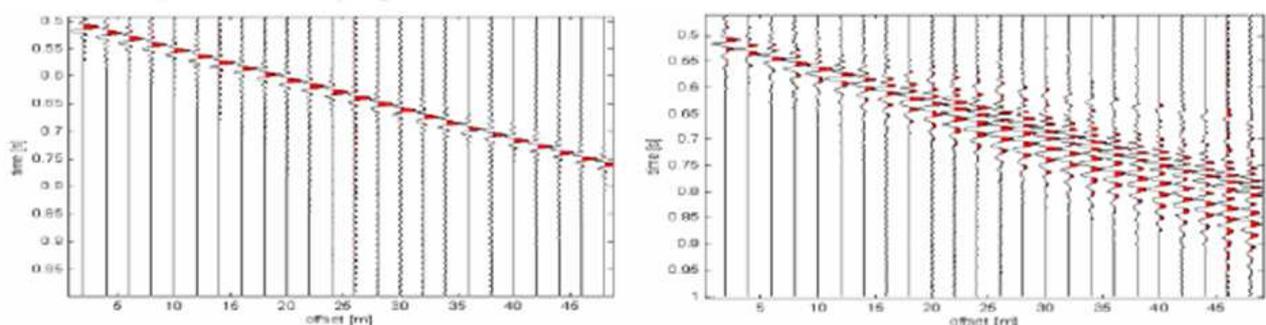
Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

Il metodo si basa sul rilievo di onde di superficie (onde di Rayleigh); queste si generano in corrispondenza della superficie libera del mezzo quando viene sollecitato acusticamente e sono polarizzate in un piano verticale. In questo tipo di onde le

particelle descrivono un movimento di tipo ellittico la cui ampiezza decresce esponenzialmente con la distanza dalla superficie libera. L'asse maggiore delle ellissi è normale alla superficie libera del mezzo ed alla direzione di propagazione delle onde e le particelle compiono questo movimento ellittico in senso retrogrado alla direzione di propagazione delle onde che vengono così generate. Le onde superficiali di Rayleigh, quando si propagano in un mezzo omogeneo, non presentano dispersione e la loro velocità è uguale a  $0.92V_s$ . In un mezzo disomogeneo, quale la Terra, la loro velocità varia in funzione della lunghezza d'onda tra i limiti 0 e  $0.92V_s$ . La teoria della propagazione delle onde superficiali è ben conosciuta ed è descritta dettagliatamente da Ewing et al. (1957).



La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle  $V_s$ , è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati. Ciò consente, analizzando la variazione delle velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza, che dipende dall'inverso della lunghezza d'onda), di determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite il processo d'inversione.

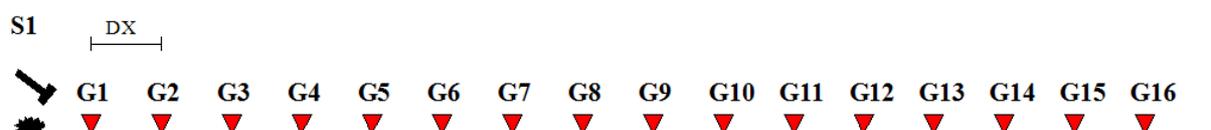


Il metodo MASW consente in genere di valutare le velocità di fase in un intervallo di frequenze tra 5 Hz e 70 Hz, permettendo quindi di indagare i primi 30 - 50 metri di terreno, in funzione della rigidità del suolo.

Una volta misurata in situ la velocità di fase (o curva di dispersione apparente) delle onde superficiali essendo questa funzione della velocità delle onde di taglio  $V_s$  (oltre che della natura del terreno e degli spessori degli strati) è possibile risalire al valore di queste ultime attraverso un processo d'inversione, in genere attraverso una procedura automatica tramite software che variando opportunamente spessore degli strati e velocità  $V_s$  cerca di minimizzare l'errore tra la curva sperimentale della velocità di fase misurata in situ e la curva numerica elaborata. In genere quando l'errore relativo tra curva sperimentale e curva numerica è inferiore al 10% il profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$  rappresenta una soluzione potenzialmente valida.

## 1.2 Strumentazione MASW e tecniche utilizzate

La strumentazione utilizzata è composta da: un acquisitore a 24 canali della SARA Electronics Instruments® a 16 bit (registratore DOREMI), 16 geofoni a frequenza di 4.5 Hz e da un personal computer. Come sistema di energizzazione è stata utilizzata una mazza di 8 kg battente su un piattello in pvc. L'indagine MASW è stata realizzata predisponendo uno stendimento lineare di 32 metri di lunghezza con 16 geofoni a 4.5 Hz equidistanziati di 2 metri. Per l'acquisizione dei dati sono state effettuate ripetute energizzazioni disposte alle estremità del profilo ad una distanza di 2 metri dal primo geofono come da schema allegato.



I dati sono stati elaborati tramite il software Easy Masw. L'analisi consiste nella trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale "f-k" che analizza l'energia di propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica. In questo grafico è possibile distinguere il "modo fondamentale" delle onde di superficie. Sullo

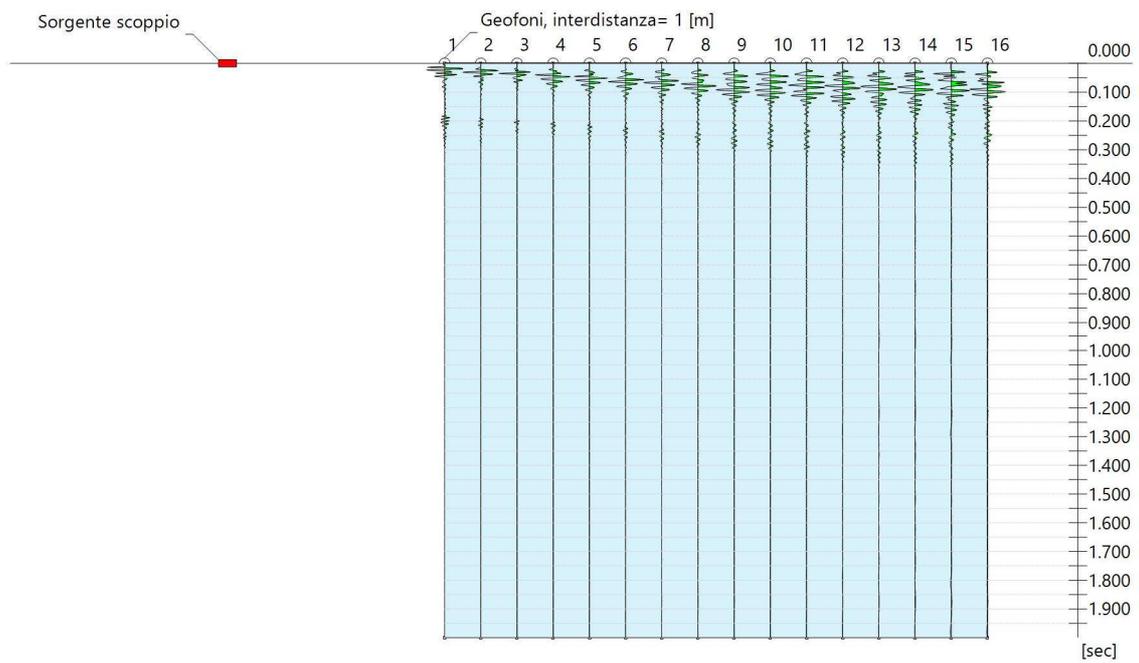
spettro di frequenza viene eseguito un "picking" attribuendo ad un certo numero di punti una o più velocità di fase per un determinato numero di frequenze. Tali valori vengono successivamente riportati su un diagramma periodo-velocità di fase per l'analisi della curva di dispersione e l'ottimizzazione del modello interpretativo. Variando la geometria del modello di partenza ed i valori di velocità delle onde S si modifica automaticamente la curva calcolata di dispersione fino a conseguire un buon "fitting" con i valori sperimentali.

I risultati grafici dell'elaborazione sono allegati alla presente relazione.

Tracce

# INDAGINE DI SISMICA MW5

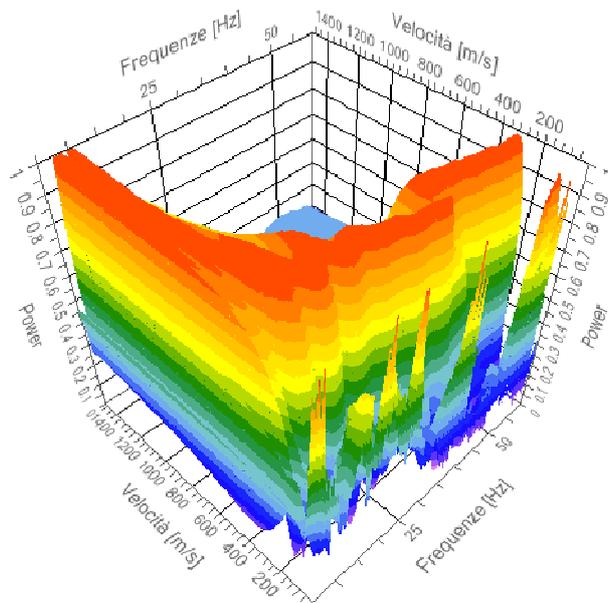
|  |        |
|--|--------|
| <b>N. tracce</b>                               | 16     |
| <b>Durata acquisizione<br/>[msec]</b>          | 2000.0 |
| <b>Interdistanza geofoni<br/>[m]</b>           | 1.0    |
| <b>Periodo di<br/>campionamento<br/>[msec]</b> | 1.00   |



## Analisi spettrale

|   |      |
|---|------|
| <b>Frequenza minima di elaborazione [Hz]</b>    | 5    |
| <b>Frequenza massima di elaborazione [Hz]</b>   | 60   |
| <b>Velocità minima di elaborazione [m/sec]</b>  | 1    |
| <b>Velocità massima di elaborazione [m/sec]</b> | 1500 |
| <b>Intervallo velocità [m/sec]</b>              | 1    |

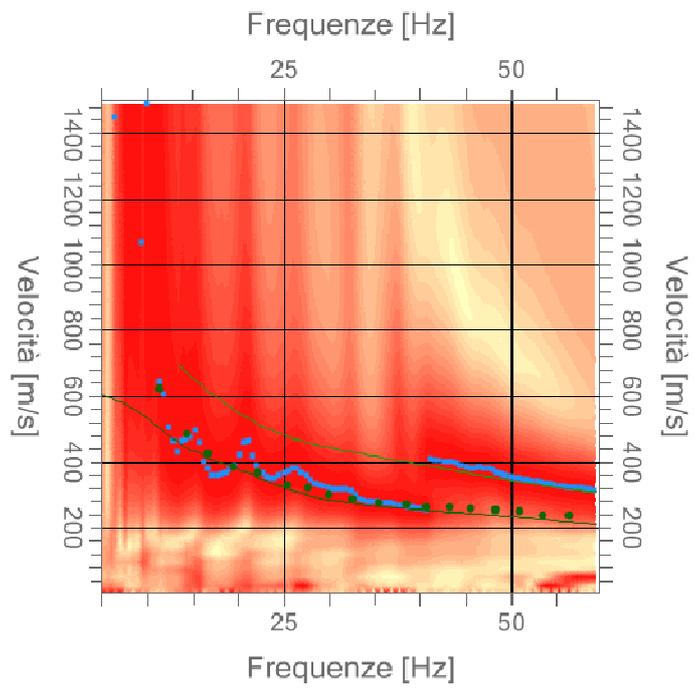
Spettro Velocità di fase - Frequenze



## Curva di dispersione

| n. | Frequenza<br>[Hz] | Velocità<br>[m/sec] | Modo |
|----|-------------------|---------------------|------|
| 1  | 11.3              | 623.7               | 0    |
| 2  | 14.4              | 485.8               | 0    |
| 3  | 16.7              | 424.7               | 0    |
| 4  | 19.5              | 385.9               | 0    |
| 5  | 22.2              | 366.2               | 0    |
| 6  | 25.4              | 330.2               | 0    |
| 7  | 27.7              | 321.3               | 0    |
| 8  | 30.0              | 299.0               | 0    |
| 9  | 32.6              | 285.7               | 0    |
| 10 | 35.5              | 276.8               | 0    |
| 11 | 38.6              | 272.3               | 0    |
| 12 | 40.7              | 263.4               | 0    |
| 13 | 43.3              | 263.4               | 0    |
| 14 | 45.6              | 259.0               | 0    |
| 15 | 48.3              | 254.5               | 0    |
| 16 | 50.9              | 250.1               | 0    |
| 17 | 53.5              | 236.7               | 0    |
| 18 | 56.4              | 236.7               | 0    |

Spettro Velocità di fase - Frequenze



## Inversione

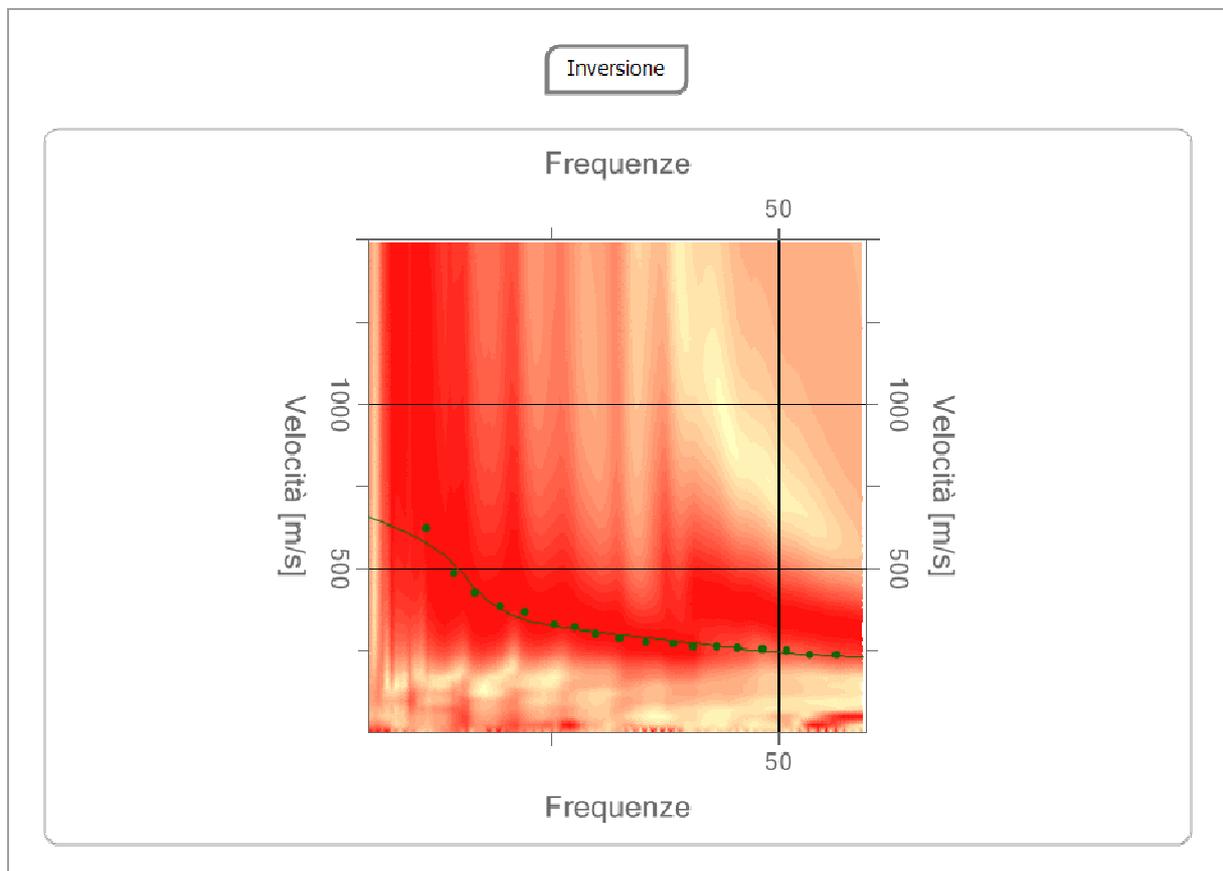
| n. | Profondità [m] | Spessore [m] | Peso unità volume [kg/mc] | Coefficiente Poisson | Falda | Vp [m/sec] | Vs [m/sec] |
|----|----------------|--------------|---------------------------|----------------------|-------|------------|------------|
| 1  | 2.19           | 2.19         | 1700.0                    | 0.35                 | No    | 471.8      | 226.7      |
| 2  | 8.91           | 6.72         | 1800.0                    | 0.35                 | No    | 750.6      | 360.6      |
| 3  | 18.84          | 9.93         | 1900.0                    | 0.35                 | No    | 1387.8     | 666.7      |
| 4  | oo             | oo           | 2000.0                    | 0.35                 | No    | 1561.2     | 750.0      |

Percentuale di errore

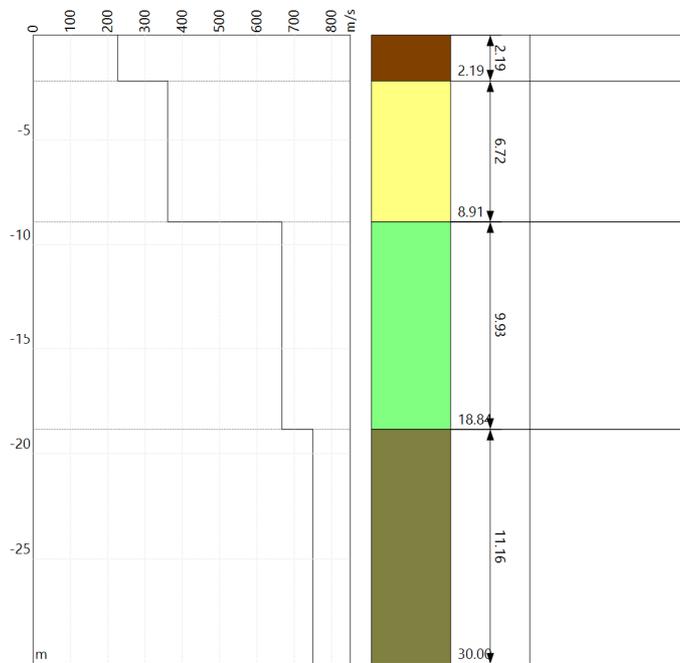
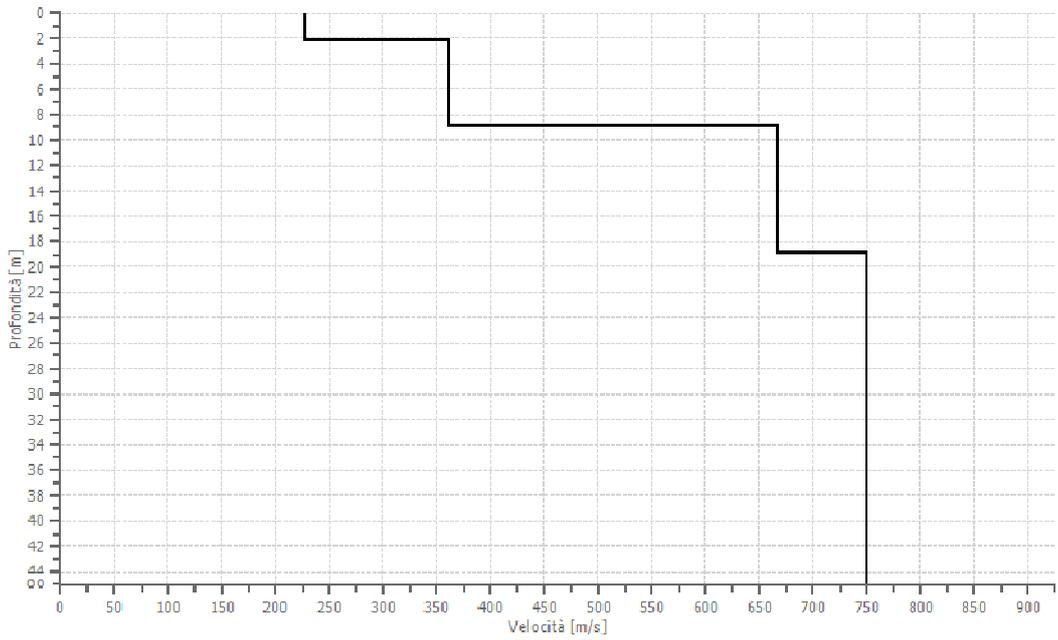
0.207 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.035



### Profilo di velocità



## Risultati

|   |        |
|---|--------|
| <b>Profondità piano di posa [m]</b>         | 0.00   |
| <b>V<sub>s,eq</sub> [m/sec] (H=30.00 m)</b> | 516.60 |
| <b>Categoria del suolo</b>                  | B      |

Suolo di tipo 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.

### Altri parametri geotecnici

| n. | Profondità [m] | Spessore [m] | V <sub>s</sub> [m/s] | V <sub>p</sub> [m/s] | Densità [kg/m <sup>3</sup> ] | Coefficiente Poisson | G <sub>0</sub> [MPa] | Ed [MPa] | M <sub>0</sub> [MPa] | E <sub>y</sub> [MPa] | NSPT | Q <sub>c</sub> [kPa] |
|----|----------------|--------------|----------------------|----------------------|------------------------------|----------------------|----------------------|----------|----------------------|----------------------|------|----------------------|
| 1  | 2.19           | 2.19         | 226.67               | 471.84               | 1700.00                      | 0.35                 | 87.34                | 378.48   | 262.03               | 235.82               | N/A  | 1426.40              |
| 2  | 8.91           | 6.72         | 360.58               | 750.60               | 1800.00                      | 0.35                 | 234.03               | 1014.12  | 702.08               | 631.87               | N/A  | N/A                  |
| 3  | 18.84          | 9.93         | 666.67               | 1387.78              | 1900.00                      | 0.35                 | 844.44               | 3659.26  | 2533.33              | 2280.00              | N/A  | N/A                  |
| 4  | oo             | oo           | 750.00               | 1561.25              | 2000.00                      | 0.35                 | 1125.00              | 4875.00  | 3375.00              | 3037.50              | 0    | N/A                  |

G<sub>0</sub>: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M<sub>0</sub>: Modulo di compressibilità volumetrica;

E<sub>y</sub>: Modulo di Young;

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Foto Stendimento di sismica a rifrazione Mw5.