

REGIONE  
MOLISE

PROVINCIA  
CAMPOBASSO

COMUNE  
TERMOLI

COMMITTENTE



Stabilimento di Termoli (CB)

OGGETTO

*Termoli Sustainable Expansion Project*

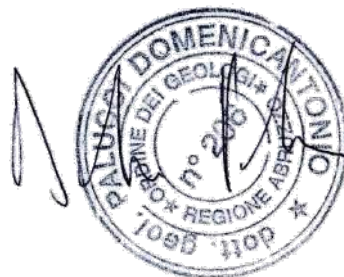
ELABORATO

**Relazione geologica**

Il relatore  
dott. geol. Domenicantonio PALUCCI



Consulenze e indagini  
GEOLOGICHE - IDROGEOLOGICHE  
GEOTECNICHE - GEOFISICHE



Progetto 092-2025 – 104-2026  
Revisione 1  
File G01\_R0\_Momentive

DATA  
Aprile, 2026

Geo-Land sas  
Via Tirino, 82 – 65129 PESCARA  
Tel 3395462037 - e-mail paluccidomenico@gmail.com, geolandsas@libero.it

REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
Doc. Principale - Copia Documento



## INDICE

1. PREMESSE
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO
3. INTERFERENZE CON LO STRUMENTO DI PIANIFICAZIONE PIANO STRALCIO PAI
4. METODOLOGIA DI STUDIO
  - 4.1 Indagini in sito
    - 4.1.1 *Indagini geognostiche di riferimento*
    - 4.1.2 *Indagini geotecniche*
    - 4.1.3 *Indagini geofisiche*
    - 4.1.4 *Strumentazione e metodologia delle indagini effettuate*
5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE E DI DETTAGLIO
  - 5.1 Lineamenti geologici dell'area
  - 5.2 Assetto strutturale della zona
  - 5.3 Assetto geologico locale
  - 5.4 Modello geologico dei siti
    - 5.4.1 *Assetto geolitologico*
    - 5.4.2 *Caratteristiche litostratigrafiche*
    - 5.4.3 *Modello geologico di riferimento*
6. ASSETTO GEOMORFOLOGICO E MORFOLOGICO DELL'AREA
  - 6.1 Morfologia dell'area e del sito
  - 6.2 Processi di degradazione
  - 6.3 Stabilità dell'area
7. IDROGRAFIA DI SUPERFICIE
  - 7.1 Deflussi superficiali nell'area di progetto e in quella circostante
  - 7.2 Valutazione rischio alluvione
8. ASSETTO IDROGEOLOGICO E FALDA ACQUIFERA
  - 8.1 Permeabilità dei terreni
  - 8.2 Caratterizzazione e definizione geometrica degli acquiferi
  - 8.3 Falda acquifera e superficie piezometrica nell'area di progetto
9. GEOTECNICA DEI TERRENI
  - 9.1 Definizione del volume significativo di terreno
  - 9.2 Progetto e programmazione delle indagini eseguite
  - 9.3 Unità litotecniche
  - 9.4 Metodi classificazione dei litotipi
  - 9.5 Modello geotecnico
  - 9.6 Caratteristiche dinamiche dei terreni
10. SISMICITÀ E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE DELL'AREA
  - 10.1 Catalogo sismico locale ed eventi risentiti
  - 10.2 Pericolosità sismica dell'area
  - 10.3 Eventi deformativi sul suolo
  - 10.4 Faglie attive e capaci
  - 10.5 Classificazione nella Microzonazione sismica di Livello 1
11. MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO
  - 11.1 Metodologie per la definizione dell'azione sismica
  - 11.2 Categoria di suolo di fondazione
  - 11.3 Amplificazione topografica
  - 11.4 Frequenze fondamentali di amplificazione del sito
  - 11.5 Parametri sismici
  - 11.6 Rischio liquefazione
  - 11.7 Vulnerabilità per fenomeni sismoindotti



## 12. RESISTIVITA' E CONDUCIBILITA' DEI TERRENI

## 13. CONCLUSIONI

### ALLEGATI

- Carta topografica
- Carta geologica
- Carta geomorfologica
- Ubicazione delle indagini
- Ubicazione delle indagini precedenti
- Prove penetrometriche dinamiche DPSH
- Sismica rifrazione tomografica
- Sismica attiva Masw
- Prova HVSR



## 1. PREMESSE

Nel presente elaborato vengono illustrati gli aspetti geologici di un'area situata nel Nucleo Industriale del territorio comunale di Termoli (CB), interessata dal progetto “*Termoli Sustainable Expansion Project*” da realizzare nello stabilimento della Società MOMENTIVE

Il progetto prevede tre interventi:

1. Interventi di adeguamento a BAT del sistema abbattimento emissioni
2. Interventi MQ Resin – AF Emulsion – D672 upgrade
3. Interventi Produzione A-1170

Le aree, oggetto del presente lavoro, risultano all'interno dell'attuale stabilimento Momentive, nel settore sud-orientale del capoluogo, nell'area industriale, in prossimità del fiume Biferno.

Lo studio è finalizzato alla ricostruzione dell'assetto geologico, alla definizione delle condizioni idrogeologiche che caratterizzano la zona, alla valutazione delle caratteristiche fisico-meccaniche delle unità litotecniche presenti ed alla valutazione delle caratteristiche sismo stratigrafiche.

Nello studio si sono verificate eventuali interferenze con i piani che regolano lo sviluppo territoriale Piani Stralcio PAI, fenomeni erosivi, e rischio alluvioni, e con il rischio idrogeologico; sono state verificate le condizioni di stabilità dell'area e le condizioni che regolano i deflussi superficiali e sotterranei, in maniera da valutare potenziali interferenze con gli interventi da realizzare. Inoltre è stata verificata la compatibilità degli interventi rispetto a potenziali scenari segnalati negli strumenti di pianificazione territoriali inerenti la pericolosità idrogeologica e idraulica.

La ricostruzione dell'assetto stratigrafico e strutturale che caratterizza l'area in esame, è stata eseguita sulla base di ricostruzioni tettoniche-paleogeografiche tratte dalla bibliografia esistente e dai dati rilevati in precedenti campagne di indagine in stretta prossimità del sito di progetto. Per la nomenclatura geologica, e l'individuazione dei complessi geologici dell'area di interesse, si è fatto riferimento alla Carta Geologica d'Italia Foglio n. 155 “S. Severo” in scala 1:100.000.

Lo studio è stato supportato da indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche effettuate in questa fase ed in precedenza, all'interno dello stabilimento industriale della Momentive.

### **Normativa di riferimento**

Per lo studio è stata presa in esame il seguente quadro normativo:

- Circ. Dir. Centr. Tecn. N° 97/81 Istruzioni relative alle “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 ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”;
- D.G.R. Regione Molise n 953 del 7/08/2003, in materia di Protezione Civile attiva sul territorio, con l'istituzione del Centro Funzionale della Regione Molise a cui sono stati assegnati i compiti di previsione, monitoraggio e sorveglianza ai sensi delle Leggi 267/1998 e 365/2000
- *DELIBERA N. 2 dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, Seduta del 20 dicembre 2019 - CONFERENZA ISTITUZIONALE PERMANENTE - Adempimenti di cui alla Direttiva 2007/60/CE, art. 14, comma 2. Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA): I*



*Riesame delle mappe della pericolosità e del rischio alluvioni. Adozione delle misure di salvaguardia*

- 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 ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”;
- D.M. 16 gennaio 1996 “Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche”;
- D.M. del 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni, e smi
- Eurocodice 7 - UNI EN 1997-1 Progettazione geotecnica.
- D.Lgs. 3 aprile 2006 n.152 e s.m.i. (recepimento, della Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE)
- D. Lgs. 23 febbraio 2010 n. 49 concernente “Attuazione della Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione ed alla gestione dei rischi di alluvioni”
- Legge n. 183 del 1989 e dalla Legge n. 267 del 1998, abrogate e ricomprese nel testo di riforma del D.L.vo 152/06 e s.m.i., che già da molti anni ha imposto, attraverso l'istituzione delle Autorità di Bacino, tra l'altro, la valutazione del rischio determinato da fenomeni idraulici
- L.R. 26 Ottobre 1992 N°93 “Norme per lo snellimento di procedure per gli interventi di costruzione riparazione, sopraelevazione e ampliamento nelle zone dichiarate sismiche ai sensi della legge 2 febbraio 1974, n.64.”;
- L.R. 11 agosto 2011, n. 28 - Norme per la riduzione del rischio sismico e modalità di vigilanza e controllo su opere e costruzioni in zone sismiche.
- Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare (MATTM), in collaborazione con Autorità di Bacino Nazionali, Dipartimento di Prot. Civile ed ISPRA, “Indirizzi Operativi per l'attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione ed alla gestione dei rischi da alluvioni con riferimento alla predisposizione delle mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni”
- O.P.C.M. 20 marzo 2003 n° 3274 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” G.U. n.105 del 08/05/2003”.
- O.P.C.M. 28 aprile 2006 n° 3519 “criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone” (G.U. n.108 del 11/05/2006).
- O.P.C.M. 19 novembre 2010 n. 3907 Attuazione dell'articolo 11 del decreto-legge 28 aprile 2009, n. 39, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 giugno 2009, n. 77 in materia di contributi per interventi di prevenzione del rischio sismico. (Ordinanza n. 3907)
- “Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Bacino interregionale dei fiumi Biferno e Minori” (di seguito definito PAI) adottato dal Comitato Istituzionale con Delibera n°87 del 28/10/2005.

## 2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

I siti interessati dal progetto, all'interno dello stabilimento Momentive, è ubicato a Sud-Sud Est del centro abitato di Termoli (CB), in particolare l'area ricade al limite comunale tra il territorio di Termoli e quello di Campomarino.

Lo stabilimento è situato ad Est della S.S.87 Sannitica, in sinistra idrografica del Fiume Biferno, in prossimità della foce.

Topograficamente, la zona rientra nel Foglio n.155, Quadrante II, tavoletta NO "Castelmauro", redatto dall'I.G.M. alla scala 1:25.000.

L'aspetto orografico dominante è quello pianeggiante: l'area in esame si trova a circa 11 m.s.l.m., in un contesto industrializzato con presenza di strade ed infrastrutture.



*Ubicazione del sito d'intervento su ortofoto*



I siti di intervento, si inseriscono a quote di 11 m slm circa, alle seguenti coordinate medie.

| <i>Intervento</i>  | <i>Sistema</i> | <i>Latitudine</i> | <i>Longitudine</i> |
|--|----------------|-------------------|--------------------|
| Interventi di adeguamento a BAT del sistema abbattimento emissioni |                | 41.940276         | 15.002561          |
| Interventi MQ Resin – AF Emulsion – D672 upgrade                   | WGS84          | 41.940388         | 15.001048          |
| Interventi Produzione A-1170                                       |                | 41.939095         | 15.000833          |



### 3. INTERFERENZE CON LO STRUMENTO DI PIANIFICAZIONE PIANO STRALCIO PAI

#### Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) – Piano per l'assetto di Versante

Nel rispetto delle norme regionali è stata valutata l'interferenza del progetto da realizzare con lo strumento di pianificazione territoriale il Piano Stralcio di Bacino del Fiume Biferno, Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale.

Il progetto interessa un'area non perimetrata nel Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico del Bacino Interregionale Fiume Biferno, come da stralcio riportato di seguito,



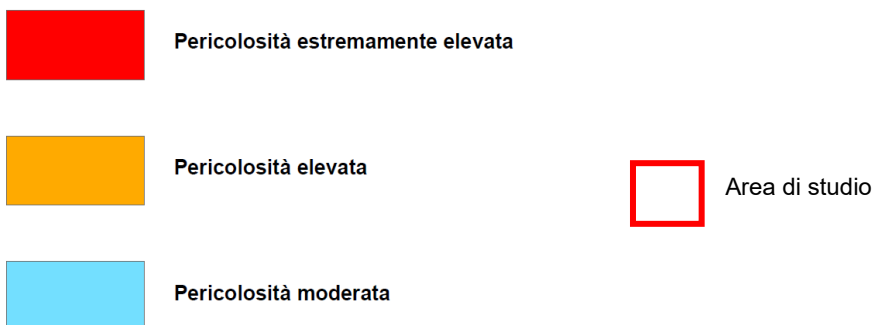

*Autorità di Bacino  
dei Fiumi  
Tigno, Biferno e Minori, Luccione e Forlere*




**PIANO STRALCIO DI BACINO  
PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO  
DEI FIUMI BIFERNO E MINORI**

|                       |                 |                   |                          |
|-----------------------|-----------------|-------------------|--------------------------|
| DATA<br>DICEMBRE 2011 | AGGIORNATO<br>- | SCALA<br>1:10.000 | TAVOLA<br><b>T 02.05</b> |
|-----------------------|-----------------|-------------------|--------------------------|

**CARTA DELLA PERICOLOSITA' DA FRANA E DA VALANGA  
assetto di versante**



Stralcio Carta della Pericolosità Da frana e Da Valanga del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino dei Fiumi Biferno e Minori con evidenziata l'area di interesse



**Piano di Assetto Idrogeologico (PSAI) – Piano per l’assetto Idraulico**

Nel Piano Stralcio PSAI – Assetto Idraulico, la zona di interesse non è compresa in area a perimetrata in classe PI2 – Aree a pericolosità idraulica moderata, come riportato nello stralcio che segue.



*Autorità di Bacino  
dei Fiumi  
Tigno, Biferno e Minori, Paccione e Fodere*



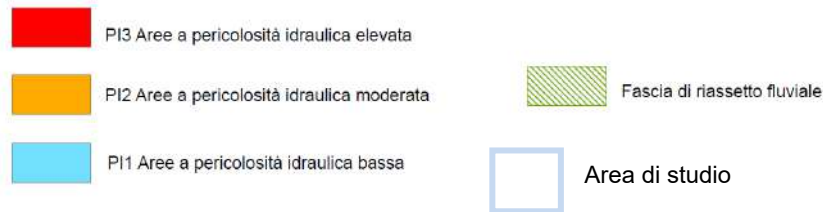
**PIANO STRALCIO DI BACINO  
PER L’ASSETTO IDROGEOLOGICO  
DEI FIUMI BIFERNO E MINORI**

|                       |                 |                   |                          |
|-----------------------|-----------------|-------------------|--------------------------|
| DATA<br>DICEMBRE 2011 | AGGIORNATO<br>- | SCALA<br>1:10.000 | TAVOLA<br><b>T 04.18</b> |
|-----------------------|-----------------|-------------------|--------------------------|

**CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA  
assetto idraulico**



**CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA**



*Stralcio Carta della Pericolosità idraulica del Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico dell’Autorità di Bacino dei Fiumi Biferno e Minori con evidenziata l’area di interesse*

REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
 Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
 Doc. Principale - Copia Documento



Nell'ambito del progetto è stato predisposto uno specifico *Studio di Compatibilità idraulica*, a cui si rimanda, in cui è illustrata e verificata la compatibilità degli interventi con le previsioni del Piano Stralcio PAI.



#### 4. METODOLOGIA DI STUDIO

Per l'elaborazione dello studio oltre alla cartografia tematica geologica, sono state consultate le cartografie relative ai principali vincoli geologici di carattere regionale:

- Cartografia del Piano Stralcio di Bacino per l'assetto Idrogeologico (*Carta della Pericolosità da frana e da valanga*).

Per le nozioni bibliografiche si è fatto riferimento a diverse pubblicazioni scientifiche dell'area.

Per la cartografia tematica geologica sono state consultate:

- Carta Geologica d'Abruzzo Ghisetti&Vezzani alla scala 1:100000;
- Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000, foglio S. Severo.

Sono inoltre state raccolte informazioni sullo studio di Microzonazione sismica di Livello 1 del Comune di Termoli (CB).

Per la ricostruzione dell'assetto geologico e geomorfologico dell'area oltre ad un dettagliato rilevamento di campagna nell'area di diretto intervento e nelle aree perimetrali, sono stati presi quali riferimento le risultanze delle indagini eseguite in precedenza in un settore dello stabilimento, prossimo all'area di intervento.

Lo studio è stato impostato secondo varie fasi, una propedeutica all'altra come di seguito riportato:

- a. consultazione studi e dati esistenti;
- b. rilievo geologico e geomorfologico dell'area;
  - a. Ricerca bibliografica di quanto prodotto nelle aree di progetto. In questa fase la ricerca è stata indirizzata sia ai nostri archivi e sia alla raccolta di informazioni e di indagini geognostiche presso lo stabilimento della Momentive che per vari scopi ha avuto la necessità di indagare il sottosuolo.
  - b. Rilievo geologico e geomorfologico in sito esteso non solo alle zone di diretto interesse, ma a tutto il circondario, per ricostruire l'assetto delle formazioni e depositi presenti, ed individuare i processi geomorfologici in atto.
  - c. Correlazione dei dati disponibili ed elaborazione dello studio.

I risultati della ricerca scientifica, sono stati riassunti nella prima parte dello studio e sono necessari per comprendere sia la messa in posto dei terreni, sia le condizioni strutturali dello stesso.

Il sito di progetto si inseriscono in corrispondenza dei termini pleistocenici dell'avanfossa adriatica, ricoperta dai depositi del fiume Biferno a litologia variabile.

L'indagine geognostica, geotecnica e geofisica, ha permesso di accertare le caratteristiche litostratigrafiche e litotecniche dei depositi interessati dal progetto e dei termini di substrato.

L'indagine geofisica ha permesso di definire anche il modello geofisico del sottosuolo, attraverso il parametro velocità sismica, definire le caratteristiche dei terreni nei primi 30 metri di profondità ai sensi del D.M. 17/01/2018, per verificare la vulnerabilità degli interventi in occasione di terremoti.



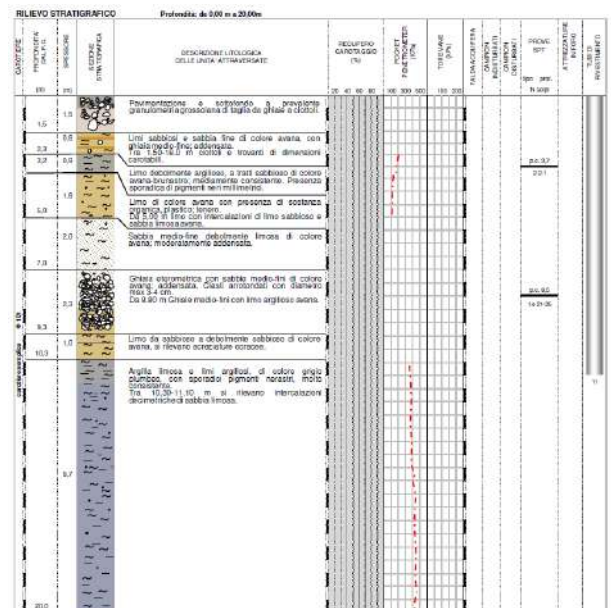
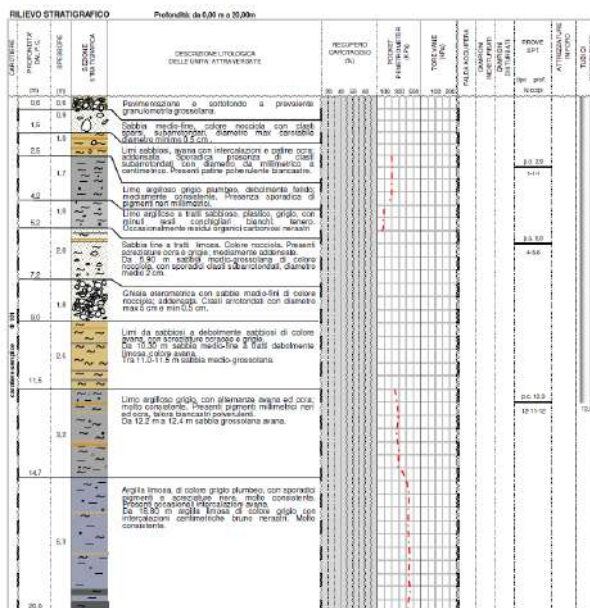
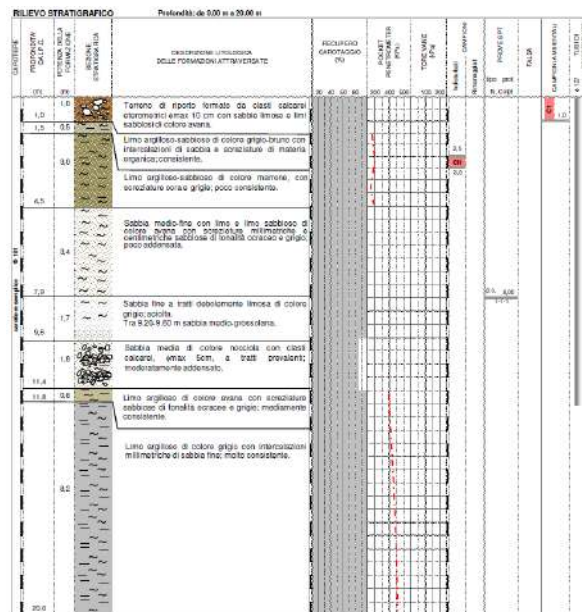
## 4.1 Indagini in sito

### 4.1.1 Indagini geognostiche di riferimento

Per le indagini geognostiche, finalizzate ad accertare le litologie dei terreni presenti nel sottosuolo, si è fatto riferimento a sondaggi geognostici effettuati in precedenza nell'area dello stabilimento che hanno intercettato la formazione di base, effettuate negli anni 2014 e 2020.

Di seguito si riporta uno schema riassuntivo delle quantità.

| Sigla | Profondità (m) | prove SPT<br>(n) | campioni<br>(n) |
|-------|----------------|------------------|-----------------|
| S1_14 | 20,0           | 1                | 1               |
| S1_20 | 20,0           | 3                | -               |
| S2_20 | 20,0           | 2                | -               |



Log dei sondaggi geognostici presi a riferimento

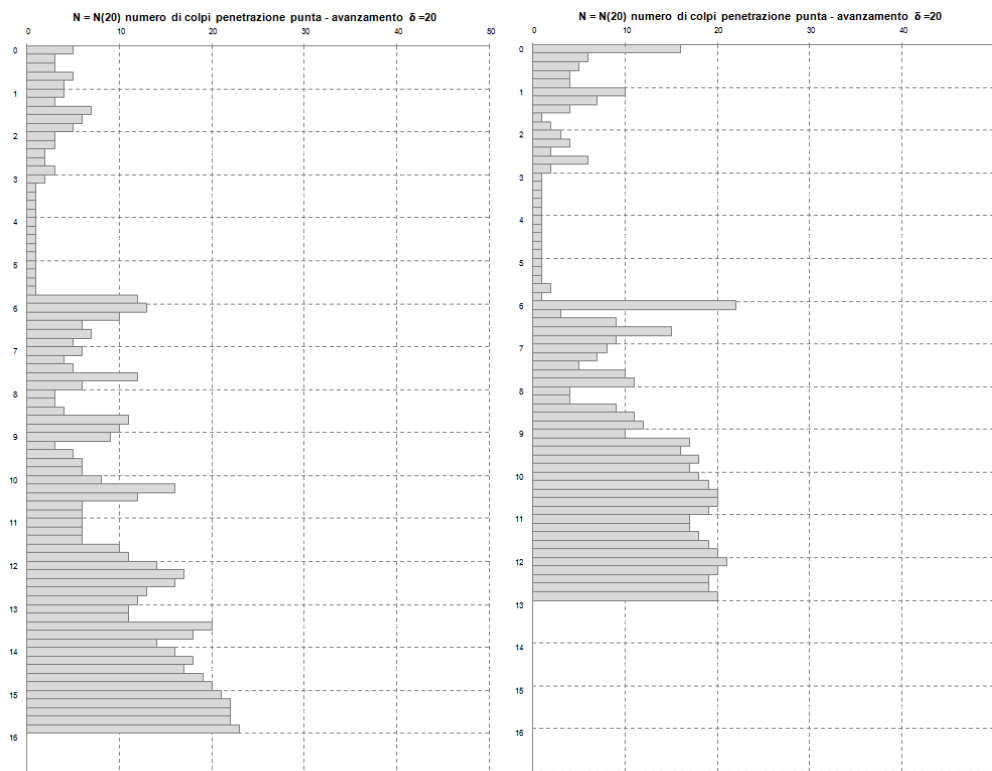


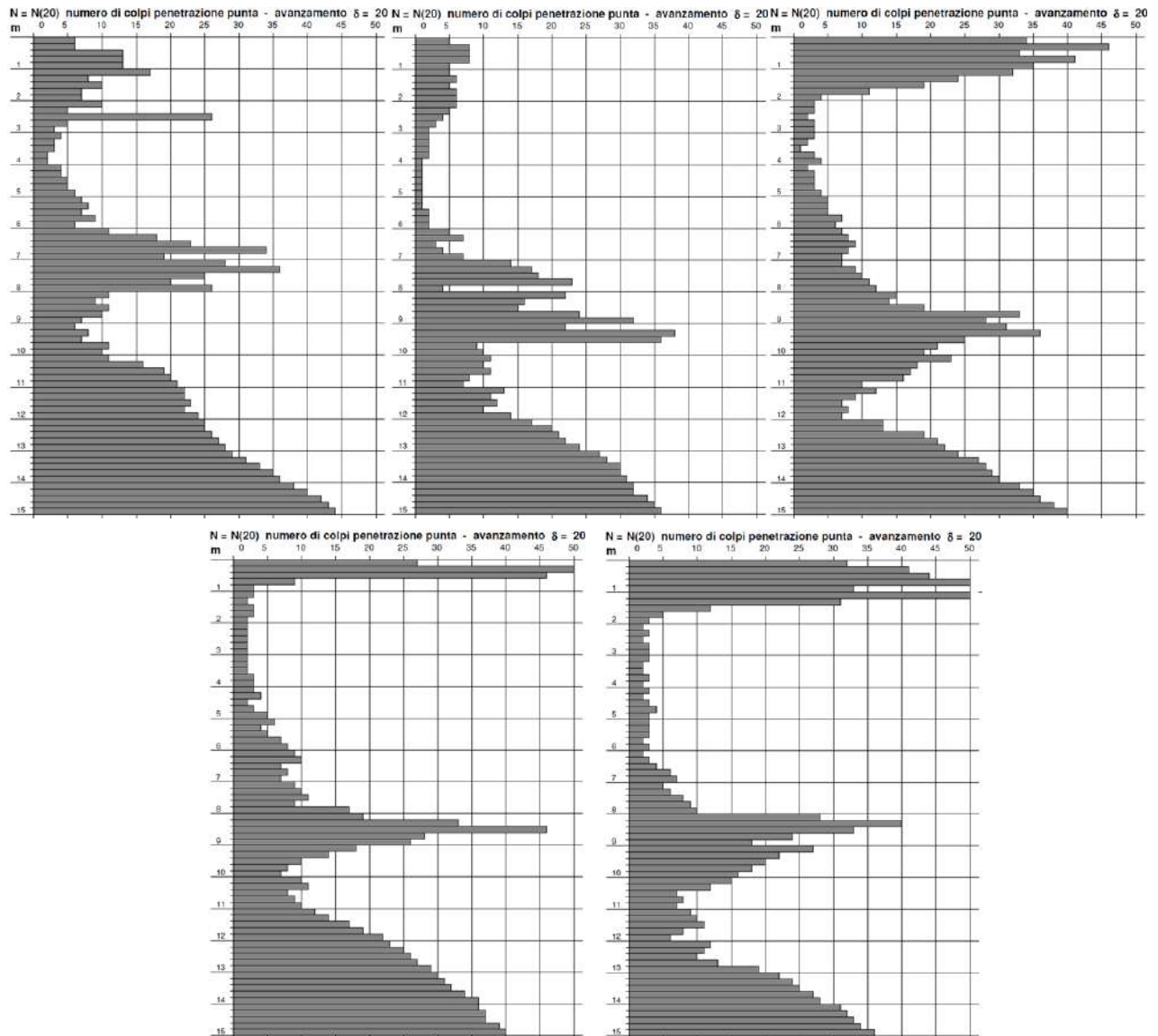
#### 4.1.2 Indagini geotecniche

Per la definizione della successione litostratigrafica dei volumi più superficiali di terreno sono state effettuate prove penetrometriche dinamiche.

Di seguito si riporta uno schema riassuntivo delle prove effettuate.

| Codice prova        | Profondità (m) |
|---------------------|----------------|
| DPSH 1              | 16.0           |
| DPSH 2              | 13.0           |
| DPSH1 <sub>20</sub> | 15.0           |
| DPSH2 <sub>20</sub> | 15.0           |
| DPSH3 <sub>20</sub> | 15.0           |
| DPSH4 <sub>20</sub> | 15.0           |
| DPSH5 <sub>20</sub> | 15.0           |





*Resistenze registrate nelle prove penetrometriche dinamiche*

Per le caratteristiche geotecniche si è fatto riferimento a prove geotecniche di laboratorio effettuate in precedenza.

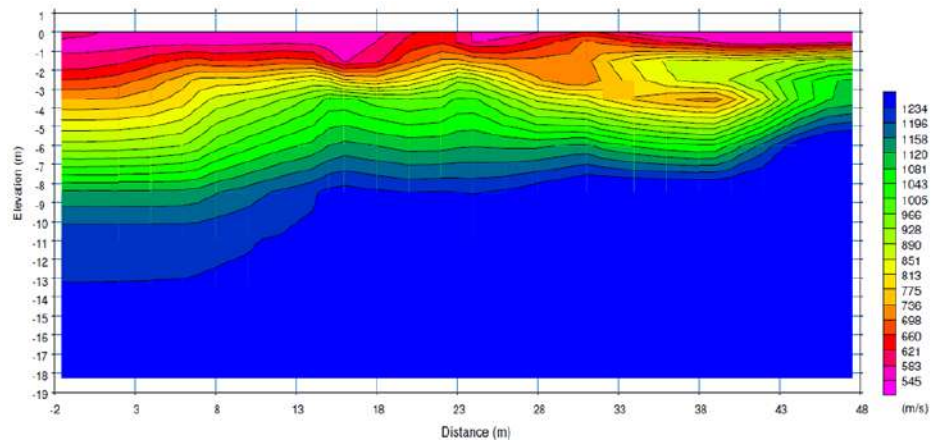
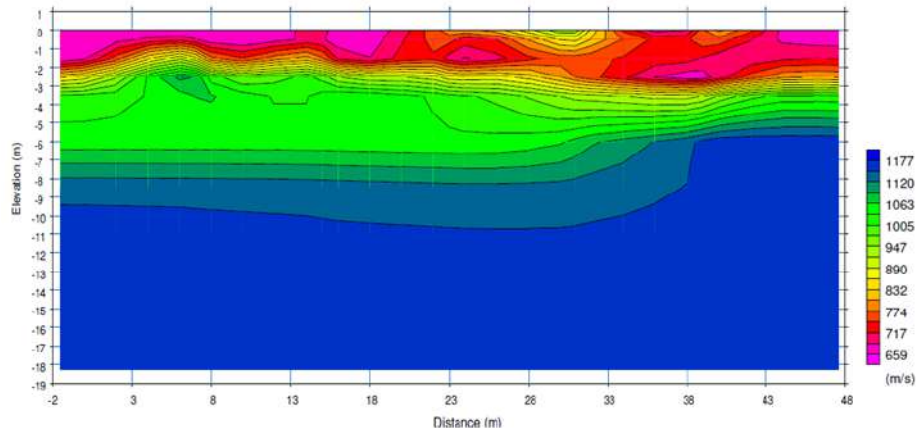
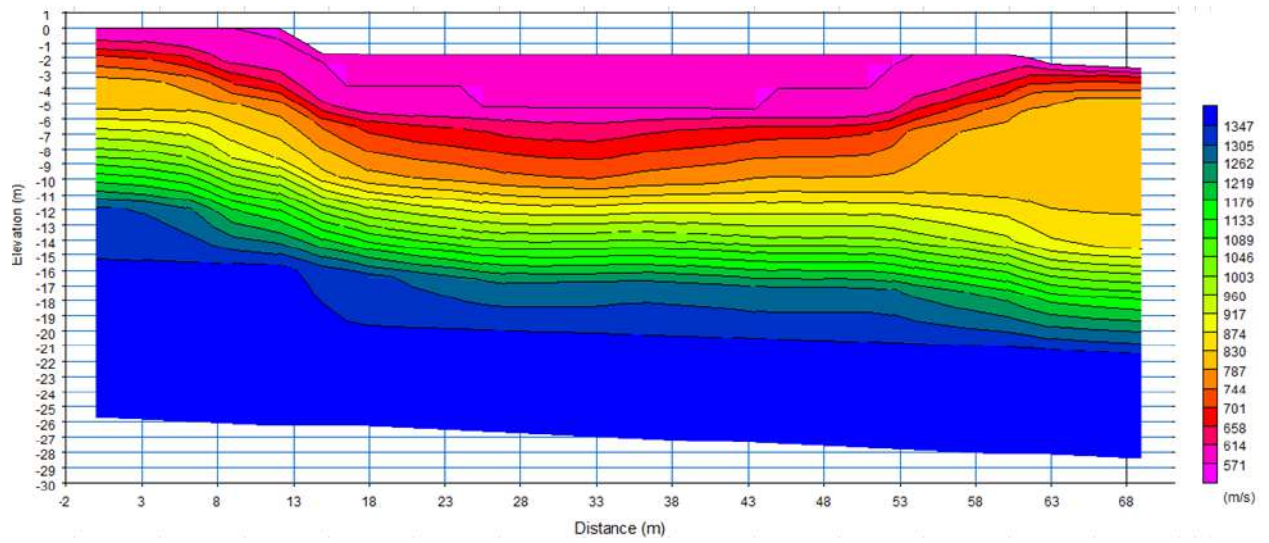
#### **4.1.3 Indagini geofisiche**

Le indagini geofisiche hanno consentito la verifica dell'assetto geologico e sismostratigrafico delle unità presenti nel sottosuolo e per la verifica delle amplificazioni di sito.

Le indagini effettuate sono riportate di seguito:

##### Linea sismica a rifrazione tomografica

| Codice prova      | Energizzazione | Geofoni | Lunghezza linea<br>m |
|-------------------|----------------|---------|----------------------|
| SR 1              | Onde P         | 24      | 69.0                 |
| SR1 <sub>20</sub> | Onde P         | 24      | 46.0                 |
| SR2 <sub>20</sub> | Onde P         | 24      | 46.0                 |

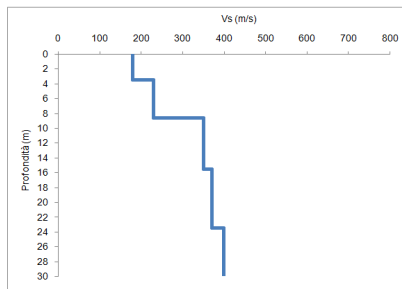


Sezioni tomografiche ottenute

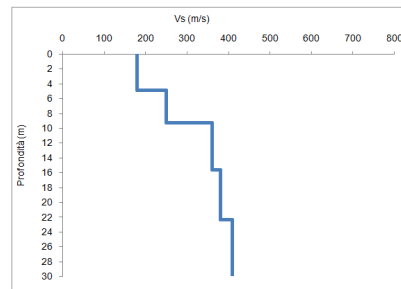
**Sismica attiva Masw**

La linea sismica Masw è stata effettuata con le seguenti geometrie

| Codice prova | Geofoni | Distanza<br>intergeofonica<br>m | Lunghezza linea<br>m |
|--------------|---------|---------------------------------|----------------------|
| M 1          | 24      | 3.0                             | 69.0                 |



| Sismostrato | Profondità | Velocità sismica Vs |
|-------------|------------|---------------------|
| n           | m          | m/s                 |
| 1           | 3,5        | 180                 |
| 2           | 8,6        | 230                 |
| 3           | 15,5       | 350                 |
| 4           | 23,5       | 370                 |
| 5           | 31,7       | 400                 |



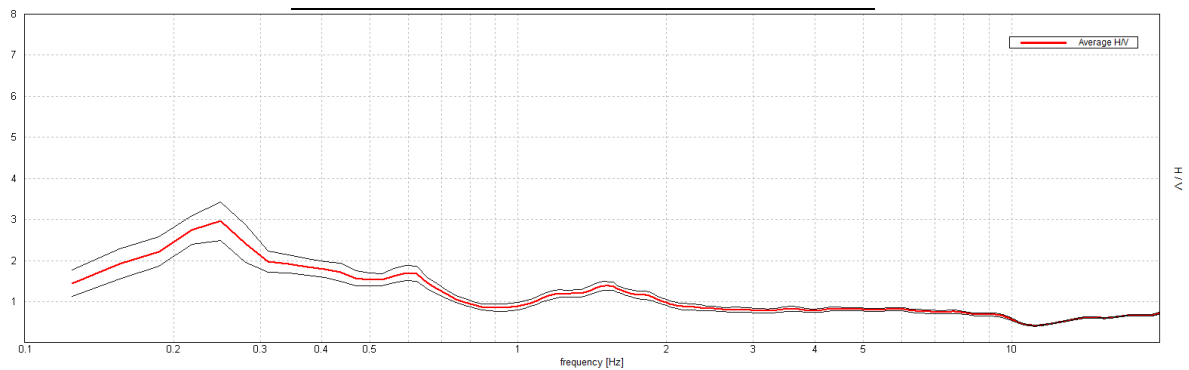
| Sismostrato | Profondità | Velocità sismica Vs |
|-------------|------------|---------------------|
| n           | m          | m/s                 |
| 1           | 4,9        | 180                 |
| 2           | 9,3        | 250                 |
| 3           | 15,6       | 360                 |
| 4           | 22,3       | 380                 |
| 5           | 31,8       | 410                 |

Profili sismici rilevati

### Sismica passiva, microtremori

Ha consentito la valutazione delle frequenze di amplificazione di sito.

| sigla  | Durata di acquisizione |
|--------|------------------------|
| HVSR 1 | 30'                    |



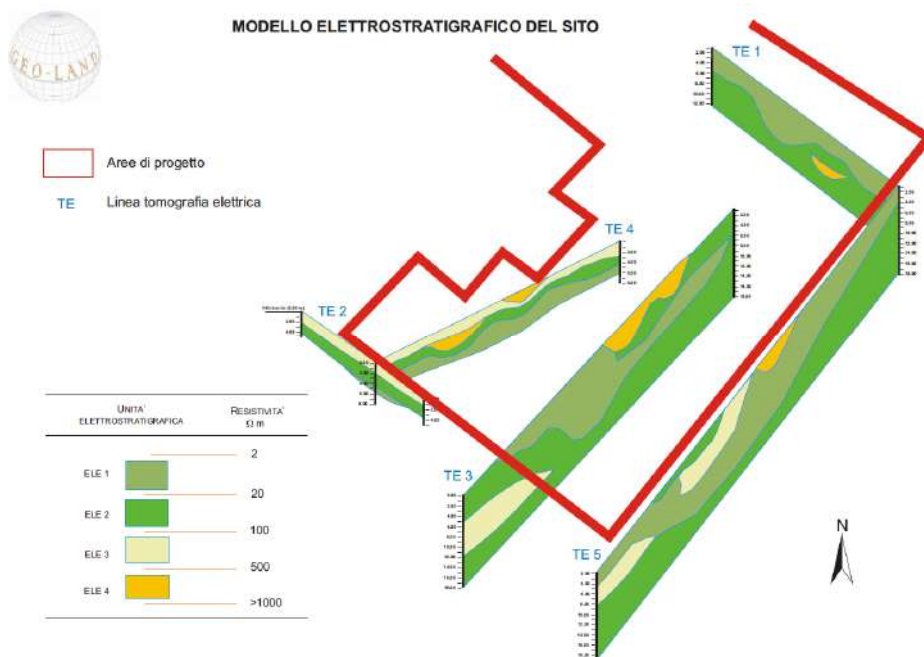
Curve HV rilevate

### Prove geoelettriche

Per la definizione dei valori di resistività dei terreni si è fatto riferimento alla precedente campagna di indagine effettuata nello stabilimento Momentive che ha previsto l'esecuzione di tomografie geoelettriche, che hanno investigato gli stessi elettrostrati presenti nel sito di progetto.

Di seguito si riporta il modello elettrostratigrafico rilevato:

| Linea sismica | Dispositivo | Elettrodi | Lunghezza (m) |
|---------------|-------------|-----------|---------------|
| TE1           | Wenner      | 32        | 93,00         |
| TE2           | Wenner      | 16        | 30,00         |
| TE3           | Wenner      | 32        | 93,00         |
| TE4           | Wenner      | 32        | 55,80         |
| TE5           | Wenner      | 32        | 111,60        |



Quadro delle indagini geoelettriche precedenti

#### 4.1.4 Strumentazione e metodologia delle indagini effettuate

##### Prove penetrometriche dinamiche

Le prove sono state svolte nel rispetto delle normative tecniche, in particolare si è fatto riferimento alle procedure ISSMFE – UNI ENV 1997-3 2002 per le prove DPSH.

Per le prove penetrometriche dinamiche è stato utilizzato un penetrometro super pesante della società PAGANI di Calendasco (PC), modello TG 63-200 EML.C., con le seguenti caratteristiche:

##### PENETROMETRO

PAGANI - MODELLO TG 63-200

Classificazione ISSMFE – DPSH Super Heavy

Peso massa 63.50 kg - Altezza caduta libera 0.75 m

Diametro punta conica 50.50 mm - Area base punta 20.00 cmq

Angolo di apertura punta 90°

##### Metodologia di prova

La prova penetrometrica è stata effettuata seguendo le procedure ISSMFE – UNI ENV 1997-3 2002 per le prove DPSH. La prova è stata condotta con l'infissione di una punta d'acciaio nel terreno mediante aste sollecitate in testa da un maglio di 63,5 Kg, in caduta libera da un'altezza di 0,75 m e con frequenza standard. Nel corso dell'avanzamento si sono registrati il numero di colpi per avanzamento di 20 cm della punta ottenendo un profilo continuo di resistenza.

##### Metodologia interpretativa

Dai dati rilevati dalle prove penetrometriche, utilizzando la formula dinamica degli "Olandesi" si è calcolato la resistenza a rottura  $R_d$  (chiamata anche  $R_{pd}$ ) dinamica della punta nelle prove DPSH, mettendo in relazione, energetica della massa del maglio, la sua altezza di caduta, l'area della punta, l'avanzamento e il peso delle aste. La "Formula Olandese" ha permesso di valutare la resistenza dinamica alla punta ( $R_{pd}$ ), funzione del numero di colpi  $N$ , secondo la relazione di seguito riportata:

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

Dove:  $R_{pd}$  = resistenza dinamica punta (Area A); e = infissione per colpo =  $\delta/N$

M = peso massa battente (altezza caduta H); P = peso totale aste e sistema battuta

In base ai risultati della prova è stata effettuata la suddivisione dell'andamento verticale del terreno investigato, in intervalli caratteristici; ovvero strati con omogenee resistenze geomeccanica, definiti in base ai corrispondenti intervalli del numero di colpi per avanzamento della punta. I valori delle prove, sono stati, correlati con le prove SPT (attraverso il coefficiente teorico di energia  $\beta$  pari a 1.521) da cui si ricavano, sulla base della ampia produzione bibliografica esistente, i parametri dei terreni.



Prova penetrometrica DPSH1



Prova penetrometrica DPSH2

### Indagini geofisiche

#### *Metodologia esecuzione ed elaborazione sismica a rifrazione*

Per l'esecuzione delle misure sismiche sperimentali sono state utilizzate le seguenti strumentazioni ed attrezzature:

---

#### *Strumentazione sismica a rifrazione*

Sismografo PASI MODELLO 16SG24

*Trattamento dati: Floating Point 32 bit*

*Supporto di memorizzazione: Hard-Disk da 40 Gb*

*Risoluzione di acquisizione: 24 bit con sovra campionamento e post-processing*

*Formato dati acquisiti: SEG-2 ePASI Standard*

n. 24 Geofoni verticali con frequenza pari a 10 Hz

n. 2 Cavo di collegamento per geofoni

n. 1 Energizzatore costituito da massa battente 8 Kg piastra

---

Il rilievo sismico è consistito nell'acquisizione di un profilo sismico a rifrazione nell'area del progetto. Il profilo sismico è stato eseguito nella posizione planimetrica concordata con la D.L.. Successivamente al tracciamento dell'allineamento sismico, sono stati ancorati i geofoni al terreno e sono state effettuati gli scoppi; considerate le distanze di energizzazione e la logistica dei luoghi, è stato utilizzato come generatore di onde compressionali, un martello da 10 Kg e una piastra.

Eseguito il posizionamento dei geofoni sul terreno, collegati questi tramite morsetti bipolari ai cavi elettrici e questi ultimi al sismografo, sono stati realizzati alcuni *shots* di prova allo scopo di tarare i parametri di acquisizione del sismografo in termini di determinazione del livello del rumore di fondo ed impostazione delle amplificazioni dei canali di registrazione. Effettuata la taratura della strumentazione, si è proceduto all'acquisizione sismica effettuando l'energizzazione (o somma di energizzazioni) su ciascun punto d'impatto (inizio, fine linea e posizioni intermedie).

#### Metodologia interpretativa

I sismogrammi acquisiti sono stati elaborati con software specifico. In primo luogo i dati sono stati sottoposti ad una fase di *processing* matematico consistente in filtraggi, amplificazioni; questa fase è risultata fondamentale per ridurre rumori di fondo e strumentali dai sismogrammi, aumentando il rapporto segnale/rumore ed esaltando i primi arrivi delle onde sismiche. Successivamente si è passati alla fase d'interpretazione consistente, inizialmente, nell'individuazione dei primi arrivi delle onde sulle tracce sismiche (*First Break Point* o *FBP*). I tempi letti sono stati impiegati per ottenere un modello tomografico di velocità. Il metodo tomografico richiede la creazione di un modello iniziale di velocità 1D, attraverso il quale ritracciare i raggi sismici. Dalla elaborazione è stato definito il modello geofisico di riferimento con gli strati di base (layers) che definiscono il campo di velocità e interfacce (interfaces); all'interno del modello ogni strato è diviso in blocchi nei quali la velocità viene considerata omogenea e isotropa. Dal modello sintetico di riferimento sono state effettuate le inversioni dei tempi di arrivo da cui si è ottenuto la stima del campo di velocità sulla zona



attraversata dai corrispondenti raggi delle onde. Dalla comparazione dei tempi calcolati con quelli osservati l'algoritmo modifica il modello iniziale, ripetendo questo processo in maniera iterativa finché l'RMSE (Root Mean Square Error) tra i tempi calcolati e misurati non è minimizzato. Il programma d'inversione utilizzato per ottenere il tomogramma si basa su un algoritmo di tipo iterativo (SIRT: Simultaneous Iteration Reconstruction Technique) il cui scopo è di ricavare il tempo minimo di percorrenza dei raggi tra sorgente e ricevitore per ogni coppia sorgente-ricevitore, attraverso il calcolo del percorso dei raggi e della lentezza (slowness). Essendo entrambe le variabili incognite il problema è sottovincolato, l'algoritmo procede con un approccio iterativo ai minimi quadrati. Il risultato finale, rappresenta la capacità dell'inversione tomografica nel risolvere celle di perturbazione e fornisce un'indicazione della risoluzione superficiale del modello (primi 16 metri di profondità). Il risultato è un'immagine bidimensionale che mostra la distribuzione delle velocità sismiche del sottosuolo.

### Metodologia esecuzione ed elaborazione sismica Masw

Per l'esecuzione delle misure sismiche sperimentali sono state utilizzate le seguenti strumentazioni ed attrezzature:

#### Strumentazione sismica a rifrazione

Sismografo PASI MODELLO 16SG24

*Trattamento dati: Floating Point 32 bit*

*Supporto di memorizzazione: Hard-Disk da 40 Gb*

*Risoluzione di acquisizione: 24 bit con sovra campionamento e post-processing*

*Formato dati acquisiti: SEG-2 ePASI Standard*

n. 24 Geofoni verticali con frequenza pari a 10 Hz

n. 2 Cavo di collegamento per geofoni

n. 1 Energizzatore costituito da massa battente 8 Kg piastra

Il metodo MASW (Multichannel Acquisition Surf Wave) ha come obiettivo quello di ricostruire il profilo sismostratigrafico di un sito, valutando in particolare la distribuzione della velocità delle onde "S" sia per la ricostruzione tomografica del profilo del sottosuolo che per la definizione in situ della Vs30. Il metodo MASW prevede, per ogni verticale di indagine, la costruzione di una curva di dispersione per le onde di superficie, attraverso l'elaborazione di un'immagine di dispersione derivata dall'analisi della propagazione delle onde di Rayleigh. La tecnica di prospezione MASW utilizza quindi un'immagine rappresentativa delle frequenze delle onde superficiali, espressa in funzione della velocità di fase delle stesse. Nell'immagine di dispersione (Over Tone Image) viene inoltre enfatizzata cromaticamente l'ampiezza delle vibrazioni evidenziando così le aree corrispondenti al miglior rapporto segnale/disturbo. Una volta individuata la sequenza di frequenze e velocità di fase corrispondenti alla più probabile distribuzione della dispersione nel sottosuolo esaminato (analisi della curva di dispersione) si procede alla ricostruzione delle stratigrafia rappresentativa della distribuzione delle velocità delle onde S tramite l'utilizzo di un algoritmo di inversione.

La tecnica di prospezione MASW può essere così schematizzata:

1. acquisizione delle onde superficiali;
2. costruzione delle curve di dispersione (grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza);
3. inversione delle curve di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs.

#### Metodologia del rilievo

Il rilievo sismico è consistito nell'acquisizione di un profilo sismico nell'area del progetto. Successivamente al tracciamento dell'allineamento sismico, sono stati ancorati i geofoni al terreno e sono state effettuati gli scoppi; considerate le distanze di energizzazione e la logistica dei luoghi, è stato utilizzato come generatore di onde di compressionali, un martello di 10 kg e una piastra. Nello specifico le principali dell'array di indagine sono state le seguenti:

| Linea sismica | n. | Geofoni spaziatura (m) | n. | Shot geometria  |
|---------------|----|------------------------|----|---|
| M 1           | 24 | 2.00                   | 2  | esterni ad una distanza di 7.00 m dal 1 e 24° geofono |

Gli impulsi sismici ricevuti dai geofoni posizionati sulla superficie topografica sono stati acquisiti utilizzando il sismografo con registrazione simultanea, tramite il quale, dopo amplificazione, conversione analogico-digitale e filtraggio, sono stati registrati nell'hard disk di cui il sismografo stesso è dotato. Eseguito il posizionamento dei geofoni sul terreno, collegati questi tramite morsetti bipolari ai cavi elettrici e questi ultimi al sismografo, sono stati realizzati alcuni shots di prova allo scopo di tarare i parametri di acquisizione del sismografo in termini di determinazione del livello del rumore di fondo ed impostazione delle amplificazioni dei canali di registrazione. Effettuata la taratura



della strumentazione, si è proceduto all'acquisizione sismica effettuando l'energizzazione. L'istante di tempo zero, ovvero il segnale d'inizio registrazione, è inviato allo strumento da uno *shock-sensor (hammer switch)* posto direttamente sul martello (*trigger*).

Elaborazione dati

Analisi delle immagini di dispersione

Le immagini di dispersione rappresentano, in forma grafica, lo spettro di dispersione delle onde di Rayleigh che si propagano nel sottosuolo dell'area indagata. Le immagini illustrano la dispersione vera e propria intesa come variazione della velocità di fase in funzione delle frequenze dello spettro. Evidenziano inoltre l'ampiezza delle vibrazioni (energia associata) utilizzando variazioni di toni di colori. L'obiettivo dell'analisi dell'immagine di dispersione è l'individuazione del "tono fondamentale" della vibrazione (*fundamental mode*), distinguendolo da tutti gli ipertoni associati (*higher tone*) e dai rumori di fondo (*noise*). L'individuazione del "tono fondamentale" permette di giungere alla principale chiave di lettura della prospezione cioè all'individuazione della "curva di dispersione" e quindi, tramite inversione, alla ricostruzione della sequenza sismostratigrafica del sito indagato.

Elaborazioni delle tracce sismiche

Il profilo delle Vs è determinato sulla base di un algoritmo iterativo di inversione che utilizza i dati ottenuti dallo studio della curva di dispersione.

L'algoritmo si basa sulle seguenti considerazioni:

- 1) la frequenza è direttamente legata alla profondità di indagine (basse frequenze alte profondità);
- 2) la velocità di fase dipende essenzialmente dalle proprietà elastiche dei materiali interessati dal propagarsi della perturbazione.

L'algoritmo di inversione tiene inoltre conto della necessità di soddisfare la seguente relazione:

$$zf = a \lambda f$$

dove:  $zf$  = profondità di propagazione della frequenza  $f$ ;  $a$  = coefficiente adimensionale;

$\lambda f$  = lunghezza d'onda corrispondente alla frequenza  $f$ .

Le iterazioni necessarie per l'elaborazione in precedenza descritta avvengono tramite l'utilizzo di un programma di calcolo specifico (*EasyMasw* della Geostru srl). In allegato sono riportate sia le immagini di dispersione (*Over Tone Image*) relative alla somma di ogni shot effettuato con relative curve di dispersione, che la sezione stratigrafica per velocità di propagazione delle onde S ottenuta tramite inversione.



Approntamento linee sismiche SR1-M1

### Sismica passiva, microtremori

Per l'esecuzione delle misure di microtremore sperimentali sono state utilizzate le seguenti strumentazione ed attrezzature:



---

**Strumentazione sismica passiva microtremori**

---

Tomografo digitale - modello TROMINO ZERO  
3 Canali velocimetrici con 2 livelli di amplificazione  
Saturazione  $\pm 1.0$  mm/s in banda  
Risoluzione dei convertitori: 24 bit  
Frequenze di campionamento: 128, 512, 1024 Hz  
Amplificazione: 44 dB  
Banda di lavoro: 0.1-500 Hz

---

Nel sito oggetto del presente lavoro, è stata realizzata una misura di microtremore che ha perseguito l'obiettivo di individuare la frequenza fondamentale di risonanza del terreno.

**Metodologia di rilievo**

Lo strumento di registrazione è stato posizionato nell'area antistante alla struttura del capannone. L'acquisizione è stata effettuata in assenza e in sostanziali condizioni di basso rumore ambientale, scegliendo una finestra temporale di acquisizione di 20 minuti per garantire la stabilità del segnale e filtrare eventuali fenomeni transienti. Nella registrazione del rumore sismico al suolo la componente longitudinale N-S dello strumento è stata orientata secondo il N magnetico.

**Elaborazione dei dati**

L'interpretazione consente di correlare il valore di un eventuale picco dello spettro di risposta HVSR con la profondità del substrato roccioso compatto (bedrock geofisico) e di individuare una corrispondenza tra i valori di frequenza relativi alle discontinuità sismiche e i cambi litologici presenti nell'immediato sottosuolo. Interpretando i minimi della componente verticale come risonanza del modo fondamentale dell'onda Rayleigh e i picchi delle componenti orizzontali come contributo delle onde SH, si possono ricavare il valore di frequenza caratteristica del sito. I dati spettrali risultanti dalle elaborazioni numeriche effettuate si analizzano in genere entro l'intervallo 0,1-20,0 Hz, in quanto oltre tale limite si ritiene che non vi siano frequenze significative dal punto di vista geologico e ingegneristico. I dati registrati sono stati elaborati mediante il software dedicato che opera il trattamento matematico e l'analisi spettrale del segnale. Per l'elaborazione dei dati è stata seguita la procedura consigliata nelle linee guida del SESAME (Site Effects assessment using Ambient Excitations), un progetto di ricerca europeo condotto nel triennio 2003-2005 al fine di standardizzare e migliorare le tecniche di microzonazione sismica attraverso le misure del rumore ambientale. Nella misura di microtremore, già dalle prime fasi di analisi della registrazione, ovvero durante l'importazione della traccia, si è notata una certa dispersione dei dati intorno al dato medio (Average H/V) che ha reso necessario l'eliminazione dei transienti nel dominio delle frequenze (rumore).



Base di misura HVSR1

## 5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE E DI DETTAGLIO

### 5.1 Lineamenti geologici dell'area

Il territorio su cui insiste l'area in esame si inserisce in corrispondenza del bacino molisano, che affiora in continuità nella fascia orientale dell'Appennino centro-meridionale. La configurazione attuale della catena appenninica è il risultato complessivo della continua evoluzione paleogeografica e dei notevoli sconvolgimenti tettonici che a più riprese, ma in particolare nell'orogenesi appenninica (Mio-Pliocene), hanno deformato e disarticolato le unità tettoniche preesistenti, complicandone ulteriormente la geometria dei rapporti e, successivamente, contribuito alla dislocazione dei diversi corpi geologici fino all'individuazione delle unità morfologiche attualmente presenti sul territorio. Il territorio molisano è costituito esclusivamente da formazioni sedimentarie, gran parte delle quali, le più antiche, sono di ambiente marino, su di esse poggiano le più recenti formazioni di ambiente continentale. Le formazioni marine antiche appartengono all'*Avanfossa Periadriatica*, corrispondente ad una profonda depressione allungata parallelamente all'attuale linea di costa, creatasi a partire dal Pliocene e caratterizzata da notevoli fenomeni di subsidenza, accompagnata da sedimentazione prevalentemente argilloso-sabbiosa di età Pliocenica.



*Sviluppo dell'avanfossa periadriatica con evidenziata l'area di studio*

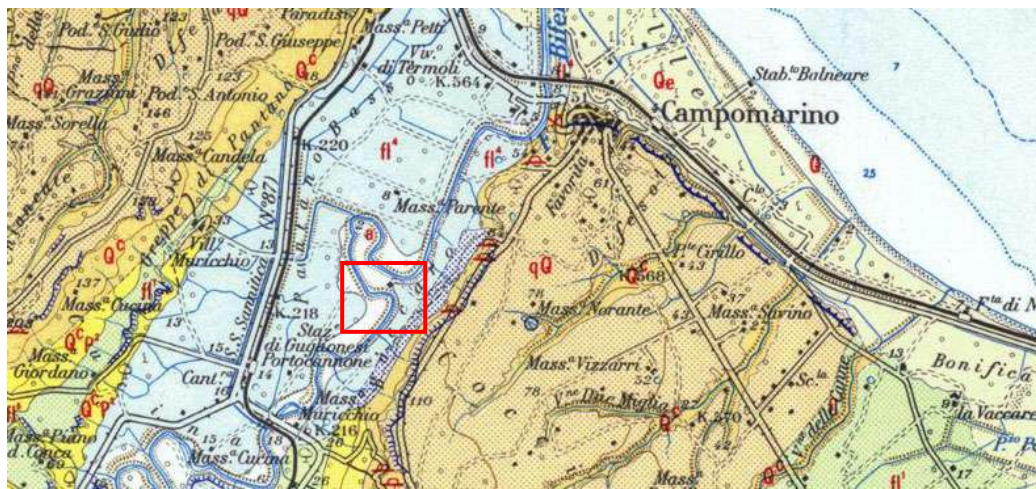
I sedimenti plio-pleistocenici che affiorano nel basso bacino del F. Biferno mostrano, dal basso verso l'alto, la seguente successione litostratigrafica:

- *Argille di Montesecco*, ascrivibili al Pliocene medio, costituite da argille marnose siltoso-sabbiose di colore grigio azzurro con nere e sottili intercalazioni sabbioso-siltose che sottolineano la stratificazione; nella parte mediana della formazione sono presenti banchi di sabbie, questi ultimi diventano via via più frequenti nella parte sommitale della formazione.
- *Sabbie di Serracapriola*, ascrivibili al Pleistocene-Pliocene superiore, costituite da un'alternanza di argille e sabbie che gradualmente dà luogo a sabbie giallastre a grana più o meno grossolana, a diverso grado di cementazione, con intercalazioni lentiformi di conglomerati grossolani ad elementi prevalentemente arenacei e calcareo marnosi.



- **Conglomerati di Campomarino**, del Pleistocene, costituiti da depositi conglomeratico-sabbiosi più o meno cementati.

I terreni appartenenti alle successioni sopra descritte, nella piana del fiume Biferno e in corrispondenza della costa, sono ricoperti dai depositi olocenici marini e continentali. Nell'areale di progetto, posto in corrispondenza del fondo valle del fiume Biferno, la formazione delle argille di Montesecco, risulta ricoperta da depositi fluviali antichi e più recenti. Quest'ultimi, nel fianco sinistro dell'asta fluviale, dove è incluso il sito di progetto, risultano disposti su più ordini di terrazzi, ad altezze diverse rispetto all'alveo attuale.



Stralcio carta geologica con ubicazione dell'area in esame

I diversi terrazzi rappresentano gli antichi fondovalle dei corsi d'acqua; le quote progressivamente decrescenti da quello più antico a quello più recente sono il risultato del progressivo approfondimento del solco vallivo nel tempo, come effetto combinato delle variazioni positive e negative del livello marino e del sollevamento generalizzato di tutto il quaternario. Man mano che le quote diminuiscono verso il fondo valle del fiume Biferno si



ricontrano terreni alluvionali formati da terrazzi dal I al IV ordine. Quelli più antichi risultano presenti come lembi isolati sui pendii dei vicini rilievi collinari, mentre quelli più recenti presenti in prossimità del fondo valle risultano più estesi e si seguono con continuità lungo tutta l'asta fluviale. In sinistra idrografica i terrazzi risultano ridotti e spesso non presenti in quanto rierosi dal fiume stesso, a causa dello spostamento verso sud che hanno subito nel Quaternario tutti i fiumi abruzzesi e molisani ed il Biferno tra essi. La formazione dei terrazzi è da ricondurre alle prime fasi dell'era quaternaria, quando le portate e le divagazioni del fiume non erano minimamente paragonabili alle attuali per le diverse condizioni climatiche.

La zona in progetto ricade in corrispondenza dei depositi più recentii. La composizione litologica è prevalentemente limo-sabbiosa e ghiaiosa-sabbiosa con variazioni laterali a litologie diverse. Alla base dei depositi alluvionali si rinviene la formazione delle argille grigio-azzurre dell'avanfossa adriatica pleistocenica formata da limi argillosi duri di colore grigio-azzurro affiorante nelle colline adiacenti, con la sua coltre di alterazione. Morfologicamente il territorio è posto in prossimità del limite tra due domini differenti: verso nord-nordest una zona collinare tagliata a varie quote dai terrazzi fluviali costituita dal substrato geologico attribuibile al Pleistocene la cui bassa competenza rende i versanti poco acclivi e verso sud-sud-est, il fondo valle alluvionale recente del fiume Biferno. L'area dello stabilimento è inclusa in quest'ultima unità fisiografica, ed è marcata da superfici pianeggianti interrotte da scarpate antropiche e dal limite di terrazzo tra il IV e la piana attuale in parte abbandonata per azione antropica.

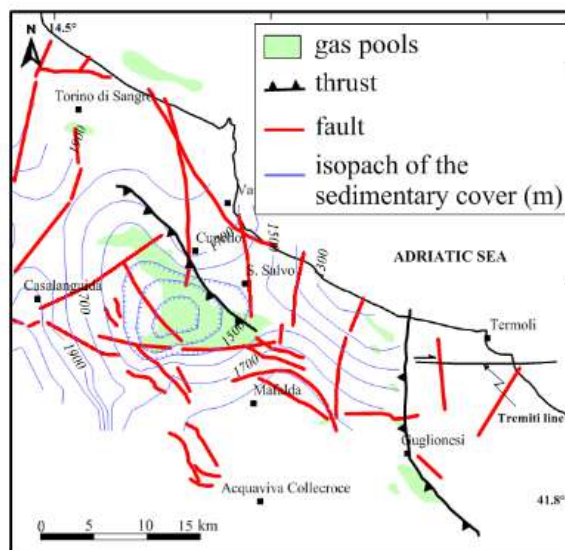
## **5.2 Assetto strutturale della zona**

L'assetto strutturale dell'area e più in generale della regione molisana, analogamente all'intero Appennino centromeridionale, è stato raggiunto in seguito a numerose fasi tettoniche, iniziate nel Tortoniano-Messiniano con l'arrivo ed il progressivo avanzamento di falde alloctone, e lo "sradicamento" della piattaforma carbonatica del Matese. Nel Miocene superiore, pertanto, giungono nell'area molisana successioni argillose varicolori; tali terreni insieme alle successioni arenaceomarnose di età Langhiano-Tortoniano, deposti sulle falde, compiono successive traslazioni verso l'Avampaese apulo fino al Pleistocene. L'attività tettonica si manifesta ancora dopo il Messiniano, nel Pliocene e Pleistocene, provocando il progressivo restringimento del bacino per l'avanzamento e l'accavallamento delle falde verso nord-est, su di un substrato di età via via più recente ("Colata Aventino-Sangro" auct.). Nel Miocene superiore si depositano terreni molassici ed evaporitici seguiti, in discordanza angolare, da terreni argilloso-sabbiosi e conglomeratici del Pliocene inferiore e medio. Nella fascia più esterna la sedimentazione marina termina con le sabbie e le argille del Pliocene superiore-Pleistocene. In tale fascia si individua sempre più chiaramente un'avanfossa appenninica, in cui la sedimentazione è continuata fino al Pleistocene inferiore, e dove si riversano a più riprese colate gravitative di materiali alloctoni richiamati dalla subsidenza del bacino il cui asse migra progressivamente





articolato sistema di faglie che influenzano la sismicità della fascia garganica. Queste faglie si sono mosse in vario modo durante la loro esistenza, che per alcuni risale addirittura al *Mesozoico* sia lungo il piano orizzontale (faglie trascorrenti), che lungo il piano verticale (faglie dirette e inverse). Le faglie ad orientamento E-W assumono notevole importanza nel contesto strutturale garganico, in quanto la maggiore rappresentante di questa categoria corrisponde alla “Faglia di Mattinata”, che divide praticamente in due il Gargano e sul suo allineamento, o in prossimità di esso, sono sorti numerosi comuni come San Marco in Lamis, San Giovanni Rotondo, Monte Sant’Angelo e Mattinata. Questa faglia è conosciuta anche come faglia di Valle Carbonara, faglia Sud-Garganica, Gargano Fault, allineamento San Marco in Lamis-Monte Sant’Angelo. Esistono pareri contrastanti sul tipo e senso di movimento di questa faglia, per alcuni si tratterebbe di una trascorrente destra, per altri di una trascorrente sinistra. Infine è stata considerata come faglia inversa e, dopo il terremoto del Molise, come indirettamente responsabile dello stesso o quantomeno collegata ad esso. L'area molisana di interesse è interessata da strutture compressive con pieghe anticlinali con assi W-E e vergenza a sud con delineazione di blocchi a differenti caratteristiche stratigrafico-strutturali. La zona di Termoli si inserisce in corrispondenza di un alto strutturale (Maiella-Dubrovnik). Verso ovest alle strutture con vergenza sud si sovrappongono strutture plioceniche discordanti, appenniniche, orientate NW-SE.



L'età delle deformazioni garganiche con vergenza a sud (Ortolani e Pagliuca, 1987) sembrano riconducibili alle fasi tettoniche dinariche (Eocene-Oligocene) con sforzi compressivi NS, successivamente sforzi ad orientazione ENE-WSW, hanno riattivato i sistemi di faglia precedenti. In prossimità delle Tremiti si individuano strutture trascorrenti destre NE-SW legate probabilmente alla rotazione del blocco garganico rispetto a quello apulo. In definitiva nell'area è rilevabile, il fronte della catena appenninica su quella dinarica, il sistema di faglie trascorrenti EW e il sistema di faglie distensive NW-SE e NE-SW. In ambito continentale l'area di Termoli si



inserirlo in un contesto con tettonica stabile con possibile tendenza all'abbassamento in particolar modo in prossimità del Gargano e tende ad esaurirsi verso nord, dove si inserisce la città di Termoli. Nell'ambito continentale si individuano due faglie dirette NW-SE al quali si interseca allineamenti ENE-WSW e nell'entroterra l'allineamento del fronte di accavallamento appenninico. In ambito marino si individua l'allineamento trascorrente delle Tremiti NE-SW.

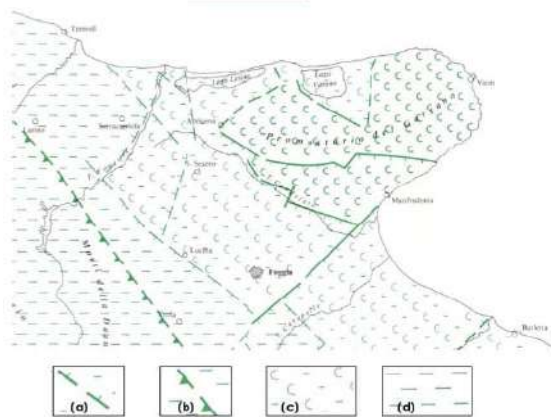


Figura 4 : stralzo della Carta Tettonica dell'Italia Meridionale [3]. a) Faglie dirette (certe, tratto continuo, o presunte, tratto discontinuo); b) Fronte dell'alloctono in profondità; c) aree probabilmente stabili, con tendenza all'abbassamento; d) Aree soggette a movimenti negativi, i abbassamento.

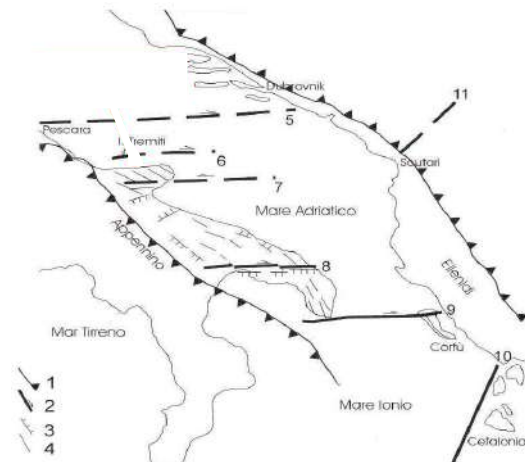
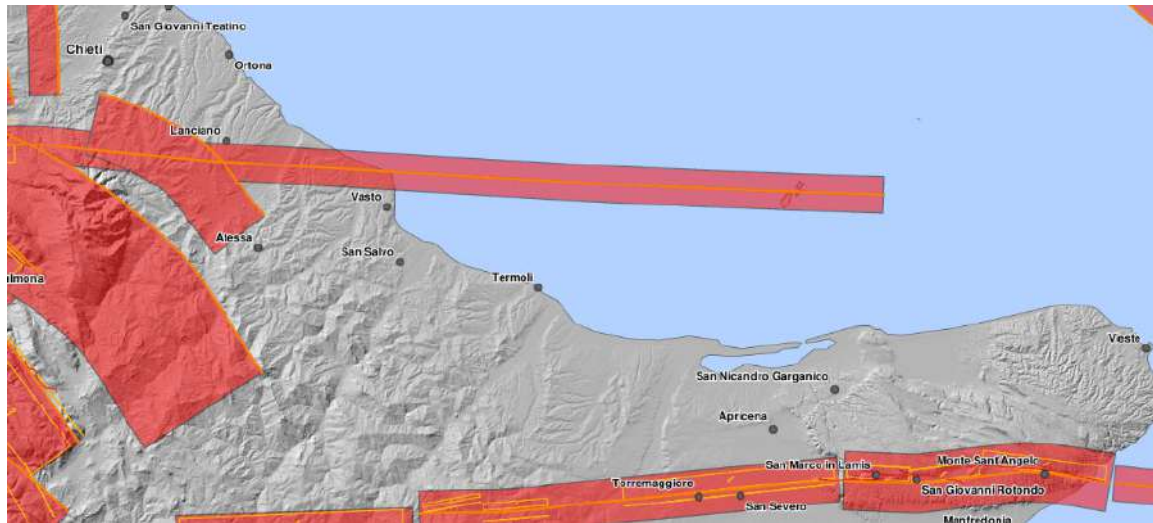


Figura 3: Carta strutturale dell'avampaese apulo. 1) fronte della catena appenninica, a SW, e dinarico ellenica, a NE; 2) principali faglie trascorrenti; 3) principali faglie distensive; 4) altri allineamenti di faglie; 5) faglia Pescara Dubrovnik; 6) faglia delle tremiti; 7) faglia S.Marco in Lamis – Mattinata; 8) faglia nord-salentina; 9) faglia sud salentina; 10) faglia di Cefalonia; 11) faglia di Scutari. Tratta da [3].

Le condizioni strutturali delle formazioni affioranti rendono poco visibili i principali elementi che caratterizzano i piani di faglia, anche se, nella zona a Sud di Guglionesi, nei pressi della località Pisciarriello, alcuni autori individuano un piano di faglia di tipo minore formatosi durante l'ultima orogenesi appenninica, che ha abbassato i conglomerati di M. Capraro rispetto a quelli di Guglionesi. Tale piano di faglia risulta essere l'unica discontinuità tettonica esistente nei pressi della fascia costiera. Tuttavia, nella zona studiata, non si riscontrano discontinuità stratigrafiche e non si rilevano nè faglie, nè strutture tettoniche particolari, come pieghe tettoniche, ecc.. Infatti la giacitura degli strati è ovunque, pressochè orizzontale ed i passaggi da una formazione all'altra sono di tipo continuo.

Nel territorio di Termoli comunque e nella zona ove è ubicata l'area allo studio non si rilevano faglie, ne strutture tettoniche particolari, come pieghe, ecc.. Infatti la giacitura degli strati è pressochè orizzontale o sub-orizzontale ed i passaggi da una formazione all'altra sono sempre del tipo continuo. Nell'ottica di prevenzione del rischio sismico è stata effettuata una valutazione degli allineamenti tettonici che possono rappresentare sorgenti sismogenetiche. In particolare si è fatto riferimento alle sorgenti sismogenetiche ed alle faglie ritenute attive da Risultati del progetto 5.1.2 "Inventario delle faglie attive e dei terremoti ad esse associabili" - Stato delle conoscenze sulle faglie attive in Italia: elementi geologici di superficie F. Galadini, C. Meletti, E. Vittori dove si evince che l'area di Termoli è lontano dai principali allineamenti tettonici che caratterizzano la fascia appenninica ma risultano prossima agli allineamenti tettonici nell'area

del Gargano; le faglie attive e capaci si riferiscono all'allineamento Frosolone/Ripabottoni-SanSevero/San Marco in Lamis-Mattinata a sud, mentre a nord, Tocco Casauria –Tremeti.



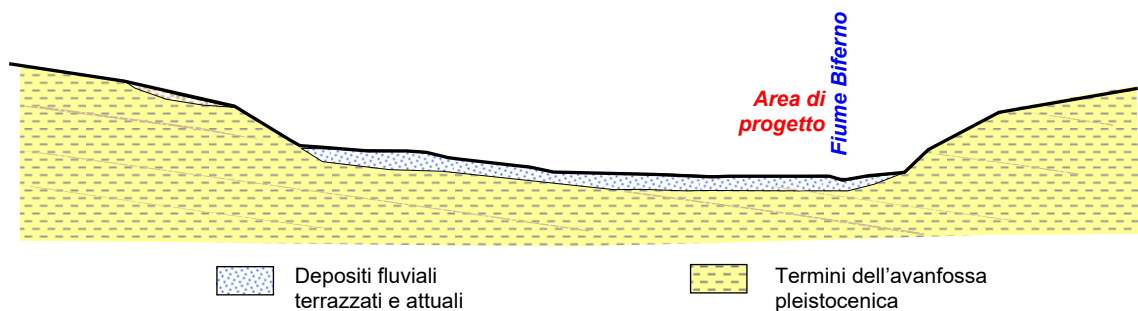
*Sorgenti sismogenetiche nell'area di Termoli (sito web DISS 3.1.1,INGV).*

In base alle sorgenti sismogenetiche per l'area di Termoli è attesa una magnitudo di 5.69-6.01 con sorgenti a 27.60-44.60 Km.

### 5.3 Assetto geologico locale

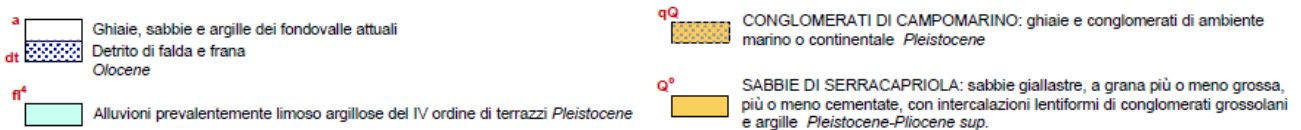
La zona di studio, posta in sinistra idrografica del fiume Biferno, è stata interessata geologicamente da diversi ambienti di sedimentazione, intesi questi ultimi, come complesso delle condizioni fisiche, chimiche e biologiche in cui il sedimento si accumula. L'area di questa parte del fiume Biferno è inserita, dal punto di vista tettonico-paleogeografico, nell'Unità tettonica dell'avanfossa Adriatica pleistocenica, costituita da materiali terrigeni a grana finissima a cui si compenetrano facies sabbioso-siltose, direttamente affioranti in corrispondenza dei rilievi collinari che delimitano la piana del fiume Biferno. A partire dall'inizio del Quaternario, e cioè, dal momento del definitivo ritiro del mare dall'area, il modellamento superficiale è generato dall'azione delle acque superficiali (corsi d'acqua), dagli agenti meteorici chimico-fisici e la gravità. In tale periodo, fino all'attuale, il fiume Biferno ha delineato la sua valle e in particolare nella zona in esame ha messo in posto, al di sopra delle argille grigio-azzurre di base, depositi alluvionali antichi terrazzati e depositi alluvionali recenti. Per cui nella formazione e nella delineazione delle forme del territorio in esame, il fattore determinante è stato svolto dal fiume. Le oscillazioni eustatiche che, si sono succedute nel Quaternario, hanno creato una variabilità sia del regime idrogeologico dei corsi d'acqua e sia del livello di base del profilo d'equilibrio delle aste fluviali e torrentizie. Le variazioni indotte sulle aste torrentizie e nel nostro caso del fiume Biferno, ha disegnato una valle per erosione di fondo e laterale tanto che la valle si estende per diversi chilometri. Successivamente, la stessa valle, in diverse fasi di alluvionamento, è stata colmata da depositi eterogenei derivanti dallo smantellamento dei rilievi

appenninici compresi nel bacino idrografico del Biferno e da sedimenti marini nelle fasi di trasgressione del livello del mare. In virtù delle litologie affioranti nel bacino idrografico sotteso, in cui affiorano sia i termini terrigeni di avanfossa che le formazioni calcaree e calcareo-marnose che costituiscono i rilievi montuosi appenninici, tra cui la montagna del Matese, e i sedimenti marini messi in posto nelle fasi di trasgressione, i depositi fluviali, nell'area dello stabilimento, risultano formati da sabbie a varia frazione limosa sovrastanti depositi ghiaiosi, in parte rierosi a cui si intercalano episodi limo-argillosi in facies palustre di varia potenza e spessore e a marcata variazione laterale. Le fasi erosive del fiume Biferno che si sono succedute in seguito, hanno portato ad una incisione degli stessi depositi alluvionali.



Sezione schematica della valle del Biferno in corrispondenza dell'area di progetto  
(Disegno non in scala)

Le aree interessate dal progetto si inseriscono in prossimità dell'attuale corso del fiume Biferno, in un tratto rettificato per azione antropica. La rettificazione dell'alveo fluviale ha comportato l'abbandono di un'ansa di meandro tutt'ora visibile dalla morfologia della zona.

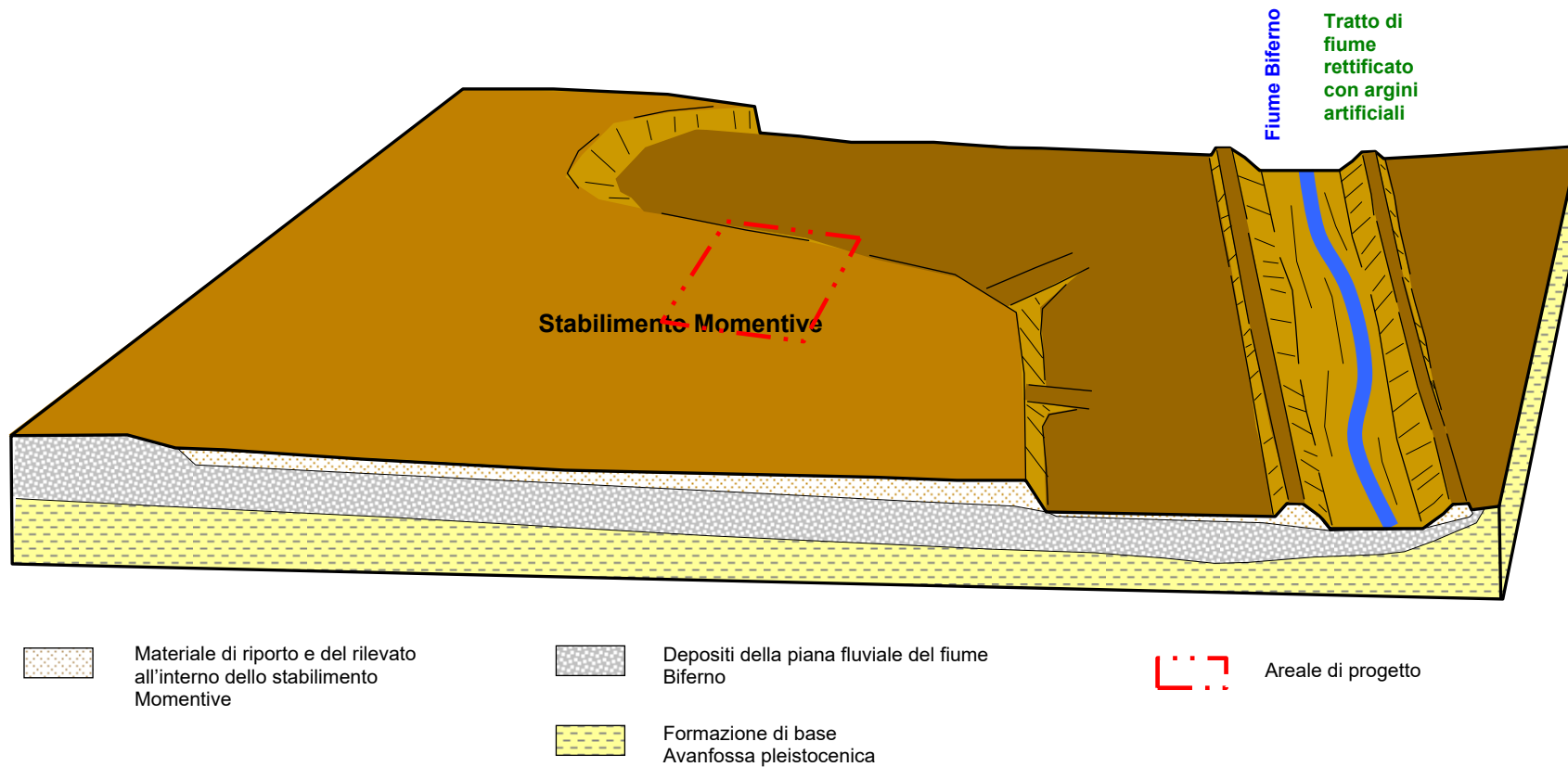


Stralcio carta geologica in cui è evidente l'ansa abbandonata per azione antropica



I depositi fluviali generati dall'alterna dall'alterna successione di episodi di erosione e di sedimentazione da parte del corso d'acqua e in parte da deposizione marina, rappresentano l'antico letto del fiume.

Nella zona di diretto interesse, posta in sinistra idrografica del fiume Biferno, i depositi fluviali sono caratterizzati da una litologia prevalentemente granulare tipo sabbioso-limosa e sabbioso-ghiaiosa, a cui si compenetrano lenti ed orizzonti di natura limo sabbiosa e/o argillosa, e si sovrappongono materiali limo sabbiosi. Nell'intera estensione del settore di piana fluviale nel cui ambito si inserisce l'areale di progetto, si registra una successione stratigrafica piuttosto omogenea nella litologia, ma i depositi alluvionali presentano una geometria e spessori variabili.



*Schema dell'assetto geologico dell'area di progetto*

## 5.4 Modello geologico dei siti

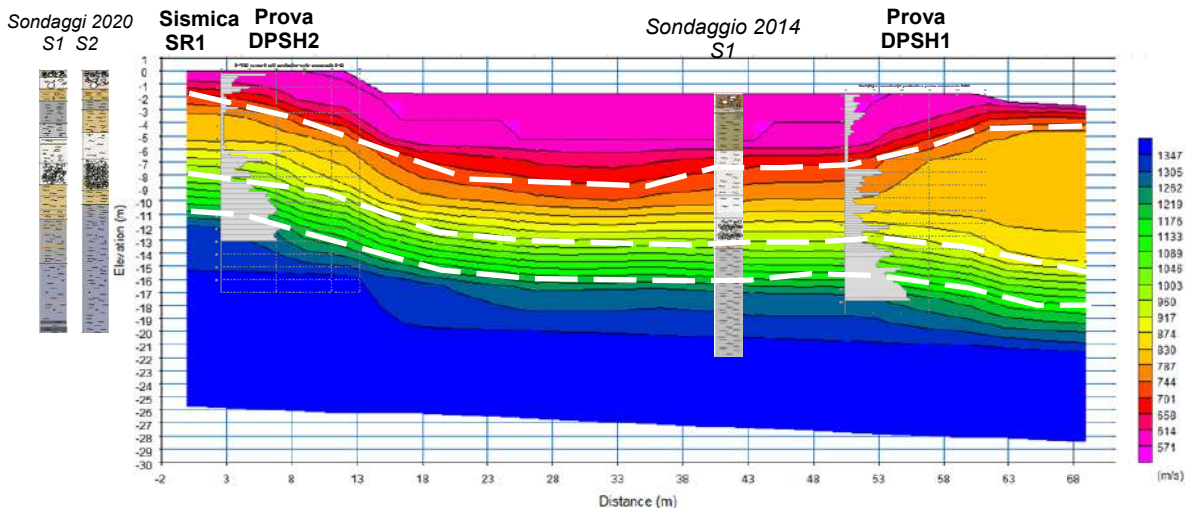
### 5.4.1 Assetto geolitologico

Di seguito si riportano le risultanze delle indagini effettuate, che si correlano con le ulteriori indagini precedenti, quest'ultime essendo state eseguite in prossimità dell'area di progetto, consentono di ricostruire un quadro attendibile degli assetti stratigrafici.

#### Area di intervento: progetto New Air Emissions Treatment System



Area di intervento



#### Area intervento: progetto di MQ RESIN/ AF EMULSION/D672 UPGRADE progetto A1170

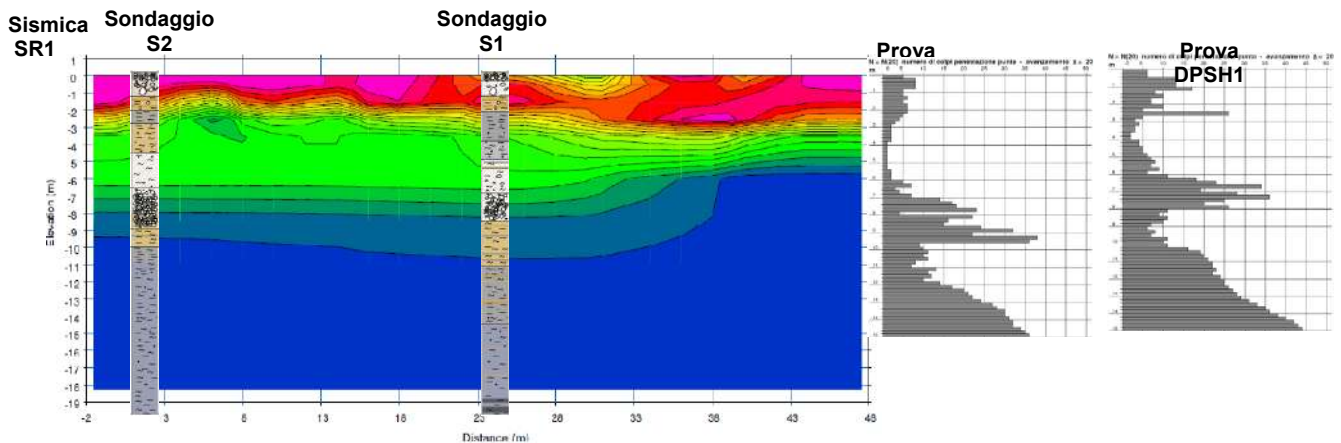
MQ RESIN/ AF EMULSION/D672 UPGRADE



A1170



Area di intervento



*Correlazione delle indagini*

Raggruppando i termini a litologia simile nell'area prossima a quella di progetto la successione delle unità geologiche (Geo) è schematizzata di seguito.

- Deposito recente

- Geo 1 – Deposito recente misto a riporti

- Depositi fluviali

- Geo 2 - Depositi limoso-sabbiosi con livelli ghiaiosi;
- Geo 3 – Sabbie e ghiaie con sacche limo argillose;

- Formazione di base

- Geo 4 – Limi argillosi

La prima unità geologica, con l'aumentare della profondità presenta caratteristiche diverse, in generale nel primo metro circa è rappresentato da misto granulare, a cui segue un orizzonte di spessore variabile di sabbie limose con clasti fino a profondità di 3.0-7.0 m circa (Geo 1), gli spessori si rastremano verso le estremità dell'area di progetto.

Nell'ambito dei depositi fluviali la litologia e gli spessori dei litotipi risultano variabili; accorpando litologie simili si distinguono un primo orizzonte a prevalente frazione limosa (Geo 2) al cui interno presenta una componente argillosa e subordinatamente sabbiosa spesso concentrata in livelli. In generale il deposito si rileva fino a circa 8.0-11.0 m di profondità con maggiori spessori in corrispondenza della vasca adiacente al sito di interesse.

Ai limi sabbiosi seguono depositi a prevalente componente sabbiosa e depositi sabbioso-ghiaiosi (Geo 3) formati da orizzonti di sabbia e da ghiaie eterometriche; gli orizzonti litologici di tale unità geologica, a causa delle alternanze di fasi erosive e di deposizione del fiume, risultano discontinui e rappresentano il deposito che ricopre direttamente la formazione di substrato.

La formazione di base, mai affiorante, è sempre mascherata dai depositi alluvionali, ed il limite superiore, rappresentato dalla superficie di separazione con i sovrastanti depositi terrazzati



risulta a profondità variabile in funzione dello sviluppo dei paleocanali del Biferno; la formazione (Geo 4), rappresentata da limi argillosi, nell'area indagata è rilevabile a profondità tra 11.0-15.0 m con inclinazione dalla strada di servizio interna allo stabilimento verso la vasca adiacente al sito.

#### **5.4.2 Caratteristiche litostratigrafiche**

Come illustrato nel paragrafo precedente i terreni che caratterizzano l'areale di progetto risultano riconducibili a unità litostratigrafiche rappresentati da materiali di riporto, da depositi fluviali e dalla formazione di base.

Di seguito vengono illustrate le caratteristiche stratigrafiche delle unità geologiche (GEO).

##### **Geo 1 – Deposito recente**

Tale unità viene rilevata all'interno dello stabilimento Momentive in conseguenza delle necessità insediative che lo stabilimento ha incontrato nel corso del tempo. La litologia del rilevato è rappresentata da ghiaie eterometriche e ciottoli con clasti da subarrotondati e arrotondati nella porzione superficiale, a cui seguono limi sabbiosi debolmente argillosi recenti.

##### **Geo 2, Geo 3 – Depositi fluviali**

Nell'ambito dei materiali fluviali, per la loro litologia rilevata in corso dei sondaggi si distinguono due unità stratigrafiche:

- Geo 2 - Deposito limoso;
- Geo 3 – Depositi sabbiosi e sabbioso-ghiaioso.

##### ***Geo 2 - Deposito limoso***

Il materiale a grana fine rappresentata prevalentemente da limi con varia frazione argillosa e sabbiosa presente sempre in subordine o come intercalazioni centimetriche e/o decimetriche prevalentemente in prossimità del letto (ultimo metro di profondità). Il deposito, nel suo intero spessore presenta caratteristiche di consolidamento diverse con la profondità, inoltre si rilevano livelli ghiaiosi e livelli con consistenza tenera e plastico, con presenza di sostanza organica riconducibili ad ambienti di sedimentazione palustri, verosimilmente collegati a facies sedimentarie di meandro abbandonato.

##### ***Geo 3 - Deposito sabbioso-ghiaioso***

Il deposito ricopre la paleomorfologia della formazione di avanfossa sottostante. La composizione granulometrica dei materiali che costituiscono il deposito risulta influenzata dalle caratteristiche geo-litologiche del bacino di erosione dal quale traggono origine e dalla selezione prodotta dalle acque correnti sui materiali fluidati. In tale unità geologica, ai fini applicativi, per semplificazione dell'assetto stratigrafico sono stati



raggruppati orizzonti a litologia anche difforme ma con una estrema variabilità latero-verticale. In generale i sedimenti risultano costituiti da ghiaie sabbiose e limose che passano in profondità a sabbie medio-fini. Negli episodi ghiaiosi, i clasti, di natura poligenica (si rilevano prevalentemente elementi calcarei), presentano dimensioni di una ghiaia eterometrica, talora associata a ciottoli e risultano prevalentemente arrotondati, ad indicare un trasporto operato da acque incanalate. Il deposito in prossimità del tetto risulta formato da sabbie medio-fini con una frazione limosa variabile, da con limo a debolmente limosa, con intercalazioni di sabbie medio-grossolane. All'interno dell'orizzonte è anche rilevabile la presenza di clasti di taglia di ghiaia medio-fine rari e diffusi testimonianti l'appartenenza di questo litotipo ad un ambiente deposizionale variabile in funzione dell'energia del fiume Biferno al momento della deposizione.

#### Geo 4 - Formazione di base (Limi argillosi pleistocenici)

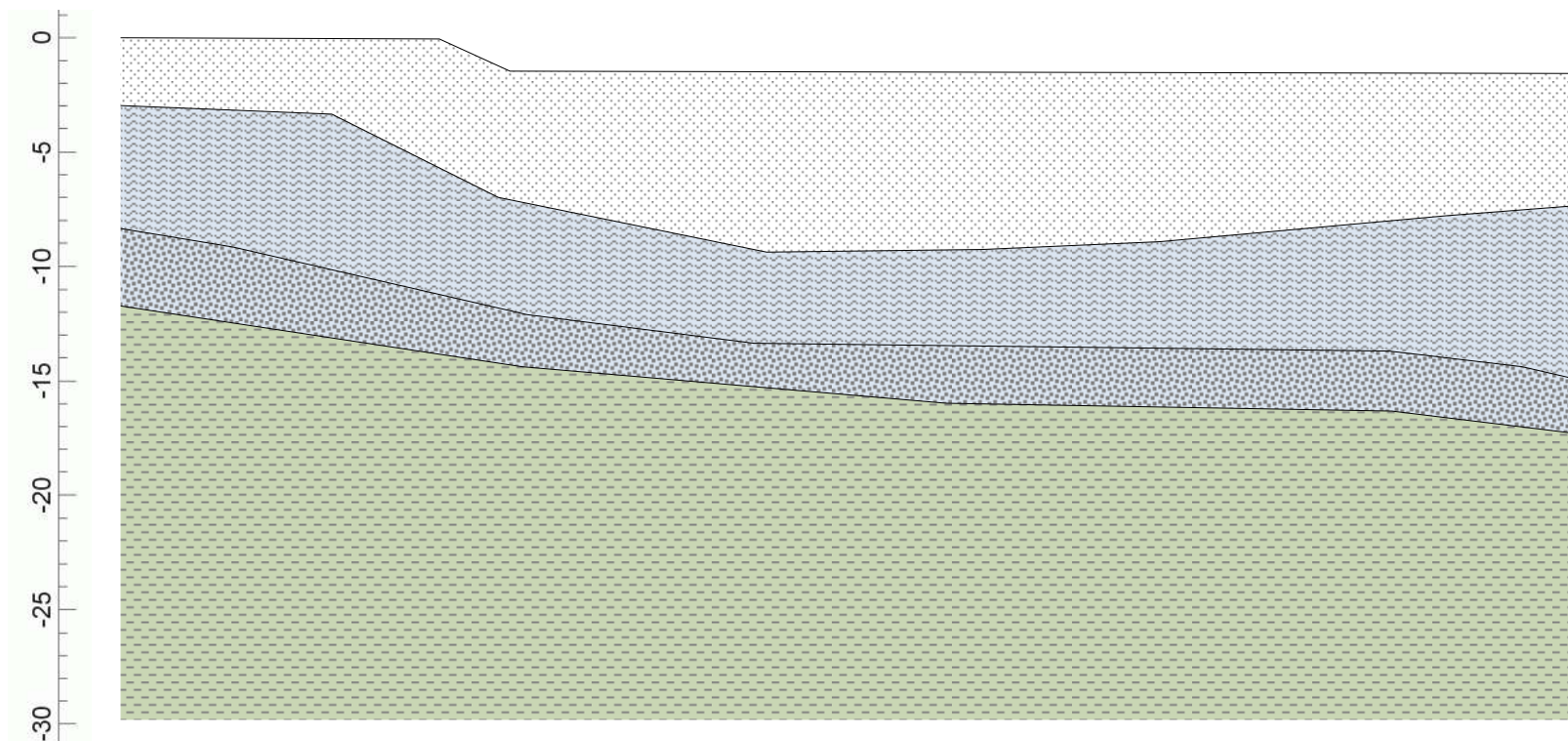
L'unità geologica caratterizza tutti i versanti del tratto vallivo in esame del Biferno e rappresenta il substrato al di sotto dei depositi di terrazzo. L'unità risulta costituita da terreni a grana fine o finissima (limi argillosi e/o siltosi di colore grigio). All'interno degli strati, o fra strato e strato, sono presenti sottilissime intercalazioni di sabbie-siltose a grana fine o finissima. In alcuni casi in corrispondenza di alto stratigrafico è rinvenibile la presenza di livelli centimetrici e talora decimetrici di sabbia fine limosa. Nel complesso i materiali risultano sovraconsolidati e fessurati. La formazione nella porzione più elevata, al passaggio con il deposito di terrazzo, per le acque di circolazione che tendono ad accumularsi al contatto con i sovrastanti depositi alluvionali, presenta uno stato di alterazione di spessore di circa 1.00 m e non sempre rilevabile. Sotto l'aspetto litologico risulta costituita da limi argillosi a vario tenore sabbioso di colore grigio, con livelli di natura limo sabbiosa e sabbiosa.



### 5.4.3 Modello geologico di riferimento

Area di intervento: progetto New Air Emissions Treatment System

| Modello geologico del sito         |                  |                            |                             |   |
|------------------------------------|------------------|----------------------------|-----------------------------|---|
| Complessi geologici                | Unità geologiche | Profondità (m)             |                             | Litologia   |
|                                    |                  | Porzione rialzata del sito | Porzione ribassata del sito |   |
| Deposito recente                   | Geo 1            | 0.0                        | 0.0                         | Clasti eterometrici con sabbie debolmente limose e limi sabbiosi teneri                 |
|                                    |                  | 2.0-3.0                    | 5.0-7.0                     |   |
| Depositi fluviali                  | Geo 2            | 2.0-3.0                    | 5.0-7.0                     | <i>Deposito limoso</i><br>Limi e limi argillosi con intercalazioni sabbiose             |
|                                    |                  | 8.0-9.0                    | 10.0-11.0                   |   |
|                                    | Geo 3            | 8.0-9.0                    | 10.0-11.0                   | <i>Deposito sabbioso-ghiaioso</i><br>Sabbie limose con limi argilloso-sabbiosi e ghiaie |
|                                    |                  | 11.0-12.0                  | 14.0-15.0                   |   |
| Formazione Avanfossa pleistocenica | Geo 4            | 11.0-12.0                  | 14.0-15.0                   | <i>Substrato</i><br>Limi argillosi con intercalazioni sabbiose                          |
|                                    |                  | >30.0                      | >30.0                       |   |



**Deposito recente**

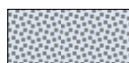


**Geo 1**  
Clasti eterometrici con limi sabbiosi teneri

**Depositi fluviali**



**Geo 2 – Deposito limoso**  
Limi e limi argillosi con intercalazioni sabbiose



**Geo 3 – Deposito sabbioso-ghiaioso**  
Sabbie e ghiaie

**Formazione dell'avanfossa pleistocenica**



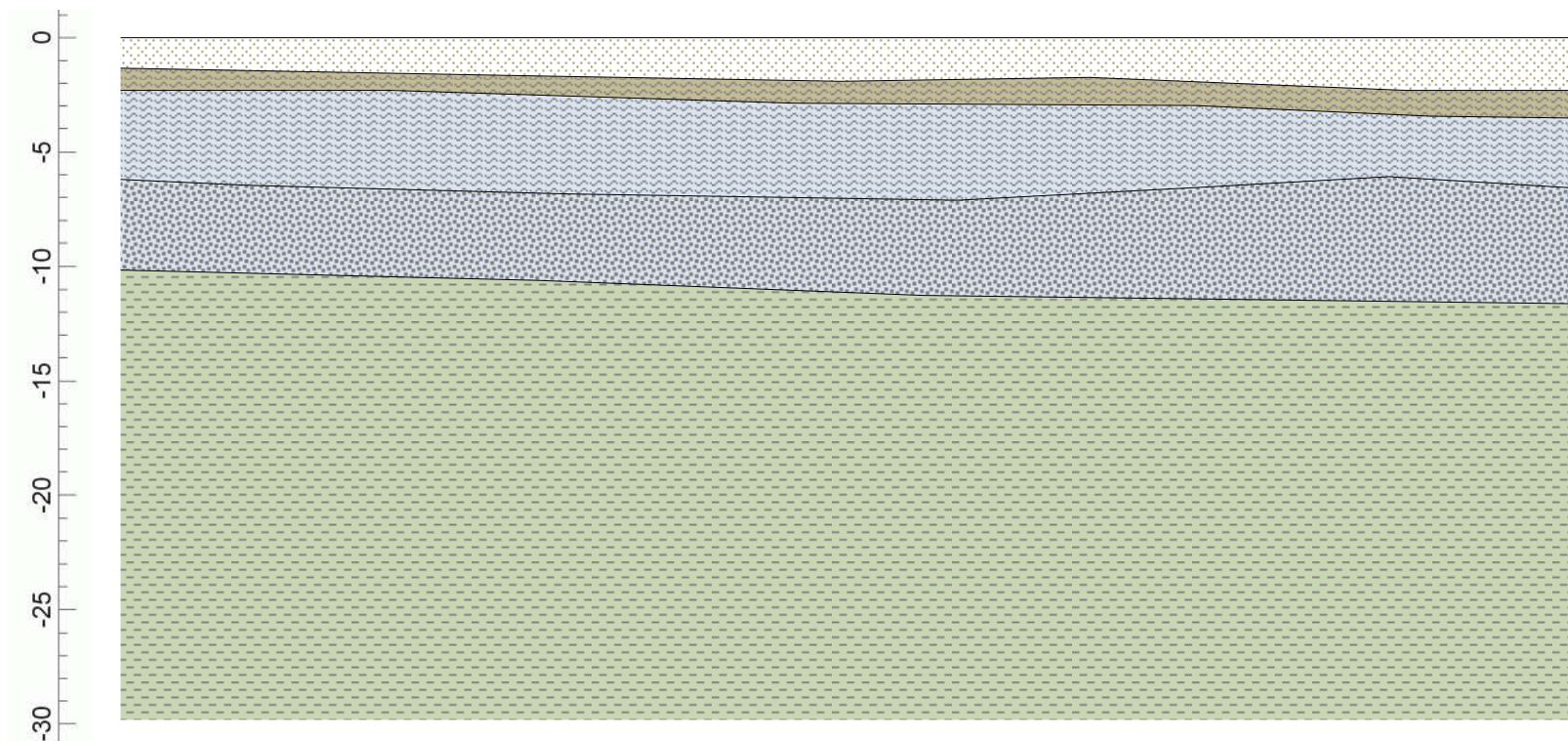
**Geo 4 – Substrato**  
Limi argillosi con intercalazioni sabbiose

*Assetto delle unità geologiche nell'area di progetto*



Area intervento: progetto di MQ RESIN/ AF EMULSION/D672 UPGRADE

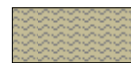
| Modello geologico del sito         |                  |                |   |
|------------------------------------|------------------|----------------|---|
| Complessi geologici                | Unità geologiche | Profondità (m) | Litologia   |
| Depositi antropici e superficiale  | Geo 1a           | 0.00           | <i>Rilevato</i><br>Clasti eterometrici con sabbie debolmente limose         |
|                                    |                  | 1.00-1.70      |   |
| Depositi antropici e superficiale  | Geo 1b           | 1.00-1.70      | <i>Terreno di riporto</i><br>Limi e sabbie con clasti                       |
|                                    |                  | 2.00           |   |
| Depositi fluviali                  | Geo 2            | 2.00           | <i>Deposito limoso</i><br>Limi e limi argillosi con intercalazioni sabbiose |
|                                    |                  | 5.00-6.00      |   |
|                                    |                  | 5.00-6.00      | <i>Deposito sabbioso-ghiaioso</i><br>Sabbie e ghiaie                        |
| Formazione Avanfossa pleistocenica | Geo 3            | 9.00-11.00     |   |
|                                    |                  | 9.00-11.00     | <i>Substrato</i><br>Limi argillosi con intercalazioni sabbiose              |
| Formazione Avanfossa pleistocenica | Geo 4            | >30.00         |   |



**Depositi antropici e superficiali**



**Geo 1a - Rilevato**  
Clasti eterometrici con sabbie  
debolmente limose

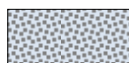


**Geo 1b - Terreno di riporto**  
Limi e sabbie con clasti

**Depositi fluviali**



**Geo 2 - Deposito limoso**  
Limi e limi argillosi con intercalazioni  
sabbiose



**Geo 3 - Deposito sabbioso-ghiaioso**  
Sabbie e ghiaie

**Formazione dell'avanfossa  
pleistocenica**



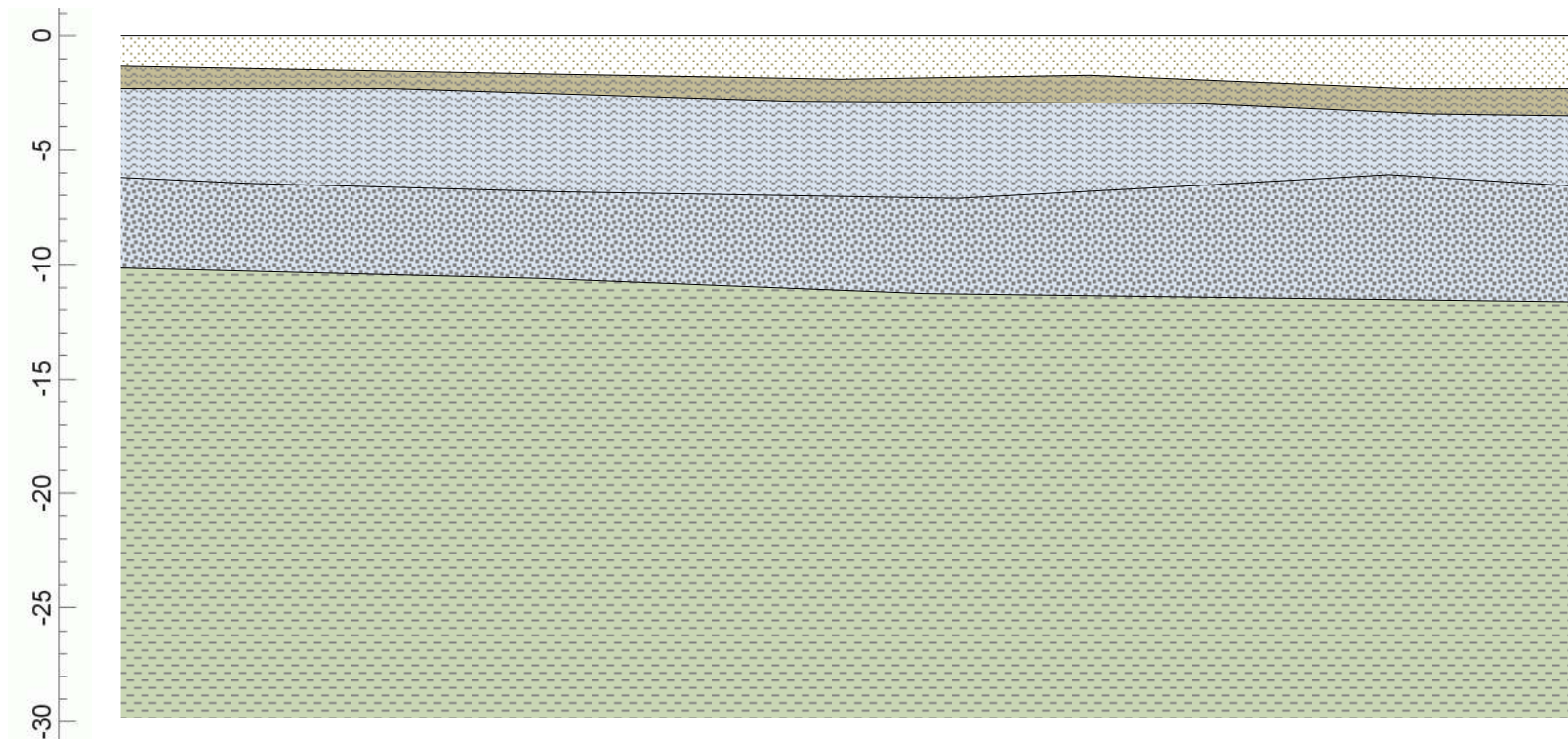
**Geo 4 - Substrato**  
Limi argillosi con intercalazioni sabbiose

*Assetto delle unità geologiche nell'area di progetto*



Area intervento: progetto A1170

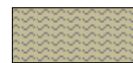
| Modello geologico del sito         |                  |                        |   |
|------------------------------------|------------------|------------------------|---|
| Complessi geologici                | Unità geologiche | Profondità (m)         | Litologia   |
| Depositi antropici e superficiale  | Geo 1a           | 0.00                   | <i>Rilevato</i><br>Clasti eterometrici con sabbie debolmente limose         |
|                                    |                  | 1.00-1.70              |   |
|                                    | Geo 1b           | 1.00-1.70              | <i>Terreno di riporto</i><br>Limi e sabbie con clasti                       |
| Depositi fluviali                  | Geo 2            | 2.00                   |   |
|                                    |                  | 2.00                   | <i>Deposito limoso</i><br>Limi e limi argillosi con intercalazioni sabbiose |
|                                    | Geo 3            | 5.00-6.00<br>5.00-6.00 | <i>Deposito sabbioso-ghiaioso</i><br>Sabbie e ghiaie                        |
| Formazione Avanfossa pleistocenica | Geo 4            | 9.00-11.00             |   |
|                                    |                  | 9.00-11.00             | <i>Substrato</i><br>Limi argillosi con intercalazioni sabbiose              |
|                                    |                  | >30.00                 |   |



**Depositi antropici e superficiali**



**Geo 1a - Rilevato**  
Clasti eterometrici con sabbie  
debolmente limose

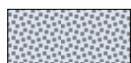


**Geo 1b – Terreno di riporto**  
Limi e sabbie con clasti

**Depositi fluviali**



**Geo 2 – Deposito limoso**  
Limi e limi argillosi con intercalazioni  
sabbiose



**Geo 3 – Deposito sabbioso-ghiaioso**  
Sabbie e ghiaie

**Formazione dell'avanfossa  
pleistocenica**



**Geo 4 – Substrato**  
Limi argillosi con intercalazioni sabbiose

*Assetto delle unità geologiche nell'area di progetto*



## 6. ASSETTO GEOMORFOLOGICO E MORFOLOGICO DELL'AREA

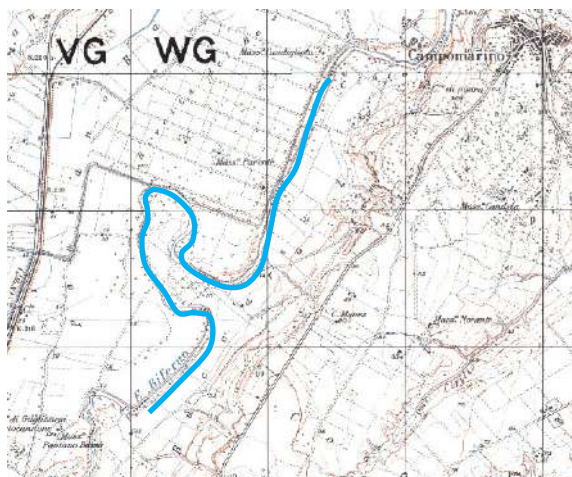
### 6.1 Morfologia dell'area e del sito

Come detto in precedenza, l'area in esame ricade nel basso bacino idrografico del Fiume Biferno, il quale scorre interamente nel territorio molisano e sfocia sulla costa adriatica nei pressi di Termoli.

La morfologia della zona è fortemente condizionata dalla natura dei terreni affioranti e dal loro grado di erodibilità da parte degli agenti atmosferici: laddove prevale la presenza di litologie pelitiche, argillose e argilloso-marnose si rilevano condizioni morfologiche con profili generalmente più modellati e continui, laddove sono presenti i litotipi calcarei o arenacei la morfologia risulta più acclive.

Il sito di interesse rientra nell'ambito dei depositi alluvionali; esso è contraddistinto da un assetto dominante sub-pianeggiante, con debole pendenza verso l'asta fluviale principale, ed è posto ad una quota di circa 11,0 m s.l.m..

La lettura delle carte topografiche evidenzia che, nel tempo, il corso del F. Biferno, ha subito modifiche al suo naturale andamento. Infatti l'alveo, nel sito in esame e lungo tutta la pianura alluvionale fino alla foce, presentava andamento meandrico, e nel tratto di studio il fiume formava un'ampia ansa. Attualmente, il corso d'acqua, nella porzione limitrofa all'area di interesse presenta un andamento pressoché rettilineo e scorre lungo argini artificiali.



*Confronto tra la carta topografica e l'ortofoto sull'andamento del f. Biferno*

La crescente industrializzazione della zona ha portato ad un riassetto dell'andamento topografico dell'area in esame con la realizzazione di un pianoro, posto all'attuale quota di 11,0 m s.l.m., sul quale sorgono i principali corpi di fabbrica.

Al limite orientale dello stabilimento della Momentive, si rileva una scarpata che marca il passaggio tra il rilevato, messo in posto per l'edificazione delle strutture esistenti, ed il piano campagna originario, ribassato.

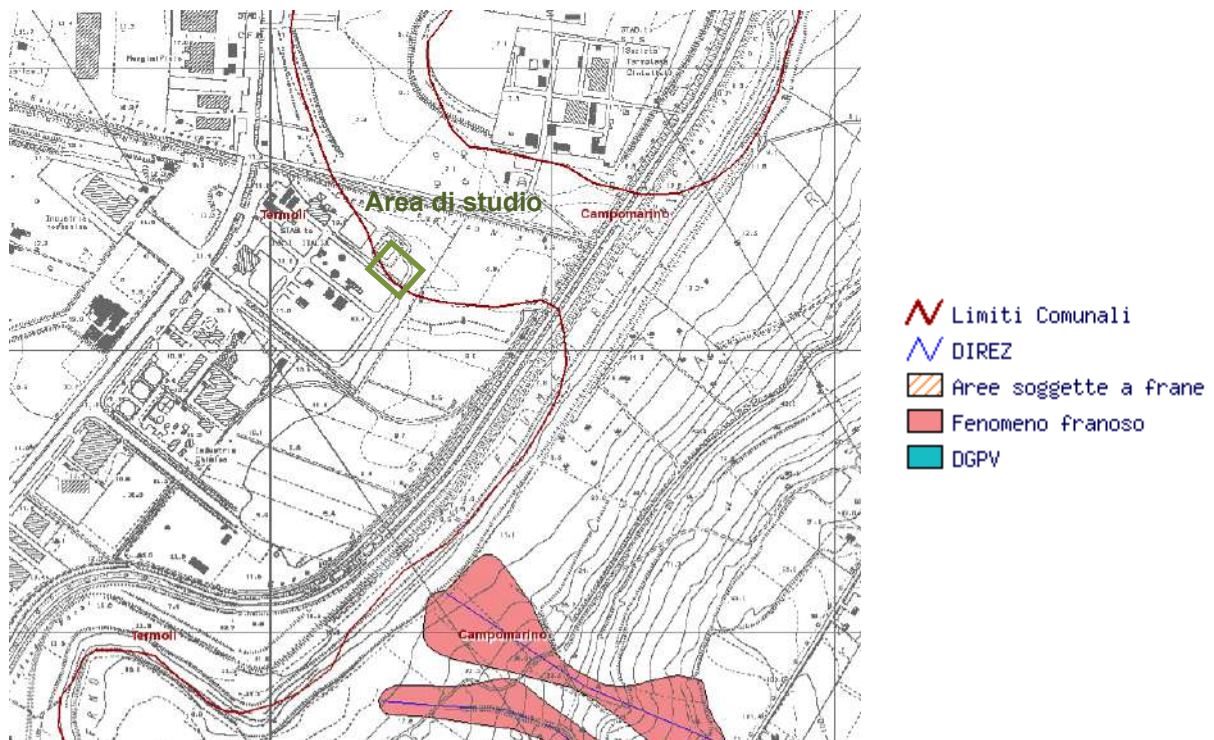
La superficie topografica, nell'area di progetto risulta pianeggiante con pendenze prossime allo zero.

## 6.2 Processi di degradazione

Per ciò che concerne la perdita di suolo per cause naturali i fenomeni erosivi e deposizionali, in ambito della piana fluviale dove si inserisce il progetto, la morfologia blanda non induce processi di degradazione. In corrispondenza delle scarpate di modellazione antropica (rilevato) e quelle di abrasione fluviale (di raccordo tra il terrazzo e la piana ormai abbandonata per regimazione antropica con argini artificiali) risultano stabili, ovvero presentano pendenze di degradazione adeguate alle caratteristiche tecniche dei materiali fluviali che le costituiscono. Sulle stesse, inoltre, per la buona permeabilità del materiale terrazzato, non si esplica un deflusso superficiale in quanto le acque di precipitazione tendono ad infiltrarsi nel sottosuolo e a drenare per via sotterranea verso il corso d'acqua. Per cui il fenomeno erosivo longitudinale per ruscellamento è molto ridotto o del tutto assente.

In conclusione l'area di progetto si inserisce in corrispondenza del fondo valle del fiume Biferno in ambiente di pianura in cui non si rilevano fenomeni o processi che possono portare a forme d'instabilità.

La cartografia IFFI e quella del PAI della Regione Molise, Carta della Pericolosità da frana, confermano quanto rilevato in sito: infatti l'area di progetto e quella circostante non risultano interessate da fenomeni gravitativi.



Stralcio carta IFFI-Inventario Fenomeni Franosi in Italia



All'interno dell'area di piana inondabile il settore è caratterizzato morfologicamente dalla presenza di un alveo inciso e delle circostanti aree inondabili subpianeggianti (alveo di piena). Tali aree risultano modellate, in maggior parte, dai processi erosivi e deposizionali indotti dalle piene ordinarie (annuali) ed eccezionali.

L'alveo inciso nell'area di diretto interesse è presidiato da difese pressoché continue con fenomeni erosivi praticamente nulli.

In questa fascia fisiografica, la Regione Molise, in ottemperanza alle disposizioni della legge 18 maggio 1989, n. 183, ha recepito ed ampliato tali indicazioni con la redazione del *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino del fiume Biferno*, denominato anche *PAI*.

Sulla base dello strumento urbanistico e di salvaguardia si individuano delle fasce fluviali soggette a norme di pianificazioni ed aree a diverso coefficiente di rischio esondazione. Le aree segnalate e perimetrate nello strumento regionale sono riportate nel paragrafo successivo e non comprendono l'area di progetto. Tuttavia nell'ambito dello studio è stata verificata la compatibilità idraulica degli interventi con le previsioni del Piano PAI, riportata nei paragrafi successivi nell'ambito del progetto con la dinamica fluviale del fiume Biferno.

### **6.3 Stabilità dell'area**

Sulla base di quanto rilevato nella zona e illustrato nei paragrafi precedenti, in un contesto sufficientemente ampio, non si registrano fenomeni gravitativi, e non si rilevano fattori o processi che possono indurre a mobilitazioni di terreno o ad altre forme di degradazione o disgregazione legate a forme e processi erosivi.

In definitiva, il sito di progetto, posto in un'area ad assetto subpianeggiante, all'atto del sopralluogo non ha manifestato indizi o fattori che possano evolvere verso forme d'instabilità di tipo gravitativo né forme di degradazione; pertanto l'area è risultata stabile.



## 7. IDROGRAFIA DI SUPERFICIE

### 7.1 Deflussi superficiali nell'area di progetto e in quella circostante

L'idrografia superficiale dell'area, è dominata nelle sue linee principali dal fiume Biferno, che confluisce a nord-est nel mar Adriatico. Il corso d'acqua presenta delle discrete portate durante tutto l'anno sia per il bacino idrografico esteso e sia per l'alimentazione derivante dalle emergenze idriche della vicina dorsale appenninica.

Il fiume Biferno ha carattere torrentizio, sotto l'aspetto idrologico e morfologico, dalle origini del versante nord-est dei monti del Matese fino all'invaso di Ponte Liscione. Lungo tale corso le pendenze sono accentuate, il trasporto solido è elevato e l'alveo risulta ristretto e contenuto fra i piedi delle colline antistanti. Dopo la diga, l'alveo inizia ad assumere caratteristiche fluviali, in conseguenza dell'ampliarsi del fondo valle e del ridursi delle pendenze. Dapprima l'alveo si sviluppa sull'ampia conoide di deposizione del materiale solido trasportato, nella forma caratteristica dritta e pluricursale dei tratti pedemontani, per passare, dopo un tratto di transizione, nella pianura, alla forma caratteristica unicursale a meandri, in parte alterata nell'ultimo tratto da interventi artificiali.

Il tratto che interessa il territorio del comune di Termoli, va dal ponte della S.P.n.84 fino alla foce. Nel tratto che va dal ponte sulla S.P.n.84 fino all'attraversamento dell'autostrada A 14, ha inizio la zona industriale, difesa dalle piene del Biferno dall'arginatura in sinistra che prosegue oltre l'A14 fino alla foce.

L'alveo di magra in questo tratto è prevalentemente rettilineo; l'alveo di piena, con uguali caratteristiche, è delimitato da argine in sinistra e dal rilievo naturale in destra.

Nel fiume Biferno confluisce, all'altezza del ponte della S.P.n.84, il canale di bonifica che fiancheggia la S.S.n.87 e la S.P.n.87 e che drena le acque della piana di Cucina del comune di Guglionesi. All'altezza del viadotto della A 14, confluisce nel Biferno il canale di bonifica n.3 che fiancheggia la strada consortile 3s e che drena le acque della zona industriale sita a sud della strada consortile 1s. Confluisce altresì nel fiume, il canale di bonifica che costeggia via Marinelle. Il canale di bonifica n.4 sfocia direttamente in mare e drena le acque della zona industriale a nord della strada consortile 1s (zona Fiat, Pantano Basso, Rivolta del Re). In detto canale confluisce il canale di bonifica n. 5 che parte dal depuratore del nucleo industriale.

Il canale di bonifica n. 2 che scorre subito ad W dell'area della centrale sfocia anch'esso direttamente in mare e fiancheggia nel tratto finale il canale di bonifica n.4. Esso drena le acque della zona industriale B della località Piana di Greppe di Pantano e dei fossi naturali del versante che dalla S.P.n.111 degrada nella vallata del nucleo industriale (Vallone della Noce, Greppe di Pantano, Vallone Pisciarriello).

La zona di studio si inserisce dunque nel bacino idrografico del Fiume Biferno e drena verso NE. Il *pattern* dei torrenti affluenti nella zona, di tipo convergente, è regolato dalla natura



prevalentemente argillosa che costituisce il paesaggio collinare circostante, poco permeabile. I solchi torrentizi, sono caratterizzati da un basso Ordine gerarchico con un ramo principale molto esteso e lungo (massimo 3° Ordine) e rami secondari brevi di 1° e 2° Ordine dove più organizzati. In generale i solchi e vallecicole, sono stati generati da una erosione lineare molto pronunciata con conseguente incassamento di alveo.

Il corso del Biferno, che funziona da naturale asse di drenaggio, presenta un andamento meandriforme e talora la sedimentazione (prevalentemente grossolana) favorisce un *pattern* di tipo anastomizzato con la formazione di una rete di canali intrecciati tra loro. In questi casi, i sedimenti disposti in barre longitudinali o oblique, smembrano il corso d'acqua in una rete di canali minori sia sinuosi che rettilinei che divagano nell'intera area di sedimentazione. Tuttavia nell'area dello stabilimento il fiume è stato rettificato con argini artificiali con conseguente abbandono di una ampia ansa meandriforme in parte ricalcata dallo sviluppo dell'area dello stabilimento. Nella zona non si rilevano ulteriori linee di drenaggio naturali, i canali di bonifica che attraversano il tratto di territorio circostante risultano tutti incanalati.

La zona studiata corrisponde prevalentemente all'area di affioramento dei litotipi calcarei e marnoso-calcarei che costituiscono le porzioni più elevate del tratto vallivo preso in esame e, di estese coperture di depositi di versante, depositi lacustri e materiali alluvionali recenti presenti nel fondo valle dove si inserisce l'area di progetto.

Nella zona in cui si inserisce il sito di progetto la morfologia risulta piuttosto continua e omogenea senza interruzioni coincidenti con vallecicole di linee di drenaggio naturali che affluiscono al fiume Biferno.

La zona si inserisce in un contesto territoriale caratterizzato da un tessuto urbano marcato esclusivamente da rete di strade comunali e dalla strada statale e dai piazzali degli opifici artigianali e industriali; il deflusso drenato dalle strade esistenti, in funzione della buona permeabilità dei materiali di sottofondo, defluisce per via sotterranea. In corrispondenza dei manufatti artigianali ed industriali presenti che generalmente presentano piazzali o aree di pertinenza pavimentati, il contributo idrico meteorico afferente su tali aree viene smaltito attraverso la rete idrica comunale.

## 7.2 Valutazione rischio alluvione

Per quanto concerne la vulnerabilità del sito rispetto a fenomeni di esondazione, in corrispondenza della piana del Biferno del Comune di Termoli, dove si inserisce l'area di progetto, il Piano Difesa Alluvioni individua delle aree a rischio di esondazione ed a pericolosità idraulica con diverse classi in funzione della morfologia del tratto vallivo.

Sulla base delle indicazioni fornite dall'Autorità di Bacino l'area in esame, classificata a *pericolosità idraulica moderata PI2* in quanto inondabile con tempi di ritorno compresi tra 30 e



200 anni. In merito a tale vincolo, è stata effettuata una verifica della compatibilità idraulica del progetto con quanto previsto nel Piano PAI rischio idraulico.

Nell'ambito del progetto è stato elaborato uno specifico *Studio di compatibilità idraulica* a cui si rimanda.

Di seguito si riportano le analisi conclusive.

*L'area interessata alla modifica è stata selezionata per i due seguenti motivi:*

- *ricadente all'interno del reparto EP utilities, che già svolge la parte inerente al trattamento dei wastes di tutto l'impianto*
- *vicina al sistema di back up da utilizzare in caso di fermata del termossidatore.*

*La posizione del termossidatore risulta quella più congrua per la centralità dell'impianto, per spazi disponibili, per la vicinanza alla stazione di distribuzione del metano e del sistema di trattamento delle acque reflue.*

*L'area identificata, inoltre minimizza risalite delle linee di vent ("colli d'oca") minimizzando il rischio di ostruzioni (per accumulo di condense) delle linee di vent dai nuovi scrubber di processo al termossidatore. Pertanto le opere possono ritenersi indelocalizzabili.*

*Nell'ambito dello studio di compatibilità idrogeologica (settore idraulico) l'opera è stata:*

- **VERIFICATA**

*Sulla base dell'analisi degli eventi passati, il presente intervento, caratterizzato dalla limitata estensione areale, collocato nel contesto realizzativo allo stato di fatto, sicuramente risultano verificate le condizioni di compatibilità tra le opere in progetto e i dissesti che interessano la zona.*

*Ne consegue che per un intervento come quello in programma, collocato in un tale contesto industriale, e caratterizzato dalla limitatezza (intervento di limitata estensione areale, puntuale), le condizioni di compatibilità tra le opere in progetto e i dissesti che interessano la zona, risultano verificate.*

- **STIMATA**

*In un contesto fortemente antropizzato, l'intervento in progetto può essere considerato come puntuale e quindi ininfluenza sulla dinamica a grande scala del complesso sistema di interazione tra acque di laminazione e opere allo stato di fatto.*

- **VALUTATA**

*Nel complesso quadro idrodinamico sopra esposto, l'impatto dell'installazione del termossidatore in progetto, sicuramente provocherà una mitigazione del rischio localmente, in corrispondenza dell'ampliamento del rilevato esistente su cui sorgerà l'opera; tuttavia la piccola area occupata dalla nuova porzione di terrazzamento antropico, corrispondente con l'ampliamento del rilevato, sarà ulteriormente sottratta*



*alla naturale zona di laminazione con conseguente leggero aggravio delle condizioni di pericolosità nel settore di valle.*

*Da una stima qualitativa dei volumi coinvolti nella variazione piano-altimetrica tra stato di fatto e stato di progetto (Allegato 8), appare evidente che la trasformazione sarà di minima entità e comunque ammissibile per il contesto in cui si trova, dal punto di vista del rischio idraulico.*

Dallo Studio emerge che gli interventi risultano compatibili con le dinamiche fluviali previste nel Piano PAI rischio idraulico.



## 8. ASSETTO IDROGEOLOGICO E FALDA ACQUIFERA

La ricostruzione dell'assetto idrogeologico dell'area di progetto, sono state definite sulla base di ricostruzioni del sottosuolo, con i dati emersi nel corso delle indagini disponibili.

### 8.1 Permeabilità dei terreni

Come è noto, la permeabilità dei terreni dipende in massima parte, a parità di altre condizioni, dalle dimensioni, dalla forma, dalla densità e dalla intercomunicabilità dei vuoti presenti nelle rocce o nei sedimenti. In relazione alla variabilità sia verticale sia orizzontale dei caratteri litologici delle formazioni affioranti nell'areale preso in esame, anche la permeabilità delle stesse appare diversa per i terreni sia nel grado e sia nel tipo.

Nell'area la costituzione del sottosuolo mostra caratteristiche idrogeologiche molto variabili, in relazione alla eterogeneità dei tipi litologici presenti. Nella pagina seguente è riportata una carta delle permeabilità dei terreni presenti nell'area della zona.

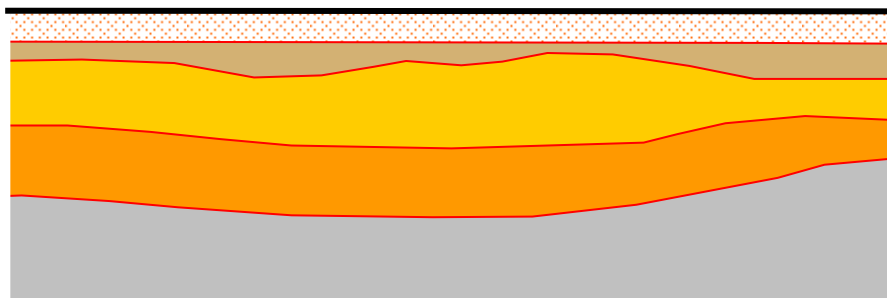
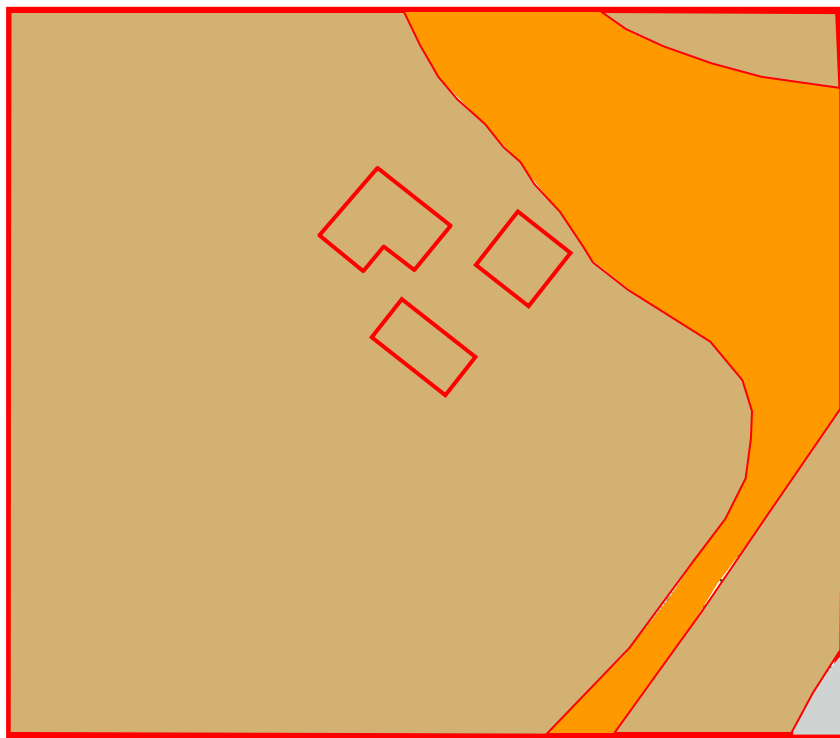
L'assetto idrogeologico dei materiali fluviali, presenti nel fondo valle del fiume Biferno, rappresentati dai depositi di terrazzo a prevalente frazione sabbioso-ghiaiosa e dai depositi della piana attuale, risultano permeabili in tutta la loro massa in maniera più o meno uniforme e consentono un buon deflusso sotterraneo per la loro discreta permeabilità.

Le unità, infatti, per le loro caratteristiche tessiturali lasciano soluzioni di continuità tra le singole particelle dello scheletro solido e presentano una porosità primaria con valori di permeabilità  $K$  compresi tra  $10^{-5}$ - $10^{-8}$  m/sec per i limi sabbiosi,  $10^{-5}$ - $10^{-6}$  m/sec per le sabbie limose e  $10^{-4}$ - $10^{-6}$  m/sec nei depositi ghiaiosi; il terreno di riporto per la sua litologia variabile, in linea generale risulta permeabile con un coefficiente di permeabilità  $K$  variabile tra  $10^{-4}$ - $10^{-7}$ .

Per cui, le unità fluviali del fondo valle per le loro caratteristiche rappresentano un buon acquifero in grado di ospitare una falda acquifera.

La formazione sottostante delle argille plioceniche, a componente pelitica, a granulometria da fine a finissima, per il suo bassissimo grado di permeabilità rappresenta il substrato impermeabile ( $K$   $10^{-9}$ - $10^{-10}$  m/sec) e funge da acquicluda alla circolazione idrica sotterranea. Le discontinuità strutturali, per le caratteristiche del materiale stesso, risultano chiuse per elasticità e la circolazione avviene per percolazione in corrispondenza dei livelletti sabbiosi che marciano la stratificazione e portano alla formazione di vene di acque di scarso potenziale idrico.

In corrispondenza dei versanti dei circostanti rilievi collinari, la formazione nelle porzioni delle coltri di alterazione superficiali, l'allentamento dei legami interparticellari per alterazione induce delle condizioni semipermeabili ( $K$   $10^{-7}$ - $10^{-9}$  m/sec) che favorisce una circolazione idrica per dispersione corticale legata a fenomeni di percolazione, prevalentemente attiva al momento della pioggia.



Acquitardo  
Acquifero  
Acquifero  
Acquiclude

**GRADO DI PERMEABILITA'**

| AP | MP | SP | IM |
|----|----|----|----|
|----|----|----|----|

**RILEVATO E TERRENO DI RIPORTO**

GHIAIE ETEROMETRICHE, E LIMI SABBIOSI  
*DA SEMIPERMEABILI AD ALTAMENTE PERMEABILI PER POROSITA'*

**DEPOSITI FLUVIALI**

LIMI

SABBIE LIMOSE

SABBIE E GHIAIE

*DA MEDIAMENTE PERMEABILI AD ALTAMENTE PERMEABILI PER POROSITA'*

**FORMAZIONE MARINA ARGILLOSA**

LIMI ARGILLOSI

*DA IMPERMEABILI A SEMIPERMEABILI*

|  | AP | MP | SP | IM |
|--|----|----|----|----|
| GhIAIE eterometriche, e limi sabbiosi<br><i>da semipermeabili ad altamente permeabili per porosità</i> |    |    |    |    |
| Depositi fluviali  |    |    |    |    |
| LIMI   |    |    |    |    |
| Sabbie limose  |    |    |    |    |
| Sabbie e ghIAIE<br><i>da mediamente permeabili ad altamente permeabili per porosità</i>                |    |    |    |    |
| Formazione marina argillosa  |    |    |    |    |
| LIMI argillosi<br><i>da impermeabili a semipermeabili</i>  |    |    |    |    |

**Legenda**

**AP** :Altamente permeabili;  
**MP** : Mediamente permeabili;  
**SP** : Semipermeabile;  
**IM** : Impermeabile

Schema delle permeabilità dei terreni in superficie ed in profondità.



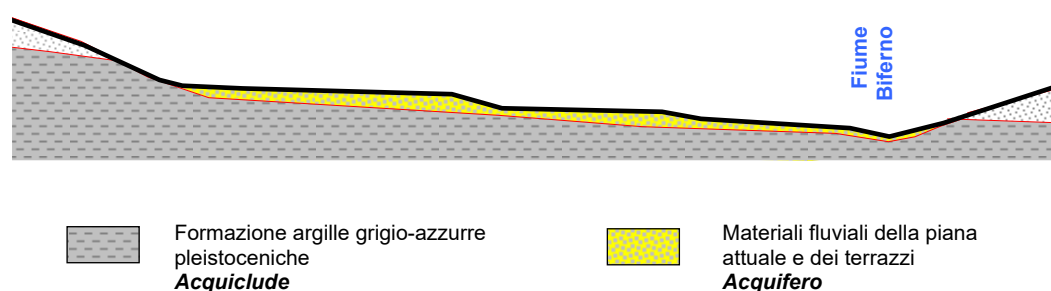
## 8.2 Caratterizzazione e definizione geometrica degli acquiferi

Sulla base degli elementi geologici descritti precedentemente, è possibile definire la struttura idrogeologica dell'area, formata dal fondo valle del fiume Biferno e dai suoi fianchi vallivi.

Considerando le unità geologiche presenti nell'area, è possibile definire un acquifero, avente sede nei materiali fluviali con una minore trasmissività nei materiali limosi più superficiali che fungono da acquitardo. All'interno dell'acquifero, dal punto di vista delle permeabilità è possibile distinguere una unità superiore con depositi fluviali terrazzati ed attuali, ed una unità inferiore argillosa avente una scarsa o nulla permeabilità. Ne consegue che i limiti geologici tra le due unità costituiscono il contatto inferiore impermeabile.

L'assetto idrogeologico è quindi semplice: la formazione di base rappresenta il basamento impermeabile della struttura, mentre i materiali fluviali ne costituiscono l'acquifero. È inoltre fondamentale definire l'estensione areale della struttura acquifera: ciò è agevole in quanto il limite stratigrafico "materiali fluviali-argille grigio-azzurre" affiora in continuo al piede dei rilievi collinari in sinistra ed in destra idrografica del fiume Biferno.

Per cui l'acquifero risulta delimitato a sud-est e nord-est, come evidenziato di seguito



*Schema dell'estensione dell'acquifero contenuto nei materiali fluviali*

Ne consegue che dal punto di vista idrogeologico, l'acquifero è completamente isolato da condizioni al contorno di flusso nullo, sia lateralmente che alla base. La sua alimentazione dunque è esclusivamente riferibile alle acque meteoriche afferenti alla superficie dell'acquifero stesso. Nel tratto di fondovalle in esame, non è prevedibile l'esistenza di fronti di riemersione sorgentizia in quanto il contatto tra permeabile-impermeabile non risulta affiorante.

## 8.3 Falda acquifera e superficie piezometrica nell'area di progetto

I pozzi e piezometri già esistenti nell'area dello stabilimento hanno permesso di reperire dati relativi all'idrogeologia del sottosuolo nelle aree di progetto. Le misure effettuate rispetto al piano campagna sono riportate di seguito.



| Pozzetti d'ispezione | Lecture freaticometriche rispetto al p.c. (m) |
|----------------------|---|
| W990-9               | 5,32  |
| W990-4               | 3,60  |
| W990-5               | 3,02  |
| W990-12              | 3,81  |
| W990-7               | 4,57  |
| W990-14              | 4,38  |
| W990-8               | 4,05  |
| W990-15              | 4,38  |

*Lecture freaticometriche effettuate nei piezometri già esistenti*

Le prove penetrometriche dinamiche eseguite, hanno evidenziato la presenza di livelli idrici, come riportato di seguito.

| <i>Prova penetrometrica dinamica (sigla)</i> | <i>Livello falda acquifera (m) riferito al p.c.</i> |
|--|---|
| DPSH 1                                       | 5.0   |
| DPSH 2                                       | 6.0   |

Le prove penetrometriche dinamiche eseguite in precedenza, hanno evidenziato la presenza di livelli idrici, come riportato di seguito.

| <i>Prova penetrometrica dinamica (sigla)</i> | <i>Livello falda acquifera (m) riferito al p.c.</i> |
|--|---|
| DPSH 1                                       | 3.0   |
| DPSH 2                                       | 5.2   |
| DPSH 3                                       | 7.8   |
| DPSH 4                                       | 8.2   |
| DPSH 5                                       | 7.8   |

L'assetto idrogeologico è formato dal complesso dei depositi fluviale terrazzati che ricoprono la formazione delle argille grigio-azzurre plio-pleistoceniche. I materiali di terrazzo sono formati da un deposito sabbioso-ghiaioso, sovrapposti da un ulteriore deposito limoso. Il deposito sabbioso-ghiaioso terrazzato rappresenta un acquifero con una permeabilità molto elevata che contiene una falda acquifera sorretta dall'acquicluda rappresentato dalla formazione argillosa; il deposito limoso sovrastante costituisce un acquitardo con conducibilità idraulica relativa più bassa rispetto all'acquifero sabbioso-ghiaioso e rallenta momentaneamente i deflussi idrici sotterranei.

La falda acquifera risulta di tipo freatico non confinata, e contenuta prevalentemente all'interno del deposito sabbioso-ghiaioso, per la presenza dell'acquitardo superficiale discontinuo, in alcuni casi può risultare in pressione in coincidenza di aumenti di spessore dell'acquitardo limoso.

La presenza dell'acquitardo limoso superficiale, può influenzare le misure dei livelli idrici sotterranei in coincidenza delle piogge; in tale occasione il deposito limoso, rallenta i flussi idrici



sotterranei e potrebbe dare luogo a livelli idrici non rappresentativi dei livelli statici della falda acquifera, ma potrebbero essere legati a livelli dinamici delle acque sotterranee contenute nell'acquitrando superficiale, che vengono drenate con flussi lenti alla sottostante falda vera e propria.

I dati rilevati permettono di trarre le seguenti considerazioni:

- L'andamento della base impermeabile è coincidente con la formazione delle argille grigio-azzurre pleistoceniche, posto a profondità comprese tra 11.0-15.0 m.
- I depositi fluviali, a litologia sabbioso-ghiaiosa, presentano le caratteristiche di un vero e proprio acquifero e contiene una falda acquifera libera, non confinata;
- La falda nelle aree di studio risulta ad una profondità di circa 5.0-6.0 m dal piano campagna. Il livello della piezometrica può oscillare in dipendenza delle variazioni del pelo libero del fiume Biferno, a cui è legata.
- La ricostruzione delle isofreatiche evidenziano una direzione di deflusso in direzione nord-est e localmente verso est; tale andamento verosimilmente è legato all'andamento meandriforme dell'asta fluviale oggi in parte rettificato con argini artificiali, e la circolazione idrica sotterranea è influenzata dalle locali circolazioni idriche che si esplicano in prossimità di un'ansa fluviale.
- La presenza del deposito limoso più superficiale, che rappresenta un acquitrando, rallenta i flussi idrici superficiali e in coincidenza di precipitazioni potrebbe sorreggere una falda effimera e sospesa con livelli a circa 2.0 m dal p.c. che lentamente viene drenata alla vera e propria falda di subalveo sottostante.



## 9. GEOTECNICA DEI TERRENI

### 9.1 Definizione del volume significativo di terreno

Ai sensi di quanto definito nel 6.2.2. del D.M. 17.01.2018, ai fini del presente studio il volume significativo è stato inteso come il rilievo e indagare l'intera successione dell'area; tanto che le indagini dirette sono state spinte fino ad investigare la formazione di base inalterata che nella zona presenta spessori >100 m.

### 9.2 Progetto e programmazione delle indagini eseguite

Come illustrato nei paragrafi precedenti per l'elaborazione dello studio al fine di integrare le conoscenze dell'area di studio, si è proceduto all'esecuzione di prove geotecniche; in funzione della litologia direttamente affiorante e di quella presente nel sottosuolo (volume significativo dell'opera) sono state effettuate prove penetrometriche dinamiche e sismica a rifrazione per verificare l'omogeneità litologica nelle aree di ingombro degli interventi. La tipologia delle indagini eseguite sono state adeguatamente mirate ai terreni del sottosuolo su cui insiste il progetto, ovvero sono state scelte in funzione delle caratteristiche dei terreni che costituiscono l'area in esame, in modo da valutare le caratteristiche geotecniche. Il sito di interesse si inserisce in corrispondenza di unità terrigene, a litologia limo-argillosa e depositi fluviali. Per cui le indagini effettuate, geotecniche e geofisiche sono state programmate in relazione alla presenza di terreni coesivi e granulari. Le indagini geotecniche e geofisiche, hanno permesso di indagare l'intera successione dei terreni che interagiscono con gli interventi da realizzare

### 9.3 Unità litotecniche

Le caratteristiche litologiche dei terreni che caratterizzano l'area di studio, corrispondono a modelli di comportamento fisico-meccanico diversi, per tanto di seguito vengono descritti separatamente le caratteristiche delle unità geotecniche (UG) rinvenibili nel sottosuolo delle aree di progetto.

#### **UG1 – Depositi recenti**

Sotto l'aspetto tecnico il materiale più superficiale è formato da elementi calcarei di taglia ghiaiosa e ciottolosa con un comportamento meccanico di un terreno granulare, mentre in profondità si rilevano limi sabbiosi con clasti, per cui il suo comportamento di assieme risulta variabile da pseudo coesivo a granulare. Cautelativamente, per la parametrizzazione geotecnica dell'unità, si è fatto riferimento a quest'ultime.

#### **UG2, UG3 - Depositi fluviali**

Nelle aree di progetto, il deposito presenta una litologia prevalente limosa (UG2) a cui si associa frazione variabile di argille. In generale il suo comportamento di assieme risulta coesivo e pseudo-coesivo poco consistente.



A seguire con la profondità è presenta una unità geotecnica (UG3) che marca il passaggio alla formazione di substrato e risulta caratterizzato da litologie sabbiose e ghiaiose con estrema variabilità di spessore e di frequenza, e con un debole contenuto in limo. Il comportamento meccanico di assieme risulta prevalentemente granulare con un grado di addensamento da moderatamente addensato ad addensato.

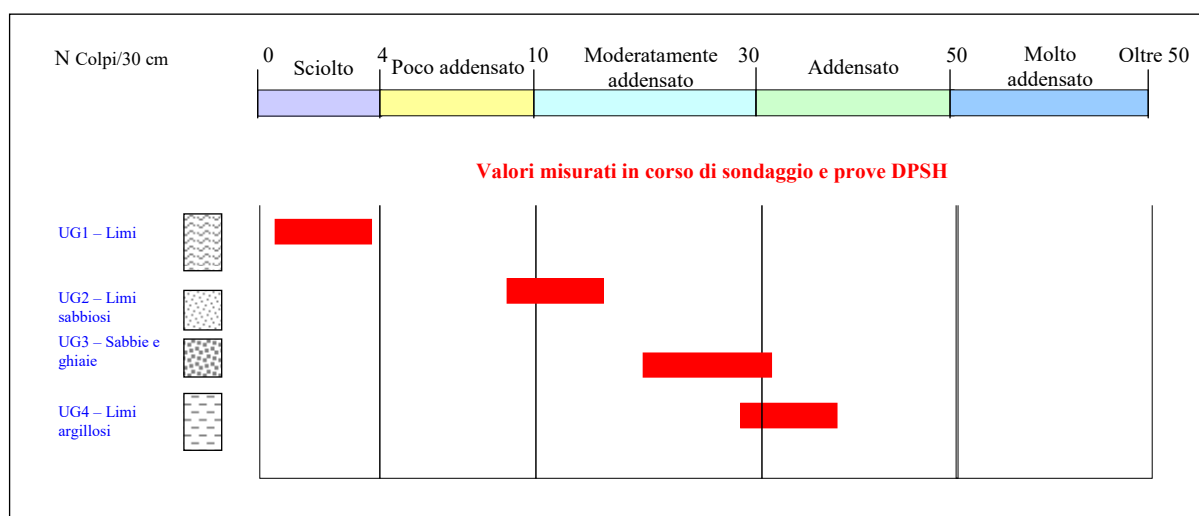
#### UG4 – Limi argillosi di base

L'unità che rappresenta la formazione di substrato della zona, risulta granulometricamente costituita da limi e limi-argillosi a vario tenore sabbioso, di colore grigio-azzurro. Il suo comportamento meccanico risulta tipicamente coesivo sovraconsolidato con consistenza elevata.

### 9.4 Metodi classificazione dei litotipi

Le caratteristiche tecniche dei materiali presenti sono state definite sulla base delle prove eseguite in sito e in laboratorio precedenti.

Per i termini granulari si è fatto riferimento alle prove S.P.T. eseguite in corso di sondaggio, i cui risultati sono schematizzati di seguito.



Schema dei risultati delle prove S.P.T. in foro di sondaggio e prove DPSH

I parametri fisico-meccanici dei terreni incoerenti, per i quali le correlazioni con le prove S.P.T. sono più attendibili, risultano essere:

- ✓ Angolo di attrito interno del terreno ( $\phi'$ );
- ✓ Densità relativa ( $D_r$ );
- ✓ Modulo sforzi-deformazioni ( $E'$ ).

Qui di seguito sono riportate le correlazioni utilizzate per valutare i suddetti parametri per i terreni granulari da prove SPT.

Angolo di attrito interno ( $\phi'$ )

$$\phi' = \sqrt{(15 * N')} + 15 \quad (\text{Shioi \& Fukuni, 1983})$$



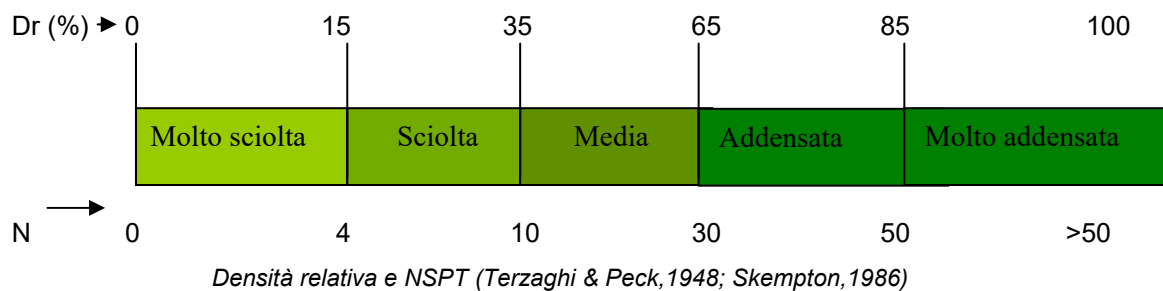
### Densità relativa ( $D_r$ , %)

Secondo le formule di Peck & Bazaara (1967):

$$\text{a) per } p_o \leq 75 \text{ kPa} \quad D_r = \sqrt{\left\{ \frac{(N')}{20 \cdot [1 + (0,04 \cdot p_o)]} \right\}}$$

$$\text{b) per } p_o \geq 75 \text{ kPa} \quad D_r = \sqrt{\left\{ \frac{(N')}{20 \cdot [3,25 + (0,01 \cdot p_o)]} \right\}}$$

Una valutazione più generica, ma più utilizzata, della  $D_r$  può essere fatta mediante la seguente figura (Terzaghi & Peck, 1948; Skempton, 1986) per materiali granulari:



### Modulo sforzi-deformazioni ( $E'$ , kPa).

Secondo le correlazioni di Bowles (Fondazioni, 1991, pag.278):

$$\text{a) per sabbia ghiaiosa e ghiaia} \quad E' = 600 \cdot (N'+6) + 2000$$

Dai dati rilevati dalle prove penetrometriche, utilizzando la formula dinamica degli “Olandesi” si è calcolato la resistenza a rottura  $R_d$  (chiamata anche  $R_{pd}$ ) dinamica della punta nelle prove DPSH, mettendo in relazione, energetica della massa del maglio, la sua altezza di caduta, l’area della punta, l’avanzamento e il peso delle aste. La “Formula Olandese” ha permesso di valutare la resistenza dinamica alla punta ( $R_{pd}$ ), funzione del numero di colpi  $N$ , secondo la relazione di seguito riportata:

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

Dove:

$R_{pd}$  = resistenza dinamica punta (Area  $A$ )

$e$  = infissione per colpo =  $\delta/N$

$M$  = peso massa battente (altezza caduta  $H$ )

$P$  = peso totale aste e sistema battuta

In base ai risultati della prova è stata effettuata la suddivisione dell’andamento verticale del terreno investigato, in intervalli caratteristici; ovvero strati con omogenee resistenze geomeccanica, definiti in base ai corrispondenti intervalli del numero di colpi per avanzamento della punta. I valori delle prove, sono stati, correlati con le prove SPT (attraverso il coefficiente teorico di energia  $\beta_t$  pari a 1.521) da cui si ricavano, sulla base della ampia produzione bibliografica esistente, i parametri dei terreni.

In particolare le relazioni utilizzate dal programma di elaborazione del numero di colpi misurato sono riportate di seguito:



## Terreni granulari

$\phi'$  (angolo di attrito efficace):

Nspt ->  $\phi'$  (ANGOLO DI ATTRITO EFFICACE) (Terreni granulari) - PECK-HANSON-THORBURN

| Nspt | $\phi'$ (°) | Nspt | $\phi'$ (°) | Nspt | $\phi'$ (°) | Nspt | $\phi'$ (°) |
|------|-------------|------|-------------|------|-------------|------|-------------|
| 5    | 28,0        | 30   | 36,0        | 55   | 41,8        | 80   | 44,5        |
| 10   | 30,0        | 35   | 37,3        | 60   | 42,5        | 85   | 44,8        |
| 15   | 31,5        | 40   | 38,5        | 65   | 43,3        | 90   | 45,0        |
| 20   | 33,0        | 45   | 39,8        | 70   | 44,0        | 95   | 45,0        |
| 25   | 34,5        | 50   | 41,0        | 75   | 44,3        | 100  | 45,0        |

Dr ( densità relativa):

Nspt -> Dr DENSITA' RELATIVA (Terreni granulari) - TERZAGHI & PECK (1948-1967) -

| Nspt | Dr(%) | Nspt | Dr(%) | Nspt | Dr(%) | Nspt | Dr(%) |
|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|
| 5    | 18    | 30   | 65    | 55   | 87    | 80   | 96    |
| 10   | 35    | 35   | 70    | 60   | 89    | 85   | 98    |
| 15   | 43    | 40   | 75    | 65   | 91    | 90   | 100   |
| 20   | 50    | 45   | 80    | 70   | 93    | 95   | 100   |
| 25   | 58    | 50   | 85    | 75   | 94    | 100  | 100   |

|                |                             |                 |
|----------------|-----------------------------|-----------------|
| Nspt = 0 ± 4   | sabbia MOLTO SCIOLTA        | Dr = 0 ± 15 %   |
| Nspt = 4 ± 10  | sabbia SCIOLTA              | Dr = 15 ± 35 %  |
| Nspt = 10 ± 30 | sabbia MEDIAMENTE ADDENSATA | Dr = 35 ± 65 %  |
| Nspt = 30 ± 50 | sabbia ADDENSATA            | Dr = 65 ± 85 %  |
| Nspt > 50      | sabbia MOLTO ADDENSATA      | Dr = 85 ± 100 % |

Y (peso di volume):

Nspt -> Y (PESO DI VOLUME)  
Ysat[t/m³]= peso di volume saturo

TERRENI GRANULARI (Terzaghi-Peck 1948/1967) [e.max = 1 e.min = 1/3 G = 2.65]

| Nspt | Ysat | Yd   | Nspt | Ysat | Yd   | Nspt | Ysat | Yd   | Nspt | Ysat | Yd   |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0    | 1,83 | 1,33 | 25   | 2,02 | 1,64 | 50   | 2,15 | 1,85 | 75   | 2,20 | 1,93 |
| 5    | 1,88 | 1,41 | 30   | 2,05 | 1,69 | 55   | 2,16 | 1,87 | 80   | 2,21 | 1,95 |
| 10   | 1,93 | 1,50 | 35   | 2,08 | 1,73 | 60   | 2,17 | 1,88 | 85   | 2,23 | 1,97 |
| 15   | 1,96 | 1,54 | 40   | 2,10 | 1,77 | 65   | 2,18 | 1,90 | 90   | 2,24 | 1,99 |
| 20   | 1,99 | 1,59 | 45   | 2,13 | 1,81 | 70   | 2,19 | 1,92 | 95   | 2,24 | 1,99 |

E' (modulo di deformazione drenato):

Nspt -> E' (MODULO DI DEFORMAZIONE DRENATO) (Terreni granulari) - D'APPOLONIA e altri

SABBIE e GHIAIE N.C. (normalmente consolidate)

| Nspt | E'(kg/cm²) | Nspt | E'(kg/cm²) | Nspt | E'(kg/cm²) | Nspt | E'(kg/cm²) |
|------|------------|------|------------|------|------------|------|------------|
| 5    | 229,8      | 30   | 422,6      | 55   | 615,3      | 80   | 808,1      |
| 10   | 268,4      | 35   | 461,1      | 60   | 653,9      | 85   | 846,6      |
| 15   | 306,9      | 40   | 499,7      | 65   | 692,4      | 90   | 885,2      |
| 20   | 345,5      | 45   | 538,2      | 70   | 731,0      | 95   | 923,7      |
| 25   | 384,0      | 50   | 576,8      | 75   | 769,5      | 100  | 962,3      |

SABBIE S.C. (sovra consolidate)

| Nspt | E'(kg/cm²) | Nspt | E'(kg/cm²) | Nspt | E'(kg/cm²) | Nspt | E'(kg/cm²) |
|------|------------|------|------------|------|------------|------|------------|
| 5    | 428,5      | 30   | 694,5      | 55   | 960,5      | 80   | 1226,5     |
| 10   | 481,7      | 35   | 747,7      | 60   | 1013,7     | 85   | 1279,7     |
| 15   | 534,9      | 40   | 800,9      | 65   | 1066,9     | 90   | 1332,9     |
| 20   | 588,1      | 45   | 854,1      | 70   | 1120,1     | 95   | 1386,1     |
| 25   | 641,3      | 50   | 907,3      | 75   | 1173,3     | 100  | 1439,3     |



### Terreni coesivi

Y (peso di volume), W (umidità), e (indice dei vuoti):

Nspt -> Y (PESO DI VOLUME) (Terreni coesivi)  
Ysat[t/m³]= peso di volume saturo Yd[t/m³]= peso di volume secco W = umidità % e = indice vuoti

TERRENI COESIVI (Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967) [p.specifico G = 2.70]

| Nspt | Ysat | W% | e     | Nspt | Ysat | W% | e     | Nspt | Ysat | W% | e     |
|------|------|----|-------|------|------|----|-------|------|------|----|-------|
| 0    | 1,60 | 68 | 1,833 | 10   | 1,90 | 33 | 0,892 | 20   | 2,02 | 25 | 0,667 |
| 2    | 1,75 | 47 | 1,267 | 12   | 1,92 | 31 | 0,842 | 22   | 2,04 | 23 | 0,628 |
| 4    | 1,80 | 42 | 1,125 | 14   | 1,95 | 29 | 0,795 | 24   | 2,07 | 22 | 0,591 |
| 6    | 1,85 | 37 | 1,000 | 16   | 1,97 | 28 | 0,750 | 26   | 2,09 | 21 | 0,556 |
| 8    | 1,87 | 35 | 0,945 | 18   | 2,00 | 26 | 0,708 | 28   | 2,10 | 20 | 0,545 |

Cu (Coesione non drenata):

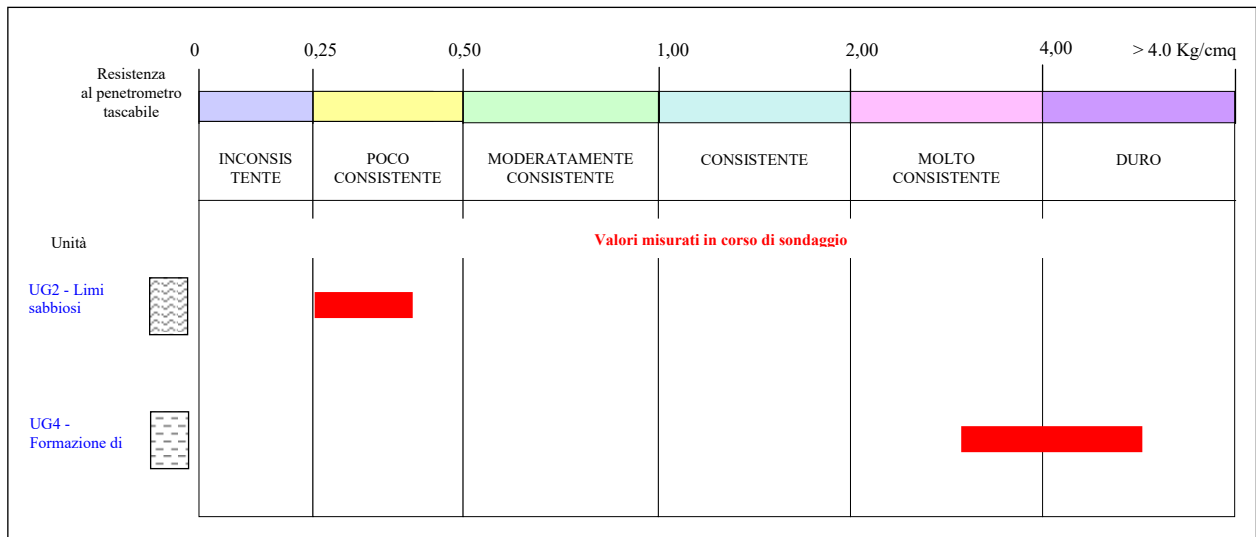
Nspt -> Cu (COESIONE NON DRENATA) (Terreni coesivi) - TERZAGHI & PECK (1948-1967) -

| Nspt | Cu(kg/cm²) | Nspt | Cu(kg/cm²) | Nspt | Cu(kg/cm²) | Nspt | Cu(kg/cm²) |
|------|------------|------|------------|------|------------|------|------------|
| 2    | 0,13       | 12   | 0,75       | 22   | 1,38       | 32   | 2,00       |
| 4    | 0,25       | 14   | 0,88       | 24   | 1,50       | 34   | 2,13       |
| 6    | 0,38       | 16   | 1,00       | 26   | 1,63       | 36   | 2,25       |
| 8    | 0,50       | 18   | 1,13       | 28   | 1,75       | 38   | 2,38       |
| 10   | 0,63       | 20   | 1,25       | 30   | 1,88       | 40   | 2,50       |

|                |                              |                           |
|----------------|------------------------------|---------------------------|
| Nspt = 0 ÷ 2   | terreno MOLTO MOLLE          | Cu = 0.000 ÷ 0.125 kg/cm² |
| Nspt = 2 ÷ 4   | terreno MOLLE                | Cu = 0.125 ÷ 0.250 kg/cm² |
| Nspt = 4 ÷ 8   | terreno MODERATA CONSISTENZA | Cu = 0.250 ÷ 0.500 kg/cm² |
| Nspt = 8 ÷ 15  | terreno CONSISTENTE          | Cu = 0.500 ÷ 1.000 kg/cm² |
| Nspt = 15 ÷ 30 | terreno MOLTO CONSIST.       | Cu = 1.000 ÷ 2.000 kg/cm² |
| Nspt > 30      | terreno ESTREMAM.CONSIST.    | Cu > 2.000 kg/cm²         |

Per i terreni a comportamento coesivo e pseudo-coesivo la parametrizzazione, oltre alle prove dinamiche in situ ed in foro, ha tenuto conto delle prove di consistenza in sito eseguite in corso dei sondaggi, delle prove di laboratorio geotecnico effettuate sui campioni indisturbati prelevati nel corso di campagne di indagini precedenti.

Dall'andamento delle prove di consistenza, di seguito schematizzate, eseguite sui reperti di carotaggio con il Pocket penetrometer nel corso delle indagini prese in riferimento, si sono ottenute valide indicazioni sui valori di resistenza in condizioni non drenate della formazione di base di substrato.



Schema dei valori di consistenza misurati in base alla classificazione A.G.I.,1977



I risultati delle prove di laboratorio precedenti sono riportate di seguito.

| Sondaggio<br>n. | Campione<br>n. | Profondità<br>m | Peso<br>specifico<br>g/cm <sup>3</sup> | Granulometria |        |        |        | Limiti Atterberg |         |         |         | Taglio diretto           |                     | Edometrica<br>E<br>Kg/cm <sup>2</sup> |
|-----------------|----------------|-----------------|--|---------------|--------|--------|--------|------------------|---------|---------|---------|--------------------------|---------------------|---------------------------------------|
|                 |                |                 |  | G<br>%        | S<br>% | L<br>% | A<br>% | LL<br>%          | LP<br>% | Ip<br>% | Ic<br>- | c'<br>Kg/cm <sup>2</sup> | φ <sup>□</sup><br>° |                                       |
| S 1             | CI 1           | 2,30<br>3,0     | 2.699                                  | -             | 27     | 52     | 21     | 28.4             | 19.3    | 9.1     | 0.8     | -                        | -                   | 53.71                                 |
| S 2             | CI 1           | 3,4<br>4,0      | 2.699                                  | -             | 20     | 50     | 30     | 39.3             | 22      | 17.3    | 0.9     | 0.08                     | 24.86               | -                                     |
| S 3             | CI 1           | 11,6<br>12,0    | 2.699                                  | -             | 10     | 50     | 40     | 48.3             | 23.5    | 24.8    | 0.8     | -                        | -                   | 110.89                                |
|                 | CR 1           | 6,5             | 2.699                                  | 3             | 75     | 15     | 7      | -                | -       | -       | -       | -                        | -                   | -                                     |
| S 4             | CI 1           | 17,0<br>17,5    | 2.699                                  | -             | 9      | 50     | 41     | 41.2             | 21.3    | 19.9    | 0.9     | 0.07                     | 24.2                | -                                     |
| S 5             | CI 1           | 18,6<br>19,0    | 2.699                                  | 1             | 13     | 45     | 41     | 40.9             | 21.6    | 19.3    | 0.8     | -                        | -                   | -                                     |
|                 | CR 1           | 5,4             | 2.699                                  | -             | 76     | 17     | 7      | -                | -       | -       | -       | -                        | -                   | -                                     |

*Risultati delle prove di laboratorio geotecnico precedenti*

I dati disponibili forniscono un quadro sufficientemente ampio delle caratteristiche dei terreni che verranno interessati dal progetto.

### 9.5 Modello geotecnico delle aree

I dati già disponibili e quelli rilevati in questa fase forniscono un quadro delle caratteristiche dei terreni che verranno interessati dal progetto e di quelli che caratterizzano l'area in esame. Lo schema generale dell'area, in base alle considerazioni esposte nei paragrafi precedenti ed all'omogeneizzazione dei diversi dati di cui si dispone consente di ricondurre il tutto al seguente modello geotecnico del sito; nella tavola che segue è riportato l'assetto litotecnico. Ai parametri è stato assegnato un range di variazione che tiene conto della variabilità litotecnica delle unità geotecniche.

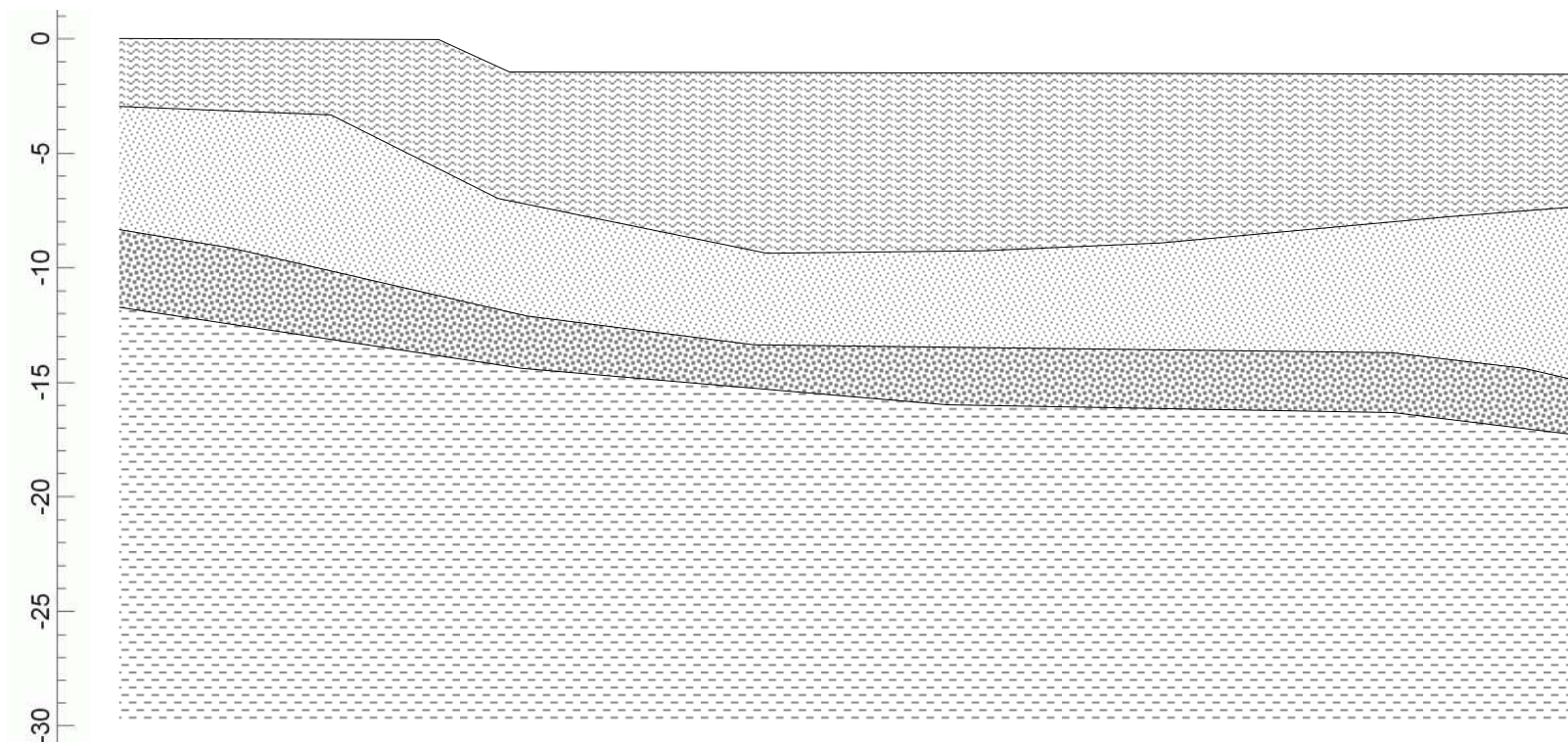



Area di intervento: progetto New Air Emissions Treatment System


| Modello geotecnico   |                                 |                            |                             |  |
|--|---------------------------------|----------------------------|-----------------------------|--|
| Unità geotecnica   | comportamento meccanico         | Profondità (m)             |                             | Parametri geotecnici   |
|  |                                 | Porzione rialzata del sito | Porzione ribassata del sito |  |
| UG 1 <i>Deposito recente</i><br>Limi e sabbie con clasti                                 | Pseudo-coerente pseudo-coesivo, | 0.0                        | 0.0                         | $\gamma = 0.0180 \text{ N/cm}^3$<br>$\phi = 22-24^\circ$<br>$C_u = 2 \text{ N/cm}^2$<br>$E_d = 250-300 \text{ N/cm}^2$<br>$K = 8-9 \text{ N/cm}^3$<br>$K_s = 9-10 \text{ N/cm}^3$  |
|  |                                 | 2.0-3.0                    | 5.0-7.0                     |  |
| UG 2 <i>Limi argilloso-sabbiosi</i><br>Limi e limi argillosi con intercalazioni sabbiose | Coerente, coesivo               | 2.0-3.0                    | 5.0-7.0                     | $\gamma = 0.0189 \text{ N/cm}^3$<br>$\phi = 23-24^\circ$<br>$C_u = 3-4 \text{ N/cm}^2$<br>$c = 0-0.1 \text{ N/cm}^2$<br>$E_d = 300-400 \text{ N/cm}^2$<br>$K = 10-20 \text{ N/cm}^3$<br>$K_s = 10-20 \text{ N/cm}^3$       |
|  |                                 | 8.0-9.0                    | 10.0-11.0                   |  |
| UG 3 <i>Sabbie ghiaiose</i><br>Sabbie limose e ghiaie                                    | Incoerente, granulare           | 8.0-9.0                    | 10.0-11.0                   | $\gamma = 0.0192 \text{ N/cm}^3$<br>$\phi = 27-32^\circ$<br>$D_r = 15-25 \%$<br>$E_d = 700-1100 \text{ N/cm}^2$<br>$K = 70-100 \text{ N/cm}^3$<br>$K_s = 65-100 \text{ N/cm}^3$  |
|  |                                 | 11.0-12.0                  | 14.0-15.0                   |  |
| UG 4 <i>Formazione di base</i><br>Limi argillosi con intercalazioni sabbiose             | Coerente, coesivo               | 11.0-12.0                  | 14.0-15.0                   | $\gamma = 0.021 \text{ N/cm}^3$<br>$\phi = 24-26^\circ$<br>$C_u = 10-12 \text{ N/cm}^2$<br>$c = 0.4-0.7 \text{ N/cm}^2$<br>$E_d = 1500-2000 \text{ N/cm}^2$<br>$K = 90-110 \text{ N/cm}^3$<br>$K_s = 40-80 \text{ N/cm}^3$ |
|  |                                 | >30.0                      | >30.0                       |  |


Dove:  $\gamma$  = peso di volume;  $\phi$  = angolo di attrito;  $D_r$  = densità relativa;  $C_u$  = coesione non drenata;  $c'$  = coesione efficace;  $E_d$  = modulo edometrico;  $K$  = modulo Winkler verticale;  $K_s$  = modulo Winkler orizzontale


Modello geotecnico del sito



 **UG 1 – Deposito recente**  
Limi sabbiosi e sabbie con clasti

 **UG 2 – Deposito limoso**  
Limi e limi argillosi con intercalazioni  
sabbiose

 **UG 3 – Deposito sabbioso-ghiaioso**  
Sabbie e ghiaie

 **UG 4 – Formazione di base**  
Limi argillosi con intercalazioni sabbiose

*Assetto delle unità litotecniche*

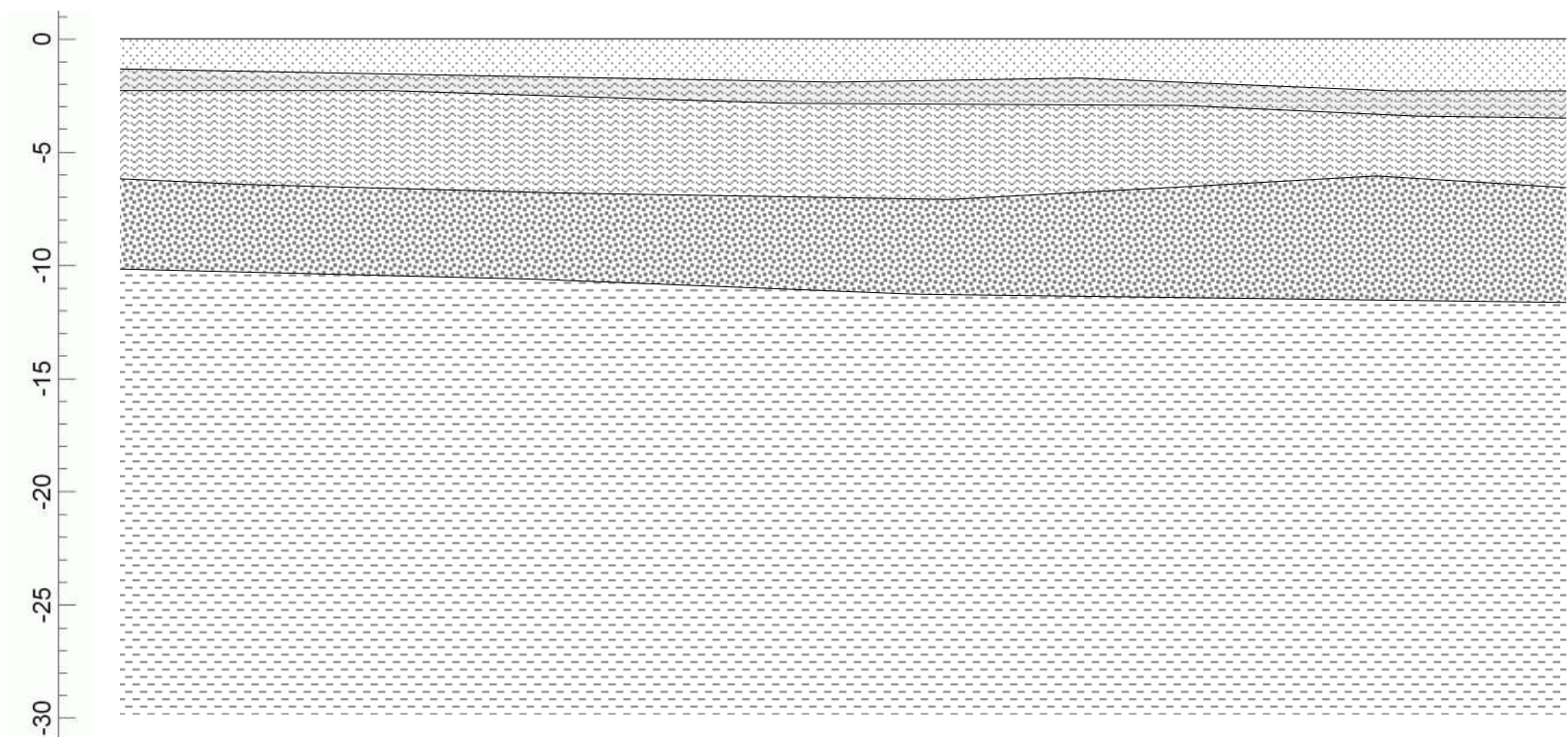



Area intervento: progetto di MQ RESIN/ AF EMULSION/D672 UPGRADE


| Modello geotecnico  |                                 |                |   |
|---|---------------------------------|----------------|---|
| Unità geotecnica  | comportamento meccanico         | Profondità (m) | Parametri geotecnici  |
| UG 1a<br><i>Rilevato</i><br>Clasti eterometrici con sabbie debolmente limose                | Incoerente, granulare           | 0.00           | $\gamma = 0.021 \text{ N/cm}^3$<br>$\phi' = 32-34^\circ$<br>$Dr = 45 \%$<br>$Ed = 2000-2500 \text{ N/cm}^2$<br>$K = 90-100 \text{ N/cm}^3$<br>$Ks = 70-100 \text{ N/cm}^3$  |
|   |                                 | 1.00-1.70      |   |
| UG 1b<br><i>Terreno di riporto</i><br>Limi e sabbie con clasti                              | Pseudo-coerente pseudo-coesivo, | 1.00-1.70      | $\gamma = 0.018 \text{ N/cm}^3$<br>$\phi = 22-24^\circ$<br>$Cu = 2 \text{ N/cm}^2$<br>$Ed = 350-450 \text{ N/cm}^2$<br>$K = 30-40 \text{ N/cm}^3$<br>$Ks = 12-20 \text{ N/cm}^3$  |
|   |                                 | 2.00           |   |
| UG 2<br><i>Limi argilloso-sabbiosi</i><br>Limi e limi argillosi con intercalazioni sabbiose | Coerente, coesivo               | 2.00           | $\gamma = 0.0190 \text{ N/cm}^3$<br>$\phi = 22-23^\circ$<br>$Cu = 3-4 \text{ N/cm}^2$<br>$c = 0-0.1 \text{ N/cm}^2$<br>$Ed = 300-400 \text{ N/cm}^2$<br>$K = 10-20 \text{ N/cm}^3$<br>$Ks = 10-20 \text{ N/cm}^3$       |
|   |                                 | 5.00 – 6.00    |   |
| UG 3<br><i>Sabbie ghiaiose</i><br>Sabbie e ghiaie   | Incoerente, granulare           | 5.00 – 6.00    | $\gamma = 0.0195 \text{ N/cm}^3$<br>$\phi = 27-32^\circ$<br>$Dr = 15-25 \%$<br>$Ed = 700-1100 \text{ N/cm}^2$<br>$K = 70-100 \text{ N/cm}^3$<br>$Ks = 65-100 \text{ N/cm}^3$  |
|   |                                 | 10.00 – 12.00  |   |
| UG 4<br><i>Formazione di base</i><br>Limi argillosi con intercalazioni sabbiose             | Coerente, coesivo               | 10.00 – 12.00  | $\gamma = 0.021 \text{ N/cm}^3$<br>$\phi = 24-26^\circ$<br>$Cu = 10-12 \text{ N/cm}^2$<br>$c = 0.4-0.7 \text{ N/cm}^2$<br>$Ed = 1500-2000 \text{ N/cm}^2$<br>$K = 90-110 \text{ N/cm}^3$<br>$Ks = 40-80 \text{ N/cm}^3$ |
|   |                                 | >30.00         |   |

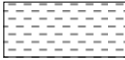
Dove:  $\gamma$  = peso di volume;  $\phi$  = angolo di attrito;  $Dr$  = densità relativa;  $Cu$  = coesione non drenata;  $c'$  = coesione efficace;  $Ed$  = modulo edometrico;  $K$  = modulo Winkler verticale;  $Ks$  = modulo Winkler orizzontale


Modello geotecnico del sito




 **UG1a - Rilevato**  
Clasti eterometrici con sabbie  
debolmente limose

 **UG 2 – Deposito limoso**  
Limi e limi argillosi con intercalazioni  
sabbiose

 **UG 4 – Formazione di base**  
Limi argillosi con intercalazioni sabbiose

 **UG 1b – Terreno di riporto**  
Limi e sabbie con clasti

 **UG 3 – Deposito sabbioso-ghiaioso**  
Sabbie e ghiaie

Assetto delle unità litotecniche

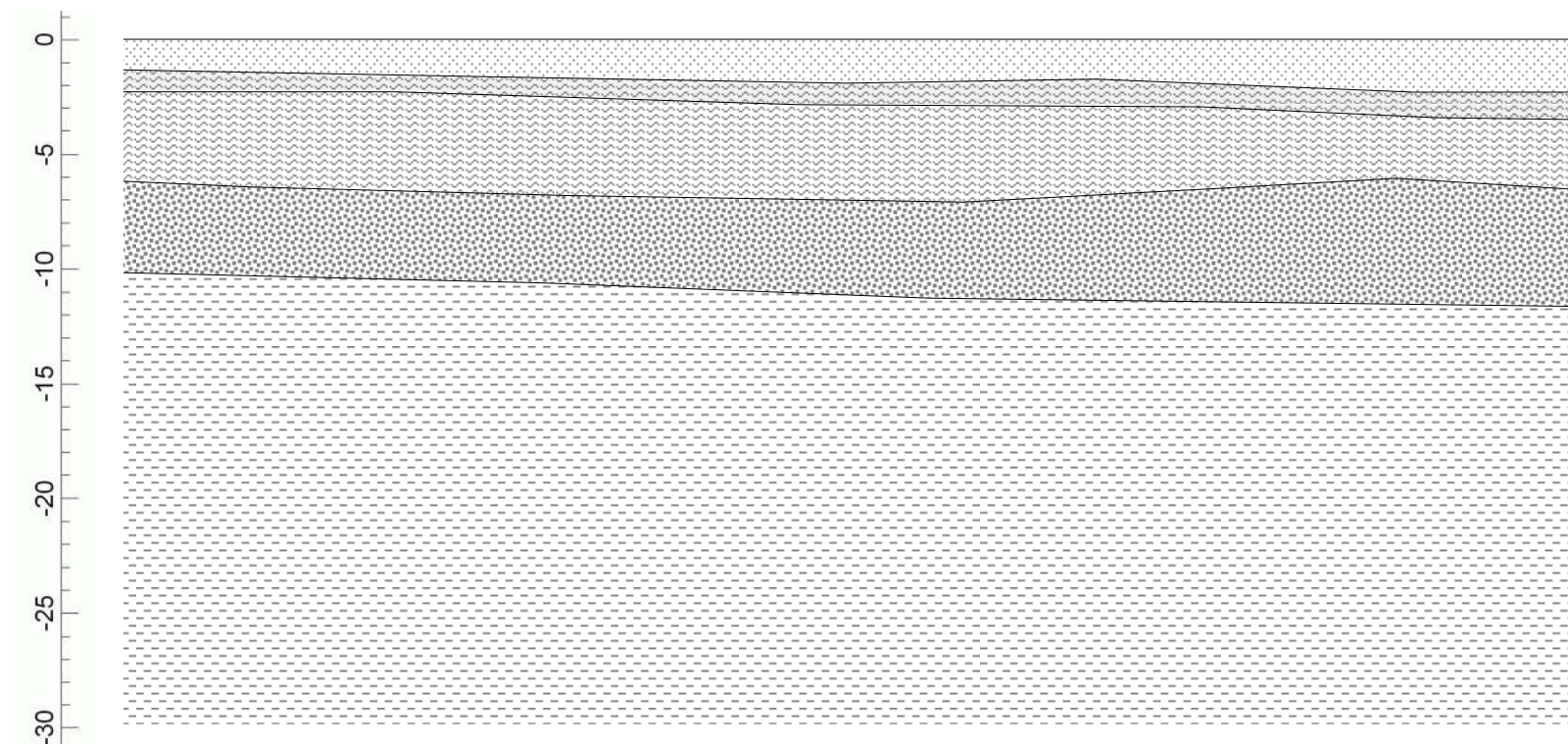



Area intervento: progetto A1170


| Modello geotecnico  |                                 |                |   |
|---|---------------------------------|----------------|---|
| Unità geotecnica  | comportamento meccanico         | Profondità (m) | Parametri geotecnici  |
| UG 1a<br><i>Rilevato</i><br>Clasti eterometrici con sabbie debolmente limose                | Incoerente, granulare           | 0.00           | $\gamma = 0.021 \text{ N/cm}^3$<br>$\phi' = 32-34^\circ$<br>$Dr = 45 \%$<br>$Ed = 2000-2500 \text{ N/cm}^2$<br>$K = 90-100 \text{ N/cm}^3$<br>$Ks = 70-100 \text{ N/cm}^3$  |
|   |                                 | 1.00-1.70      |   |
| UG 1b<br><i>Terreno di riporto</i><br>Limi e sabbie con clasti                              | Pseudo-coerente pseudo-coesivo, | 1.00-1.70      | $\gamma = 0.018 \text{ N/cm}^3$<br>$\phi = 22-24^\circ$<br>$Cu = 2 \text{ N/cm}^2$<br>$Ed = 350-450 \text{ N/cm}^2$<br>$K = 30-40 \text{ N/cm}^3$<br>$Ks = 12-20 \text{ N/cm}^3$  |
|   |                                 | 2.00           |   |
| UG 2<br><i>Limi argilloso-sabbiosi</i><br>Limi e limi argillosi con intercalazioni sabbiose | Coerente, coesivo               | 2.00           | $\gamma = 0.0190 \text{ N/cm}^3$<br>$\phi = 22-23^\circ$<br>$Cu = 3-4 \text{ N/cm}^2$<br>$c = 0-0.1 \text{ N/cm}^2$<br>$Ed = 300-400 \text{ N/cm}^2$<br>$K = 10-20 \text{ N/cm}^3$<br>$Ks = 10-20 \text{ N/cm}^3$       |
|   |                                 | 5.00 – 6.00    |   |
| UG 3<br><i>Sabbie ghiaiose</i><br>Sabbie e ghiaie   | Incoerente, granulare           | 5.00 – 6.00    | $\gamma = 0.0195 \text{ N/cm}^3$<br>$\phi = 27-32^\circ$<br>$Dr = 15-25 \%$<br>$Ed = 700-1100 \text{ N/cm}^2$<br>$K = 70-100 \text{ N/cm}^3$<br>$Ks = 65-100 \text{ N/cm}^3$  |
|   |                                 | 10.00 – 12.00  |   |
| UG 4<br><i>Formazione di base</i><br>Limi argillosi con intercalazioni sabbiose             | Coerente, coesivo               | 10.00 – 12.00  | $\gamma = 0.021 \text{ N/cm}^3$<br>$\phi = 24-26^\circ$<br>$Cu = 10-12 \text{ N/cm}^2$<br>$c = 0.4-0.7 \text{ N/cm}^2$<br>$Ed = 1500-2000 \text{ N/cm}^2$<br>$K = 90-110 \text{ N/cm}^3$<br>$Ks = 40-80 \text{ N/cm}^3$ |
|   |                                 | >30.00         |   |

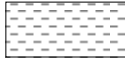
Dove:  $\gamma$  = peso di volume;  $\phi$  = angolo di attrito;  $Dr$  = densità relativa;  $Cu$  = coesione non drenata;  $c'$  = coesione efficace;  $Ed$  = modulo edometrico;  $K$  = modulo Winkler verticale;  $Ks$  = modulo Winkler orizzontale


Modello geotecnico del sito




 **UG1a - Rilevato**  
Clasti eterometrici con sabbie  
debolmente limose

 **UG 2 – Deposito limoso**  
Limi e limi argillosi con intercalazioni  
sabbiose

 **UG 4 – Formazione di base**  
Limi argillosi con intercalazioni sabbiose

 **UG 1b – Terreno di riporto**  
Limi e sabbie con clasti

 **UG 3 – Deposito sabbioso-ghiaioso**  
Sabbie e ghiaie

Assetto delle unità litotecniche



## 9.6 Caratteristiche dinamiche dei terreni

Di seguito vengono definite le caratteristiche dinamiche dei terreni del sottosuolo sulla base dell'indagine sismica a rifrazione eseguita nel sito

### Densità geofisica

La *densità geofisica* è definita dalla seguente equazione:

$$\rho_g = 0,51 \cdot V_p^{0,19}$$

Tale parametro esprime la densità media dell'ammasso analizzato e, come grandezza, è confrontabile con il peso di volume ( $\gamma$ ).

### Coefficiente di Poisson dinamico

Tra i moduli elastici dinamici, il coefficiente di Poisson dinamico è l'unico che non necessita della conoscenza della densità per la sua determinazione; esso è definito dalla seguente equazione:

$$\nu = \frac{1}{2} \cdot \frac{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 1}$$

Tale parametro, dando un criterio di valutazione della deformazione che può subire una roccia, è ovviamente legato al grado di litificazione, alla porosità ed al grado di saturazione della roccia stessa. In linea di larga massima può dirsi che il coefficiente di Poisson dinamico varia da 0,2 a 0,3 per le rocce compatte, da 0,25 a 0,35 per le sabbie e da 0,4 a 0,5 per le argille.

### Modulo di taglio dinamico

Il *modulo di taglio dinamico* è definito dalla seguente equazione:

$$G_{din} = \rho \cdot V_s^2$$

Tale parametro è fortemente dipendente dalla porosità e dalla pressione; assume valori più bassi in litotipi ad alta porosità, sottoposti a basse pressioni e saturi d'acqua. Il campo di variabilità nei mezzi porosi è molto esteso.

### Modulo di Young dinamico

Il *modulo di Young dinamico* è definito dalla seguente equazione:

$$E_{din} = \rho \cdot V_s^2 \cdot \frac{3V_p^2 - 4V_s^2}{V_p^2 - V_s^2}$$

dove  $\rho$  è la densità.

Il modulo di Young dinamico dipende dalla porosità, dalla pressione litostatica e dagli altri moduli elastici; esso aumenta in misura considerevole quando al campione secco a bassa porosità vengono aggiunte piccole quantità di acqua e diminuisce quando un campione ad alta porosità viene sottoposto allo stesso trattamento. I valori minimi del modulo si registrano in litotipi ad alta porosità saturi in gas, mentre i valori massimi si hanno per litotipi a bassa porosità, sotto pressione e saturi d'acqua. Il campo di variabilità è considerevole.

### Modulo di compressibilità dinamico (o di Bulk)

Il *modulo di compressibilità dinamico* è definito dalla seguente equazione:

$$K_{din} = \rho \cdot \left( V_p^2 - \frac{4}{3} V_s^2 \right)$$

dove  $\rho$  è la densità.

Questo parametro varia con la porosità, con la pressione e con la quantità di acqua presente nella roccia. Esso aumenta con il grado di saturazione, con il decrescere della porosità e con l'aumentare della pressione.



Nella tabella che segue vengono riportati le principali caratteristiche dinamiche dei diversi sismostrati ottenute dalle formule precedentemente espresse.

| Unità litotecnica | Velocità media onde P<br>$V_P$ (m/s) | Velocità media onde SH<br>$V_{SH}$ (m/s) | Coefficiente di Poisson<br>$\nu$ | Densità<br>$t/m^3$ | Modulo di Young dinamico<br>$E_{din}$ (kPa) | Modulo di taglio dinamico<br>$G_{din}$ (kPa) | Modulo di compressibilità dinamico<br>$K_{din}$ (kPa) |
|-------------------|--------------------------------------|--|----------------------------------|--------------------|---|--|---|
| UG 1              | 500                                  | 200                                      | 0.40                             | 1.66               | $1.9 \cdot 10^5$                            | $6.6 \cdot 10^4$                             | $3.3 \cdot 10^5$                                      |
| UG 2              | 700                                  | 230                                      | 0.44                             | 1.77               | $2.7 \cdot 10^5$                            | $9.4 \cdot 10^4$                             | $7.4 \cdot 10^5$                                      |
| UG 3              | 900                                  | 300                                      | 0.44                             | 1.86               | $4.8 \cdot 10^5$                            | $1.7 \cdot 10^5$                             | $1.3 \cdot 10^6$                                      |
| UG 4              | 1300                                 | 400                                      | 0.42                             | 1.93               | $8.8 \cdot 10^5$                            | $3.1 \cdot 10^5$                             | $1.9 \cdot 10^6$                                      |

*Caratteristiche dinamiche delle unità geotecniche*



## 10. SISMICITÀ E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE DELL'AREA

### 10.1 Catalogo sismico locale ed eventi risentiti

Al fine di ricostruire i risentimenti macrosismici avvertiti nel territorio comunale, in particolar modo il massimo risentimento osservato, e allo scopo di fornire i dati per le elaborazioni statistiche per valutare il periodo medio di ritorno di una certa intensità si è ricostruito il catalogo sismico locale.

I dati di sismicità storica riguardanti l'area in esame sono stati reperiti dall'archivio DBMI11 reperito nella rete web dal sito dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (I.N.G.V). L'archivio contiene dati di eventi sismici al di sopra della soglia del danno, verificatisi in Italia nel periodo 1000 - 2006. Per quanto riguarda il territorio comunale di Salle Nuova gli eventi sismici significativi sono 15 e sono riportati di seguito in forma tabellare e grafica. Per ogni terremoto sono riportati anche: la data e l'ora di occorrenza, il sito epicentrale e la magnitudo momento (Mw).

#### STORIA SISMICA DI TERMOLI [42.000, 14.993]

Numero di eventi: 30

| Effetti | In occasione del terremoto del: |                              |      |       |            |
|---------|---------------------------------|------------------------------|------|-------|------------|
| I [MCS] | Data                            | Ax                           | Np   | Io    | Mw         |
| 6       | 1456 12 05                      | MOLISE                       | 199  | 11    | 7.22 ±0.13 |
| 8-9     | 1627 07 30 10:50                | Gargano                      | 65   | 10    | 6.66 ±0.20 |
| NC      | 1706 11 03 13:00                | Maiella                      | 99   | 10-11 | 6.83 ±0.16 |
| 5       | 1857 12 16 21:15                | Basilicata                   | 340  | 11    | 7.03 ±0.08 |
| 5       | 1889 12 08                      | APRICENA                     | 122  | 7     | 5.69 ±0.13 |
| 3-4     | 1892 06 06                      | TREMITI                      | 72   | 6     | 5.06 ±0.19 |
| 3       | 1894 03 25                      | LESINA                       | 29   | 6-7   | 4.75 ±0.39 |
| NF      | 1904 04 08 08:22                | Gargano                      | 32   | 6     | 4.91 ±0.42 |
| NF      | 1905 11 26 06:48                | Irpinia                      | 136  | 7-8   | 5.21 ±0.13 |
| NF      | 1907 01 23 00:20                | Adriatico centrale           | 93   |       | 5.06 ±0.15 |
| 2       | 1908 12 28 04:20                | Calabria meridionale-Messina | 800  | 11    | 7.10 ±0.15 |
| 4-5     | 1913 10 04 18:26                | Matese                       | 205  | 7-8   | 5.37 ±0.11 |
| 3       | 1915 01 13 06:52                | Avezzano                     | 1041 | 11    | 7.00 ±0.09 |
| 5       | 1930 07 23 00:08                | Irpinia                      | 547  | 10    | 6.62 ±0.09 |
| NF      | 1930 10 30 07:13                | SENIGALLIA                   | 263  | 8     | 5.81 ±0.09 |
| 4       | 1933 09 26 03:33                | Maiella                      | 326  | 9     | 5.95 ±0.09 |
| 3       | 1937 07 17 17:11                | SAN SEVERO                   | 40   | 6     | 5.05 ±0.19 |
| NC      | 1937 12 15 21:25                | CAPITANATA                   | 23   | 4-5   | 4.62 ±0.26 |
| 4       | 1951 01 16 01:11                | Gargano                      | 73   | 7     | 5.35 ±0.20 |
| 5       | 1980 11 23 18:34                | Irpinia-Basilicata           | 1394 | 10    | 6.89 ±0.09 |
| 4-5     | 1984 05 07 17:49                | Appennino abruzzese          | 912  | 8     | 5.89 ±0.09 |
| 4-5     | 1984 05 11 10:41                | Appennino abruzzese          | 342  |       | 5.50 ±0.09 |
| 3       | 1990 05 05 07:21                | Potentino                    | 1374 |       | 5.80 ±0.09 |
| 5       | 2002 10 31 10:32                | MOLISE                       | 51   | 7-8   | 5.74 ±0.09 |



| Effetti | In occasione del terremoto del: |                         |     |     |            |
|---------|---------------------------------|-------------------------|-----|-----|------------|
| I [MCS] | Data                            | Ax                      | Np  | Io  | Mw         |
| 5       | 2002 11 12 09:27                | Subapp. Dauno           | 177 | 5-6 | 4.64 ±0.09 |
| NF      | 2003 01 27 04:03                | Monti dei Frentani      | 64  | 5-6 | 4.27 ±0.14 |
| 3-4     | 2003 06 01 15:45                | Molise                  | 516 | 5   | 4.50 ±0.09 |
| 4-5     | 2003 12 30 05:31                | Monti dei Frentani      | 339 | 5-6 | 4.57 ±0.09 |
| 3-4     | 2005 03 01 05:41                | Monti dei Frentani      | 137 | 5   | 3.97 ±0.18 |
| 4       | 2006 05 29 02:20                | Promontorio del Gargano | 384 | 5-6 | 4.63 ±0.09 |

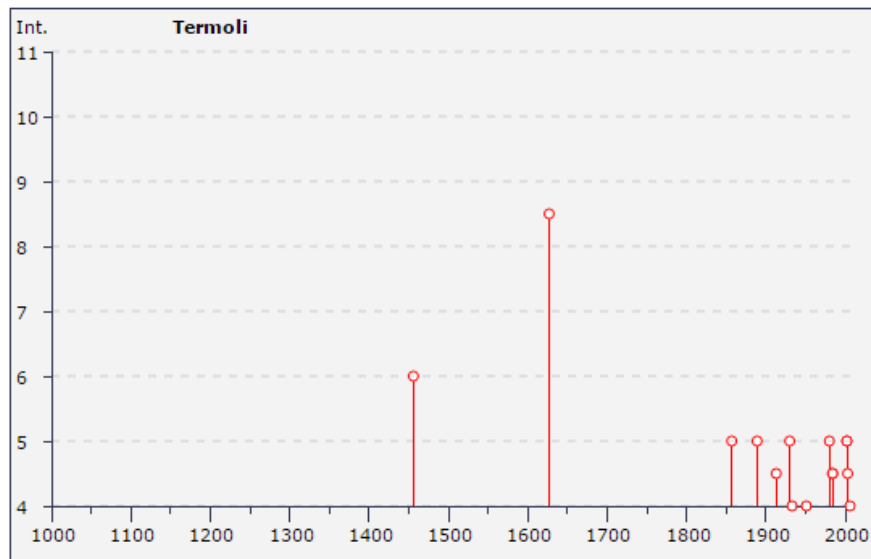
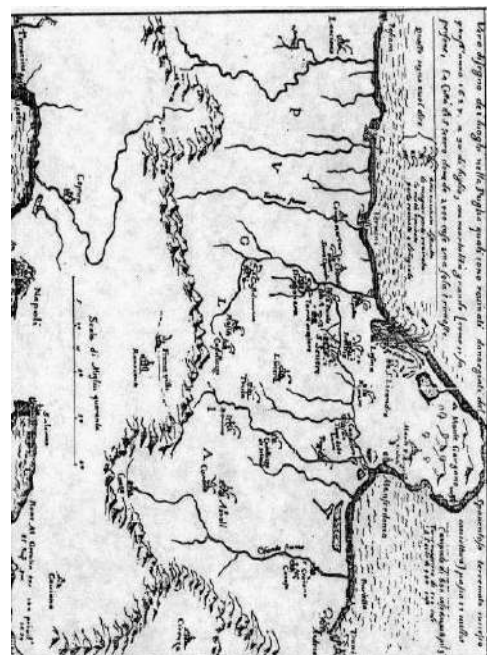


Tabella e diagramma della ripartizione temporale degli eventi sismici rilevati nel territorio di Termoli

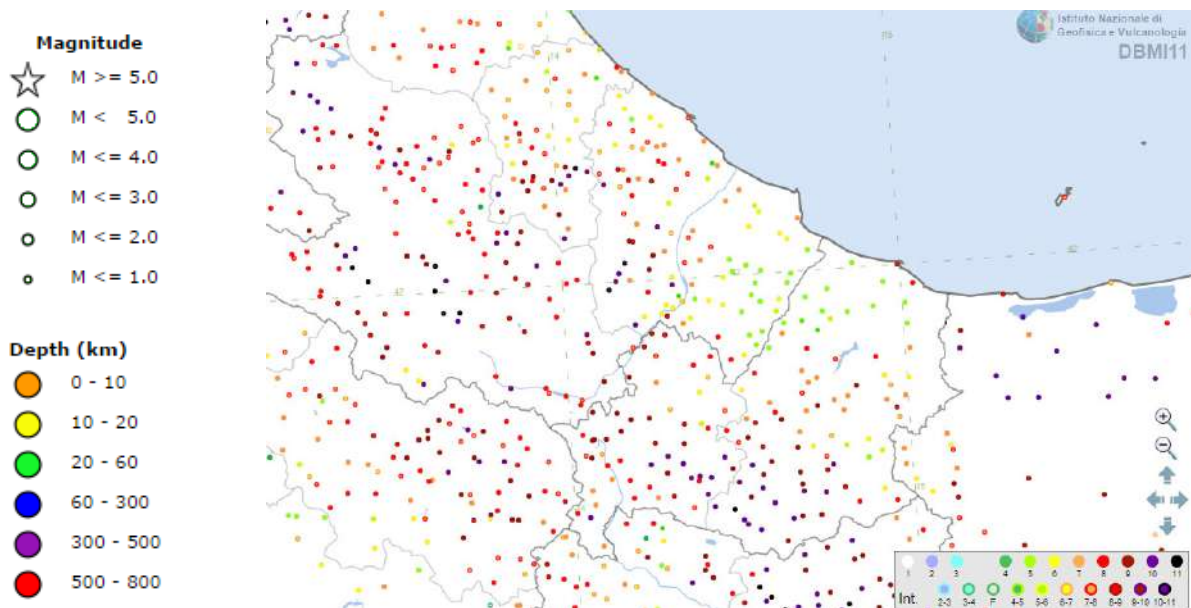
Come riportato sopra, il comune di Termoli ha risentito nel corso degli anni di eventi sismici di varia intensità anche con epicentri a notevole distanza. I principali sismi che hanno colpito l'area in età storica sono databili 1456 e 1627. Il terremoto del 30 luglio 1627 si verificò con epicentro tra San Severo ed Apricena, fece tremare il Gargano; lo sciame sismico che ne seguì, in particolare la quarta scossa, stimata tra il X e l'XI grado della scala Mercalli, provocò il riversamento del Mar Adriatico sulla costa Garganica. Uno tsunami tanto potente e terribile, da far arrivare l'acqua di mare alle porte di Foggia. I centri maggiormente danneggiati furono Apricena (oltre 900 vittime), Lesina (150), San Paolo di Civitate (circa 400), Serracapriola (2000 morti), San Severo (800) e Torremaggiore. Altre zone sono interessate dallo tsunami i cui effetti principali si risentono da Termoli fino al Monte Elio. Vengono allagate le zone costiere abruzzesi tra Silvi e Mutignano, come testimonia la carta storica riportata di seguito che evidenzia zampilli dai pozzi. Il Gargano è





una zona caratterizzata da frequenti terremoti, ma secondo gli studi condotti dall' Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, almeno sei, in un intervallo di tempo di circa 1700 anni l'uno dall'altro, furono tanto forti quanto quello del 1627, da provocare uno tsunami.

Per i dati dal 2007 ad oggi si è fatto riferimento alle localizzazioni gmaps disponibili nel sito INGV, riportata di seguito con le misure strumentali

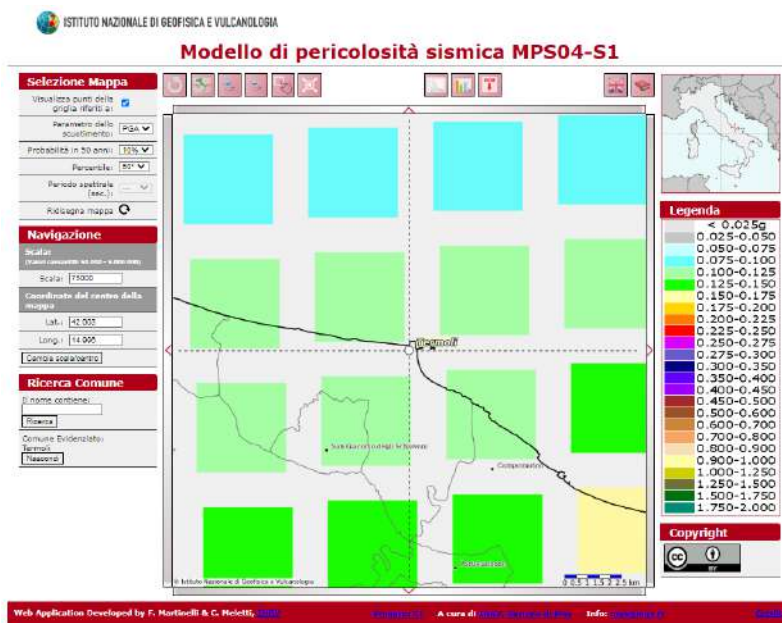


Negli ultimi anni si sono verificati 30 terremoti con magnitudo maggiore o uguale a 5.0. Sono almeno cinque le sequenze sismiche più importanti che hanno interessato il territorio italiano di cui risentiti nell'area di Termoli, quello a San Giuliano di Puglia, in Molise il 31 ottobre e 1 novembre 2002, due eventi di magnitudo  $M_L$  5.4 e  $M_L$  5.3; a L'Aquila il 6 aprile 2009, un terremoto di magnitudo  $M_L$  5.9 e nei giorni successivi altri 5 eventi di magnitudo  $M_L \geq 5.0$  in Abruzzo. La maggior parte dei terremoti ha avuto una magnitudo Richter inferiore a 4.0 ed è localizzata nella parte più superficiale della crosta terrestre, anche lungo l'Appennino Centrale è evidente una sismicità superficiale ed una più profonda verso il Mar Adriatico con ipocentri che arrivano fino a 50 km di profondità. L'Appennino Meridionale è stato interessato da un'attività sismica moderata sia nel Sannio che in Irpinia.

## 10.2 Pericolosità sismica dell'area

La pericolosità sismica di base, ovvero il moto sismico associato al sito rigido, è l'elemento di partenza per la valutazione di effetti locali. Di seguito vengono riportate le principali caratteristiche della pericolosità sismica di base del comune di Termoli.

Nella mappa dei valori di accelerazione massima orizzontale attesa su suolo rigido e pianeggiante il comune di Termoli è compreso nell'intervallo  $0.100-0.125g$  (valori di  $a_{max}$  con tempo di ritorno di 475 anni).



*Accelerazione massima attesa su suolo rigido (categoria di suolo A con  $VS_{30} \geq 800$  m/s) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (ovvero tempo di ritorno di 475 anni) nel comune di Termoli (Mappa interattiva di pericolosità sismica, INGV)*

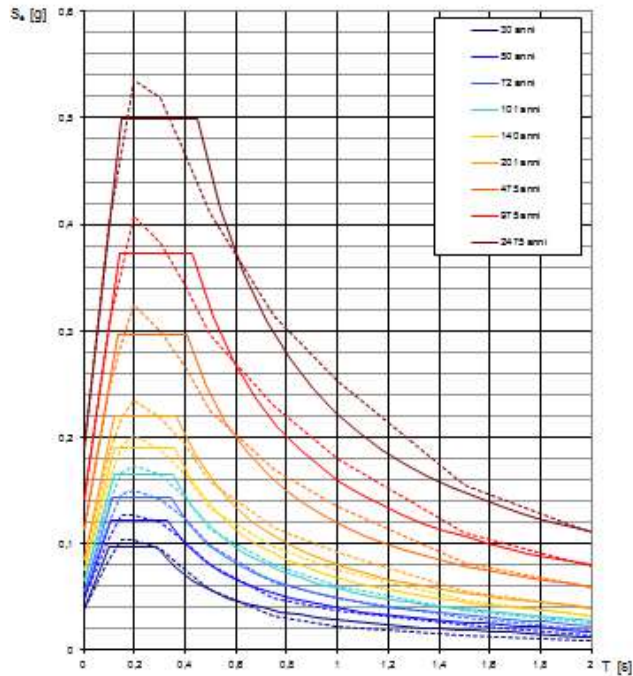
L'Ordinanza n. 3907 della Presidenza del Consiglio dei Ministri (attuazione dell'art. 11 del Decreto Legge 28 aprile 2009 n. 39, convertito, con modificazioni, dalla Legge 24 giugno 2009, n. 77) definisce, per il comune di Termoli, l'accelerazione locale al suolo pari:

| <b>Accelerazione locale al suolo</b>  |            |
|---|------------|
| Ordinanza n. 3907 della Presidenza del Consiglio dei Ministri (L 24 giugno 2009, n. 77) |            |
| Comune Termoli  | 0.142753 g |

Gli spettri di risposta le cui ordinate spettrali sono caratterizzate da una stessa probabilità di superamento, sono invece riportati di seguito per differenti valori del tempo di ritorno (30-2475 anni). Al variare di  $T_R$  il valore di picco dell'accelerazione spettrale cresce da 0.17 g (per  $T_R$  30 anni) a 1.21 g (per  $T_R$  2475 anni). Nella stessa figura sono riportati per confronto, anche gli spettri di normativa (NTC-08) con riferimento ai tempi di ritorno 50, 475 e 2500 anni che, derivano da una regolarizzazione delle forme spettrali dello studio probabilistico INGV.



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



**Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento**

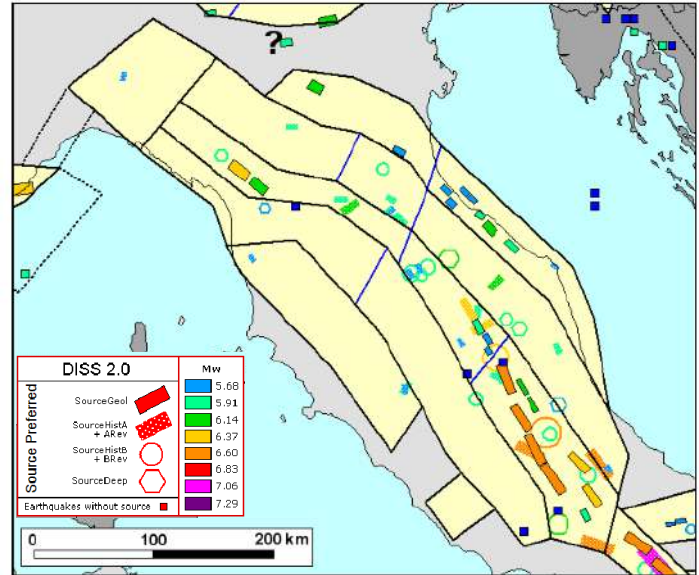
| $T_R$<br>[anni] | $a_g$<br>[g] | $F_o$<br>[-] | $T_C^*$<br>[s] |
|-----------------|--------------|--------------|----------------|
| 30              | 0,040        | 2,456        | 0,289          |
| 50              | 0,049        | 2,472        | 0,327          |
| 72              | 0,056        | 2,547        | 0,342          |
| 101             | 0,065        | 2,553        | 0,351          |
| 140             | 0,075        | 2,542        | 0,357          |
| 201             | 0,085        | 2,586        | 0,365          |
| 475             | 0,113        | 2,607        | 0,404          |
| 975             | 0,142        | 2,620        | 0,429          |
| 2475            | 0,190        | 2,631        | 0,445          |

*Spettri di risposta a pericolosità uniforme per differenti periodi di ritorno (30-2475 anni) per il comune di Termoli in forma numerica e grafica. Nel grafico linea continua spettri di Normativa, linea tratteggiata spettri del progetto S1-INGV*

Gli spettri derivano da studi probabilistici che integrano i contributi di differenti zone sismogenetiche, simultaneamente attive, nell'intorno dell'area considerata mentre gli accelerogrammi naturali sono registrazioni di eventi sismici deterministici caratterizzati da ben definiti valori di magnitudo e distanza sorgente-sito.

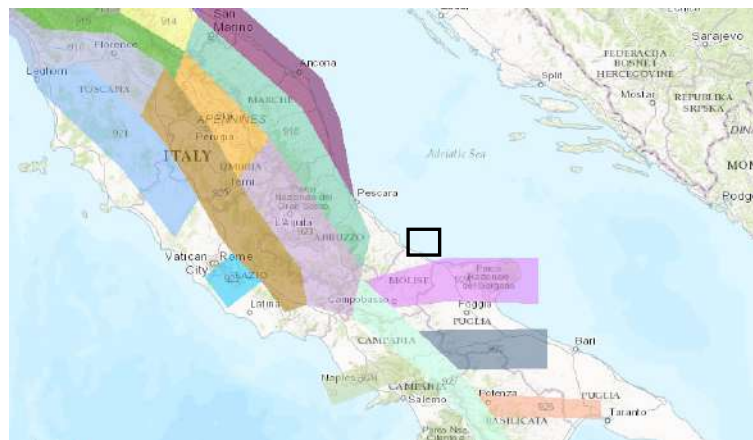
Al fine di selezionare accelerogrammi è necessario quindi, oltre che imporre il vincolo di spettro-compatibilità, associare allo spettro di progetto uno o più scenari di terremotodeterministici. In quest'ottica il comune di Termoli, nella Zonazione Sismogenetica ZS9 (Gruppo di Lavoro, 2004, INGVA), si pone nella fascia compresa tra la **zona sismogenetica 918**, a nord, appartenente all'appennino settentrionale e centrale e la **zona sismogenetica 924**, a sud, appartenente all'appennino meridionale e avampaese apulo. Entrambe le zone sono indicate come aree con il

maggior rilascio di energia e sono interessate da importanti faglie primarie e relative sorgenti sismogenetiche.



Zonazione ZS9 per l'Appennino settentrionale e centrale (App. 2 al Rapporto Conclusivo, Veletti e Malensis, 2004)

Le faglie, legate a strutture estensionali, nel settore abruzzese immergono verso SW (Galadini et al., 2001) e includono sorgenti sismogenetiche responsabili dei terremoti di più alta magnitudo risentiti nell'Appennino, e sembrano avere espressioni superficiali. L'ubicazione e indicazioni delle sorgenti sismogenetiche attive più prossime al territorio comunale di Termoli sono riportate nei capitoli successivi. I valori della Mmax per le zone sismogenetiche 918 e 924 sono riportati di seguito.



Dati da WEB <http://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=8c5d55e0d3b34ea78346e802fd4f6d73>

**Zona sismogenetica ZS9: Medio-Marchigiana/Abruzzese**

|                            |                                     |
|----------------------------|-------------------------------------|
| id                         | 0                                   |
| zs9                        | 21,00                               |
| zs9 (identificativo)       | 918,00                              |
| Mwmax                      | 6,37                                |
| tassi_Mw ma                | 0,14                                |
| tassi_Mw_1                 | 0,21                                |
| b_co_04_2                  | -1,10                               |
| b_co_04_4                  | -1,11                               |
| Mwmax_gr                   | 6,37                                |
| tassi_Mw_2                 | 0,14                                |
| tassi_Mw_3                 | 0,21                                |
| classificazione geografica | Appennino Settentrionale e Centrale |
| Md_2_0                     | 455                                 |
| e_Md_2_5                   | 179                                 |
| e_Md_3_0                   | 26                                  |
| p_efficace                 | 13                                  |
| Md_max                     | 4,20                                |
| meccanismo di faglia       | indeterminato                       |

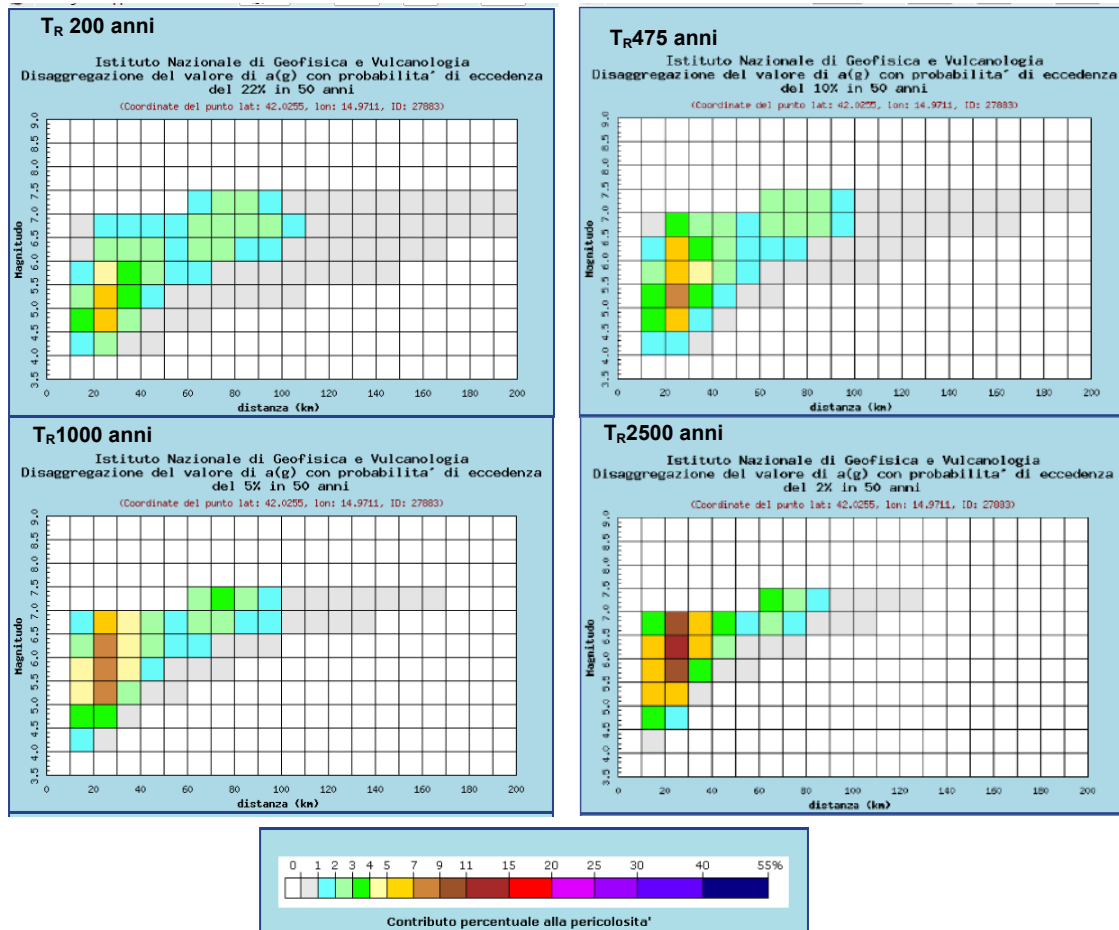
**Zona sismogenetica ZS9: Molise-Gargano**

|                            |   |
|----------------------------|---|
| id                         | 0                                       |
| zs9                        | 27,00                                   |
| zs9 (identificativo)       | 924,00                                  |
| Mwmax                      | 6,83                                    |
| tassi_Mw ma                | 0,00                                    |
| tassi_Mw_1                 | 0,00                                    |
| b_co_04_2                  | -1,04                                   |
| b_co_04_4                  | -1,06                                   |
| Mwmax_gr                   | 6,83                                    |
| tassi_Mw_2                 | 0,13                                    |
| tassi_Mw_3                 | 0,14                                    |
| classificazione geografica | Appennino Meridionale e Avampaese Apulo |
| Md_2_0                     | 442                                     |
| e_Md_2_5                   | 308                                     |
| e_Md_3_0                   | 65                                      |
| p_efficace                 | 13                                      |
| Md_max                     | 4,40                                    |
| meccanismo di faglia       | trascorrente                            |

Per la valutazione della magnitudo risultano utili gli studi di disaggregazione che individuano i valori della coppia magnitudo-distanza che maggiormente contribuiscono, in senso probabilistico, al valore di *ag* o di una prefissata accelerazione spettrale (Bazzurro e Cornell, 1999). Nello studio probabilistico condotto dall'NGV nell'ambito del progetto S1, sono disponibili gli studi di disaggregazione per l'accelerazione massima *ag*. Per il territorio comunale



di Termoli, i contributi percentuali alla pericolosità delle diverse coppie magnitudo-distanza ( $M-d$ ) ai valori di  $a_g$  sono riportati nella figura che segue, per quattro valori del tempo di ritorno (200, 475, 1000 e 2500 anni).

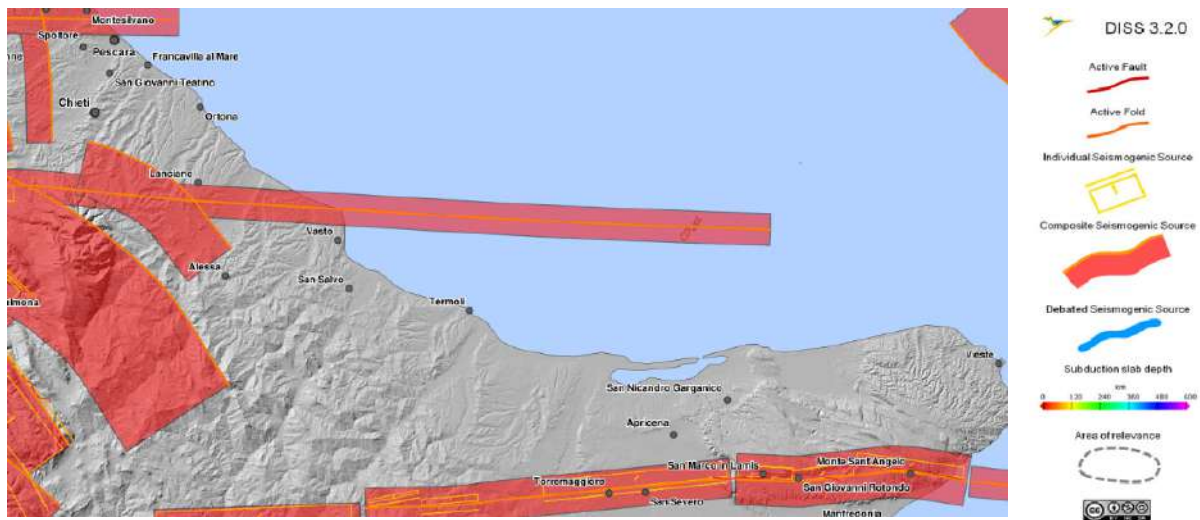


Disaggregazione del valore di  $a_g$  per differenti valori del tempo di ritorno per il comune di Termoli (sito web INGV).

Indipendentemente dal tempo di ritorno si osserva che il contributo maggiore alla pericolosità è fornito dalle distanze 20-30 km. Al crescere di  $T_R$  diventa via via più importante il contributo delle magnitudo medie; per  $T_R$  200 il maggiore contributo è dato dalle coppie  $M$  4.5-5.0 5.0-5.5 e 5.5-6.0 per distanze 20.0-30.0 Km. Per  $T_R$  475 anni il maggiore contributo è dato dalle coppie  $M$  4.5-5.0, 5.0-5.5, 5.5-6.0 6.0-6.5 per distanze 20-30 Km. Per  $T_R$  1000 anni il maggiore contributo è dato dalle coppie  $M$  5.0-5.5, 5.5-6.0 e 6.0-6.5 per distanze 20-30 Km, infine per  $T_R$  2500 anni il maggiore contributo è dato dalle coppie di magnitudo  $M$  **5.5-6.0**, **6.0-6.5**, **6.5-7.0** per distanze sempre comprese tra 20.0-30.0 Km. Il terremoto che domina lo scenario di pericolosità di Termoli, inteso quale l'evento di intensità  $M$  a distanza  $R$  che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del luogo, corrisponde agli eventi di magnitudo 6.5-7.0 entro i 30 km di distanza. Questo intervallo di valori, ricavato su base probabilistica, trova riscontro nella posizione geografica del territorio comunale in esame. Il catalogo DISS 3.1.1 delle sorgenti sismiche italiane dell'INGV evidenzia che le strutture sismogenetiche più vicine e quindi più

pericolose per Termoli sono quelle che si trovano lungo gli allineamenti Ripabottoni-San Severo e San Marco in Lamis-Mattinata, nel territorio garganico.

Le faglie attive e capaci si riferiscono all'allineamento Frosolone/Ripabottoni-SanSevero/San Marco in Lamis-Mattinata a sud, mentre a nord, Tocco Casauria–Tremiti.

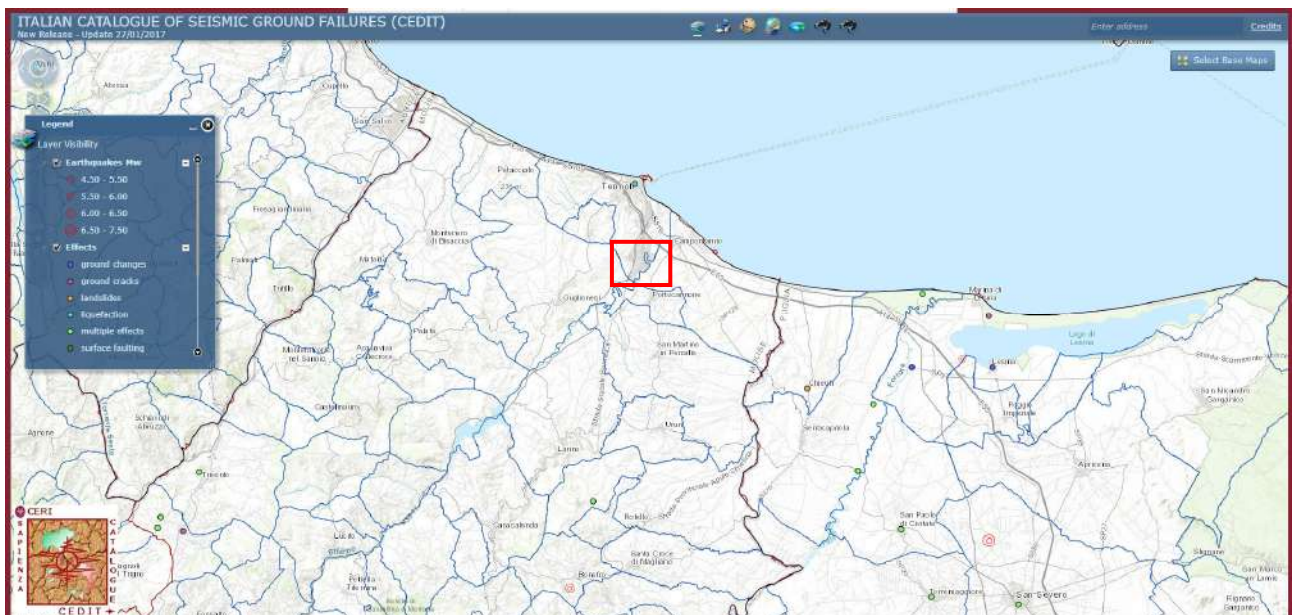


*Sorgenti sismogenetiche nell'area di Termoli (sito web DISS 3.1.1,INGV).*

### 10.3 Eventi deformativi sul suolo

Nel *Catalogo nazionale degli Effetti Deformativi del suolo Indotti da forti Terremoti (C.E.D.I.T.)* non sono segnalati significativi eventi deformativi a seguito di terremoti per la zona in esame. Nessun evento deformativo ha interessato le aree in argomento.

Viene di seguito riportato stralcio della cartografia C.E.D.I.T.



*Stralcio del Catalogo CEDIT con evidenziata, rettangolo rosso, l'area di interesse*



## 10.4 Faglie attive e capaci

Nel territorio di Termoli comunque e nella zona ove è ubicata l'area allo studio non si rilevano faglie, né strutture tettoniche particolari, come pieghe, ecc.. Infatti la giacitura degli strati è pressoché orizzontale o sub-orizzontale ed i passaggi da una formazione all'altra sono sempre del tipo continuo. Nell'ottica di prevenzione del rischio sismico è stata effettuata una valutazione degli allineamenti tettonici che possono rappresentare sorgenti sismogenetiche. In particolare si è fatto riferimento alle sorgenti sismogenetiche ed alle faglie ritenute attive da Risultati del progetto 5.1.2 "Inventario delle faglie attive e dei terremoti ad esse associabili" - Stato delle conoscenze sulle faglie attive in Italia: elementi geologici di superficie F. Galadini, C. Meletti, E. Vittori dove si evince che l'area di Termoli è lontano dai principali allineamenti tettonici che caratterizzano la fascia appenninica ma risultano prossima agli allineamenti tettonici nell'area del Gargano; le faglie attive e capaci si riferiscono all'allineamento Frosolone/Ripabottoni-SanSevero/San Marco in Lamis-Mattinata a sud, mentre a nord, Tocco Casauria –Tremiti.

Dalla consultazione del progetto ITHACA (ITaly HAZard from CAPable faults), che prevede un database per la raccolta e la facile consultazione di tutte le informazioni disponibili riguardo le strutture tettoniche attive in Italia, con particolare attenzione ai processi tettonici che potrebbero generare rischi naturali. Il progetto si occupa in modo particolare delle faglie capaci, definite come faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie.



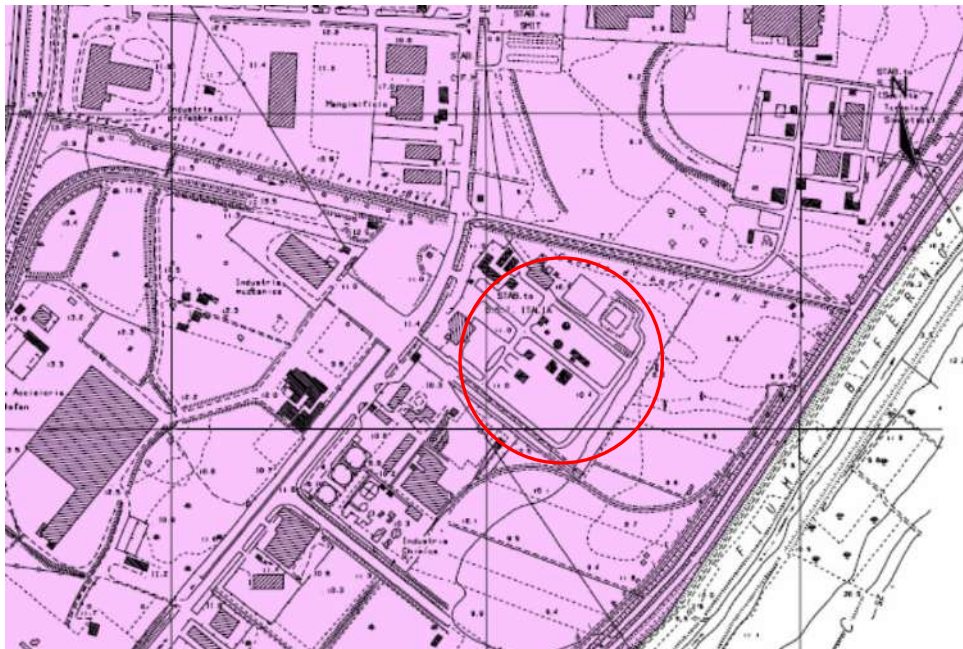
*Faglie sismogenetiche (Progetto ISPR-ITHACA) più prossime all'area di progetto evidenziata con rettangolo in rosso*

In base alle sorgenti sismogenetiche per l'area di Termoli è attesa una magnitudo di 5.69-6.01 con sorgenti a 27.60-44.60 Km.




### 10.5 Classificazione nella Microzonazione sismica di Livello 1

Per la valutazione degli effetti di sito è stato consultato, inoltre, lo studio di Microzonazione Sismica redatto per il Comune di Termoli, in particolare il sito di progetto si inserisce nella parte relativa al “Nucleo Industriale di Termoli posto Est della S.S. 87 “Sannita”. Dalla Carta di Microzonazione risulta che l’area di interesse si imposta su *depositi alluvionali terrazzati e su depositi alluvionali recenti ed attuali*, a cui è attribuito un coefficiente di sito **S=1,25**. Nell’appendice della *Relazione Generale* del medesimo lavoro, per un suolo avente coefficiente di sito  $S=1,25$  si associa una Categoria di suolo B2 con valori di  $V_{S,30}$  compresi tra 360 e 600 m/s.



LEGENDA

 Area impostata sui depositi alluvionali terrazzati e sui depositi alluvionali recenti ed attuali  
S= 1,25

*Stralcio Microzonazione Sismica redatto per il Comune di Termoli*



## 11. MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO

### 11.1 Metodologie per la definizione dell'azione sismica

Vista la tipologia dell'intervento in progetto e le caratteristiche geologiche e sismiche del sito, ai fini della definizione dell'azione sismica (§3.2.2 del D.M. 17.01.2018) si ricorre all'approccio semplificato.

### 11.2 Categoria di suolo di fondazione

Il D.M. 17.01.2018 stabilisce che, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi.

In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II di cui al suddetto D.M., si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_s$ .

Di seguito si riporta le categorie definite nella tabella 3.2.II

| Categoria | Descrizione del profilo stratigrafico   |
|-----------|---|
| A         | <i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti, con spessore massimo pari a 3,0 m.  |
| B         | <i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> caratterizzati da valori di velocità equivalente compresi tra 360 e 800 m/s   |
| C         | <i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 e 360 m/s |
| D         | <i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalenti compresi tra 100 e 180 m/s     |
| E         | <i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m<br><i>Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato</i>  |

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$ , definita dalla seguente espressione:

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

Con:

H = profondità de substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s.

$h_i$  = spessore dello strato i-esimo

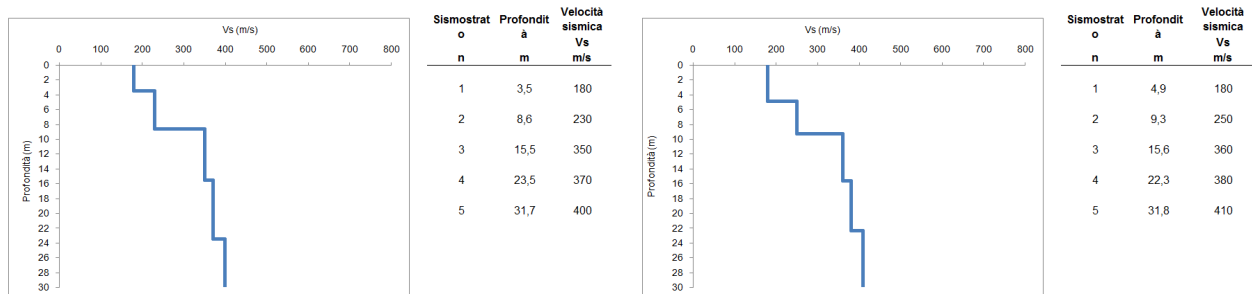
N = numero di strati

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

Per i depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s,30}$  ottenuto ponendo H=30 nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.



Nel caso in esame, la valutazione della categoria di suolo di fondazione è stata effettuata sulla base dell'indagine Masw eseguita nelle aree di intervento. Dalle prova Masw si sono ottenuti i profili sismici che seguono che segue.



Di seguito si riportano i valori inseriti nella relazione di calcolo ed i valori di  $V_{seq,30}$ , ottenuti:

#### Masw M1-shot1

| Nr. | H(m)  | hi (m) | $V_S$ (m/s) | $H_{calc}$ (m) | $hi_{calc}$ (m) | $hi_{cal}/V_S$ (s) |
|-----|-------|--------|-------------|----------------|-----------------|--------------------|
| 1   | 3,50  | 3,50   | 180,00      | 3,50           | 3,50            | 0,019444           |
| 2   | 8,60  | 5,10   | 230,00      | 8,60           | 5,10            | 0,022174           |
| 3   | 15,50 | 6,90   | 350,00      | 15,50          | 6,90            | 0,019714           |
| 4   | 23,50 | 8,00   | 370,00      | 23,50          | 8,00            | 0,021622           |
| 5   | 31,70 | 8,20   | 400,00      | 30,00          | 6,50            | 0,016250           |

*Nr = numero progressivo per ciascun sismostrato, H = profondità, hi = spessori,  $V_S$  = velocità onde di taglio,  $H_{calc}$  e  $hi_{calc}$  sono rispettivamente la profondità e gli spessori ricalcolati partendo dal piano d'imposta delle fondazioni.*

*Valori utilizzati per il calcolo della categoria di sottosuolo (§ 3.2.2 alle NTC 2018).*

$$\begin{array}{l|l} \text{Profondità piano di posa [m]} & 0,00 \\ \text{V}_{S,eq(30)} \text{ [m/sec]} & 302,41 \end{array}$$

#### Masw M1-shot2

| Nr. | H(m)  | hi (m) | $V_S$ (m/s) | $H_{calc}$ (m) | $hi_{calc}$ (m) | $hi_{cal}/V_S$ (s) |
|-----|-------|--------|-------------|----------------|-----------------|--------------------|
| 1   | 4,90  | 4,90   | 180,00      | 4,90           | 4,90            | 0,027222           |
| 2   | 9,30  | 4,40   | 250,00      | 9,30           | 4,40            | 0,017600           |
| 3   | 15,60 | 6,30   | 360,00      | 15,60          | 6,30            | 0,017500           |
| 4   | 22,30 | 6,70   | 380,00      | 22,30          | 6,70            | 0,017632           |
| 5   | 31,80 | 9,50   | 410,00      | 30,00          | 7,70            | 0,018780           |

*Nr = numero progressivo per ciascun sismostrato, H = profondità, hi = spessori,  $V_S$  = velocità onde di taglio,  $H_{calc}$  e  $hi_{calc}$  sono rispettivamente la profondità e gli spessori ricalcolati partendo dal piano d'imposta delle fondazioni.*

*Valori utilizzati per il calcolo della categoria di sottosuolo (§ 3.2.2 alle NTC 2018).*

$$\begin{array}{l|l} \text{Profondità piano di posa [m]} & 0,00 \\ \text{V}_{S,eq(30)} \text{ [m/sec]} & 303,85 \end{array}$$

I valori ottenuti rientrano nella seguente categoria di suolo di fondazione:

### Categorie di suolo previste nelle norme tecniche per le costruzioni

#### Categoria C

*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*

*Categoria di suolo di fondazione*

### 11.3 Amplificazione topografica

Per tener conto delle condizioni topografiche si utilizzano i valori del coefficiente topografico  $S_T$  riportati nella Tabella che segue in funzione delle categorie topografiche definite dalla normativa e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.



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

*Categorie topografiche previste nel DM 2018*

Nel caso specifico le aree si inseriscono in un'area di piana fluviale con morfologia pianeggiante, in funzione dell'assetto morfologico delle aree in cui si inserisce l'area di progetto, il sito rientra nella seguente categoria topografica.

| <b>Categoria topografica</b> | <b>Ubicazione dell'opera o dell'intervento</b>                                     | <b>S<sub>T</sub></b> |
|------------------------------|--|----------------------|
| T1                           | Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazioni $\leq 15^\circ$ | 1.0                  |

*Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica per il sito di progetto*

#### 11.4 Frequenze fondamentali di amplificazione del sito

La successione litostratigrafica se costituita da terreni con caratteristiche di impedenza molto differenti tra loro, può determinare sensibili variazioni dell'ampiezza del moto sismico incidente, pertanto al fine di verificare tale caratteristica nel sito di studio, si è proceduto all'esecuzione di una misura sismica passiva di microtremore. Dalle misure di microtremore effettuate, si individuano picchi amplificativi entro l'intervallo di interesse ( $f_0$ )  $0.25 \pm 0.01$  Hz e picchi secondari tra ( $f_1$ ) 1.5-4.2 Hz.

#### 11.5 Parametri sismici

Nella pagina seguente sono riportati, per il sito in argomento, i coefficienti stratigrafici e topografici, determinati come da §3.2.3.2.1 e Tabb. 3.2.V e 3.2.VI del D.M. 17.01.2018.

Sito in esame.

latitudine: 41,941309  
longitudine: 15,003509  
Classe: 2  
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 28327 Lat: 41,9255 Lon: 14,9687 Distanza: 3369,741  
Sito 2 ID: 28328 Lat: 41,9246 Lon: 15,0360 Distanza: 3261,431  
Sito 3 ID: 28106 Lat: 41,9746 Lon: 15,0372 Distanza: 4635,018  
Sito 4 ID: 28105 Lat: 41,9755 Lon: 14,9699 Distanza: 4710,591

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C  
Categoria topografica: T1  
Periodo di riferimento: 50 anni  
Coefficiente cu: 1



| <i>Stato limite</i>            | <i>Probabilità superamento %</i> | <i>Tr (anni)</i> | <i>Ag (g)</i> | <i>F<sub>0</sub></i> | <i>Tc* (s)</i> |
|--------------------------------|----------------------------------|------------------|---------------|----------------------|----------------|
| Operatività (SLO)              | 81                               | 30               | 0,044         | 2,411                | 0,292          |
| Danno (SLD)                    | 63                               | 50               | 0,055         | 2,460                | 0,324          |
| Salvaguardia della vita (SLV)  | 10                               | 475              | 0,136         | 2,575                | 0,370          |
| Prevenzione dal collasso (SLC) | 5                                | 975              | 0,176         | 2,567                | 0,387          |

#### Coefficienti Sismici

| <i>Stato limite</i> | <i>Ss</i> | <i>Cc</i> | <i>St</i> | <i>Kh</i> | <i>Kv</i> | <i>Amax</i> | <i>Beta</i> |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|
| SLO                 | 1,500     | 1,580     | 1,000     | 0,013     | 0,007     | 0,642       | 0,200       |
| SLD                 | 1,500     | 1,520     | 1,000     | 0,016     | 0,008     | 0,807       | 0,200       |
| SLV                 | 1,490     | 1,460     | 1,000     | 0,049     | 0,024     | 1,987       | 0,240       |
| SLC                 | 1,430     | 1,440     | 1,000     | 0,060     | 0,030     | 2,462       | 0,240       |

### 11.6 Rischio liquefazione

Nella geotecnica, per liquefazione di un terreno s'intende il quasi totale annullamento della sua resistenza al taglio con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi. La probabilità che un deposito incoerente raggiunga le condizioni per la liquefazione dipende prevalentemente dalle proprietà geotecniche, dallo stato di addensamento del deposito, dalla composizione granulometrica, dalle condizioni di drenaggio, dalla storia delle sollecitazioni sismiche (caratteristiche delle vibrazioni sismiche e loro durata), e dall'età del deposito stesso. Tanto minore è il grado di addensamento del materiale, tanto maggiore è la probabilità che, a parità di altre condizioni, un deposito raggiunga lo stato di liquefazione. Pertanto il fenomeno può manifestarsi a seconda dei fattori ambientali e sismici, e potenzialmente si può verificare nei depositi sciolti che presentano le seguenti caratteristiche:

- granulometricamente sono sabbie da fini a medie con contenuto in fine variabile generalmente dallo 0 al 25%;
- si trovano sottofalda;
- sono da poco a mediamente addensati;
- si trovano a profondità relativamente basse (di solito inferiori ai 15 metri).



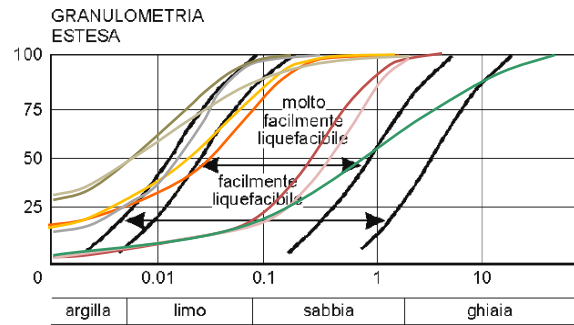
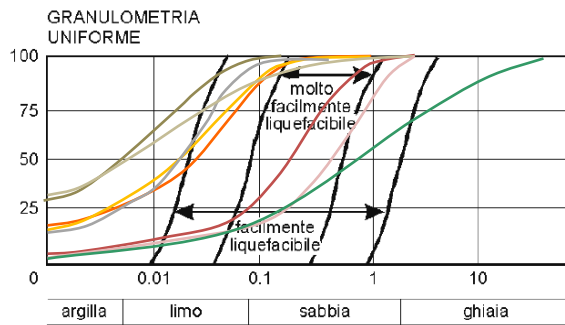
Nel caso in esame i materiali presenti sono classificabili come limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie ghiaiose con la falda posta a circa 4.00-5.00 m. Il D.M. 14.01.2008, al paragrafo 7.11.3.4, stabilisce che *“il sito presso il quale è ubicato il manufatto deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate”* e che (Punto 7.11.3.4.2) *“La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:*

1. eventi sismici attesi di magnitudo  $M$  inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $qc_{1N} > 180$  dove  $(N1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc_{1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .”

Al Punto 7.11.3.4.3. del suddetto D.M. viene stabilito che *“Quando nessuna delle condizioni del § 7.11.3.4.2 risulti soddisfatta e il terreno di fondazione comprenda strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, occorre valutare il coefficiente di sicurezza alla liquefazione alle profondità in cui sono presenti i terreni potenzialmente liquefacibili.”*

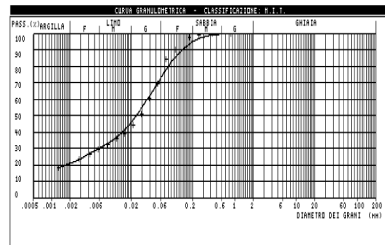
Nel caso specifico, come illustrato sopra, la falda acquifera risulta a circa 5.00 m ed i depositi fluviali risultano con taglia granulometrica variabile da limo-sabbiosa (UG2), sabbia limosa e sabbioso-ghiaioso (UG3) a cui seguono i limi argillosi (UG4) di base molto consistenti.

Per la verifica della tendenza alla liquefazione dei terreni in esame, in prima analisi sono state analizzate le curve granulometriche dei campioni prelevati nelle indagini precedenti, nei diversi litotipi per valutare se comprese all'interno delle fasce potenzialmente liquefacibili, come riportato nella figura posta nella pagina successiva. Le curve sono state prese dalle prove di laboratorio effettuate sui campioni rimaneggiati e indisturbati. L'analisi della sovrapposizione delle curve con gli abachi evidenziano un andamento nettamente al di fuori per le unità ghiaiose dell'UG3, e UG4 per il loro contenuto ghiaioso, nel primo caso e limo argilloso nel secondo caso. Per le curve relative all'unità UG2, il contenuto in limo e argilla le porta al di fuori delle fasce potenzialmente liquefacibili. Mentre l'unità UG3 prevalentemente sabbiose risultano con uno sviluppo prevalentemente contenuto all'interno delle fasce sensibili, ad eccezione della porzione argillosa che risulta sempre con bassa percentuale.

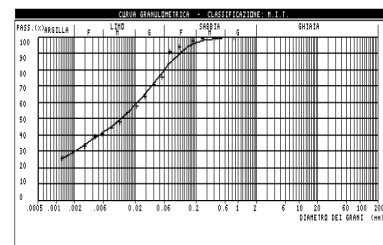


Curve granulometriche: Unità UG2 — Unità UG3sa — Unità UG3gh — Unità UG4 —

Unità UG2 – Limo sabbioso

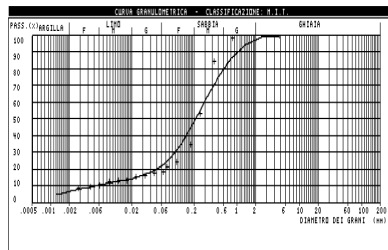


Campione S1-C1 – Limo con sabbia argilloso

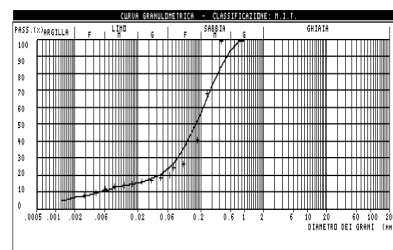


Campione S2-C1 – Limo con argilla sabbioso

Unità UG3 – Sabbie limose

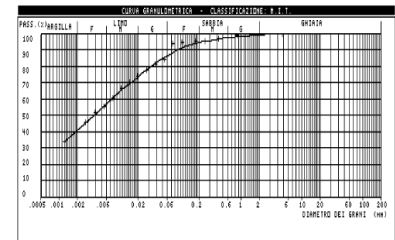
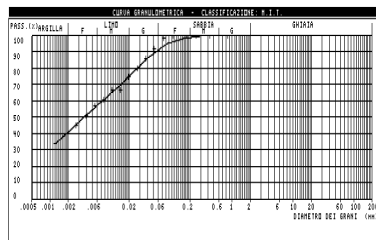
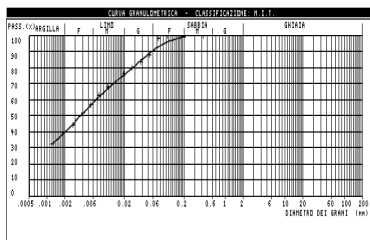


Campione S3-CR1 – sabbia limosa deb. argillosa



Campione S5-CR1 – Sabbia limosa deb. Argillosa

Unità UG4 – Limo argilloso



Campione S3-C1 – Limo con argilla deb. sabbioso Campione S4-C1 – Limo con argilla deb. sabbioso Campione S5-C1 – Limo con argilla sabbioso

*Sovrapposizione delle curve granulometriche dei materiali con gli abachi delle fasce potenzialmente liquefacibili*

Come stabilito al Punto 7.11.3.4.2. del D.M. 17.01.2018 per le unità geotecniche UG2 e UG4, la verifica alla liquefazione non è stata effettuata in quanto le caratteristiche dei terreni delle unità rientrano in punti 4. e 5. relativi allo stato di addensamento e consistenza ed ai fusi granulometrici, e non presentano suscettibilità alla liquefazione.



Mentre per l'unità UG3 è stata effettuata la verifica alla liquefazione per la porzione sabbiosa, utilizzando diversi metodi di calcolo che prendono in esame le indagini effettuate in sito, prove SPT e prove penetrometriche dinamiche, fusi granulometrici determinati con prove di laboratorio geotecnico e sismica a rifrazione.

I vari metodi utilizzati sono riportati di seguito:

- Metodo di Seed e Idris (1982);
- Metodo Iwasaki et al. (1978) modificato (1984);
- Metodo Seed e Idris (1971) modificato da Tokimatsu & Yoshimi (1983) e semplificato da GNDT-CNR;
- Metodo Andrus e Stokoe (1997) modificato;

Per la magnitudo attesa si è fatto riferimento al lavoro dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) – *Mappa di pericolosità* prevista dall'Ordinanza PCM del 20 marzo 2003 n. 3274, All. 1, da cui l'area in esame nella Zonazione Sismogenetica ZS9 si inserisce nella zona 929, on Magnitudo massima attesa di **6.83**.

Le analisi delle verifiche alla liquefazione effettuate con i diversi metodi di calcolo, risultano tutte verificate.

| <b>VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE</b>  |   |   |  |               |                                 |      |                                    |           |   |
|--|---|---|--|---------------|---------------------------------|------|------------------------------------|-----------|---|
| (da prove dinamiche SPT)   |   |   |  |               |                                 |      |                                    |           |   |
| <b>Metodo semplificato</b>   |   |   |  |               |                                 |      |                                    |           |   |
| Metodo di Seed e Idris (1982)  |   |   |  |               |                                 |      |                                    |           |   |
| <b>PARAMETRI:</b>  |   |   |  |               |                                 |      |                                    |           |   |
| $\gamma$   | =   | 2,69  | g/cm <sup>3</sup>                                |               |                                 |      |                                    |           |   |
| $\sigma_{vo}$  | =   | 2,69  | kg/cm <sup>2</sup>                               |               |                                 |      |                                    |           |   |
| $\sigma_{vo}'$   | =   | 2,14  | kg/cm <sup>2</sup>                               |               |                                 |      |                                    |           |   |
| profondità dello strato  | =   | 1000  | cm   |               |                                 |      |                                    |           |   |
| $N_{SPT}$  | =   | 8   |  |               |                                 |      |                                    |           |   |
| profondità falda   | =   | 450   | cm   |               |                                 |      |                                    |           |   |
| $\gamma_{H_2O}$  | =   | 1   | g/cm <sup>3</sup>                                |               |                                 |      |                                    |           |   |
| Pressione neutra   | =   | 0,550   | kg/cm <sup>2</sup>                               |               |                                 |      |                                    |           |   |
| z  | =   | 10  | m  |               |                                 |      |                                    |           |   |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;"><math>R=</math></td> <td style="width: 85%;">Resistenza al taglio mobilitata</td> </tr> <tr> <td><math>T=</math></td> <td>Sforzo di taglio indotto dal sisma</td> </tr> <tr> <td><math>d_{50}=</math></td> <td>Diametro della curva granulometrica corrispondente al passante al 50%</td> </tr> </table> |   |   |  | $R=$          | Resistenza al taglio mobilitata | $T=$ | Sforzo di taglio indotto dal sisma | $d_{50}=$ | Diametro della curva granulometrica corrispondente al passante al 50% |
| $R=$   | Resistenza al taglio mobilitata                                       |   |  |               |                                 |      |                                    |           |   |
| $T=$   | Sforzo di taglio indotto dal sisma                                    |   |  |               |                                 |      |                                    |           |   |
| $d_{50}=$  | Diametro della curva granulometrica corrispondente al passante al 50% |   |  |               |                                 |      |                                    |           |   |
| <b>FORMULE:</b>  |   | <b>RISULTATI:</b>   |  |               |                                 |      |                                    |           |   |
| $N_a$  | =   | $(N_{SPT} * (1,7 / (\sigma_{vo} + 0,7)) + N_f)$               | = 12,28873239 $N_a$                              |               |                                 |      |                                    |           |   |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;"><math>N_f</math></td> <td style="width: 15%;">=</td> <td style="width: 60%;">7,5</td> </tr> </table>   |   |   |  | $N_f$         | =                               | 7,5  |                                    |           |   |
| $N_f$  | =   | 7,5   |  |               |                                 |      |                                    |           |   |
| $R$  | =   | $N_a / 90$  | = 0,136541471 $R$                                |               |                                 |      |                                    |           |   |
| $T$  | =   | $0,65 * ((a_{max} / g) * (\sigma_{vo} / \sigma_{vo}')) * r_d$ | = 0,10417465 $T$                                 |               |                                 |      |                                    |           |   |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;"><math>a_{max} / g</math></td> <td style="width: 15%;">=</td> <td style="width: 60%;">0,15</td> </tr> <tr> <td><math>r_d</math></td> <td>=</td> <td>0,85</td> </tr> </table>  |   |   |  | $a_{max} / g$ | =                               | 0,15 | $r_d$                              | =         | 0,85  |
| $a_{max} / g$  | =   | 0,15  |  |               |                                 |      |                                    |           |   |
| $r_d$  | =   | 0,85  |  |               |                                 |      |                                    |           |   |
| 1,3  | ≤   | $F_s = R / T$ Sabbie sature                                   | = 1,310697676 <b>Verificato <math>F_s</math></b> |               |                                 |      |                                    |           |   |



| VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE<br>(da prove dinamiche SPT) |   |   |   |
|--|---|---|---|
| Metodo semplificato  |   |   |   |
| Metodo di Iwasaki et al. (1978) modificato (1984)                      |   |   |   |
| <b>PARAMETRI:</b>  |   |   |   |
| $\gamma$   | = | 2,69  | g/cm <sup>3</sup>   |
| $\sigma_{vo}$  | = | 2,69  | kg/cm <sup>2</sup>  |
| $\sigma_{vo}'$   | = | 2,14  | kg/cm <sup>2</sup>  |
| profondità dello strato considerato                                    | = | 1000  | cm  |
| profondità falda   | = | 450   | cm  |
| $\gamma_{H_2O}$  | = | 1   | g/cm <sup>3</sup>   |
| Pressione neutra   | = | 0,55  | kg/cm <sup>2</sup>  |
| z  | = | 10  | m   |
| N <sub>spt</sub>   | = | 8   |   |
| d <sub>50</sub>  | = | 0,2   |   |
| M  | = | 6,8   |   |
| MSF  | = | 1,36  | se M ≤ 7.5  |
|  | = | 1,27  | se M > 7.5  |
|  |   | R=  | Resistenza al taglio mobilitata                                       |
|  |   | T=  | Sforzo di taglio indotto dal sisma                                    |
|  |   | d <sub>50</sub> =   | Diametro della curva granulometrica corrispondente al passante al 50% |
|  |   | VS=   | Velocità dell'onda di taglio S  |
| <b>FORMULE:</b>  |   | <b>RISULTATI:</b>   |   |
| R  | = | $0,0882 \cdot E16 + \text{RADQ}(E9+0,7) + 0,225 \log(0,35/E17)$                   | se $0,04 \leq d_{50} \leq 0,6$  |
| R  | = | $0,0882 \cdot E16 + \text{RADQ}(E9+0,7) - 0,05$                                   | se $0,6 < d_{50} \leq 1,5$  |
| T  | = | $0,65 \cdot ((a_{max}/g) \cdot (\sigma_{vo}/\sigma_{vo}')) \cdot r_d \cdot 1/MSF$ |   |
|  |   |   | se $M \leq 7.5$   |
|  |   |   | se $M > 7.5$  |
| $a_{max}/g$  | = | 0,15  |   |
| $r_d$  | = | 1   |   |
| Fs=R/T   | > | 1   |   |
|  |   | se $M \leq 7.5$   | se $0,04 \leq d_{50} \leq 0,6$  |
|  |   |   | se $0,6 < d_{50} \leq 1,5$  |
|  |   | se $M > 7.5$  | se $0,04 \leq d_{50} \leq 0,6$  |
|  |   |   | se $0,6 < d_{50} \leq 1,5$  |
|  |   |   | 15,20376139   |
|  |   |   | Verificato Fs   |
|  |   |   | 13,92412869   |
|  |   |   | Verificato Fs   |
|  |   |   | 14,18143558   |
|  |   |   | Verificato Fs   |
|  |   |   | 12,98784748   |
|  |   |   | Verificato Fs   |

| VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE<br>(da prove dinamiche SPT)                             |   |  |                                    |
|--|---|--|------------------------------------|
| Metodo semplificato  |   |  |                                    |
| Metodo di Seed e Idris (1971), modificato da Tokimatsu & Yoshimi (1983) e semplificato da GNDT-CNR |   |  |                                    |
| <b>PARAMETRI:</b>  |   |  |                                    |
| $\gamma$   | = | 2,69   | g/cm <sup>3</sup>                  |
| $\sigma_{vo}$  | = | 2,69   | kg/cm <sup>2</sup>                 |
| $\sigma_{vo}'$   | = | 2,14   | kg/cm <sup>2</sup>                 |
| profondità dello strato  | = | 1000   | cm                                 |
| N <sub>SPT</sub>   | = | 8  |                                    |
| profondità falda   | = | 450  | cm                                 |
| $\gamma_{H_2O}$  | = | 1  | g/cm <sup>3</sup>                  |
| Pressione neutra   | = | 0,550  | kg/cm <sup>2</sup>                 |
| z  | = | 10   | m                                  |
|  |   | R=   | Resistenza al taglio mobilitata    |
|  |   | T=   | Sforzo di taglio indotto dal sisma |
| <b>FORMULE:</b>  |   | <b>RISULTATI:</b>  |                                    |
| Na   | = | $N_{SPT} \cdot (1,7 / (\sigma_{vo} + 0,7)) + N_f$                              |                                    |
|  |   |  | 12,28873239                        |
|  |   |  | Na                                 |
| $N_f$  | = | 7,5  |                                    |
| R  | = | $0,2565 \cdot [0,16 \cdot \text{RadQNa} + (0,2133 \cdot \text{RadQNa})^{1,4}]$ |                                    |
|  |   |  | 0,147388236                        |
|  |   |  | R                                  |
| T  | = | $0,65 \cdot ((a_{max}/g) \cdot (\sigma_{vo}/\sigma_{vo}')) \cdot r_d$          |                                    |
|  |   |  | 0,10417465                         |
|  |   |  | T                                  |
| $a_{max}/g$  | = | 0,15   |                                    |
| $r_d$  | = | 0,85   |                                    |
| Fs=R/T   | > | 1,3  | Sabbie sciolte                     |
|  |   |  | 1,414818644                        |
|  |   |  | Verificato Fs                      |



| VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE  |   |   |                    |             |                  |
|---|---|---|--------------------|-------------|------------------|
| (da prove sismiche a rifrazione)            |   |   |                    |             |                  |
| Metodo semplificato                         |   |   |                    |             |                  |
| Metodo di Andrus e Stokoe (1997) modificato |   |   |                    |             |                  |
| <b>PARAMETRI:</b>                           |   |   |                    |             |                  |
| $\gamma$                                    | = | 2,69  | g/cm <sup>3</sup>  |             |                  |
| $\sigma_{vo}$                               | = | 2,69  | kg/cm <sup>2</sup> |             |                  |
| $\sigma'_{vo}$                              | = | 2,14  | kg/cm <sup>2</sup> |             |                  |
| profondità dello strato considerato         | = | 1000  | cm                 |             |                  |
| profondità falda                            | = | 450   | cm                 |             |                  |
| $\gamma_{H_2O}$                             | = | 1   | g/cm <sup>3</sup>  |             |                  |
| Pressione neutra                            | = | 0,55  | kg/cm <sup>2</sup> |             |                  |
| z   | = | 10  | m                  |             |                  |
| $V_S$                                       | = | 300   |                    |             |                  |
| $V_{S1C}$                                   | = | 210   | m/s                | FC<5%       | FC=20%           |
|   |   |   |                    | 220         | 210              |
|   |   |   |                    |             | 200              |
| $V_{S1}$                                    | = | 248,04  |                    |             |                  |
| M   | = | 6,8   |                    |             |                  |
| MSF   | = | 1,36  | se M≤7.5           |             |                  |
|   |   | 1,27  | se M>7.5           |             |                  |
| <b>FORMULE:</b>                             |   |   | <b>RISULTATI:</b>  |             |                  |
| $V_{S1}$                                    | = | $V_S(1/\sigma_{vo})^{0,26}$   |                    | 248,04      | $V_{S1}$         |
| R   | = | $0,03 * (V_{S1}/100)^2 + (0,9/(V_{S1C}-V_{S1})) - (0,9/V_{S1C})$        | =                  | 0,156621791 | R                |
| T   | = | $0,65 * ((a_{max}/g) * (\sigma_{vo}/\sigma'_{vo}))^{0,5} * r_d * 1/MSF$ | se M≤7.5           | 0,081807507 | $T_{M≤7,5}$      |
|   |   |   | se M>7.5           | 0,08770493  | $T_{M>7,5}$      |
| $a_{max}/g$                                 | = | 0,15  |                    |             |                  |
| $r_d$                                       | = | 0,909   |                    |             |                  |
| $F_s=R/T$                                   | > | 1   | se M≤7.5           | 1,914516115 | Verificato $F_s$ |
|   |   |   | se M>7.5           | 1,785780917 | Verificato $F_s$ |

Verifiche del potenziale di liquefazione

### 11.7 Vulnerabilità per fenomeni sismoindotti

Nei terreni in esame, da quanto emerso dalle indagini eseguite, la litologia dei materiali, per le loro caratteristiche granulometriche e per il loro grado di addensamento non risultano suscettibili a liquefazione. Da quanto rilevato ed accertato da fonti locali e da responsi di sopralluoghi e verifiche, in coincidenza degli ultimi terremoti che ha colpito il centro Italia, tra cui anche quelli con epicentro nella Regione Molise, non si sono segnalati fenomeni di liquefazione. I materiali infatti presentano non risultano suscettibili a fenomeni di assetamento e aggiustamento dello scheletro solido resistivo in occasione di eventi tellurici. Il dato è confermato anche dal catalogo C.E.D.I.T. riportato in precedenza.

Tuttavia si fa rilevare che i terreni nei primi 3.0-7.0 m, risultano di deposizione recente, con un grado di consolidazione e addensamento non adeguato al carico litostatico del terreno sovrastate, per cui in occasione di eventi tellurici le intercalazioni con un sorting prettamente sabbioso potrebbero subire un riaggiustamento dello scheletro solido resistivo, creando delle sovrappressioni idriche nella falda, facilmente dissipabili e assetamenti modesti.



## 12. RESISTIVITA' E CONDUCIBILITA' DEI TERRENI

Per la resistività dei terreni si è fatto riferimento alle indagini geoelettriche precedenti.

Dalla correlazione delle misure si distinguono 4 range di misure di resistività collegabili a elettrostrati, riportati di seguito.

- Elettrostrato ELE1, resistività 2 - 20  $\Omega \cdot m$
- Elettrostrato ELE2, resistività 20 – 100  $\Omega \cdot m$
- Elettrostrato ELE3, resistività 100 – 500  $\Omega \cdot m$
- Elettrostrato ELE4, resistività 500 - >1000  $\Omega \cdot m$

In generale all'interno di ogni elettrostrato distinto, nell'ambito del range di variazioni si registrano locali diminuzioni di resistività in corrispondenza di termini più limoso e/o limo argillosi e di terreni con maggiore umidità, e aumenti di resistività collegabili a terreni sabbiosi e/o ghiaiosi.

Il modello elettrostratigrafico è stato messo a confronto con il modello geologico in maniera da attribuire alle unità geologiche e geotecniche i valori di resistività; il confronto fra i due modelli è rappresentato nella tabella che segue.

| <i>Unità geologica</i> | <i>Unità geotecnica</i> | <i>Litologia</i>        | <i>Profondità m</i> | <i>Resistività <math>\Omega \cdot m</math></i> | <i>Conducibilità S/m</i>  |
|------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|--|---------------------------|
| Geo 1a                 | UG 1                    | Materiale superficiale  | 0.8 -1.0            | 100 – 500                                      | 0.002 – 0.01              |
| Geo 1b                 | UG 1                    | Limi sabbiosi           | 2.0-7.0             | 2 - 50   | 0.02 – 0.05               |
| Geo 2                  | UG 2                    | Limi argilloso-sabbiosi | 8.0-11.0            | 2 – 20<br>20 - 50                              | 0.02 - 0.05<br>0.05 – 0.5 |
| Geo 3                  | UG 3                    | Sabbie e ghiaie         | 11.0-15.0           | 50 - 100                                       | 0.01 – 0.02               |
| Geo 4                  | UG 4                    | Limi argillosi          |                     | 10 - 50  | 0.02 – 0.1                |

*Unità geologiche e geotecniche con range di resistività e conducibilità*



### 13. CONCLUSIONI

Nel presente elaborato sono stati illustrati gli aspetti geologici di un'area del territorio comunale di Termoli (CB), interessata dal progetto "*Termoli Sustainable Expansion Project*" da realizzare nello stabilimento della Società MOMENTIVE.

Il progetto prevede tre interventi:

1. Interventi di adeguamento a BAT del sistema abbattimento emissioni
2. Interventi MQ Resin – AF Emulsion – D672 upgrade
3. Interventi Produzione A-1170

Nello studio sono stati riportati gli inquadramenti geologico, geomorfologico e idrogeologico dell'area nonché le caratteristiche sismiche dell'area desunte sulla scorta delle indagini.

In riferimento a quanto emerso nello studio, l'assetto geologico e sismico delle aree può essere riassunto nei seguenti punti.

#### Indagini in sito

La modellazione del terreno del sottosuolo è stata effettuata nel rispetto delle Norme tecniche per le costruzioni del DM 17 gennaio 2018, paragrafo 6.2.2. In particolare il sito si inserisce in una zona ben conosciuta dal punto di vista geologico e geotecnico, per cui la modellazione geotecnica, geologica e sismostratigrafica è stata eseguita sulla base delle conoscenze e indagini già disponibili integrate con una ulteriore indagine eseguita nel sito di diretto interesse. Di fatto per i dati puntuali del sottosuolo sono stati effettuati n. 2 prove penetrometriche dinamiche, n. 1 linea sismica a rifrazione tomografica, n. 1 linea sismica Masw, n. 1 registrazione di microtremori, integrati n. 3 sondaggi geognostici, prove SPT in foro, prove di laboratorio, n. 5 prove penetrometriche dinamiche, n. 2 indagini sismiche, n. 5 geoelettriche effettuate in precedenza.

#### Compatibilità interventi con Piano PAI

Nello strumento di pianificazione territoriale Piano Stralcio PAI fiume Biferno e Minori (*Carta della pericolosità da frana e da valanga*), le aree di progetto non sono incluse in classi di pericolosità.

Rispetto al rischio esondazione, il sito di progetto e parte dell'area circostante, nel *Piano PAI - Rischio idraulico*, nella *carta della pericolosità idraulica* risulta perimetrato con classe di *pericolosità idraulica moderata (PI2)*; in merito a tale vincolo, gli interventi previsti nel progetto, rientrano in quelli consentiti. Nell'ambito del progetto è stato prodotto uno specifico elaborato Studio di compatibilità idraulica che ha verificato la compatibilità degli interventi con le dinamiche fluviali previste nel Piano PAI rischio idraulico.



### Contesto geografico-geomorfologico

Il sito, oggetto del presente lavoro, interessa una zona che ricade nel settore sud-orientale dell'area urbana di Termoli, nell'area industriale, in prossimità del fiume Biferno, a quote di 11 m slm circa, alle seguenti coordinate geografiche medie:

| <i>Intervento</i>  | <i>Sistema</i> | <i>Latitudine</i> | <i>Longitudine</i> |
|--|----------------|-------------------|--------------------|
| Interventi di adeguamento a BAT del sistema abbattimento emissioni |                | 41.940276         | 15.002561          |
| Interventi MQ Resin – AF Emulsion – D672 upgrade                   | WGS84          | 41.940388         | 15.001048          |
| Interventi Produzione A-1170                                       |                | 41.939095         | 15.000833          |

Dal punto di vista fisiografico l' area si inserisce nella fascia della piana fluviale del fiume Biferno a morfologia pianeggiante, con buone caratteristiche di stabilità geomorfologica. La realizzazione degli interventi non alterano la buona stabilità della zona.

### Contesto geologico-strutturale

Il sottosuolo dell'area è formato da due complessi geologici rappresentati da *depositi fluviali* pleistocenici-quadernari che passano in profondità ai termini della *formazione plio-pleistocenica di base delle Argille di Montesecco*; in superficie i due complessi risultano ricoperti da depositi recenti. I modelli geologici dei siti sono riportati in relazione (§ 5.4.3 *Modello geologico di riferimento*) a cui si rimanda.

### Idrografia superficiale e idrogeologia

L'idrografia di superficie è rappresentata esclusivamente dal fiume Biferno, il cui andamento meandriforme, nel tratto interessato dal progetto è stato rettificato con argini naturali che impediscono fenomeni di erosione spondale.

Alla stratigrafia ricostruita e alla tessitura dei terreni presenti nel sottosuolo competono buone permeabilità per i depositi fluviali che contiene una falda acquifera di sulbalveo, libera non confinata, sorretta dalla formazione di base argillosa, impermeabile. La falda nelle aree di progetto risulta ad una profondità di circa 5.0-6.0 m dal piano campagna. Il livello della piezometrica può oscillare in dipendenza delle variazioni del pelo libero del fiume Biferno, a cui è legata. La presenza di un deposito limoso più superficiale, che rappresenta un acquitardo, rallenta i flussi idrici superficiali e in coincidenza di precipitazioni potrebbe sorreggere una falda effimera e sospesa con livelli a circa 2.0 m dal p.c. che lentamente viene drenata alla vera e propria falda di sulbalveo sottostante.

### Geotecnica dei terreni

Sulla base delle indagini effettuate e di riferimento è stato definito il modello geotecnico dei siti sono riportati in relazione (§ 9.5 *Modello geotecnico*).



### Pericolosità sismica

Alcuni allineamenti tettonici che hanno delineato il contesto geologico della zona, risultano inclusi nelle faglie attive e capaci e si sviluppano a circa 30-50 chilometri dal sito; rispetto al rischio sismico si fa rilevare che l'elevato grado di pericolosità sismica lungo tali faglie si manifesta con terremoti di elevata intensità e tempi di ritorno particolarmente lunghi (massima magnitudo attesa stimata di 5.69-6.01). Il territorio comunale di Termoli è classificato secondo la vigente normativa sismica, quale *zona sismica 3* con un accelerazione locale massima al suolo di  $0.142753 g$  (Ordinanza n. 3907 della Presidenza del Consiglio dei Ministri, attuazione dell'art. 11 del decreto legge 28 aprile 2009 n. 39, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 giugno 2009, n. 77). Ai fini della risposta sismica, valutata con specifica indagine geofisica, i terreni rientrano nella categoria di sottosuolo *C* e con una categoria di amplificazione topografica *T1* (*St 1.0*). La frequenza fondamentale del sito evidenzia valori compresi tra  $(f_0) 0.25 \pm 0.01$  Hz e picchi secondari tra  $(f_1) 1.5-4.2$  Hz.

Nella Microzonazione sismica del Comune di Termoli il sito si imposta su *Depositi alluvionali terrazzati e su depositi alluvionali recenti ed attuali, a cui è attribuito un coefficiente di sito  $S=1.25$* . Rispetto al rischio liquefazione, i terreni risultano con fusi granulometrici esterni alle fasce suscettibili a liquefazione, ad eccezione dell'unità sabbioso-limosa dei depositi fluviali, la cui curva granulometrica è per gran parte compresa all'interno di tali fasce. La verifica alla potenziale liquefazione effettuata per tale unità, risulta verificata.

Sulla base di quanto rilevato, indagato e verificato, per gli aspetti geologici, geomorfologici, idrografici e idrogeologici, si esprime giudizio favorevole alla realizzazione del progetto.

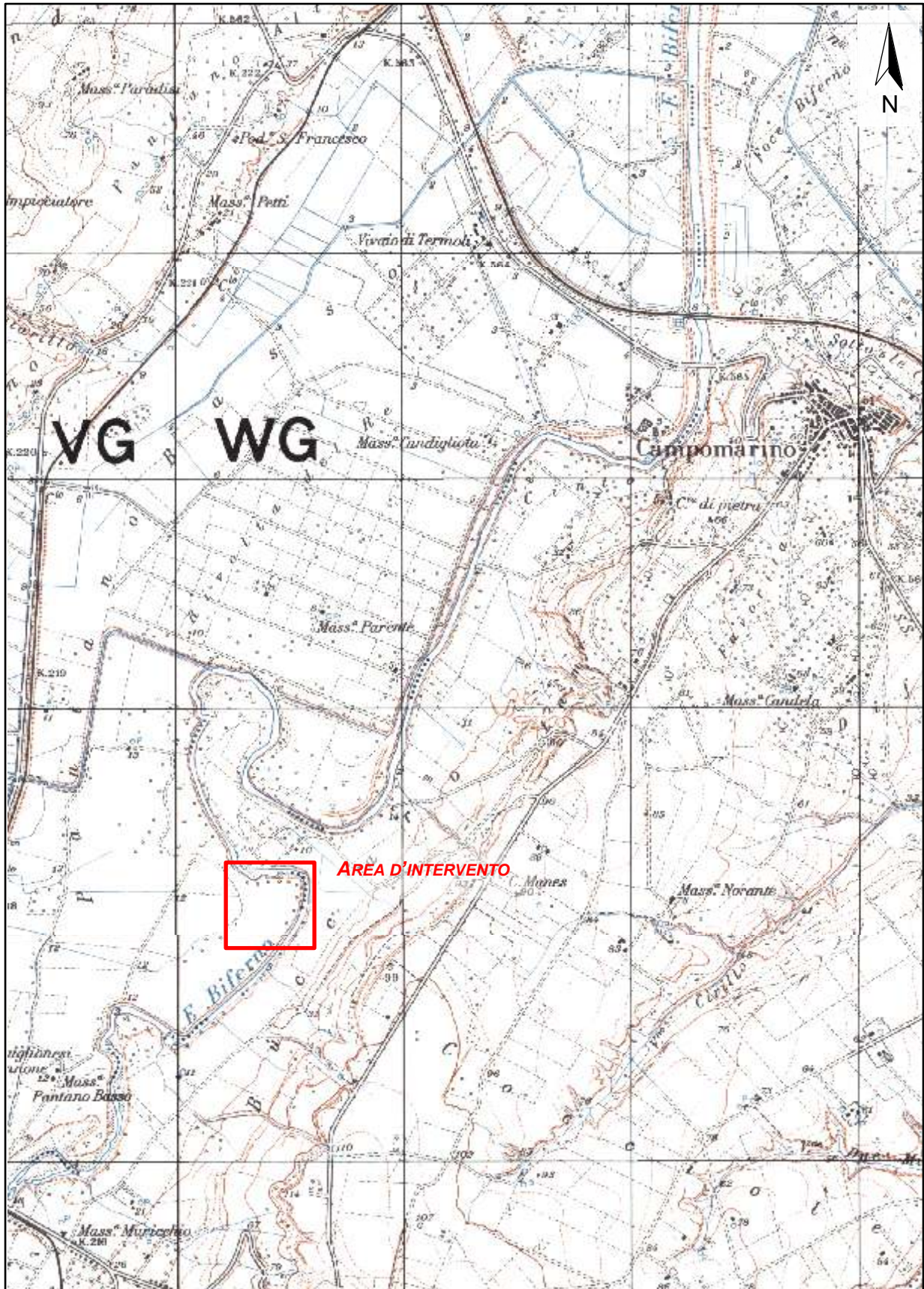
Si rimane a disposizione per eventuali chiarimenti.

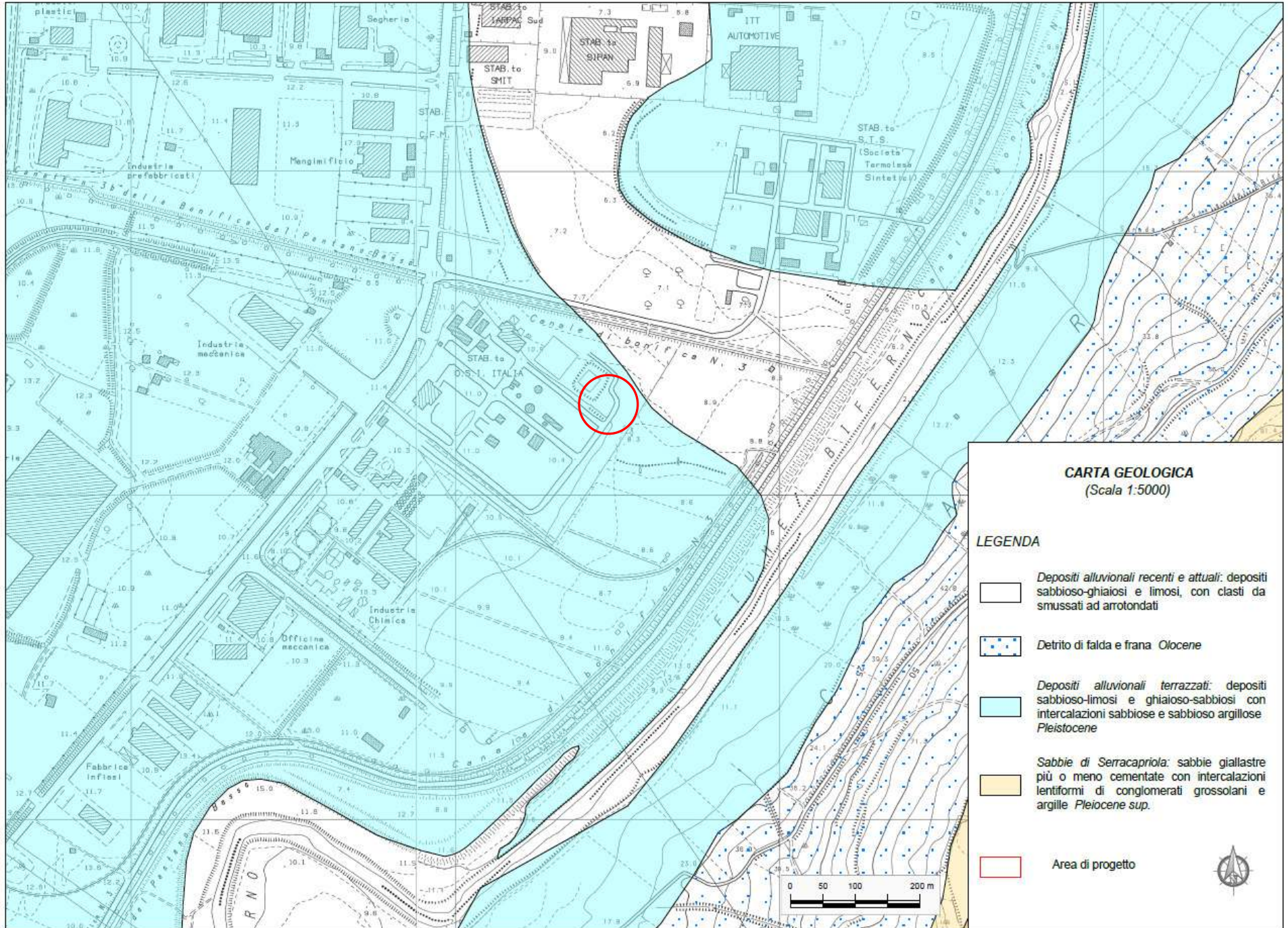


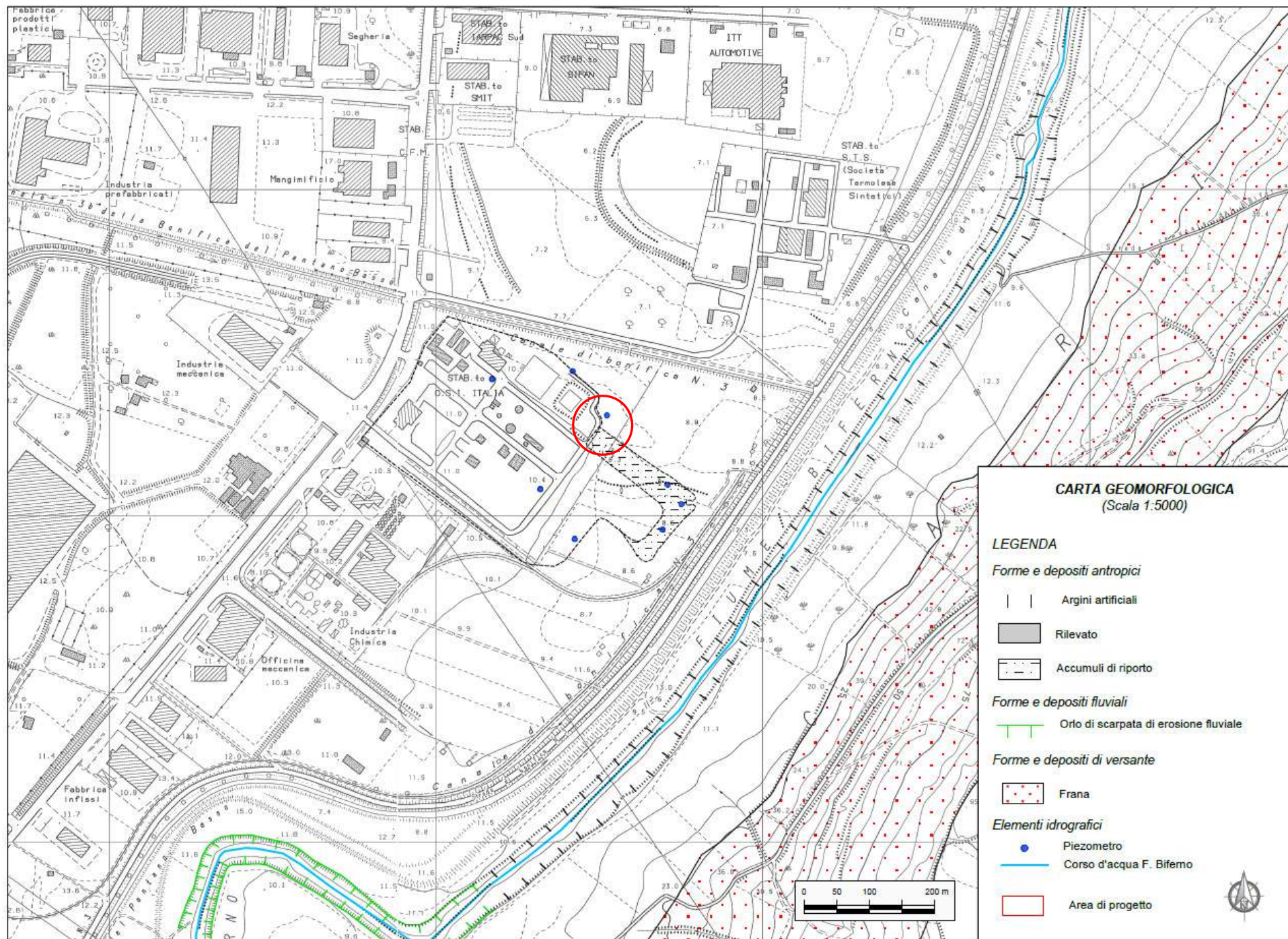
### **ALLEGATI**

- Carta topografica
- Carta geologica
- Carta geomorfologica
- Ubicazione delle indagini
- Ubicazione delle indagini precedenti
- Prove penetrometriche dinamiche DPSH
- Sismica rifrazione tomografica
- Sismica attiva Masw
- Prova HVSR

**CARTA TOPOGRAFICA**  
(Scala 1:25000)

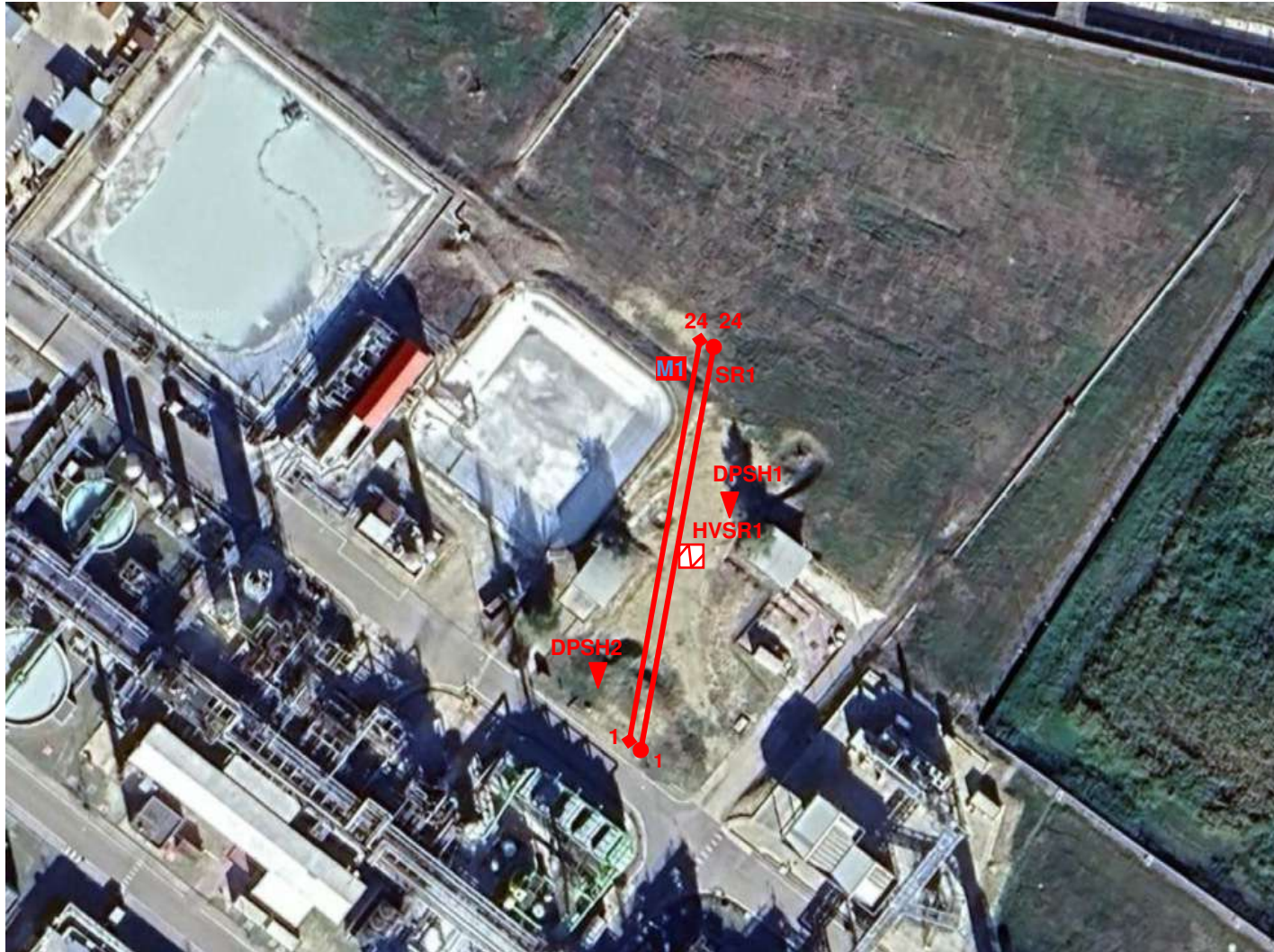








## UBICAZIONE INDAGINI



### LEGENDA

#### INDAGINE GEOTECNICA

**DPSH** ▼ Prova penetrometrica dinamica

#### INDAGINI GEOFISICHE

**SR** 1 — 24 Linea sismica a rifrazione

**M** 1 — 24 Linea sismica masw

**HVSR** □ Misura microtremore




## UBICAZIONE INDAGINI PRECEDENTI



### LEGENDA

#### INDAGINE GEOGNOSTICA

S<sub>n</sub>  Sondaggio geognostico  
con prove spt e prelievo campioni



# STRATIGRAFIA DI SONDAGGIO

Normativa di riferimento: **Raccomandazioni A.G.I., 1977**

Committente: **Momentive**

Codice sondaggio

Opera:

**S1**

Località: **Termoli (CB)**

GEO-LAND sas di Palucci D. & C.  
Via Tirino, 82 65129 PESCARA  
tel/fax 08567589 3395462037  
geolandsas@libero.it geo-land@pec.it

Coordinate: latitudine  
longitudine

Quota:

## DATI PERFORAZIONE

DATA : Inizio **02/09/2020**; Fine **02/09/2020**

TIPO SONDA : **CMV 420S**

METODO PERFORAZIONE : **Carotaggio continuo**

DIAMETRO FORO: Iniz./Fin. **127/101 mm**

CAMPIONATORE :

OPERATORI : **Renzella F.**

## RILIEVO STRATIGRAFICO

Profondità: da 0,00 m a 20,00m

| CAROTIERE                   | PROFONDITA' DAL P.C. | SPESSORE | SEZIONE STRATIGRAFICA | DESCRIZIONE LITOLOGICA DELLE UNITA' ATTRAVERSATE  | RECUPERO CAROTAGGIO (%) |    |    |    | POCKET PENETROMETER (KPa) | TORE VANE (KPa) | FALDA ACQUIFERA | CAMPIONI INDISTURBATI | CAMPIONI DISTURBATI | PROVE SPT | ATTREZZATURE IN FORO | TUBI DI RIVESTIMENTO |
|-----------------------------|----------------------|----------|-----------------------|---|-------------------------|----|----|----|---------------------------|-----------------|-----------------|-----------------------|---------------------|-----------|----------------------|----------------------|
|                             |                      |          |                       |   | 20                      | 40 | 60 | 80 |                           |                 |                 |                       |                     |           |                      |                      |
| carotiere semplice<br>Φ 101 | 0,6                  | 0,6      |                       | Pavimentazione e sottofondo a prevalente granulometria grossolana.  |                         |    |    |    |                           |                 |                 |                       |                     |           |                      |                      |
|                             | 1,5                  | 0,9      |                       | Sabbia medio-fine, colore nocciola con clasti sparsi, subarrotondati, diametro max carotabile diametro minimo 0,5 cm.   |                         |    |    |    |                           |                 |                 |                       |                     |           |                      |                      |
|                             | 2,5                  | 1,0      |                       | Limi sabbiosi, avana con intercalazioni e patine ocre; addensata. Sporadica presenza di clasti subarrotondati con diametro da millimetrico a centimetrico. Presenti patine polverulente biancastre.   |                         |    |    |    |                           |                 |                 |                       |                     |           | p.c. 2,9             |                      |
|                             | 4,2                  | 1,7      |                       | Limo argilloso grigio plumbeo, debolmente fetido; mediamente consistente. Presenza sporadica di pigmenti neri millimetrici.   |                         |    |    |    |                           |                 |                 |                       |                     |           | 1-1-1                |                      |
|                             | 5,2                  | 1,0      |                       | Limo argilloso a tratti sabbioso, plastico, grigio, con minuti resti conchigliari bianchi; tenero. Occasionalmente residui organici carboniosi nerastrì   |                         |    |    |    |                           |                 |                 |                       |                     |           |                      |                      |
|                             | 7,2                  | 2,0      |                       | Sabbia fine a tratti limosa. Colore nocciola. Presenti screziature ocre e grigie; mediamente addensate. Da 5,90 m sabbia medio-grossolana di colore nocciola, con sporadici clasti subarrotondati, diametro medio 2 cm.   |                         |    |    |    |                           |                 |                 |                       |                     |           | p.c. 6,0             |                      |
|                             | 9,0                  | 1,8      |                       | Ghiaia eterometrica con sabbie medio-fini di colore nocciola; addensata. Clasti arrotondati con diametro max 5 cm e min 0,5 cm.   |                         |    |    |    |                           |                 |                 |                       |                     |           | 4-5-6                |                      |
|                             | 11,5                 | 2,5      |                       | Limi da sabbiosi a debolmente sabbiosi di colore avana, con screziature ocree e grigie. Da 10,30 m sabbia medio-fine a tratti debolmente limosa, colore avana. Tra 11,0-11,5 m sabbia medio-grossolana.   |                         |    |    |    |                           |                 |                 |                       |                     |           |                      |                      |
|                             | 14,7                 | 3,2      |                       | Limo argilloso grigio, con alternanze avana ed ocre; molto consistente. Presenti pigmenti millimetrici neri ed ocre, talora biancastri polverulenti. Da 12,2 m a 12,4 m sabbia grossolana avana.  |                         |    |    |    |                           |                 |                 |                       |                     |           | p.c. 12,0            |                      |
|                             | 20,0                 | 5,3      |                       | Argilla limosa, di colore grigio plumbeo, con sporadici pigmenti e screziature nere, molto consistente. Presenti occasionali intercalazioni avana. Da 18,80 m argilla limosa di colore grigio con intercalazioni centimetriche bruno nerastrì. Molto consistente. |                         |    |    |    |                           |                 |                 |                       |                     |           | 12-11-12             | 12,00                |

REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
 Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
 Doc. Principale - Copia Documento



# STRATIGRAFIA DI SONDAGGIO

Normativa di riferimento: **Raccomandazioni A.G.I., 1977**

Committente: **Momentive**

Codice sondaggio

Opera:

**S 2**

Località: **Termoli (CB)**

Coordinate: latitudine  
longitudine

Quota:

GEO-LAND sas di Palucci D. & C.  
Via Tirino, 82 65129 PESCARA  
tel/fax 08567589 3395462037  
geolandsas@libero.it geo-land@pec.it

## DATI PERFORAZIONE

DATA : Inizio **03/09/2020**; Fine **03/09/2020**

TIPO SONDA : **CMV 420S**

METODO PERFORAZIONE : **Carotaggio continuo**

DIAMETRO FORO: Iniz./Fin. **127/101 mm**

CAMPIONATORE :

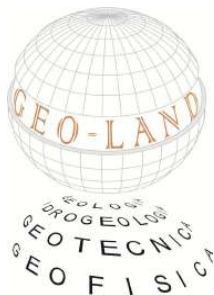
OPERATORI : **Renzella F.**

## RILIEVO STRATIGRAFICO

Profondità: da 0,00 m a 20,00m

| CAROTIERE                   | PROFONDITA' DAL P.C. | SPESSORE | SEZIONE STRATIGRAFICA   | DESCRIZIONE LITOLOGICA DELLE UNITA' ATTRAVERSATE   | RECUPERO CAROTAGGIO (%) |    |    |    | POCKET PENETROMETER (kPa) | TORE VANE (kPa) | FALDA ACQUIFERA | CAMPIONI INDISTURBATI | CAMPIONI DISTURBATI | PROVE SPT | ATTREZZATURE IN FORO | TUBI DI RIVESTIMENTO |
|-----------------------------|----------------------|----------|---|--|-------------------------|----|----|----|---------------------------|-----------------|-----------------|-----------------------|---------------------|-----------|----------------------|----------------------|
|                             |                      |          |   |  | 20                      | 40 | 60 | 80 |                           |                 |                 |                       |                     |           |                      |                      |
| Φ 101<br>carotiere semplice | 1,5                  | 1,5      |   | Pavimentazione e sottofondo a prevalente granulometria grossolana di taglia da ghiaie a ciottoli.  |                         |    |    |    |                           |                 |                 |                       |                     |           |                      |                      |
|                             | 2,3                  | 0,8      |   | Limi sabbiosi e sabbia fine di colore avana, con ghiaia medio-fine; addensata.   |                         |    |    |    |                           |                 |                 |                       |                     |           |                      |                      |
|                             | 3,2                  | 0,9      |   | Tra 1,50-18,0 m ciottoli e trovanti di dimensioni carotabili.  |                         |    |    |    |                           |                 |                 |                       |                     |           | p.c. 2,7             |                      |
|                             | 5,0                  | 1,8      |   | Limo debolmente argilloso, a tratti sabbioso di colore avana-brunastro; mediamente consistente. Presenza sporadica di pigmenti neri millimetrici.  |                         |    |    |    |                           |                 |                 |                       |                     |           | 2-2-1                |                      |
|                             | 7,0                  | 2,0      |   | Limo di colore avana con presenza di sostanza organica, plastico; tenero.  |                         |    |    |    |                           |                 |                 |                       |                     |           |                      |                      |
|                             | 9,3                  | 2,3      |   | Da 5,00 m limo con intercalazioni di limo sabbioso e sabbia limosa avana.  |                         |    |    |    |                           |                 |                 |                       |                     |           | p.c. 8,5             |                      |
|                             | 10,3                 | 1,0      |   | Sabbia medio-fine debolmente limosa di colore avana; moderatamente addensata.  |                         |    |    |    |                           |                 |                 |                       |                     |           | 14-21-25             |                      |
| 20,0                        | 9,7                  |          | Ghiaia eterometrica con sabbie medio-fini di colore avana; addensata. Clasti arrotondati con diametro max 3-4 cm. Da 8,80 m Ghiaie medio-fini con limo argilloso avana. |  |                         |    |    |    |                           |                 |                 |                       |                     |           |                      |                      |
|                             |                      |          |   | Limo da sabbioso a debolmente sabbioso di colore avana, si rilevano screziature ocracee.   |                         |    |    |    |                           |                 |                 |                       |                     |           |                      |                      |
|                             |                      |          |   | Argilla limosa e limi argillosi, di colore grigio plumbeo, con sporadici pigmenti nerastri, molto consistente. Tra 10,30-11,10 m si rilevano intercalazioni decimetriche di sabbia limosa. |                         |    |    |    |                           |                 |                 |                       |                     |           |                      |                      |

REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
 Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
 Doc. Principale - Copia Documento



## STRATIGRAFIA DI SONDAGGIO

Normativa di riferimento: **Raccomandazioni A.G.I., 1977**

COMMITTENTE : **MOMENTIVE**

CODICE SONDAGGIO

GEO-LAND sas di Palucci D. & C.  
 Via Tirino, 82 65129 PESCARA  
 fax 08567589 3395462037  
 geolandsas@libero.it geo-land@pec.it

OPERA : **AMPLIAMENTO STABILIMENTO**

**S 1**

LOCALITA' : **TERMOLI (CB)**

### DATI PERFORAZIONE

DATA : Inizio 04/06/2014; Fine 04/06/2014

TIPO SONDA : **CMV 420**

METODO PERFORAZIONE : **Carotaggio continuo**

DIAMETRO FORO: Iniz./Fin. 127/101 mm

CAMPIONATORE : **Shelby**

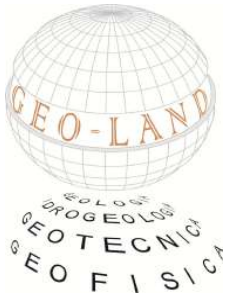
OPERATORI : **Di Simone C. - Di Simone C.**

### RILIEVO STRATIGRAFICO

Profondità: da 0,00 m a 20,00 m

| CAROTIERE                   | PROFONDITA' DAL P.C. (m) | POTENZA DELLA FORMAZIONE (m) | SEZIONE STRATIGRAFICA | DESCRIZIONE LITOLOGICA DELLE FORMAZIONI ATTRAVERSALE  | RECUPERO CAROTTAGGIO (%)   |    |    |    | POCKET PENETROMETER (kPa) | TORE VANE (kPa) | CAMPIONI | PROVE SPT | FALDA | CAMPIONI AMBIENTALI | TUBI DI RIVESTIMENTO |  |
|-----------------------------|--------------------------|------------------------------|-----------------------|---|--|----|----|----|---------------------------|-----------------|----------|-----------|-------|---------------------|----------------------|--|
|                             |                          |                              |                       |   | 20   | 40 | 60 | 80 |                           |                 |          |           |       |                     |                      |  |
| carotiere semplice<br>φ 101 | 1,0                      | 1,0                          |                       | Terreno di riporto formato da clasti calcarei eterometrici φmax 10 cm con sabbie limose e limi sabbiosi di colore avana.                                      |  |    |    |    |                           |                 |          |           |       | C1                  | 1,0                  |  |
|                             | 1,5                      | 0,5                          |                       | Limo argilloso-sabbioso di colore grigio-bruno con intercalazioni di sabbia e screziature di materia organica; consistente.                                   |  |    |    |    |                           |                 | 2,5      |           |       |                     |                      |  |
|                             |                          | 3,0                          |                       | Limo argilloso-sabbioso di colore marrone, con screziature ocre e grigie; poco consistente.   |  |    |    |    |                           |                 | C1       |           |       |                     |                      |  |
|                             |                          | 4,5                          |                       | Sabbia medio-fine con limo e limo sabbioso di colore avana con screziature millimetriche e centimetriche sabbiose di tonalità ocreo e grigio; poco addensata. |  |    |    |    |                           |                 | 3,0      |           |       |                     |                      |  |
|                             |                          | 7,9                          | 3,4                   |   | Sabbia fine a tratti debolmente limosa di colore grigio; sciolta.  |    |    |    |                           |                 |          |           |       |                     |                      |  |
|                             |                          | 9,6                          | 1,7                   |   | Tra 9.20-9.60 m sabbia medio-grossolana.   |    |    |    |                           |                 |          |           |       |                     |                      |  |
|                             |                          | 11,4                         | 1,8                   |   | Sabbia media di colore nocciola con clasti calcarei, φmax 5cm, a tratti prevalenti; moderatamente addensato. |    |    |    |                           |                 |          |           |       |                     |                      |  |
|                             |                          | 11,8                         | 0,8                   |   | Limo argilloso di colore avana con screziature sabbiose di tonalità ocree e grigie; mediamente consistente.  |    |    |    |                           |                 |          |           |       |                     |                      |  |
|                             |                          | 8,2                          |                       | Limo argilloso di colore grigio con intercalazioni millimetriche di sabbia fine; molto consistente.   |  |    |    |    |                           |                 |          |           |       |                     |                      |  |
|                             | 20,0                     |                              |                       |   |  |    |    |    |                           |                 |          |           |       |                     |                      |  |

REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
 Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
 Doc. Principale - Copia Documento



GEO-LAND sas di Palucci D. & C.  
Via Tirino, 82 65129 PESCARA  
tel/fax 08567589 3395462037  
geolandsas@libero.it geo-land@pec.it

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

## DATI DELLA PROVA

Committente: **Momentive**  
Opera: **Progetto New Air Emissions Treatment System**  
Località: **via Enrico Mattei, Termoli (CB)**

Codice prova  
**DPSH 1**

### DATI PROVA

NORMATIVA DI RIFERIMENTO : **ISSMFE (1988) - UNI ENV 1997-3 2002**  
DATA ESECUZIONE : **19/05/2025**  
PROFONDITÀ INIZIO PROVA : **Piano campagna**  
PREFORO : **0,00 m**  
PRESENZA DI ACQUA SOTTERRANEA : **5,00 m**  
PROFONDITÀ PROVA : **16,00 m**  
OPERATORI : **dott. geol. D.Palucci**

### PENETROMETRO UTILIZZATO

PENETROMETRO DINAMICO SUPER PESANTE **COSTRUTTORE : Pagani Geotechnical Equipment**  
CLASSIFICAZIONE ISSMFE (1988) - M >60 kg - DPSH Super Heavy **MODELLO : TG 63/200 N**

### CARATTERISTICHE TECNICHE

|                          |                           |                         |              |
|--------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------|
| PESO MASSA BATTENTE      | M = 63,50 kg              | LUNGHEZZA ASTE          | La = 1,00 m  |
| ALTEZZA CADUTA LIBERA    | H = 0,75 m                | PESO ASTE PER METRO     | Ma = 8,00 kg |
| PESO SISTEMA BATTITURA   | Ms = 30,00 kg             | PROF. GIUNZIONE 1^ ASTA | P1 = 0,80 m  |
| DIAMETRO PUNTA CONICA    | D = 50,50 mm              | AVANZAMENTO PUNTA       | δ = 0,20 m   |
| AREA BASE PUNTA CONICA   | A = 20,00 cm <sup>2</sup> | NUMERO DI COLPI PUNTA   | N = N(20)    |
| ANGOLO DI APERTURA PUNTA | α = 90°                   | RIVESTIMENTO/FANGHI     | NO           |

ENERGIA SPECIFICA PER COLPO  $Q = (MH)/(A\delta) = 11,91 \text{ kg/cm}^2$  (prova SPT :  $Q_{spt}=7,83 \text{ kg/cm}^2$ )  
COEFF. TEORICO DI ENERGIA  $\beta_t = Q/Q_{spt} = 1,521$  ( $N_{spt} = \beta_t N$ )

RESISTENZA DINAMICA ALLA PUNTA  $q_{cd}$  (Formula Olandese)  $q_{cd} = M^2H / (Ae(M+P)) = M^2HN / A\delta (M+P)$   
A = area  $M =$  peso massa battente (altezza caduta H)  
e = infissione per colpo =  $\delta/N$   $P =$  peso totale aste e sistema battuta

### NOTE

---



---



---



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

## TABELLE VALORI DI RESISTENZA

Codice prova **DPSH 1**

| Profondità<br>m | N colpi<br>punta | qcd<br>kg/cm <sup>2</sup> | N colpi<br>rivestimento | asta | Profondità<br>m | N colpi<br>punta | qcd<br>kg/cm <sup>2</sup> | N colpi<br>rivestimento | asta |
|-----------------|------------------|---------------------------|-------------------------|------|-----------------|------------------|---------------------------|-------------------------|------|
| 0,00 - 0,20     | 5                | 37,2                      | ---                     | 1    | 8,00 - 8,20     | 3                | 13,7                      | ---                     | 9    |
| 0,20 - 0,40     | 3                | 22,3                      | ---                     | 2    | 8,20 - 8,40     | 3                | 13,7                      | ---                     | 10   |
| 0,40 - 0,60     | 3                | 22,3                      | ---                     | 2    | 8,40 - 8,60     | 4                | 18,3                      | ---                     | 10   |
| 0,60 - 0,80     | 5                | 37,2                      | ---                     | 2    | 8,60 - 8,80     | 11               | 50,3                      | ---                     | 10   |
| 0,80 - 1,00     | 4                | 27,6                      | ---                     | 2    | 8,80 - 9,00     | 10               | 43,6                      | ---                     | 10   |
| 1,00 - 1,20     | 4                | 27,6                      | ---                     | 2    | 9,00 - 9,20     | 9                | 39,2                      | ---                     | 10   |
| 1,20 - 1,40     | 3                | 20,7                      | ---                     | 3    | 9,20 - 9,40     | 3                | 13,1                      | ---                     | 11   |
| 1,40 - 1,60     | 7                | 48,3                      | ---                     | 3    | 9,40 - 9,60     | 5                | 21,8                      | ---                     | 11   |
| 1,60 - 1,80     | 6                | 41,4                      | ---                     | 3    | 9,60 - 9,80     | 6                | 26,1                      | ---                     | 11   |
| 1,80 - 2,00     | 5                | 32,2                      | ---                     | 3    | 9,80 - 10,00    | 6                | 25,0                      | ---                     | 11   |
| 2,00 - 2,20     | 3                | 19,3                      | ---                     | 3    | 10,00 - 10,20   | 8                | 33,3                      | ---                     | 11   |
| 2,20 - 2,40     | 3                | 19,3                      | ---                     | 4    | 10,20 - 10,40   | 16               | 66,6                      | ---                     | 12   |
| 2,40 - 2,60     | 2                | 12,9                      | ---                     | 4    | 10,40 - 10,60   | 12               | 50,0                      | ---                     | 12   |
| 2,60 - 2,80     | 2                | 12,9                      | ---                     | 4    | 10,60 - 10,80   | 6                | 25,0                      | ---                     | 12   |
| 2,80 - 3,00     | 3                | 18,1                      | ---                     | 4    | 10,80 - 11,00   | 6                | 23,9                      | ---                     | 12   |
| 3,00 - 3,20     | 2                | 12,0                      | ---                     | 4    | 11,00 - 11,20   | 6                | 23,9                      | ---                     | 12   |
| 3,20 - 3,40     | 1                | 6,0                       | ---                     | 5    | 11,20 - 11,40   | 6                | 23,9                      | ---                     | 13   |
| 3,40 - 3,60     | 1                | 6,0                       | ---                     | 5    | 11,40 - 11,60   | 6                | 23,9                      | ---                     | 13   |
| 3,60 - 3,80     | 1                | 6,0                       | ---                     | 5    | 11,60 - 11,80   | 10               | 39,9                      | ---                     | 13   |
| 3,80 - 4,00     | 1                | 5,7                       | ---                     | 5    | 11,80 - 12,00   | 11               | 42,1                      | ---                     | 13   |
| 4,00 - 4,20     | 1                | 5,7                       | ---                     | 5    | 12,00 - 12,20   | 14               | 53,6                      | ---                     | 13   |
| 4,20 - 4,40     | 1                | 5,7                       | ---                     | 6    | 12,20 - 12,40   | 17               | 65,1                      | ---                     | 14   |
| 4,40 - 4,60     | 1                | 5,7                       | ---                     | 6    | 12,40 - 12,60   | 16               | 61,2                      | ---                     | 14   |
| 4,60 - 4,80     | 1                | 5,7                       | ---                     | 6    | 12,60 - 12,80   | 13               | 49,8                      | ---                     | 14   |
| 4,80 - 5,00     | 1                | 5,3                       | ---                     | 6    | 12,80 - 13,00   | 12               | 44,1                      | ---                     | 14   |
| 5,00 - 5,20     | 1                | 5,3                       | ---                     | 6    | 13,00 - 13,20   | 11               | 40,5                      | ---                     | 14   |
| 5,20 - 5,40     | 1                | 5,3                       | ---                     | 7    | 13,20 - 13,40   | 11               | 40,5                      | ---                     | 15   |
| 5,40 - 5,60     | 1                | 5,3                       | ---                     | 7    | 13,40 - 13,60   | 20               | 73,6                      | ---                     | 15   |
| 5,60 - 5,80     | 1                | 5,3                       | ---                     | 7    | 13,60 - 13,80   | 18               | 66,2                      | ---                     | 15   |
| 5,80 - 6,00     | 12               | 60,7                      | ---                     | 7    | 13,80 - 14,00   | 14               | 49,6                      | ---                     | 15   |
| 6,00 - 6,20     | 13               | 65,7                      | ---                     | 7    | 14,00 - 14,20   | 16               | 56,7                      | ---                     | 15   |
| 6,20 - 6,40     | 10               | 50,6                      | ---                     | 8    | 14,20 - 14,40   | 18               | 63,7                      | ---                     | 16   |
| 6,40 - 6,60     | 6                | 30,3                      | ---                     | 8    | 14,40 - 14,60   | 17               | 60,2                      | ---                     | 16   |
| 6,60 - 6,80     | 7                | 35,4                      | ---                     | 8    | 14,60 - 14,80   | 19               | 67,3                      | ---                     | 16   |
| 6,80 - 7,00     | 5                | 24,0                      | ---                     | 8    | 14,80 - 15,00   | 20               | 68,3                      | ---                     | 16   |
| 7,00 - 7,20     | 6                | 28,8                      | ---                     | 8    | 15,00 - 15,20   | 21               | 71,7                      | ---                     | 16   |
| 7,20 - 7,40     | 4                | 19,2                      | ---                     | 9    | 15,20 - 15,40   | 22               | 75,1                      | ---                     | 17   |
| 7,40 - 7,60     | 5                | 24,0                      | ---                     | 9    | 15,40 - 15,60   | 22               | 75,1                      | ---                     | 17   |
| 7,60 - 7,80     | 12               | 57,6                      | ---                     | 9    | 15,60 - 15,80   | 22               | 75,1                      | ---                     | 17   |
| 7,80 - 8,00     | 6                | 27,4                      | ---                     | 9    | 15,80 - 16,00   | 23               | 75,8                      | ---                     | 17   |

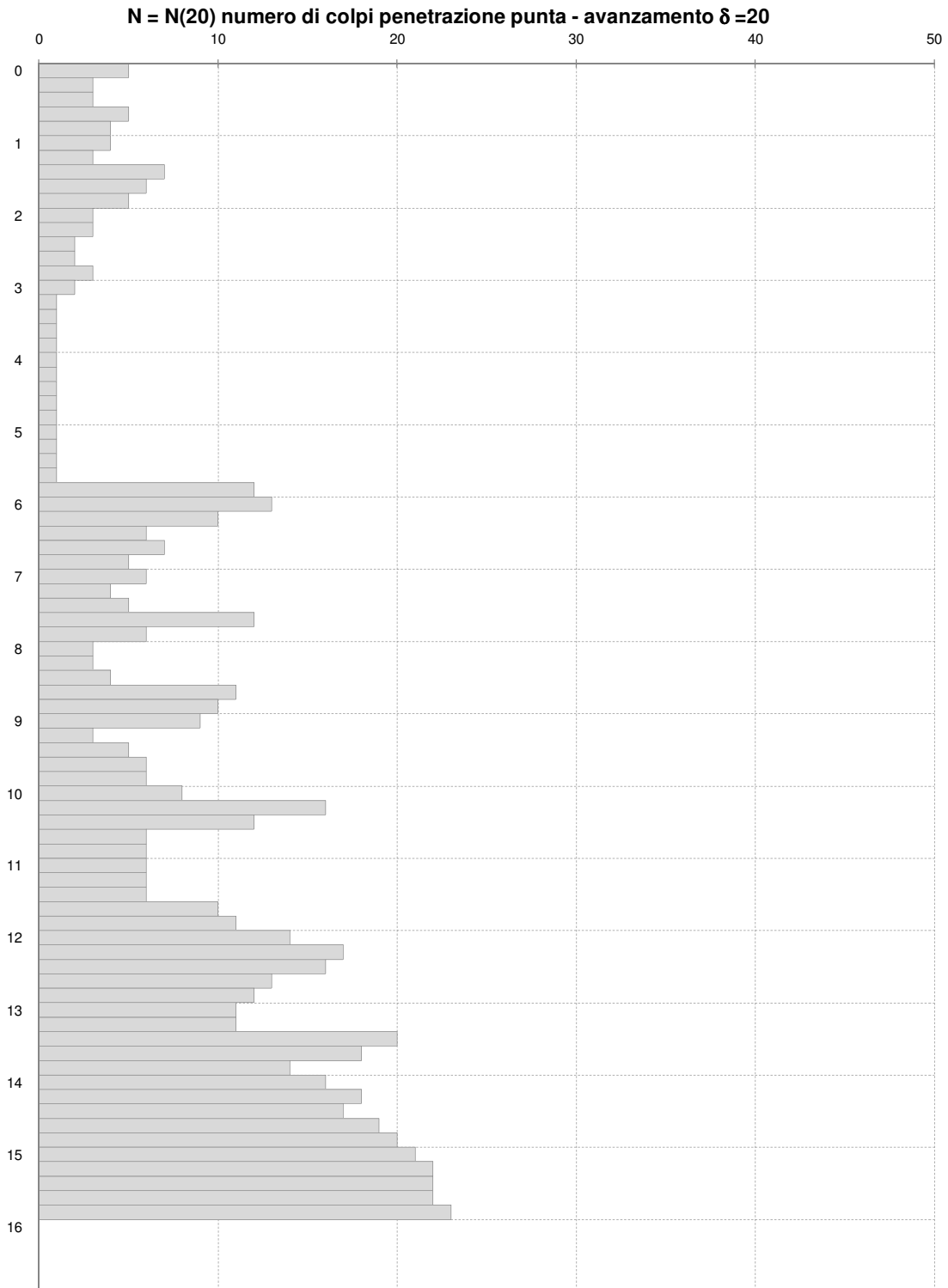
REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
 Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
 Doc. Principale - Copia Documento



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

## DIAGRAMMA NUMERO DI COLPI

Codice prova **DPSH 1**



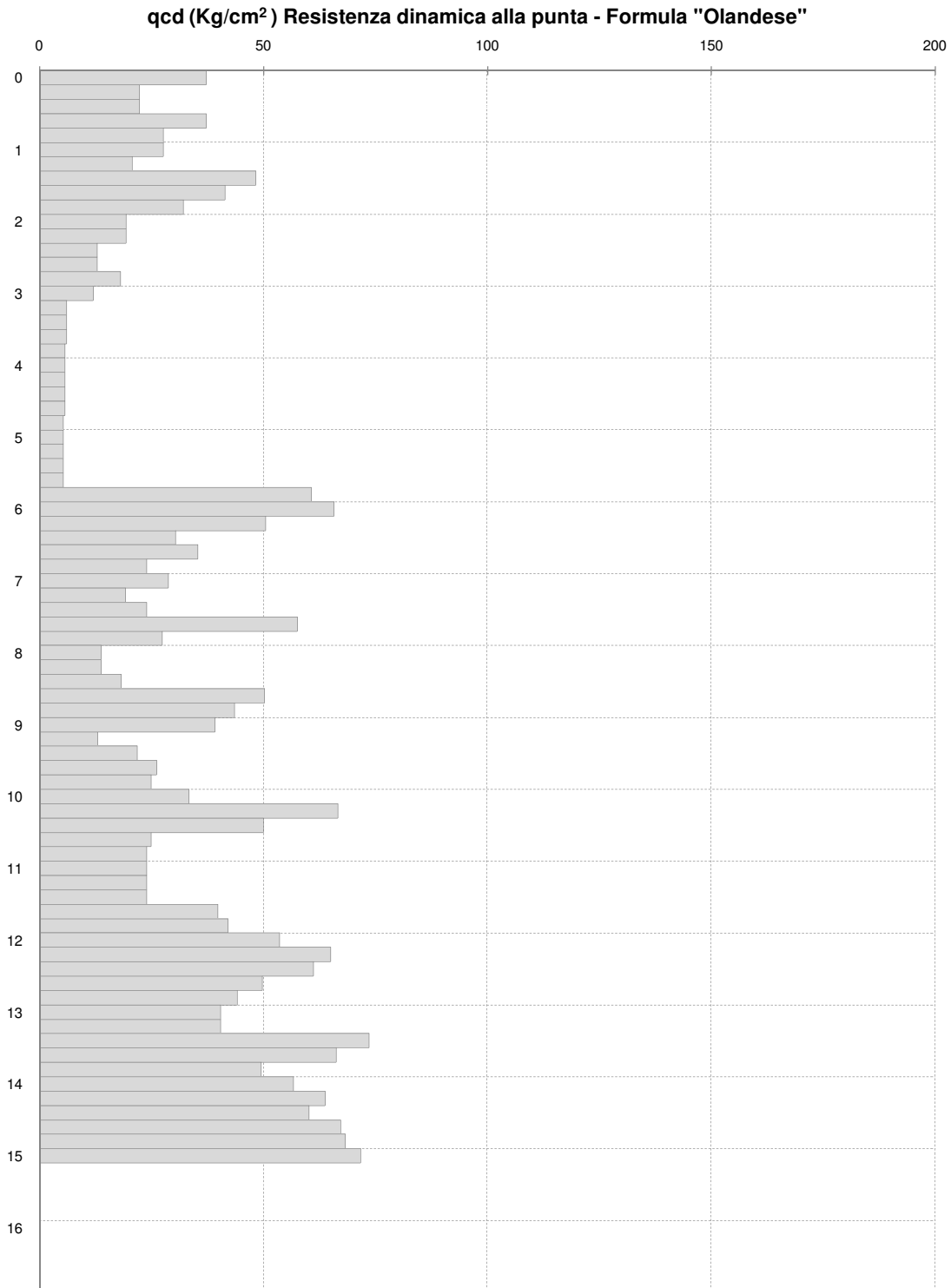
REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
 Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
 Doc. Principale - Copia Documento



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

## DIAGRAMMA RESISTENZA ALLA PUNTA

Codice prova **DPSH 1**



REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
Doc. Principale - Copia Documento



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

## ELABORAZIONE STATISTICA - N<sub>SPT</sub> - PARAMETRI GEOTECNICI

Codice prova **DPSH 1**

| PARAMETRI GENERALI |                 |            |              |              |               |                           |                          |             |                         |                         |             |             |
|--------------------|-----------------|------------|--------------|--------------|---------------|---------------------------|--------------------------|-------------|-------------------------|-------------------------|-------------|-------------|
| n°                 | profondità<br>m | statistica | VCA<br>colpi | $\beta$<br>- | Nspt<br>colpi | qcd<br>kg/cm <sup>2</sup> | qc<br>kg/cm <sup>2</sup> | Vs<br>m/sec | G<br>kg/cm <sup>2</sup> | Q<br>kg/cm <sup>2</sup> | natura      | descrizione |
| 1                  | 0,00 : 5,80     | Media      | 3            | 1,52         | 4             | 9                         | 15                       | 116         | 36                      | 0,45                    | Coes./Gran. |             |
| 2                  | 5,80 : 12,00    | Media      | 8            | 1,52         | 11            | 25                        | 31                       | 172         | 82                      | 1,24                    | Coes./Gran. |             |
| 3                  | 12,00 : 14,00   | Media      | 15           | 1,52         | 22            | 48                        | 48                       | 228         | 142                     | 2,40                    | Coes./Gran. |             |
| 4                  | 14,00 : 16,00   | Media      | 20           | 1,52         | 30            | 66                        | 61                       | 247         | 182                     | 3,30                    | Coes./Gran. |             |

|    |                 |               | NATURA COESIVA           |                          |        |        |                          | NATURA GRANULARE |               |                          |                          |                        |                          |           |
|----|-----------------|---------------|--------------------------|--------------------------|--------|--------|--------------------------|------------------|---------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|-----------|
| n° | profondità<br>m | Nspt<br>colpi | Cu<br>kg/cm <sup>2</sup> | Ysat<br>t/m <sup>3</sup> | W<br>% | e<br>- | Mo<br>kg/cm <sup>2</sup> | Dr<br>%          | $\sigma$<br>° | E'<br>kg/cm <sup>2</sup> | Ysat<br>t/m <sup>3</sup> | Yd<br>t/m <sup>3</sup> | Mo<br>kg/cm <sup>2</sup> | Liq.<br>- |
| 1  | 0,00 : 5,80     | 4             | 0,25                     | 1,80                     | 42     | 1,13   | 30                       | 15               | 24            | 222                      | 1,87                     | 1,39                   | 39                       | ---       |
| 2  | 5,80 : 12,00    | 11            | 0,69                     | 1,91                     | 32     | 0,87   | 50                       | 37               | 30            | 276                      | 1,94                     | 1,51                   | 54                       | ---       |
| 3  | 12,00 : 14,00   | 22            | 1,38                     | 2,04                     | 23     | 0,63   | 73                       | 53               | 36            | 361                      | 2,00                     | 1,61                   | 307                      | ---       |
| 4  | 14,00 : 16,00   | 30            | 1,88                     | 2,10                     | 20     | 0,55   | 90                       | 65               | 40            | 423                      | 2,05                     | 1,69                   | 389                      | ---       |

N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 20$  cm)    qcd resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 1,52$ )    Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 20$  cm)

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

MO MODULO DEFORMAZIONE Coesivo e Granulare

DR % = densità relativa     $\sigma'$  (°) = angolo di attrito efficace    E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato    W% = contenuto d'acqua  
 e (-) = indice dei vuoti    Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata    Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
 Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
 Doc. Principale - Copia Documento



GEO-LAND sas di Palucci D. & C.  
Via Tirino, 82 65129 PESCARA  
tel/fax 08567589 3395462037  
geolandsas@libero.it geo-land@pec.it

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

## DATI DELLA PROVA

COMMITTENTE : **Momentive**

OPERA :

LOCALITA' : **Termoli (CB)**

Codice prova

**DPSH 2**

### DATI PROVA

|                            |  |
|----------------------------|--|
| NORMATIVA DI RIFERIMENTO : | <b>ISSMFE (1988) - UNI ENV 1997-3 2002</b> |
| DATA ESECUZIONE :          | <b>02/09/2020</b>                          |
| QUOTA INIZIO PROVA :       | <b>Piano campagna</b>                      |
| PREFORO :                  | <b>0,00 m</b>                              |
| PROFONDITA' FALDA          | <b>5,20 m</b>                              |
| PROFONDITA' PROVA :        | <b>15,00 m</b>                             |
| OPERATORI :                | <b>dott. geol. D. Palucci</b>              |

### PENETROMETRO UTILIZZATO

|   |  |
|---|--|
| PENETROMETRO DINAMICO SUPER PESANTE                         | COSTRUTTORE : <b>Pagani Geotechnical Equipment</b> |
| CLASSIFICAZIONE ISSMFE (1988) - M >60 kg - DPSH Super Heavy | MODELLO : <b>TG 63/200 N</b>                       |

### CARATTERISTICHE TECNICHE

|                          |                           |                         |                   |
|--------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------|
| PESO MASSA BATTENTE      | M = 63,50 kg              | LUNGHEZZA ASTE          | La = 1,00 m       |
| ALTEZZA CADUTA LIBERA    | H = 0,75 m                | PESO ASTE PER METRO     | Ma = 8,00 kg      |
| PESO SISTEMA BATTITURA   | Ms = 30,00 kg             | PROF. GIUNZIONE 1^ ASTA | P1 = 0,80 m       |
| DIAMETRO PUNTA CONICA    | D = 50,50 mm              | AVANZAMENTO PUNTA       | $\delta$ = 0,20 m |
| AREA BASE PUNTA CONICA   | A = 20,00 cm <sup>2</sup> | NUMERO DI COLPI PUNTA   | N = N(20)         |
| ANGOLO DI APERTURA PUNTA | $\alpha$ = 90°            | RIVESTIMENTO/FANGHI     | NO                |

ENERGIA SPECIFICA PER COLPO  
COEFF. TEORICO DI ENERGIA

$$Q = (MH)/(A\delta) = 11,91 \text{ kg/cm}^2 \text{ (prova SPT : } Q_{spt}=7,83 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\beta t = Q/Q_{spt} = 1,521 \quad (N_{spt} = \beta t N)$$

RESISTENZA DINAMICA ALLA PUNTA

$$R_{pd} \text{ (Formula Olandese) } R_{pd} = M^2 H / (Ae(M+P)) = M^2 H N / A\delta (M+P)$$

A = area  
M = peso massa battente (altezza caduta H)  
e = infissione per colpo =  $\delta/N$   
P = peso totale aste e sistema battuta

### NOTE

---



---



---



---

Il responsabile della sperimentazione  
dott. geol. Domenicantonio Palucci



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

## TABELLE VALORI DI RESISTENZA

Codice prova **DPSH 2**

| Profondità<br>m | N colpi<br>punta | Rpd<br>kg/cm <sup>2</sup> | N colpi<br>rivestimento | asta | Profondità<br>m | N colpi<br>punta | Rpd<br>kg/cm <sup>2</sup> | N colpi<br>rivestimento | asta |
|-----------------|------------------|---------------------------|-------------------------|------|-----------------|------------------|---------------------------|-------------------------|------|
| 0,00 - 0,20     | 5                | 37,2                      | ---                     | 1    | 7,60 - 7,80     | 23               | 110,4                     | ---                     | 9    |
| 0,20 - 0,40     | 8                | 59,6                      | ---                     | 2    | 7,80 - 8,00     | 4                | 18,3                      | ---                     | 9    |
| 0,40 - 0,60     | 8                | 59,6                      | ---                     | 2    | 8,00 - 8,20     | 22               | 100,5                     | ---                     | 9    |
| 0,60 - 0,80     | 8                | 59,6                      | ---                     | 2    | 8,20 - 8,40     | 16               | 73,1                      | ---                     | 10   |
| 0,80 - 1,00     | 5                | 34,5                      | ---                     | 2    | 8,40 - 8,60     | 15               | 68,5                      | ---                     | 10   |
| 1,00 - 1,20     | 5                | 34,5                      | ---                     | 2    | 8,60 - 8,80     | 24               | 109,6                     | ---                     | 10   |
| 1,20 - 1,40     | 6                | 41,4                      | ---                     | 3    | 8,80 - 9,00     | 32               | 139,4                     | ---                     | 10   |
| 1,40 - 1,60     | 5                | 34,5                      | ---                     | 3    | 9,00 - 9,20     | 22               | 95,9                      | ---                     | 10   |
| 1,60 - 1,80     | 6                | 41,4                      | ---                     | 3    | 9,20 - 9,40     | 38               | 165,6                     | ---                     | 11   |
| 1,80 - 2,00     | 6                | 38,6                      | ---                     | 3    | 9,40 - 9,60     | 36               | 156,9                     | ---                     | 11   |
| 2,00 - 2,20     | 6                | 38,6                      | ---                     | 3    | 9,60 - 9,80     | 9                | 39,2                      | ---                     | 11   |
| 2,20 - 2,40     | 5                | 32,2                      | ---                     | 4    | 9,80 - 10,00    | 10               | 41,7                      | ---                     | 11   |
| 2,40 - 2,60     | 4                | 25,7                      | ---                     | 4    | 10,00 - 10,20   | 11               | 45,8                      | ---                     | 11   |
| 2,60 - 2,80     | 3                | 19,3                      | ---                     | 4    | 10,20 - 10,40   | 10               | 41,7                      | ---                     | 12   |
| 2,80 - 3,00     | 2                | 12,0                      | ---                     | 4    | 10,40 - 10,60   | 11               | 45,8                      | ---                     | 12   |
| 3,00 - 3,20     | 2                | 12,0                      | ---                     | 4    | 10,60 - 10,80   | 8                | 33,3                      | ---                     | 12   |
| 3,20 - 3,40     | 2                | 12,0                      | ---                     | 5    | 10,80 - 11,00   | 7                | 27,9                      | ---                     | 12   |
| 3,40 - 3,60     | 2                | 12,0                      | ---                     | 5    | 11,00 - 11,20   | 13               | 51,9                      | ---                     | 12   |
| 3,60 - 3,80     | 2                | 12,0                      | ---                     | 5    | 11,20 - 11,40   | 11               | 43,9                      | ---                     | 13   |
| 3,80 - 4,00     | 1                | 5,7                       | ---                     | 5    | 11,40 - 11,60   | 12               | 47,9                      | ---                     | 13   |
| 4,00 - 4,20     | 1                | 5,7                       | ---                     | 5    | 11,60 - 11,80   | 10               | 39,9                      | ---                     | 13   |
| 4,20 - 4,40     | 1                | 5,7                       | ---                     | 6    | 11,80 - 12,00   | 14               | 53,6                      | ---                     | 13   |
| 4,40 - 4,60     | 1                | 5,7                       | ---                     | 6    | 12,00 - 12,20   | 17               | 65,1                      | ---                     | 13   |
| 4,60 - 4,80     | 1                | 5,7                       | ---                     | 6    | 12,20 - 12,40   | 20               | 76,6                      | ---                     | 14   |
| 4,80 - 5,00     | 1                | 5,3                       | ---                     | 6    | 12,40 - 12,60   | 21               | 80,4                      | ---                     | 14   |
| 5,00 - 5,20     | 1                | 5,3                       | ---                     | 6    | 12,60 - 12,80   | 22               | 84,2                      | ---                     | 14   |
| 5,20 - 5,40     | 1                | 5,3                       | ---                     | 7    | 12,80 - 13,00   | 24               | 88,3                      | ---                     | 14   |
| 5,40 - 5,60     | 2                | 10,7                      | ---                     | 7    | 13,00 - 13,20   | 27               | 99,3                      | ---                     | 14   |
| 5,60 - 5,80     | 2                | 10,7                      | ---                     | 7    | 13,20 - 13,40   | 28               | 103,0                     | ---                     | 15   |
| 5,80 - 6,00     | 2                | 10,1                      | ---                     | 7    | 13,40 - 13,60   | 30               | 110,4                     | ---                     | 15   |
| 6,00 - 6,20     | 5                | 25,3                      | ---                     | 7    | 13,60 - 13,80   | 30               | 110,4                     | ---                     | 15   |
| 6,20 - 6,40     | 7                | 35,4                      | ---                     | 8    | 13,80 - 14,00   | 31               | 109,8                     | ---                     | 15   |
| 6,40 - 6,60     | 3                | 15,2                      | ---                     | 8    | 14,00 - 14,20   | 32               | 113,3                     | ---                     | 15   |
| 6,60 - 6,80     | 4                | 20,2                      | ---                     | 8    | 14,20 - 14,40   | 32               | 113,3                     | ---                     | 16   |
| 6,80 - 7,00     | 7                | 33,6                      | ---                     | 8    | 14,40 - 14,60   | 34               | 120,4                     | ---                     | 16   |
| 7,00 - 7,20     | 14               | 67,2                      | ---                     | 8    | 14,60 - 14,80   | 35               | 123,9                     | ---                     | 16   |
| 7,20 - 7,40     | 17               | 81,6                      | ---                     | 9    | 14,80 - 15,00   | 36               | 122,9                     | ---                     | 16   |
| 7,40 - 7,60     | 18               | 86,4                      | ---                     | 9    |                 |                  |                           |                         |      |

REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
 Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
 Doc. Principale - Copia Documento

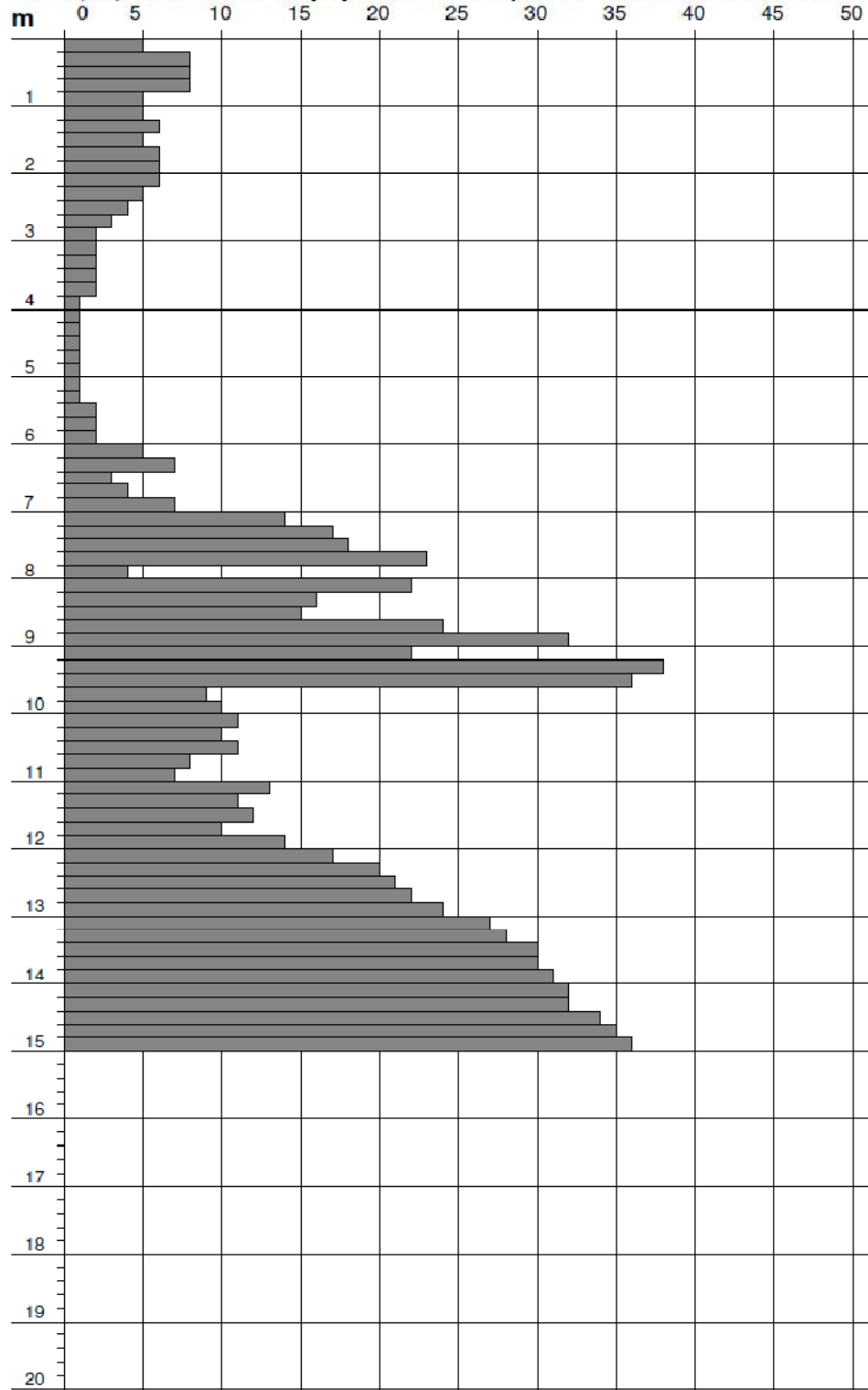


# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DIAGRAMMA NUMERO DI COLPI - Rpd

Codice prova **DPSH 2**

**N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento  $\delta = 20$**



REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
 Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
 Doc. Principale - Copia Documento

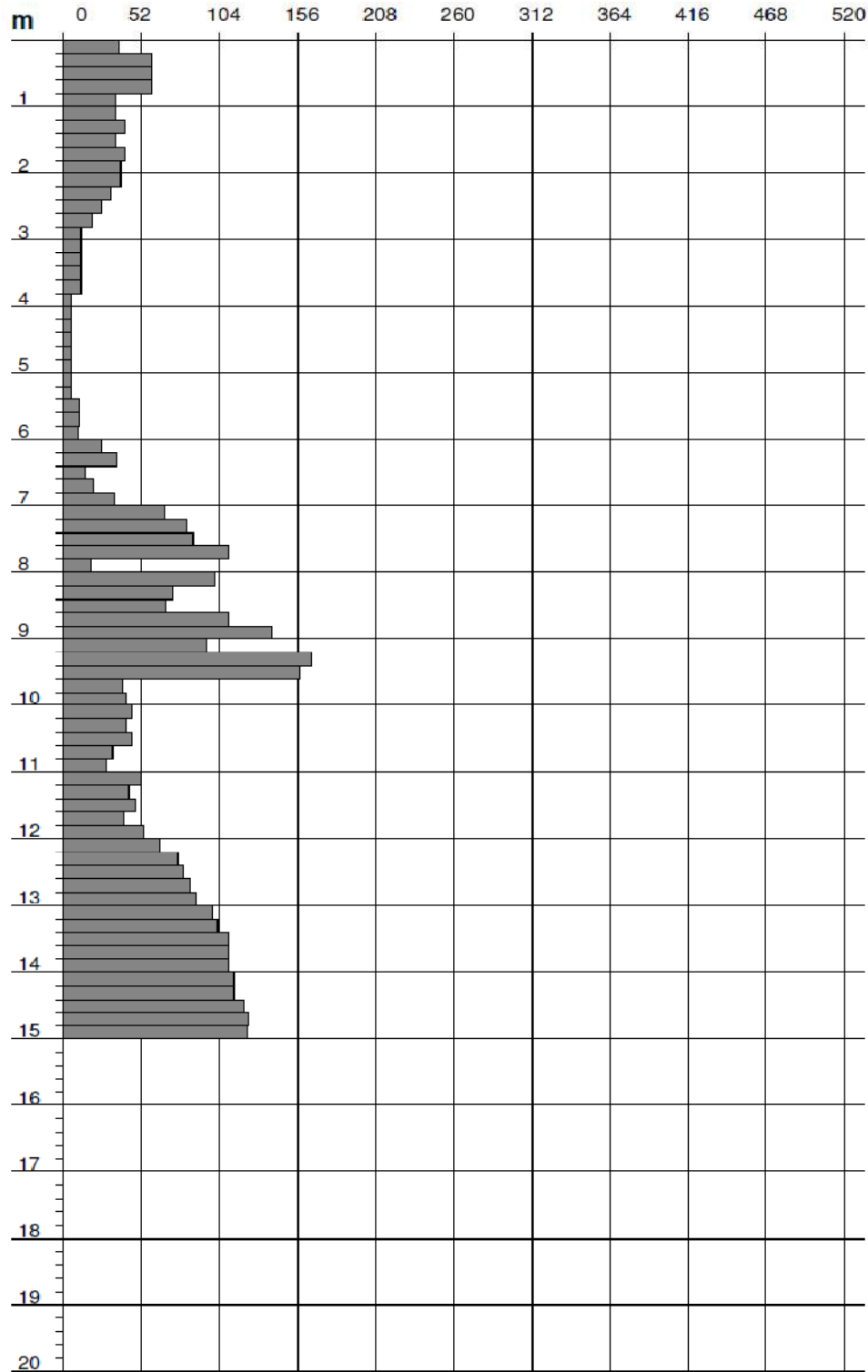


# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

## DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

Codice prova **DPSH 2**

**Rpd (kg/cm<sup>2</sup>) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese"**



REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
 Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
 Doc. Principale - Copia Documento



## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

### ELABORAZIONE STATISTICA - N<sub>SPT</sub> - PARAMETRI GEOTECNICI

Codice prova **DPSH 2**

| n° | Profondità (m) |       | PARAMETRO | ELABORAZIONE STATISTICA |     |     |          |      |      |       | VCA | β    | Nspt |
|----|----------------|-------|-----------|-------------------------|-----|-----|----------|------|------|-------|-----|------|------|
|    |                |       |           | M                       | min | Max | ½(M+min) | s    | M-s  | M+s   |     |      |      |
| 1  | 0,00           | 1,20  | N         | 6,5                     | 5   | 8   | 5,8      | 1,6  | 4,9  | 8,1   | 6   | 1,52 | 9    |
|    |                |       | Rpd       | 47,5                    | 35  | 60  | 41,0     | 13,3 | 34,2 | 60,8  | 44  |      |      |
| 2  | 1,20           | 2,60  | N         | 5,4                     | 4   | 6   | 4,7      | ---  | 4,6  | 6,2   | 5   | 1,52 | 8    |
|    |                |       | Rpd       | 36,1                    | 26  | 41  | 30,9     | 5,7  | 30,4 | 41,8  | 33  |      |      |
| 3  | 2,60           | 6,00  | N         | 1,6                     | 1   | 3   | 1,3      | ---  | 1,0  | 2,2   | 2   | 1,52 | 3    |
|    |                |       | Rpd       | 9,1                     | 5   | 19  | 7,2      | 4,0  | 5,1  | 13,1  | 11  |      |      |
| 4  | 6,00           | 7,00  | N         | 5,2                     | 3   | 7   | 4,1      | ---  | ---  | ---   | 5   | 1,52 | 8    |
|    |                |       | Rpd       | 25,9                    | 15  | 35  | 20,6     | ---  | ---  | ---   | 25  |      |      |
| 5  | 7,00           | 9,60  | N         | 21,6                    | 4   | 38  | 12,8     | 9,4  | 12,2 | 31,1  | 22  | 1,52 | 33   |
|    |                |       | Rpd       | 98,0                    | 18  | 166 | 58,1     | 40,1 | 57,9 | 138,0 | 100 |      |      |
| 6  | 9,60           | 12,00 | N         | 10,5                    | 7   | 14  | 8,8      | 2,0  | 8,5  | 12,5  | 10  | 1,52 | 15   |
|    |                |       | Rpd       | 42,7                    | 28  | 54  | 35,3     | 7,3  | 35,5 | 50,0  | 41  |      |      |
| 7  | 12,00          | 15,00 | N         | 27,9                    | 17  | 36  | 22,5     | 5,9  | 22,0 | 33,8  | 28  | 1,52 | 43   |
|    |                |       | Rpd       | 101,4                   | 65  | 124 | 83,2     | 18,3 | 83,1 | 119,7 | 102 |      |      |

M: valore medio    min: valore minimo    Max: valore massimo    s: scarto quadratico medio  
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 20 cm)    Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)  
 β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico β<sub>t</sub> = 1,52)    Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 20 cm)

### Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

| n° | Prof.(m) |       | LITOLOGIA | Nspt | NATURA GRANULARE |      |     |      |      | NATURA COESIVA |      |     |       |
|----|----------|-------|-----------|------|------------------|------|-----|------|------|----------------|------|-----|-------|
|    |          |       |           |      | DR               | σ'   | E'  | Ysat | Yd   | Cu             | Ysat | W   | e     |
| 1  | 0.00     | 1.20  |           | 9    | 31.7             | 26.6 | 261 | 1.92 | 1.48 | ---            | ---  | --- | ---   |
| 2  | 1.20     | 2.60  |           | 8    | ---              | ---  | --- | ---  | ---  | 0.50           | 1.87 | 35  | 0.945 |
| 3  | 2.60     | 6.00  |           | 3    | ---              | ---  | --- | ---  | ---  | 0.19           | 1.78 | 44  | 1.194 |
| 4  | 6.00     | 7.00  |           | 8    | 28.3             | 26.0 | 253 | 1.91 | 1.46 | ---            | ---  | --- | ---   |
| 5  | 7.00     | 9.60  |           | 33   | 68.0             | 37.2 | 446 | 2.07 | 1.71 | ---            | ---  | --- | ---   |
| 6  | 9.60     | 12.00 |           | 15   | 42.5             | 30.0 | 307 | 1.96 | 1.54 | ---            | ---  | --- | ---   |
| 7  | 12.00    | 15.00 |           | 43   | ---              | ---  | --- | ---  | ---  | 2.69           | 2.30 | 12  | 0.309 |

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa    σ' (°) = angolo di attrito efficace    E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato    W% = contenuto d'acqua  
 e (-) = indice dei vuoti    Cu (kg/cm²) = coesione non drenata    Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
 Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
 Doc. Principale - Copia Documento



GEO-LAND sas di Palucci D. & C.  
Via Tirino, 82 65129 PESCARA  
tel/fax 08567589 3395462037  
geolandsas@libero.it geo-land@pec.it

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

## DATI DELLA PROVA

Committente: **Momentive**  
Opera: **Progetto New Air Emissions Treatment System**  
Località: **via Enrico Mattei, Termoli (CB)**

Codice prova  
**DPSH 2**

### DATI PROVA

NORMATIVA DI RIFERIMENTO : **ISSMFE (1988) - UNI ENV 1997-3 2002**  
DATA ESECUZIONE : **19/05/2025**  
PROFONDITÀ INIZIO PROVA : **Piano campagna**  
PREFORO : **0,00 m**  
PRESENZA DI ACQUA SOTTERRANEA : **6,00 m**  
PROFONDITÀ PROVA : **13,00 m**  
OPERATORI : **dott. geol. D.Palucci**

### PENETROMETRO UTILIZZATO

PENETROMETRO DINAMICO SUPER PESANTE **COSTRUTTORE : Pagani Geotechnical Equipment**  
CLASSIFICAZIONE ISSMFE (1988) - M >60 kg - DPSH Super Heavy **MODELLO : TG 63/200 N**

### CARATTERISTICHE TECNICHE

|                          |                           |                         |              |
|--------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------|
| PESO MASSA BATTENTE      | M = 63,50 kg              | LUNGHEZZA ASTE          | La = 1,00 m  |
| ALTEZZA CADUTA LIBERA    | H = 0,75 m                | PESO ASTE PER METRO     | Ma = 8,00 kg |
| PESO SISTEMA BATTITURA   | Ms = 30,00 kg             | PROF. GIUNZIONE 1^ ASTA | P1 = 0,80 m  |
| DIAMETRO PUNTA CONICA    | D = 50,50 mm              | AVANZAMENTO PUNTA       | δ = 0,20 m   |
| AREA BASE PUNTA CONICA   | A = 20,00 cm <sup>2</sup> | NUMERO DI COLPI PUNTA   | N = N(20)    |
| ANGOLO DI APERTURA PUNTA | α = 90°                   | RIVESTIMENTO/FANGHI     | NO           |

ENERGIA SPECIFICA PER COLPO  $Q = (MH)/(A\delta) = 11,91 \text{ kg/cm}^2$  (prova SPT :  $Q_{spt}=7,83 \text{ kg/cm}^2$ )  
COEFF. TEORICO DI ENERGIA  $\beta_t = Q/Q_{spt} = 1,521$  ( $N_{spt} = \beta_t N$ )

RESISTENZA DINAMICA ALLA PUNTA  $q_{cd}$  (Formula Olandese)  $q_{cd} = M^2H / (Ae(M+P)) = M^2HN / A\delta (M+P)$   
A = area  $M =$  peso massa battente (altezza caduta H)  
e = infissione per colpo =  $\delta/N$   $P =$  peso totale aste e sistema battuta

### NOTE

---



---



---



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

## TABELLE VALORI DI RESISTENZA

Codice prova **DPSH 2**

| Profondità<br>m | N colpi<br>punta | qcd<br>kg/cm <sup>2</sup> | N colpi<br>rivestimento | asta | Profondità<br>m | N colpi<br>punta | qcd<br>kg/cm <sup>2</sup> | N colpi<br>rivestimento | asta |
|-----------------|------------------|---------------------------|-------------------------|------|-----------------|------------------|---------------------------|-------------------------|------|
| 0,00 - 0,20     | 16               | 119,2                     | ---                     | 1    | 6,60 - 6,80     | 15               | 75,9                      | ---                     | 8    |
| 0,20 - 0,40     | 6                | 44,7                      | ---                     | 2    | 6,80 - 7,00     | 9                | 43,2                      | ---                     | 8    |
| 0,40 - 0,60     | 5                | 37,2                      | ---                     | 2    | 7,00 - 7,20     | 8                | 38,4                      | ---                     | 8    |
| 0,60 - 0,80     | 4                | 29,8                      | ---                     | 2    | 7,20 - 7,40     | 7                | 33,6                      | ---                     | 9    |
| 0,80 - 1,00     | 4                | 27,6                      | ---                     | 2    | 7,40 - 7,60     | 5                | 24,0                      | ---                     | 9    |
| 1,00 - 1,20     | 10               | 69,0                      | ---                     | 2    | 7,60 - 7,80     | 10               | 48,0                      | ---                     | 9    |
| 1,20 - 1,40     | 7                | 48,3                      | ---                     | 3    | 7,80 - 8,00     | 11               | 50,3                      | ---                     | 9    |
| 1,40 - 1,60     | 4                | 27,6                      | ---                     | 3    | 8,00 - 8,20     | 4                | 18,3                      | ---                     | 9    |
| 1,60 - 1,80     | 1                | 6,9                       | ---                     | 3    | 8,20 - 8,40     | 4                | 18,3                      | ---                     | 10   |
| 1,80 - 2,00     | 2                | 12,9                      | ---                     | 3    | 8,40 - 8,60     | 9                | 41,1                      | ---                     | 10   |
| 2,00 - 2,20     | 3                | 19,3                      | ---                     | 3    | 8,60 - 8,80     | 11               | 50,3                      | ---                     | 10   |
| 2,20 - 2,40     | 4                | 25,7                      | ---                     | 4    | 8,80 - 9,00     | 12               | 52,3                      | ---                     | 10   |
| 2,40 - 2,60     | 2                | 12,9                      | ---                     | 4    | 9,00 - 9,20     | 10               | 43,6                      | ---                     | 10   |
| 2,60 - 2,80     | 6                | 38,6                      | ---                     | 4    | 9,20 - 9,40     | 17               | 74,1                      | ---                     | 11   |
| 2,80 - 3,00     | 2                | 12,0                      | ---                     | 4    | 9,40 - 9,60     | 16               | 69,7                      | ---                     | 11   |
| 3,00 - 3,20     | 1                | 6,0                       | ---                     | 4    | 9,60 - 9,80     | 18               | 78,4                      | ---                     | 11   |
| 3,20 - 3,40     | 1                | 6,0                       | ---                     | 5    | 9,80 - 10,00    | 17               | 70,8                      | ---                     | 11   |
| 3,40 - 3,60     | 1                | 6,0                       | ---                     | 5    | 10,00 - 10,20   | 18               | 75,0                      | ---                     | 11   |
| 3,60 - 3,80     | 1                | 6,0                       | ---                     | 5    | 10,20 - 10,40   | 19               | 79,1                      | ---                     | 12   |
| 3,80 - 4,00     | 1                | 5,7                       | ---                     | 5    | 10,40 - 10,60   | 20               | 83,3                      | ---                     | 12   |
| 4,00 - 4,20     | 1                | 5,7                       | ---                     | 5    | 10,60 - 10,80   | 20               | 83,3                      | ---                     | 12   |
| 4,20 - 4,40     | 1                | 5,7                       | ---                     | 6    | 10,80 - 11,00   | 19               | 75,8                      | ---                     | 12   |
| 4,40 - 4,60     | 1                | 5,7                       | ---                     | 6    | 11,00 - 11,20   | 17               | 67,8                      | ---                     | 12   |
| 4,60 - 4,80     | 1                | 5,7                       | ---                     | 6    | 11,20 - 11,40   | 17               | 67,8                      | ---                     | 13   |
| 4,80 - 5,00     | 1                | 5,3                       | ---                     | 6    | 11,40 - 11,60   | 18               | 71,8                      | ---                     | 13   |
| 5,00 - 5,20     | 1                | 5,3                       | ---                     | 6    | 11,60 - 11,80   | 19               | 75,8                      | ---                     | 13   |
| 5,20 - 5,40     | 1                | 5,3                       | ---                     | 7    | 11,80 - 12,00   | 20               | 76,6                      | ---                     | 13   |
| 5,40 - 5,60     | 1                | 5,3                       | ---                     | 7    | 12,00 - 12,20   | 21               | 80,4                      | ---                     | 13   |
| 5,60 - 5,80     | 2                | 10,7                      | ---                     | 7    | 12,20 - 12,40   | 20               | 76,6                      | ---                     | 14   |
| 5,80 - 6,00     | 1                | 5,1                       | ---                     | 7    | 12,40 - 12,60   | 19               | 72,7                      | ---                     | 14   |
| 6,00 - 6,20     | 22               | 111,3                     | ---                     | 7    | 12,60 - 12,80   | 19               | 72,7                      | ---                     | 14   |
| 6,20 - 6,40     | 3                | 15,2                      | ---                     | 8    | 12,80 - 13,00   | 20               | 73,6                      | ---                     | 14   |
| 6,40 - 6,60     | 9                | 45,5                      | ---                     | 8    |                 |                  |                           |                         |      |

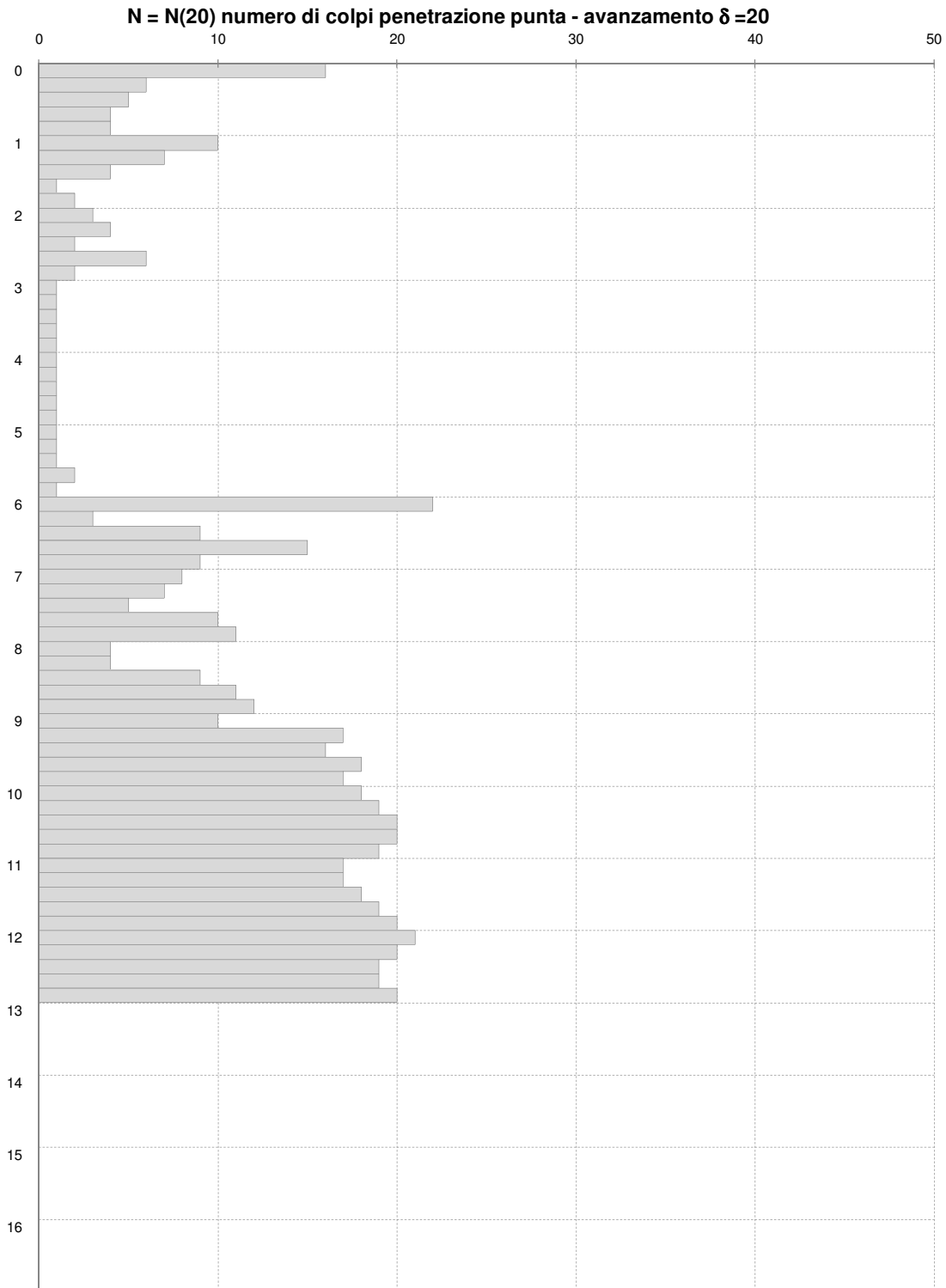
REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
 Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
 Doc. Principale - Copia Documento



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

## DIAGRAMMA NUMERO DI COLPI

Codice prova **DPSH 2**



REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
 Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
 Doc. Principale - Copia Documento



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

## DIAGRAMMA RESISTENZA ALLA PUNTA

Codice prova **DPSH 2**



REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
Doc. Principale - Copia Documento



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

## ELABORAZIONE STATISTICA - N<sub>SPT</sub> - PARAMETRI GEOTECNICI

Codice prova **DPSH 2**

| PARAMETRI GENERALI |                 |            |              |      |               |               |              |             |             |             |             |             |  |
|--------------------|-----------------|------------|--------------|------|---------------|---------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--|
| n°                 | profondità<br>m | statistica | VCA<br>colpi | β    | Nspt<br>colpi | qcd<br>kg/cm² | qc<br>kg/cm² | Vs<br>m/sec | G<br>kg/cm² | Q<br>kg/cm² | natura      | descrizione |  |
| 1                  | 0,00 : 6,00     | Media      | 3            | 1,52 | 5             | 19            | 17           | 122         | 43          | 0,92        | Coes./Gran. |             |  |
| 2                  | 6,00 : 9,20     | Media      | 9            | 1,52 | 14            | 44            | 40           | 174         | 99          | 2,22        | Coes./Gran. |             |  |
| 3                  | 9,20 : 13,00    | Media      | 19           | 1,52 | 28            | 75            | 67           | 231         | 173         | 3,75        | Coes./Gran. |             |  |

| NATURA COESIVA |                 |               |              |              |        |      |              | NATURA GRANULARE |        |              |              |            |              |      |  |
|----------------|-----------------|---------------|--------------|--------------|--------|------|--------------|------------------|--------|--------------|--------------|------------|--------------|------|--|
| n°             | profondità<br>m | Nspt<br>colpi | Cu<br>kg/cm² | Ysat<br>t/m³ | W<br>% | e    | Mo<br>kg/cm² | Dr<br>%          | φ<br>° | E'<br>kg/cm² | Ysat<br>t/m³ | Yd<br>t/m³ | Mo<br>kg/cm² | Liq. |  |
| 1              | 0,00 : 6,00     | 5             | 0,31         | 1,83         | 39     | 1,06 | 33           | 18               | 25     | 230          | 1,88         | 1,41       | 41           | ---  |  |
| 2              | 6,00 : 9,20     | 14            | 0,88         | 1,95         | 29     | 0,80 | 57           | 41               | 32     | 299          | 1,96         | 1,53       | 61           | ---  |  |
| 3              | 9,20 : 13,00    | 28            | 1,75         | 2,10         | 20     | 0,55 | 85           | 62               | 39     | 407          | 2,04         | 1,67       | 368          | ---  |  |

N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 20 cm)    qcd resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)  
 β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico βt = 1,52)    Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 20 cm)

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

MO MODULO DEFORMAZIONE Coesivo e Granulare

DR % = densità relativa    φ' (°) = angolo di attrito efficace    E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato    W% = contenuto d'acqua  
 e (-) = indice dei vuoti    Cu (kg/cm²) = coesione non drenata    Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
 Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
 Doc. Principale - Copia Documento



GEO-LAND sas di Palucci D. & C.  
Via Tirino, 82 65129 PESCARA  
tel/fax 08567589 3395462037  
geolandsas@libero.it geo-land@pec.it

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

## DATI DELLA PROVA

COMMITTENTE : **Momentive**

OPERA :

LOCALITA' : **Termoli (CB)**

Codice prova

**DPSH 1**

### DATI PROVA

|                            |  |
|----------------------------|--|
| NORMATIVA DI RIFERIMENTO : | <b>ISSMFE (1988) - UNI ENV 1997-3 2002</b> |
| DATA ESECUZIONE :          | <b>02/09/2020</b>                          |
| QUOTA INIZIO PROVA :       | <b>Piano campagna</b>                      |
| PREFORO :                  | <b>0,00 m</b>                              |
| PROFONDITA' FALDA          | <b>3,00 m</b>                              |
| PROFONDITA' PROVA :        | <b>15,00 m</b>                             |
| OPERATORI :                | <b>dott. geol. D. Palucci</b>              |

### PENETROMETRO UTILIZZATO

|   |  |
|---|--|
| PENETROMETRO DINAMICO SUPER PESANTE                         | COSTRUTTORE : <b>Pagani Geotechnical Equipment</b> |
| CLASSIFICAZIONE ISSMFE (1988) - M >60 kg - DPSH Super Heavy | MODELLO : <b>TG 63/200 N</b>                       |

### CARATTERISTICHE TECNICHE

|                          |                           |                         |                   |
|--------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------|
| PESO MASSA BATTENTE      | M = 63,50 kg              | LUNGHEZZA ASTE          | La = 1,00 m       |
| ALTEZZA CADUTA LIBERA    | H = 0,75 m                | PESO ASTE PER METRO     | Ma = 8,00 kg      |
| PESO SISTEMA BATTITURA   | Ms = 30,00 kg             | PROF. GIUNZIONE 1^ ASTA | P1 = 0,80 m       |
| DIAMETRO PUNTA CONICA    | D = 50,50 mm              | AVANZAMENTO PUNTA       | $\delta$ = 0,20 m |
| AREA BASE PUNTA CONICA   | A = 20,00 cm <sup>2</sup> | NUMERO DI COLPI PUNTA   | N = N(20)         |
| ANGOLO DI APERTURA PUNTA | $\alpha$ = 90°            | RIVESTIMENTO/FANGHI     | NO                |

ENERGIA SPECIFICA PER COLPO  
COEFF. TEORICO DI ENERGIA

$$Q = (MH)/(A\delta) = 11,91 \text{ kg/cm}^2 \text{ (prova SPT : } Q_{spt}=7,83 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\beta t = Q/Q_{spt} = 1,521 \quad (N_{spt} = \beta t N)$$

RESISTENZA DINAMICA ALLA PUNTA

$$R_{pd} \text{ (Formula Olandese) } R_{pd} = M^2 H / (Ae(M+P)) = M^2 H N / A\delta (M+P)$$

A = area  
M = peso massa battente (altezza caduta H)  
e = infissione per colpo =  $\delta/N$   
P = peso totale aste e sistema battuta

### NOTE

---



---



---



---

Il responsabile della sperimentazione  
dott. geol. Domenicantonio Palucci



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

## TABELLE VALORI DI RESISTENZA

Codice prova **DPSH 1**

| Profondità<br>m | N colpi<br>punta | Rpd<br>kg/cm <sup>2</sup> | N colpi<br>rivestimento | asta | Profondità<br>m | N colpi<br>punta | Rpd<br>kg/cm <sup>2</sup> | N colpi<br>rivestimento | asta |
|-----------------|------------------|---------------------------|-------------------------|------|-----------------|------------------|---------------------------|-------------------------|------|
| 0,00 - 0,20     | 6                | 44,7                      | ---                     | 1    | 7,60 - 7,80     | 20               | 96,0                      | ---                     | 9    |
| 0,20 - 0,40     | 6                | 44,7                      | ---                     | 2    | 7,80 - 8,00     | 26               | 118,8                     | ---                     | 9    |
| 0,40 - 0,60     | 13               | 96,8                      | ---                     | 2    | 8,00 - 8,20     | 11               | 50,3                      | ---                     | 9    |
| 0,60 - 0,80     | 13               | 96,8                      | ---                     | 2    | 8,20 - 8,40     | 9                | 41,1                      | ---                     | 10   |
| 0,80 - 1,00     | 13               | 89,8                      | ---                     | 2    | 8,40 - 8,60     | 11               | 50,3                      | ---                     | 10   |
| 1,00 - 1,20     | 17               | 117,4                     | ---                     | 2    | 8,60 - 8,80     | 10               | 45,7                      | ---                     | 10   |
| 1,20 - 1,40     | 8                | 55,2                      | ---                     | 3    | 8,80 - 9,00     | 7                | 30,5                      | ---                     | 10   |
| 1,40 - 1,60     | 10               | 69,0                      | ---                     | 3    | 9,00 - 9,20     | 6                | 26,1                      | ---                     | 10   |
| 1,60 - 1,80     | 7                | 48,3                      | ---                     | 3    | 9,20 - 9,40     | 8                | 34,9                      | ---                     | 11   |
| 1,80 - 2,00     | 7                | 45,0                      | ---                     | 3    | 9,40 - 9,60     | 7                | 30,5                      | ---                     | 11   |
| 2,00 - 2,20     | 10               | 64,3                      | ---                     | 3    | 9,60 - 9,80     | 11               | 47,9                      | ---                     | 11   |
| 2,20 - 2,40     | 5                | 32,2                      | ---                     | 4    | 9,80 - 10,00    | 10               | 41,7                      | ---                     | 11   |
| 2,40 - 2,60     | 26               | 167,3                     | ---                     | 4    | 10,00 - 10,20   | 11               | 45,8                      | ---                     | 11   |
| 2,60 - 2,80     | 5                | 32,2                      | ---                     | 4    | 10,20 - 10,40   | 16               | 66,6                      | ---                     | 12   |
| 2,80 - 3,00     | 3                | 18,1                      | ---                     | 4    | 10,40 - 10,60   | 19               | 79,1                      | ---                     | 12   |
| 3,00 - 3,20     | 4                | 24,1                      | ---                     | 4    | 10,60 - 10,80   | 20               | 83,3                      | ---                     | 12   |
| 3,20 - 3,40     | 3                | 18,1                      | ---                     | 5    | 10,80 - 11,00   | 21               | 83,8                      | ---                     | 12   |
| 3,40 - 3,60     | 3                | 18,1                      | ---                     | 5    | 11,00 - 11,20   | 22               | 87,8                      | ---                     | 12   |
| 3,60 - 3,80     | 2                | 12,0                      | ---                     | 5    | 11,20 - 11,40   | 22               | 87,8                      | ---                     | 13   |
| 3,80 - 4,00     | 2                | 11,3                      | ---                     | 5    | 11,40 - 11,60   | 23               | 91,8                      | ---                     | 13   |
| 4,00 - 4,20     | 4                | 22,7                      | ---                     | 5    | 11,60 - 11,80   | 22               | 87,8                      | ---                     | 13   |
| 4,20 - 4,40     | 4                | 22,7                      | ---                     | 6    | 11,80 - 12,00   | 24               | 91,9                      | ---                     | 13   |
| 4,40 - 4,60     | 5                | 28,3                      | ---                     | 6    | 12,00 - 12,20   | 25               | 95,7                      | ---                     | 13   |
| 4,60 - 4,80     | 5                | 28,3                      | ---                     | 6    | 12,20 - 12,40   | 25               | 95,7                      | ---                     | 14   |
| 4,80 - 5,00     | 6                | 32,1                      | ---                     | 6    | 12,40 - 12,60   | 26               | 99,5                      | ---                     | 14   |
| 5,00 - 5,20     | 7                | 37,4                      | ---                     | 6    | 12,60 - 12,80   | 27               | 103,4                     | ---                     | 14   |
| 5,20 - 5,40     | 8                | 42,7                      | ---                     | 7    | 12,80 - 13,00   | 28               | 103,0                     | ---                     | 14   |
| 5,40 - 5,60     | 7                | 37,4                      | ---                     | 7    | 13,00 - 13,20   | 29               | 106,7                     | ---                     | 14   |
| 5,60 - 5,80     | 9                | 48,1                      | ---                     | 7    | 13,20 - 13,40   | 31               | 114,1                     | ---                     | 15   |
| 5,80 - 6,00     | 6                | 30,3                      | ---                     | 7    | 13,40 - 13,60   | 33               | 121,4                     | ---                     | 15   |
| 6,00 - 6,20     | 11               | 55,6                      | ---                     | 7    | 13,60 - 13,80   | 35               | 128,8                     | ---                     | 15   |
| 6,20 - 6,40     | 18               | 91,0                      | ---                     | 8    | 13,80 - 14,00   | 36               | 127,5                     | ---                     | 15   |
| 6,40 - 6,60     | 23               | 116,3                     | ---                     | 8    | 14,00 - 14,20   | 38               | 134,6                     | ---                     | 15   |
| 6,60 - 6,80     | 34               | 171,9                     | ---                     | 8    | 14,20 - 14,40   | 40               | 141,6                     | ---                     | 16   |
| 6,80 - 7,00     | 19               | 91,2                      | ---                     | 8    | 14,40 - 14,60   | 42               | 148,7                     | ---                     | 16   |
| 7,00 - 7,20     | 28               | 134,4                     | ---                     | 8    | 14,60 - 14,80   | 43               | 152,3                     | ---                     | 16   |
| 7,20 - 7,40     | 36               | 172,8                     | ---                     | 9    | 14,80 - 15,00   | 44               | 150,2                     | ---                     | 16   |
| 7,40 - 7,60     | 25               | 120,0                     | ---                     | 9    |                 |                  |                           |                         |      |

REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
 Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
 Doc. Principale - Copia Documento

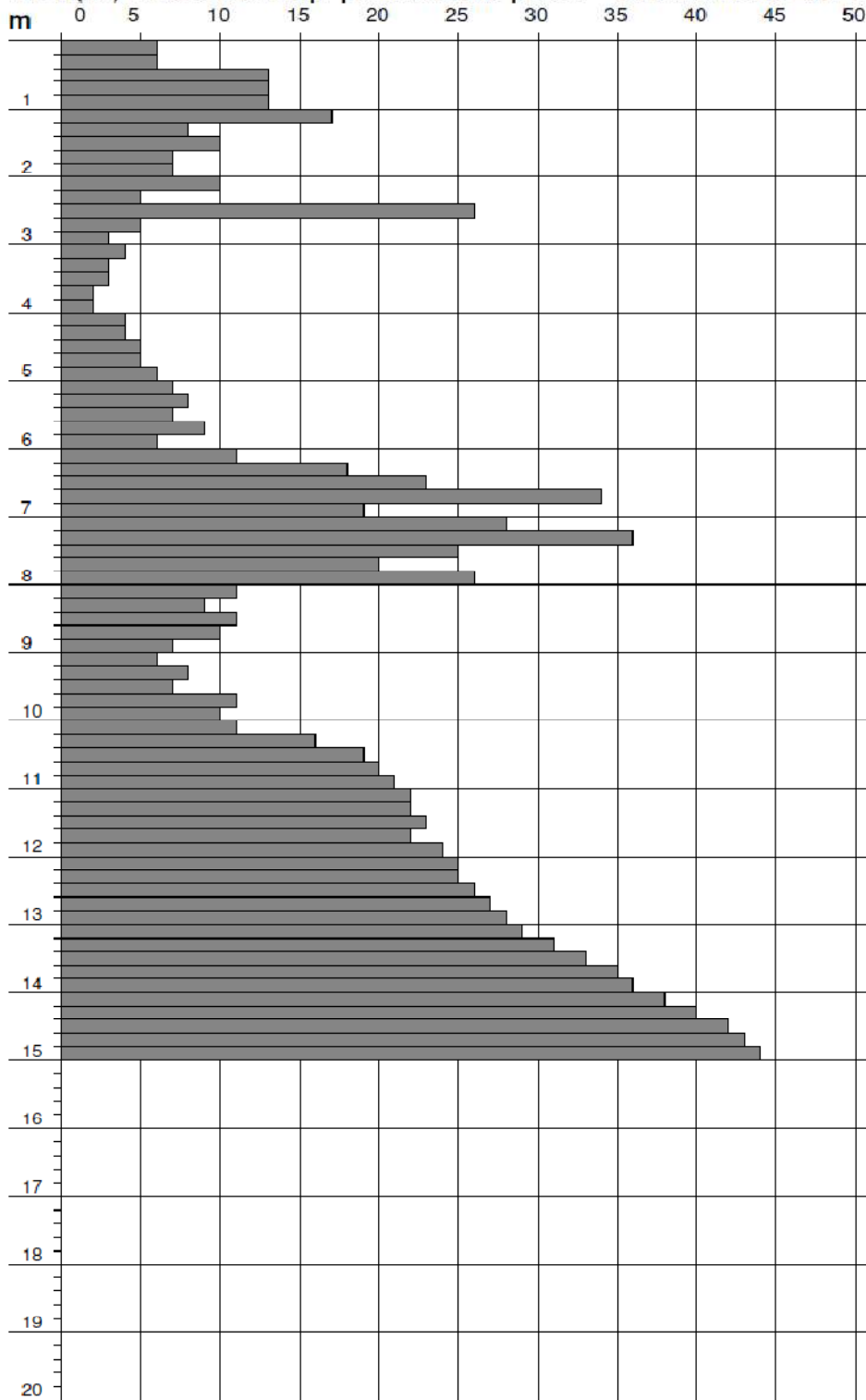


# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DIAGRAMMA NUMERO DI COLPI - Rpd

Codice prova **DPSH 1**

**N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento  $\delta = 20$**   
**m**



REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
 Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
 Doc. Principale - Copia Documento

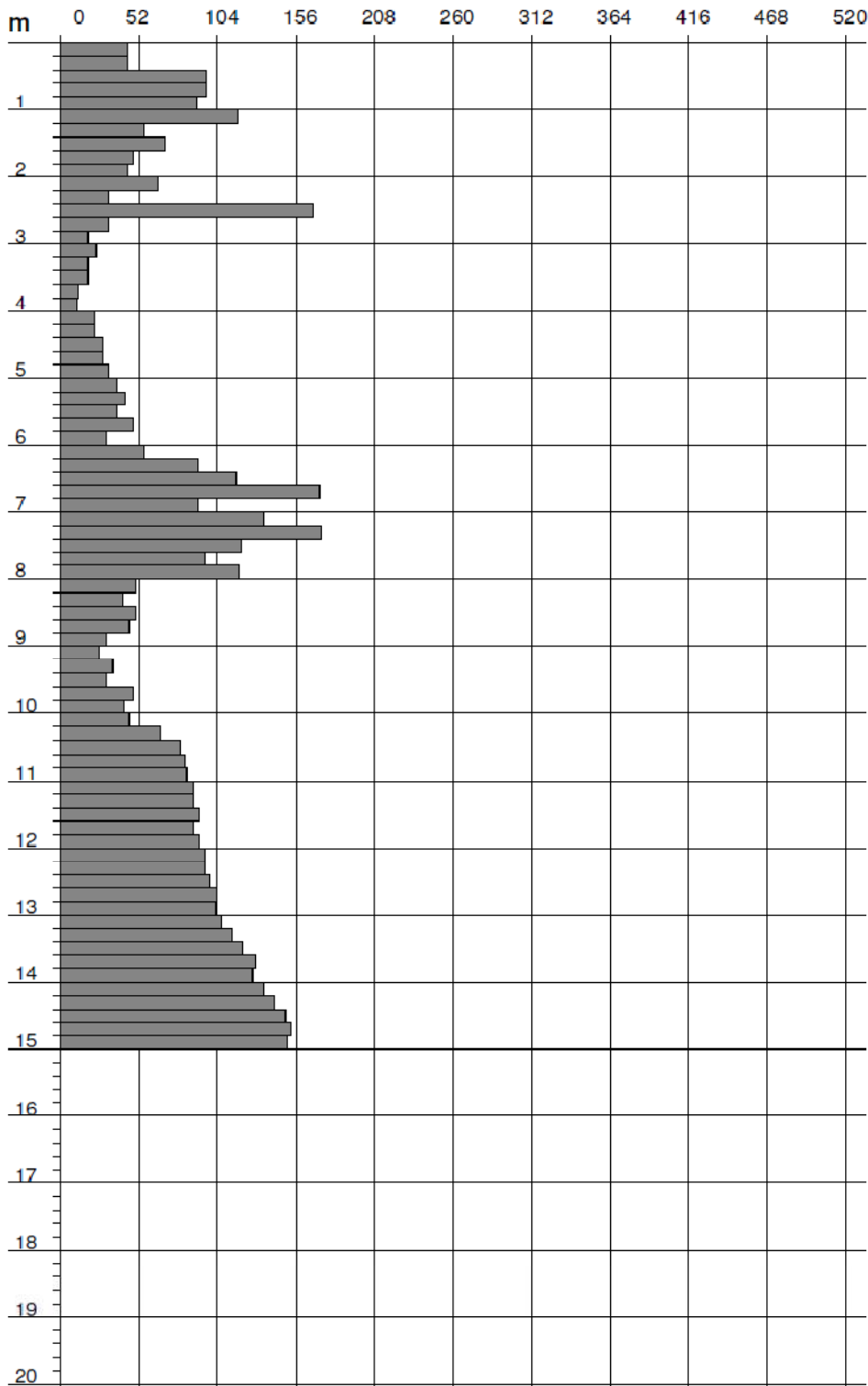


# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

## DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

Codice prova **DPSH 1**

**Rpd (kg/cm<sup>2</sup>) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese"**



REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
 Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
 Doc. Principale - Copia Documento



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

## ELABORAZIONE STATISTICA - N<sub>SPT</sub> - PARAMETRI GEOTECNICI

Codice prova **DPSH 1**

| n° | Profondità (m) |       | PARAMETRO | ELABORAZIONE STATISTICA |     |     |          |      |      | VCA   | β   | Nspt |     |
|----|----------------|-------|-----------|-------------------------|-----|-----|----------|------|------|-------|-----|------|-----|
|    |                |       |           | M                       | min | Max | ½(M+min) | s    | M-s  |       |     |      | M+s |
| 1  | 0,00           | 1,20  | N         | 11,3                    | 6   | 17  | 8,7      | 4,4  | 6,9  | 15,7  | 11  | 1,52 | 17  |
|    |                |       | Rpd       | 81,7                    | 45  | 117 | 63,2     | 30,1 | 51,6 | 111,8 | 80  |      |     |
| 2  | 1,20           | 2,60  | N         | 10,4                    | 5   | 26  | 7,7      | 7,1  | 3,3  | 17,5  | 10  | 1,52 | 15  |
|    |                |       | Rpd       | 68,8                    | 32  | 167 | 50,5     | 45,1 | 23,6 | 113,9 | 66  |      |     |
| 3  | 2,60           | 4,80  | N         | 3,6                     | 2   | 5   | 2,8      | 1,1  | 2,5  | 4,8   | 4   | 1,52 | 6   |
|    |                |       | Rpd       | 21,4                    | 11  | 32  | 16,4     | 6,7  | 14,8 | 28,1  | 24  |      |     |
| 4  | 4,80           | 6,20  | N         | 7,7                     | 6   | 11  | 6,9      | 1,8  | 5,9  | 9,5   | 8   | 1,52 | 12  |
|    |                |       | Rpd       | 40,5                    | 30  | 56  | 35,4     | 9,0  | 31,5 | 49,5  | 42  |      |     |
| 5  | 6,20           | 8,00  | N         | 25,4                    | 18  | 36  | 21,7     | 6,4  | 19,1 | 31,8  | 25  | 1,52 | 38  |
|    |                |       | Rpd       | 123,6                   | 91  | 173 | 107,3    | 31,3 | 92,3 | 154,9 | 122 |      |     |
| 6  | 8,00           | 10,40 | N         | 9,8                     | 6   | 16  | 7,9      | 2,7  | 7,1  | 12,4  | 10  | 1,52 | 15  |
|    |                |       | Rpd       | 42,6                    | 26  | 67  | 34,4     | 11,2 | 31,5 | 53,8  | 44  |      |     |
| 7  | 10,40          | 15,00 | N         | 29,3                    | 19  | 44  | 24,2     | 8,0  | 21,4 | 37,3  | 29  | 1,52 | 44  |
|    |                |       | Rpd       | 109,4                   | 79  | 152 | 94,3     | 23,8 | 85,6 | 133,2 | 108 |      |     |

M: valore medio    min: valore minimo    Max: valore massimo    s: scarto quadratico medio  
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 20 cm)    Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)  
 β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico β = 1,52)    Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 20 cm)

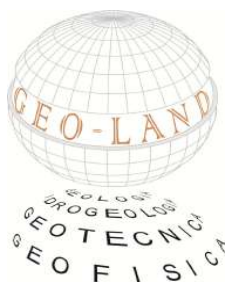
### Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

| n° | Prof.(m) |       | LITOLOGIA | Nspt | NATURA GRANULARE |      |     |      | NATURA COESIVA |      |      |     |       |
|----|----------|-------|-----------|------|------------------|------|-----|------|----------------|------|------|-----|-------|
|    |          |       |           |      | DR               | σ'   | E'  | Ysat | Yd             | Cu   | Ysat | W   | e     |
| 1  | 0.00     | 1.20  |           | 17   | 45.5             | 31.0 | 322 | 1.97 | 1.56           | ---  | ---  | --- | ---   |
| 2  | 1.20     | 2.60  |           | 15   | 42.5             | 30.0 | 307 | 1.96 | 1.54           | ---  | ---  | --- | ---   |
| 3  | 2.60     | 4.80  |           | 6    | ---              | ---  | --- | ---  | ---            | 0.38 | 1.85 | 37  | 1.000 |
| 4  | 4.80     | 6.20  |           | 12   | 38.0             | 28.4 | 284 | 1.94 | 1.52           | ---  | ---  | --- | ---   |
| 5  | 6.20     | 8.00  |           | 38   | 73.0             | 38.9 | 484 | 2.09 | 1.75           | ---  | ---  | --- | ---   |
| 6  | 8.00     | 10.40 |           | 15   | 42.5             | 30.0 | 307 | 1.96 | 1.54           | ---  | ---  | --- | ---   |
| 7  | 10.40    | 15.00 |           | 44   | ---              | ---  | --- | ---  | ---            | 2.75 | 2.31 | 11  | 0.297 |

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa    σ' (°) = angolo di attrito efficace    E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato    W% = contenuto d'acqua  
 c (-) = indice dei vuoti    Cu (kg/cm²) = coesione non drenata    Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
 Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
 Doc. Principale - Copia Documento



GEO-LAND sas di Palucci D. & C.  
Via Tirino, 82 65129 PESCARA  
tel/fax 08567589 3395462037  
geolandsas@libero.it geo-land@pec.it

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

## DATI DELLA PROVA

COMMITTENTE : **Momentive**

OPERA :

LOCALITA' : **Termoli (CB)**

Codice prova

**DPSH 3**

### DATI PROVA

|                            |  |
|----------------------------|--|
| NORMATIVA DI RIFERIMENTO : | <b>ISSMFE (1988) - UNI ENV 1997-3 2002</b> |
| DATA ESECUZIONE :          | <b>02/09/2020</b>                          |
| QUOTA INIZIO PROVA :       | <b>Piano campagna</b>                      |
| PREFORO :                  | <b>0,00 m</b>                              |
| PROFONDITA' FALDA          | <b>7,80 m</b>                              |
| PROFONDITA' PROVA :        | <b>15,00 m</b>                             |
| OPERATORI :                | <b>dott. geol. D. Palucci</b>              |

### PENETROMETRO UTILIZZATO

|   |  |
|---|--|
| PENETROMETRO DINAMICO SUPER PESANTE                         | COSTRUTTORE : <b>Pagani Geotechnical Equipment</b> |
| CLASSIFICAZIONE ISSMFE (1988) - M >60 kg - DPSH Super Heavy | MODELLO : <b>TG 63/200 N</b>                       |

### CARATTERISTICHE TECNICHE

|                          |                           |                         |                   |
|--------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------|
| PESO MASSA BATTENTE      | M = 63,50 kg              | LUNGHEZZA ASTE          | La = 1,00 m       |
| ALTEZZA CADUTA LIBERA    | H = 0,75 m                | PESO ASTE PER METRO     | Ma = 8,00 kg      |
| PESO SISTEMA BATTITURA   | Ms = 30,00 kg             | PROF. GIUNZIONE 1^ ASTA | P1 = 0,80 m       |
| DIAMETRO PUNTA CONICA    | D = 50,50 mm              | AVANZAMENTO PUNTA       | $\delta$ = 0,20 m |
| AREA BASE PUNTA CONICA   | A = 20,00 cm <sup>2</sup> | NUMERO DI COLPI PUNTA   | N = N(20)         |
| ANGOLO DI APERTURA PUNTA | $\alpha$ = 90°            | RIVESTIMENTO/FANGHI     | NO                |

ENERGIA SPECIFICA PER COLPO  
COEFF. TEORICO DI ENERGIA

$$Q = (MH)/(A\delta) = 11,91 \text{ kg/cm}^2 \text{ (prova SPT : } Q_{spt}=7,83 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\beta t = Q/Q_{spt} = 1,521 \quad (N_{spt} = \beta t N)$$

RESISTENZA DINAMICA ALLA PUNTA

$$R_{pd} \text{ (Formula Olandese) } R_{pd} = M^2 H / (Ae(M+P)) = M^2 H N / A\delta (M+P)$$

A = area  
M = peso massa battente (altezza caduta H)  
e = infissione per colpo =  $\delta/N$   
P = peso totale aste e sistema battuta

### NOTE

---



---



---



---

Il responsabile della sperimentazione  
dott. geol. Domenicantonio Palucci



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

## TABELLE VALORI DI RESISTENZA

Codice prova **DPSH 3**

| Profondità<br>m | N colpi<br>punta | Rpd<br>kg/cm <sup>2</sup> | N colpi<br>rivestimento | asta | Profondità<br>m | N colpi<br>punta | Rpd<br>kg/cm <sup>2</sup> | N colpi<br>rivestimento | asta |
|-----------------|------------------|---------------------------|-------------------------|------|-----------------|------------------|---------------------------|-------------------------|------|
| 0,00 - 0,20     | 34               | 253,3                     | ---                     | 1    | 7,60 - 7,80     | 11               | 52,8                      | ---                     | 9    |
| 0,20 - 0,40     | 46               | 342,6                     | ---                     | 2    | 7,80 - 8,00     | 12               | 54,8                      | ---                     | 9    |
| 0,40 - 0,60     | 33               | 245,8                     | ---                     | 2    | 8,00 - 8,20     | 15               | 68,5                      | ---                     | 9    |
| 0,60 - 0,80     | 41               | 305,4                     | ---                     | 2    | 8,20 - 8,40     | 14               | 64,0                      | ---                     | 10   |
| 0,80 - 1,00     | 35               | 241,7                     | ---                     | 2    | 8,40 - 8,60     | 19               | 86,8                      | ---                     | 10   |
| 1,00 - 1,20     | 32               | 220,9                     | ---                     | 2    | 8,60 - 8,80     | 33               | 150,8                     | ---                     | 10   |
| 1,20 - 1,40     | 24               | 165,7                     | ---                     | 3    | 8,80 - 9,00     | 28               | 122,0                     | ---                     | 10   |
| 1,40 - 1,60     | 19               | 131,2                     | ---                     | 3    | 9,00 - 9,20     | 31               | 135,1                     | ---                     | 10   |
| 1,60 - 1,80     | 11               | 75,9                      | ---                     | 3    | 9,20 - 9,40     | 36               | 156,9                     | ---                     | 11   |
| 1,80 - 2,00     | 4                | 25,7                      | ---                     | 3    | 9,40 - 9,60     | 25               | 108,9                     | ---                     | 11   |
| 2,00 - 2,20     | 3                | 19,3                      | ---                     | 3    | 9,60 - 9,80     | 21               | 91,5                      | ---                     | 11   |
| 2,20 - 2,40     | 3                | 19,3                      | ---                     | 4    | 9,80 - 10,00    | 19               | 79,1                      | ---                     | 11   |
| 2,40 - 2,60     | 2                | 12,9                      | ---                     | 4    | 10,00 - 10,20   | 23               | 95,8                      | ---                     | 11   |
| 2,60 - 2,80     | 3                | 19,3                      | ---                     | 4    | 10,20 - 10,40   | 18               | 75,0                      | ---                     | 12   |
| 2,80 - 3,00     | 3                | 18,1                      | ---                     | 4    | 10,40 - 10,60   | 17               | 70,8                      | ---                     | 12   |
| 3,00 - 3,20     | 3                | 18,1                      | ---                     | 4    | 10,60 - 10,80   | 16               | 66,6                      | ---                     | 12   |
| 3,20 - 3,40     | 2                | 12,0                      | ---                     | 5    | 10,80 - 11,00   | 10               | 39,9                      | ---                     | 12   |
| 3,40 - 3,60     | 1                | 6,0                       | ---                     | 5    | 11,00 - 11,20   | 12               | 47,9                      | ---                     | 12   |
| 3,60 - 3,80     | 3                | 18,1                      | ---                     | 5    | 11,20 - 11,40   | 9                | 35,9                      | ---                     | 13   |
| 3,80 - 4,00     | 4                | 22,7                      | ---                     | 5    | 11,40 - 11,60   | 7                | 27,9                      | ---                     | 13   |
| 4,00 - 4,20     | 2                | 11,3                      | ---                     | 5    | 11,60 - 11,80   | 8                | 31,9                      | ---                     | 13   |
| 4,20 - 4,40     | 3                | 17,0                      | ---                     | 6    | 11,80 - 12,00   | 7                | 26,8                      | ---                     | 13   |
| 4,40 - 4,60     | 3                | 17,0                      | ---                     | 6    | 12,00 - 12,20   | 13               | 49,8                      | ---                     | 13   |
| 4,60 - 4,80     | 3                | 17,0                      | ---                     | 6    | 12,20 - 12,40   | 13               | 49,8                      | ---                     | 14   |
| 4,80 - 5,00     | 4                | 21,4                      | ---                     | 6    | 12,40 - 12,60   | 19               | 72,7                      | ---                     | 14   |
| 5,00 - 5,20     | 5                | 26,7                      | ---                     | 6    | 12,60 - 12,80   | 21               | 80,4                      | ---                     | 14   |
| 5,20 - 5,40     | 5                | 26,7                      | ---                     | 7    | 12,80 - 13,00   | 22               | 80,9                      | ---                     | 14   |
| 5,40 - 5,60     | 5                | 26,7                      | ---                     | 7    | 13,00 - 13,20   | 24               | 88,3                      | ---                     | 14   |
| 5,60 - 5,80     | 7                | 37,4                      | ---                     | 7    | 13,20 - 13,40   | 27               | 99,3                      | ---                     | 15   |
| 5,80 - 6,00     | 6                | 30,3                      | ---                     | 7    | 13,40 - 13,60   | 28               | 103,0                     | ---                     | 15   |
| 6,00 - 6,20     | 7                | 35,4                      | ---                     | 7    | 13,60 - 13,80   | 29               | 106,7                     | ---                     | 15   |
| 6,20 - 6,40     | 8                | 40,5                      | ---                     | 8    | 13,80 - 14,00   | 30               | 106,2                     | ---                     | 15   |
| 6,40 - 6,60     | 9                | 45,5                      | ---                     | 8    | 14,00 - 14,20   | 33               | 116,9                     | ---                     | 15   |
| 6,60 - 6,80     | 8                | 40,5                      | ---                     | 8    | 14,20 - 14,40   | 35               | 123,9                     | ---                     | 16   |
| 6,80 - 7,00     | 7                | 33,6                      | ---                     | 8    | 14,40 - 14,60   | 36               | 127,5                     | ---                     | 16   |
| 7,00 - 7,20     | 7                | 33,6                      | ---                     | 8    | 14,60 - 14,80   | 38               | 134,6                     | ---                     | 16   |
| 7,20 - 7,40     | 9                | 43,2                      | ---                     | 9    | 14,80 - 15,00   | 40               | 136,5                     | ---                     | 16   |
| 7,40 - 7,60     | 10               | 48,0                      | ---                     | 9    |                 |                  |                           |                         |      |

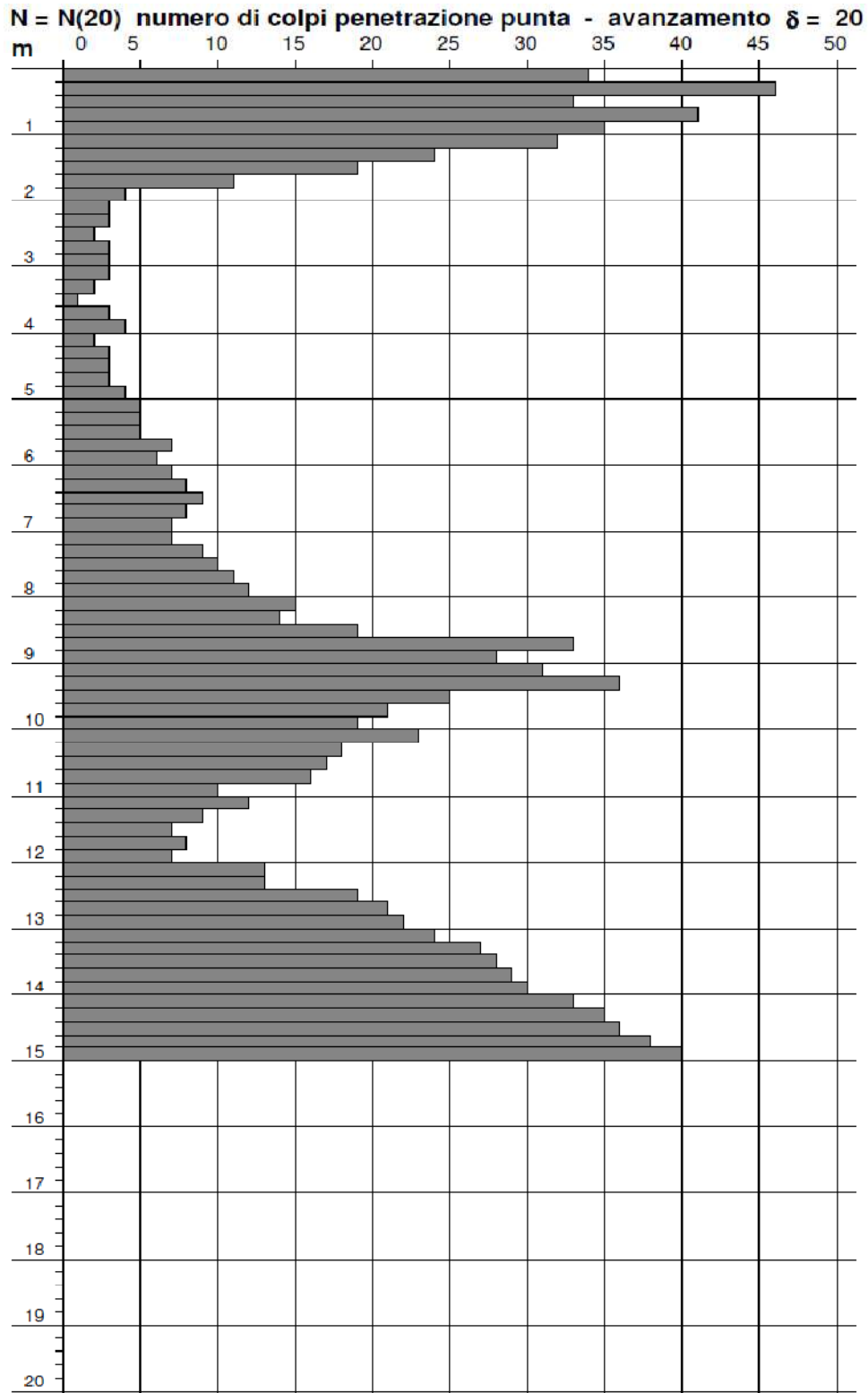
REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
 Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
 Doc. Principale - Copia Documento



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DIAGRAMMA NUMERO DI COLPI - Rpd

Codice prova **DPSH 3**



REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
 Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
 Doc. Principale - Copia Documento

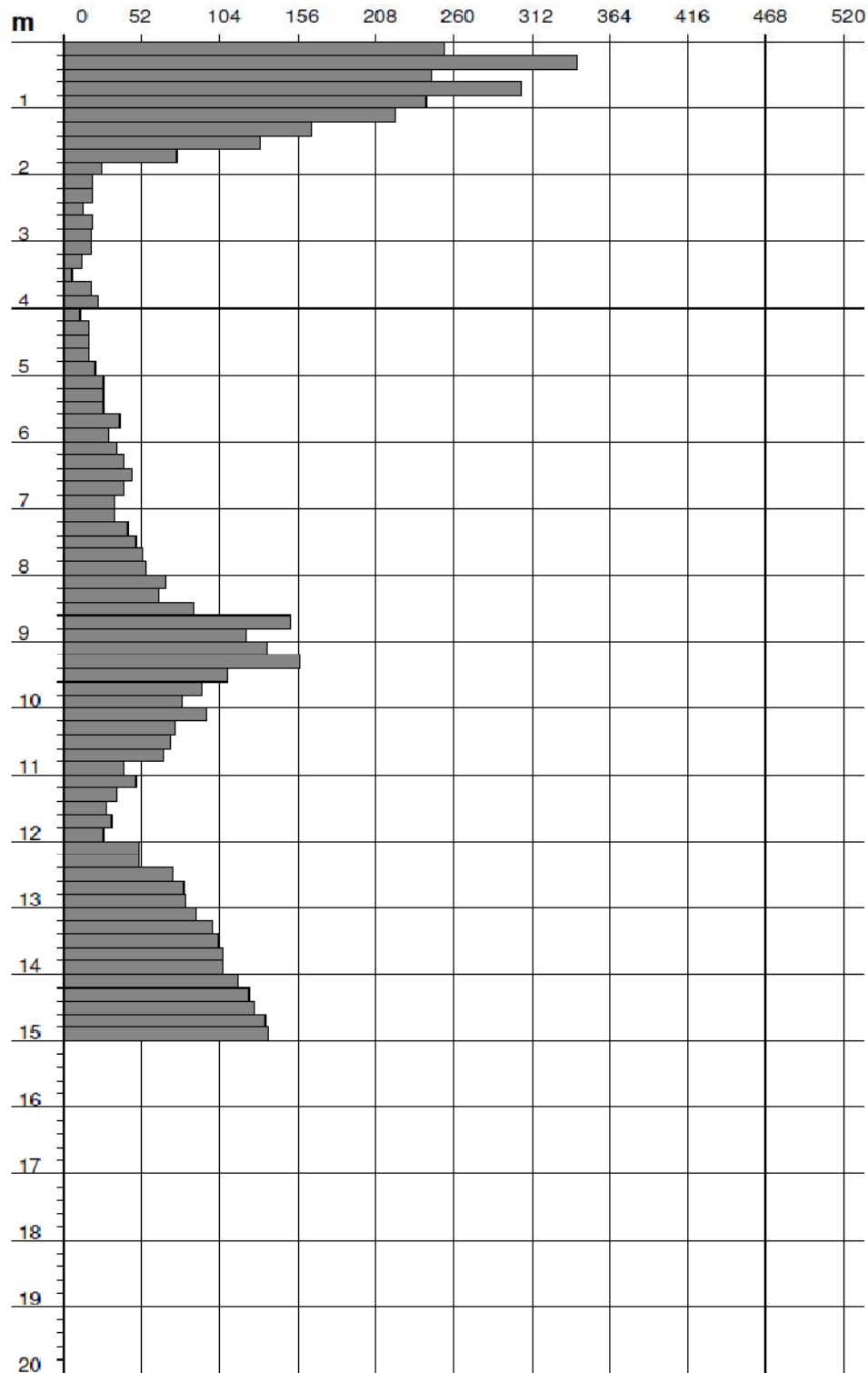


# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

## DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

Codice prova **DPSH 3**

**Rpd (kg/cm<sup>2</sup>) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese"**



REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
 Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
 Doc. Principale - Copia Documento



## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

### ELABORAZIONE STATISTICA - N<sub>SPT</sub> - PARAMETRI GEOTECNICI

Codice prova **DPSH 3**

| n° | Profondità (m) |       | PARAMETRO | ELABORAZIONE STATISTICA |     |     |          |      |       |       | VCA | β    | Nspt |
|----|----------------|-------|-----------|-------------------------|-----|-----|----------|------|-------|-------|-----|------|------|
|    |                |       |           | M                       | min | Max | ½(M+min) | s    | M-s   | M+s   |     |      |      |
| 1  | 0,00           | 1,40  | N         | 35,0                    | 24  | 46  | 29,5     | 7,0  | 28,0  | 42,0  | 35  | 1,52 | 53   |
|    |                |       | Rpd       | 253,6                   | 166 | 343 | 209,7    | 57,2 | 196,5 | 310,8 |     |      |      |
| 2  | 1,40           | 2,00  | N         | 11,3                    | 4   | 19  | 7,7      | ---  | ---   | ---   | 11  | 1,52 | 17   |
|    |                |       | Rpd       | 77,6                    | 26  | 131 | 51,7     | ---  | ---   | ---   |     |      |      |
| 3  | 2,00           | 5,60  | N         | 3,2                     | 1   | 5   | 2,1      | 1,1  | 2,1   | 4,3   | 3   | 1,52 | 5    |
|    |                |       | Rpd       | 18,3                    | 6   | 27  | 12,2     | 5,5  | 12,8  | 23,8  |     |      |      |
| 4  | 5,60           | 8,00  | N         | 8,4                     | 6   | 12  | 7,2      | 1,8  | 6,6   | 10,2  | 8   | 1,52 | 12   |
|    |                |       | Rpd       | 41,3                    | 30  | 55  | 35,8     | 7,8  | 33,5  | 49,1  |     |      |      |
| 5  | 8,00           | 10,60 | N         | 23,0                    | 14  | 36  | 18,5     | 7,1  | 15,9  | 30,1  | 23  | 1,52 | 35   |
|    |                |       | Rpd       | 100,4                   | 64  | 157 | 82,2     | 31,7 | 68,7  | 132,1 |     |      |      |
| 6  | 10,60          | 12,40 | N         | 10,6                    | 7   | 16  | 8,8      | 3,1  | 7,4   | 13,7  | 11  | 1,52 | 17   |
|    |                |       | Rpd       | 41,8                    | 27  | 67  | 34,3     | 12,9 | 28,9  | 54,8  |     |      |      |
| 7  | 12,40          | 15,00 | N         | 29,4                    | 19  | 40  | 24,2     | 6,7  | 22,6  | 36,1  | 29  | 1,52 | 44   |
|    |                |       | Rpd       | 105,9                   | 73  | 137 | 89,3     | 21,2 | 84,7  | 127,2 |     |      |      |

M: valore medio    min: valore minimo    Max: valore massimo    s: scarto quadratico medio  
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 20 cm)    Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)  
 β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico βt = 1,52)    Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 20 cm)

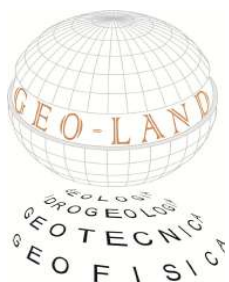
### Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

| n° | Prof.(m) |       | LITOLOGIA | Nspt | NATURA GRANULARE |      |     |      |      | NATURA COESIVA |      |     |       |
|----|----------|-------|-----------|------|------------------|------|-----|------|------|----------------|------|-----|-------|
|    |          |       |           |      | DR               | φ'   | E'  | Ysat | Yd   | Cu             | Ysat | W   | e     |
| 1  | 0.00     | 1.40  |           | 53   | 86.1             | 43.2 | 600 | 2.16 | 1.86 | ---            | ---  | --- | ---   |
| 2  | 1.40     | 2.00  |           | 17   | 45.5             | 31.0 | 322 | 1.97 | 1.56 | ---            | ---  | --- | ---   |
| 3  | 2.00     | 5.60  |           | 5    | ---              | ---  | --- | ---  | ---  | 0.31           | 1.83 | 39  | 1.061 |
| 4  | 5.60     | 8.00  |           | 12   | 38.0             | 28.4 | 284 | 1.94 | 1.52 | ---            | ---  | --- | ---   |
| 5  | 8.00     | 10.60 |           | 35   | 70.0             | 37.9 | 461 | 2.08 | 1.73 | ---            | ---  | --- | ---   |
| 6  | 10.60    | 12.40 |           | 17   | 45.5             | 31.0 | 322 | 1.97 | 1.56 | ---            | ---  | --- | ---   |
| 7  | 12.40    | 15.00 |           | 44   | ---              | ---  | --- | ---  | ---  | 2.75           | 2.31 | 11  | 0.297 |

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa    φ' (°) = angolo di attrito efficace    E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato    W% = contenuto d'acqua  
 e (-) = indice dei vuoti    Cu (kg/cm²) = coesione non drenata    Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
 Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
 Doc. Principale - Copia Documento



GEO-LAND sas di Palucci D. & C.  
Via Tirino, 82 65129 PESCARA  
tel/fax 08567589 3395462037  
geolandsas@libero.it geo-land@pec.it

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

## DATI DELLA PROVA

COMMITTENTE : **Momentive**

OPERA :

LOCALITA' : **Termoli (CB)**

Codice prova

**DPSH 4**

### DATI PROVA

|                            |  |
|----------------------------|--|
| NORMATIVA DI RIFERIMENTO : | <b>ISSMFE (1988) - UNI ENV 1997-3 2002</b> |
| DATA ESECUZIONE :          | <b>02/09/2020</b>                          |
| QUOTA INIZIO PROVA :       | <b>Piano campagna</b>                      |
| PREFORO :                  | <b>0,00 m</b>                              |
| PROFONDITA' FALDA          | <b>8,20 m</b>                              |
| PROFONDITA' PROVA :        | <b>15,00 m</b>                             |
| OPERATORI :                | <b>dott. geol. D. Palucci</b>              |

### PENETROMETRO UTILIZZATO

|   |  |
|---|--|
| PENETROMETRO DINAMICO SUPER PESANTE                         | COSTRUTTORE : <b>Pagani Geotechnical Equipment</b> |
| CLASSIFICAZIONE ISSMFE (1988) - M >60 kg - DPSH Super Heavy | MODELLO : <b>TG 63/200 N</b>                       |

### CARATTERISTICHE TECNICHE

|                          |                           |                         |                   |
|--------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------|
| PESO MASSA BATTENTE      | M = 63,50 kg              | LUNGHEZZA ASTE          | La = 1,00 m       |
| ALTEZZA CADUTA LIBERA    | H = 0,75 m                | PESO ASTE PER METRO     | Ma = 8,00 kg      |
| PESO SISTEMA BATTITURA   | Ms = 30,00 kg             | PROF. GIUNZIONE 1^ ASTA | P1 = 0,80 m       |
| DIAMETRO PUNTA CONICA    | D = 50,50 mm              | AVANZAMENTO PUNTA       | $\delta$ = 0,20 m |
| AREA BASE PUNTA CONICA   | A = 20,00 cm <sup>2</sup> | NUMERO DI COLPI PUNTA   | N = N(20)         |
| ANGOLO DI APERTURA PUNTA | $\alpha$ = 90°            | RIVESTIMENTO/FANGHI     | NO                |

ENERGIA SPECIFICA PER COLPO  
COEFF. TEORICO DI ENERGIA

$$Q = (MH)/(A\delta) = 11,91 \text{ kg/cm}^2 \text{ (prova SPT : } Q_{spt}=7,83 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\beta t = Q/Q_{spt} = 1,521 \quad (N_{spt} = \beta t N)$$

RESISTENZA DINAMICA ALLA PUNTA

$$R_{pd} \text{ (Formula Olandese) } R_{pd} = M^2 H / (Ae(M+P)) = M^2 H N / A\delta (M+P)$$

A = area  
M = peso massa battente (altezza caduta H)  
e = infissione per colpo =  $\delta/N$   
P = peso totale aste e sistema battuta

### NOTE

---



---



---



---

Il responsabile della sperimentazione  
dott. geol. Domenicantonio Palucci

REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
Doc. Principale - Copia Documento



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

## TABELLE VALORI DI RESISTENZA

Codice prova **DPSH 4**

| Profondità<br>m | N colpi<br>punta | Rpd<br>kg/cm <sup>2</sup> | N colpi<br>rivestimento | asta | Profondità<br>m | N colpi<br>punta | Rpd<br>kg/cm <sup>2</sup> | N colpi<br>rivestimento | asta |
|-----------------|------------------|---------------------------|-------------------------|------|-----------------|------------------|---------------------------|-------------------------|------|
| 0,00 - 0,20     | 27               | 201,1                     | ---                     | 1    | 7,60 - 7,80     | 9                | 43,2                      | ---                     | 9    |
| 0,20 - 0,40     | 53               | 394,8                     | ---                     | 2    | 7,80 - 8,00     | 17               | 77,7                      | ---                     | 9    |
| 0,40 - 0,60     | 46               | 342,6                     | ---                     | 2    | 8,00 - 8,20     | 19               | 86,8                      | ---                     | 9    |
| 0,60 - 0,80     | 9                | 67,0                      | ---                     | 2    | 8,20 - 8,40     | 33               | 150,8                     | ---                     | 10   |
| 0,80 - 1,00     | 3                | 20,7                      | ---                     | 2    | 8,40 - 8,60     | 46               | 210,1                     | ---                     | 10   |
| 1,00 - 1,20     | 3                | 20,7                      | ---                     | 2    | 8,60 - 8,80     | 28               | 127,9                     | ---                     | 10   |
| 1,20 - 1,40     | 2                | 13,8                      | ---                     | 3    | 8,80 - 9,00     | 26               | 113,3                     | ---                     | 10   |
| 1,40 - 1,60     | 3                | 20,7                      | ---                     | 3    | 9,00 - 9,20     | 18               | 78,4                      | ---                     | 10   |
| 1,60 - 1,80     | 3                | 20,7                      | ---                     | 3    | 9,20 - 9,40     | 14               | 61,0                      | ---                     | 11   |
| 1,80 - 2,00     | 2                | 12,9                      | ---                     | 3    | 9,40 - 9,60     | 10               | 43,6                      | ---                     | 11   |
| 2,00 - 2,20     | 2                | 12,9                      | ---                     | 3    | 9,60 - 9,80     | 8                | 34,9                      | ---                     | 11   |
| 2,20 - 2,40     | 2                | 12,9                      | ---                     | 4    | 9,80 - 10,00    | 7                | 29,2                      | ---                     | 11   |
| 2,40 - 2,60     | 2                | 12,9                      | ---                     | 4    | 10,00 - 10,20   | 10               | 41,7                      | ---                     | 11   |
| 2,60 - 2,80     | 2                | 12,9                      | ---                     | 4    | 10,20 - 10,40   | 11               | 45,8                      | ---                     | 12   |
| 2,80 - 3,00     | 2                | 12,0                      | ---                     | 4    | 10,40 - 10,60   | 8                | 33,3                      | ---                     | 12   |
| 3,00 - 3,20     | 2                | 12,0                      | ---                     | 4    | 10,60 - 10,80   | 9                | 37,5                      | ---                     | 12   |
| 3,20 - 3,40     | 2                | 12,0                      | ---                     | 5    | 10,80 - 11,00   | 10               | 39,9                      | ---                     | 12   |
| 3,40 - 3,60     | 2                | 12,0                      | ---                     | 5    | 11,00 - 11,20   | 12               | 47,9                      | ---                     | 12   |
| 3,60 - 3,80     | 3                | 18,1                      | ---                     | 5    | 11,20 - 11,40   | 14               | 55,9                      | ---                     | 13   |
| 3,80 - 4,00     | 3                | 17,0                      | ---                     | 5    | 11,40 - 11,60   | 17               | 67,8                      | ---                     | 13   |
| 4,00 - 4,20     | 3                | 17,0                      | ---                     | 5    | 11,60 - 11,80   | 19               | 75,8                      | ---                     | 13   |
| 4,20 - 4,40     | 4                | 22,7                      | ---                     | 6    | 11,80 - 12,00   | 22               | 84,2                      | ---                     | 13   |
| 4,40 - 4,60     | 2                | 11,3                      | ---                     | 6    | 12,00 - 12,20   | 23               | 88,0                      | ---                     | 13   |
| 4,60 - 4,80     | 3                | 17,0                      | ---                     | 6    | 12,20 - 12,40   | 25               | 95,7                      | ---                     | 14   |
| 4,80 - 5,00     | 5                | 26,7                      | ---                     | 6    | 12,40 - 12,60   | 26               | 99,5                      | ---                     | 14   |
| 5,00 - 5,20     | 6                | 32,1                      | ---                     | 6    | 12,60 - 12,80   | 27               | 103,4                     | ---                     | 14   |
| 5,20 - 5,40     | 4                | 21,4                      | ---                     | 7    | 12,80 - 13,00   | 29               | 106,7                     | ---                     | 14   |
| 5,40 - 5,60     | 5                | 26,7                      | ---                     | 7    | 13,00 - 13,20   | 30               | 110,4                     | ---                     | 14   |
| 5,60 - 5,80     | 7                | 37,4                      | ---                     | 7    | 13,20 - 13,40   | 31               | 114,1                     | ---                     | 15   |
| 5,80 - 6,00     | 8                | 40,5                      | ---                     | 7    | 13,40 - 13,60   | 32               | 117,7                     | ---                     | 15   |
| 6,00 - 6,20     | 9                | 45,5                      | ---                     | 7    | 13,60 - 13,80   | 34               | 125,1                     | ---                     | 15   |
| 6,20 - 6,40     | 10               | 50,6                      | ---                     | 8    | 13,80 - 14,00   | 36               | 127,5                     | ---                     | 15   |
| 6,40 - 6,60     | 7                | 35,4                      | ---                     | 8    | 14,00 - 14,20   | 36               | 127,5                     | ---                     | 15   |
| 6,60 - 6,80     | 8                | 40,5                      | ---                     | 8    | 14,20 - 14,40   | 37               | 131,0                     | ---                     | 16   |
| 6,80 - 7,00     | 7                | 33,6                      | ---                     | 8    | 14,40 - 14,60   | 37               | 131,0                     | ---                     | 16   |
| 7,00 - 7,20     | 9                | 43,2                      | ---                     | 8    | 14,60 - 14,80   | 39               | 138,1                     | ---                     | 16   |
| 7,20 - 7,40     | 10               | 48,0                      | ---                     | 9    | 14,80 - 15,00   | 40               | 136,5                     | ---                     | 16   |
| 7,40 - 7,60     | 11               | 52,8                      | ---                     | 9    |                 |                  |                           |                         |      |

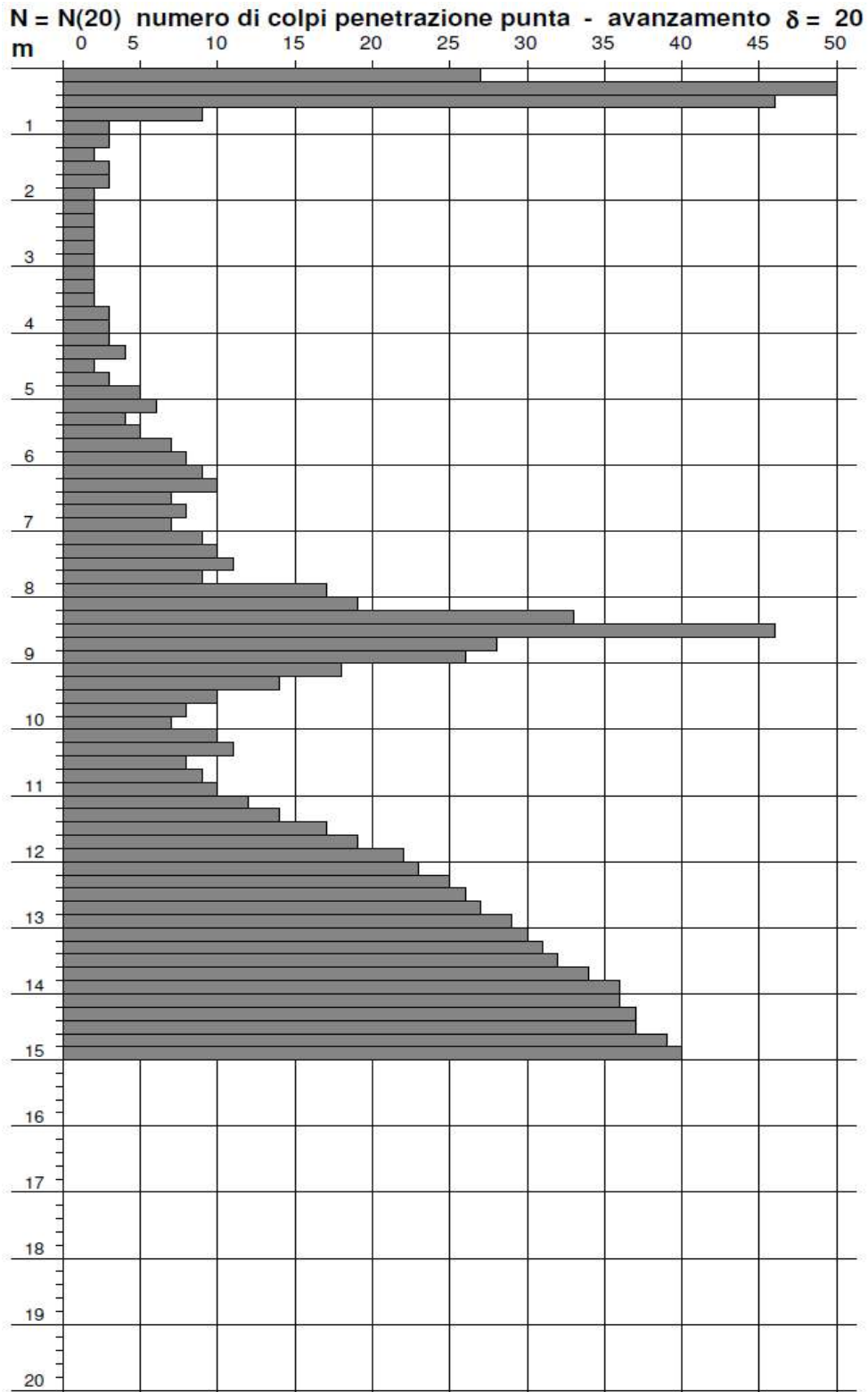
REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
 Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
 Doc. Principale - Copia Documento



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DIAGRAMMA NUMERO DI COLPI - Rpd

Codice prova **DPSH 4**



REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
 Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
 Doc. Principale - Copia Documento

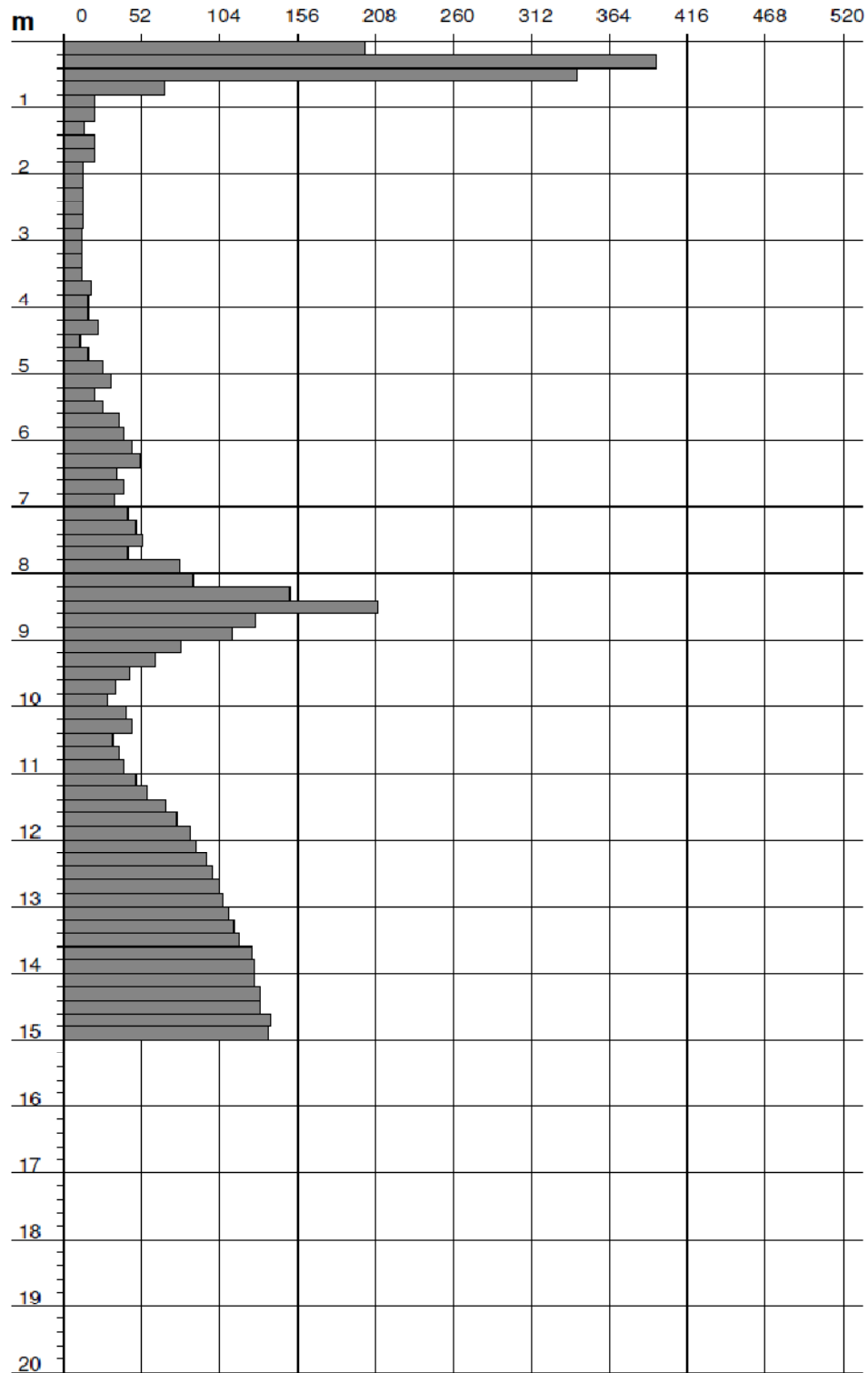


# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

## DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

Codice prova **DPSH 4**

**Rpd (kg/cm<sup>2</sup>) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese"**



REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
 Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
 Doc. Principale - Copia Documento



## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

### ELABORAZIONE STATISTICA - N<sub>SPT</sub> - PARAMETRI GEOTECNICI

Codice prova **DPSH 4**

| n° | Profondità (m) |       | PARAMETRO | ELABORAZIONE STATISTICA |     |     |          |      |      |       | VCA | β    | Nspt |
|----|----------------|-------|-----------|-------------------------|-----|-----|----------|------|------|-------|-----|------|------|
|    |                |       |           | M                       | min | Max | ½(M+min) | s    | M-s  | M+s   |     |      |      |
| 1  | 0,00           | 0,80  | N         | 33,8                    | 9   | 53  | 21,4     | ---  | ---  | ---   | 34  | 1,52 | 52   |
|    |                |       | Rpd       | 251,4                   | 67  | 395 | 159,2    | ---  | ---  | ---   | 253 |      |      |
| 2  | 0,80           | 2,00  | N         | 2,7                     | 2   | 3   | 2,3      | ---  | 2,2  | 3,2   | 3   | 1,52 | 5    |
|    |                |       | Rpd       | 10,3                    | 13  | 21  | 15,6     | 3,0  | 14,4 | 22,1  | 20  |      |      |
| 3  | 2,00           | 4,80  | N         | 2,4                     | 2   | 4   | 2,2      | ---  | 1,8  | 3,1   | 2   | 1,52 | 3    |
|    |                |       | Rpd       | 14,5                    | 11  | 23  | 12,9     | 3,3  | 11,2 | 17,8  | 12  |      |      |
| 4  | 4,80           | 7,80  | N         | 7,7                     | 4   | 11  | 5,8      | 2,1  | 5,6  | 9,7   | 8   | 1,52 | 12   |
|    |                |       | Rpd       | 38,5                    | 21  | 53  | 29,9     | 9,2  | 29,3 | 47,7  | 40  |      |      |
| 5  | 7,80           | 9,40  | N         | 25,1                    | 14  | 46  | 19,6     | 10,6 | 14,5 | 35,7  | 25  | 1,52 | 38   |
|    |                |       | Rpd       | 113,3                   | 61  | 210 | 87,1     | 49,2 | 64,1 | 162,4 | 113 |      |      |
| 6  | 9,40           | 11,40 | N         | 9,9                     | 7   | 14  | 8,4      | 2,1  | 7,8  | 12,0  | 10  | 1,52 | 15   |
|    |                |       | Rpd       | 41,0                    | 29  | 56  | 35,1     | 7,8  | 33,1 | 48,8  | 41  |      |      |
| 7  | 11,40          | 15,00 | N         | 30,0                    | 17  | 40  | 23,5     | 7,0  | 23,0 | 37,0  | 30  | 1,52 | 46   |
|    |                |       | Rpd       | 110,0                   | 68  | 138 | 88,9     | 21,4 | 88,6 | 131,4 | 110 |      |      |

M: valore medio    min: valore minimo    Max: valore massimo    s: scarto quadratico medio  
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 20 cm)    Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)  
 β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico β<sub>t</sub> = 1,52)    Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 20 cm)

### Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

| n° | Prof.(m) |       | LITOLOGIA | Nspt | NATURA GRANULARE |      |     |      |      | NATURA COESIVA |      |     |       |
|----|----------|-------|-----------|------|------------------|------|-----|------|------|----------------|------|-----|-------|
|    |          |       |           |      | DR               | σ'   | E'  | Ysat | Yd   | Cu             | Ysat | W   | e     |
| 1  | 0.00     | 0.80  |           | 52   | 85.8             | 42.9 | 592 | 2.16 | 1.86 | ---            | ---  | --- | ---   |
| 2  | 0.80     | 2.00  |           | 5    | ---              | ---  | --- | ---  | ---  | 0.31           | 1.83 | 39  | 1.061 |
| 3  | 2.00     | 4.80  |           | 3    | ---              | ---  | --- | ---  | ---  | 0.19           | 1.78 | 44  | 1.194 |
| 4  | 4.80     | 7.80  |           | 12   | 38.0             | 28.4 | 284 | 1.94 | 1.52 | ---            | ---  | --- | ---   |
| 5  | 7.80     | 9.40  |           | 38   | 73.0             | 33.9 | 484 | 2.09 | 1.75 | ---            | ---  | --- | ---   |
| 6  | 9.40     | 11.40 |           | 15   | 42.5             | 30.0 | 307 | 1.96 | 1.54 | ---            | ---  | --- | ---   |
| 7  | 11.40    | 15.00 |           | 46   | ---              | ---  | --- | ---  | ---  | 2.88           | 2.33 | 10  | 0.274 |

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa    σ' (°) = angolo di attrito efficace    E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato    W% = contenuto d'acqua  
 e (-) = indice dei vuoti    Cu (kg/cm²) = coesione non drenata    Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
 Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
 Doc. Principale - Copia Documento



GEO-LAND sas di Palucci D. & C.  
Via Tirino, 82 65129 PESCARA  
tel/fax 08567589 3395462037  
geolandsas@libero.it geo-land@pec.it

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

## DATI DELLA PROVA

COMMITTENTE : **Momentive**

OPERA :

LOCALITA' : **Termoli (CB)**

Codice prova

**DPSH 5**

### DATI PROVA

|                            |  |
|----------------------------|--|
| NORMATIVA DI RIFERIMENTO : | <b>ISSMFE (1988) - UNI ENV 1997-3 2002</b> |
| DATA ESECUZIONE :          | <b>02/09/2020</b>                          |
| QUOTA INIZIO PROVA :       | <b>Piano campagna</b>                      |
| PREFORO :                  | <b>0,00 m</b>                              |
| PROFONDITA' FALDA          | <b>7,80 m</b>                              |
| PROFONDITA' PROVA :        | <b>15,00 m</b>                             |
| OPERATORI :                | <b>dott. geol. D. Palucci</b>              |

### PENETROMETRO UTILIZZATO

|   |  |
|---|--|
| PENETROMETRO DINAMICO SUPER PESANTE                         | COSTRUTTORE : <b>Pagani Geotechnical Equipment</b> |
| CLASSIFICAZIONE ISSMFE (1988) - M >60 kg - DPSH Super Heavy | MODELLO : <b>TG 63/200 N</b>                       |

### CARATTERISTICHE TECNICHE

|                          |                           |                         |                   |
|--------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------|
| PESO MASSA BATTENTE      | M = 63,50 kg              | LUNGHEZZA ASTE          | La = 1,00 m       |
| ALTEZZA CADUTA LIBERA    | H = 0,75 m                | PESO ASTE PER METRO     | Ma = 8,00 kg      |
| PESO SISTEMA BATTITURA   | Ms = 30,00 kg             | PROF. GIUNZIONE 1^ ASTA | P1 = 0,80 m       |
| DIAMETRO PUNTA CONICA    | D = 50,50 mm              | AVANZAMENTO PUNTA       | $\delta$ = 0,20 m |
| AREA BASE PUNTA CONICA   | A = 20,00 cm <sup>2</sup> | NUMERO DI COLPI PUNTA   | N = N(20)         |
| ANGOLO DI APERTURA PUNTA | $\alpha$ = 90°            | RIVESTIMENTO/FANGHI     | NO                |

ENERGIA SPECIFICA PER COLPO  
COEFF. TEORICO DI ENERGIA

$$Q = (MH)/(A\delta) = 11,91 \text{ kg/cm}^2 \text{ (prova SPT : } Q_{spt}=7,83 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\beta_t = Q/Q_{spt} = 1,521 \quad (N_{spt} = \beta_t N)$$

RESISTENZA DINAMICA ALLA PUNTA

$$R_{pd} \text{ (Formula Olandese)} R_{pd} = M^2 H / (Ae(M+P)) = M^2 H N / A\delta (M+P)$$

A = area  
M = peso massa battente (altezza caduta H)  
e = infissione per colpo =  $\delta/N$   
P = peso totale aste e sistema battuta

### NOTE

---



---



---



---

Il responsabile della sperimentazione  
dott. geol. Domenicantonio Palucci



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

## TABELLE VALORI DI RESISTENZA

Codice prova **DPSH 5**

| Profondità<br>m | N colpi<br>punta | Rpd<br>kg/cm <sup>2</sup> | N colpi<br>rivestimento | asta | Profondità<br>m | N colpi<br>punta | Rpd<br>kg/cm <sup>2</sup> | N colpi<br>rivestimento | asta |
|-----------------|------------------|---------------------------|-------------------------|------|-----------------|------------------|---------------------------|-------------------------|------|
| 0,00 - 0,20     | 32               | 238,4                     | ---                     | 1    | 7,60 - 7,80     | 9                | 43,2                      | ---                     | 9    |
| 0,20 - 0,40     | 41               | 305,4                     | ---                     | 2    | 7,80 - 8,00     | 10               | 45,7                      | ---                     | 9    |
| 0,40 - 0,60     | 44               | 327,7                     | ---                     | 2    | 8,00 - 8,20     | 28               | 127,9                     | ---                     | 9    |
| 0,60 - 0,80     | 51               | 379,9                     | ---                     | 2    | 8,20 - 8,40     | 40               | 182,7                     | ---                     | 10   |
| 0,80 - 1,00     | 33               | 227,8                     | ---                     | 2    | 8,40 - 8,60     | 33               | 150,8                     | ---                     | 10   |
| 1,00 - 1,20     | 56               | 386,7                     | ---                     | 2    | 8,60 - 8,80     | 24               | 109,6                     | ---                     | 10   |
| 1,20 - 1,40     | 31               | 214,0                     | ---                     | 3    | 8,80 - 9,00     | 18               | 78,4                      | ---                     | 10   |
| 1,40 - 1,60     | 12               | 82,9                      | ---                     | 3    | 9,00 - 9,20     | 27               | 117,7                     | ---                     | 10   |
| 1,60 - 1,80     | 5                | 34,5                      | ---                     | 3    | 9,20 - 9,40     | 22               | 95,9                      | ---                     | 11   |
| 1,80 - 2,00     | 3                | 19,3                      | ---                     | 3    | 9,40 - 9,60     | 20               | 87,2                      | ---                     | 11   |
| 2,00 - 2,20     | 2                | 12,9                      | ---                     | 3    | 9,60 - 9,80     | 18               | 78,4                      | ---                     | 11   |
| 2,20 - 2,40     | 3                | 19,3                      | ---                     | 4    | 9,80 - 10,00    | 16               | 66,6                      | ---                     | 11   |
| 2,40 - 2,60     | 2                | 12,9                      | ---                     | 4    | 10,00 - 10,20   | 15               | 62,5                      | ---                     | 11   |
| 2,60 - 2,80     | 3                | 19,3                      | ---                     | 4    | 10,20 - 10,40   | 12               | 50,0                      | ---                     | 12   |
| 2,80 - 3,00     | 3                | 18,1                      | ---                     | 4    | 10,40 - 10,60   | 7                | 29,2                      | ---                     | 12   |
| 3,00 - 3,20     | 3                | 18,1                      | ---                     | 4    | 10,60 - 10,80   | 8                | 33,3                      | ---                     | 12   |
| 3,20 - 3,40     | 2                | 12,0                      | ---                     | 5    | 10,80 - 11,00   | 7                | 27,9                      | ---                     | 12   |
| 3,40 - 3,60     | 2                | 12,0                      | ---                     | 5    | 11,00 - 11,20   | 9                | 35,9                      | ---                     | 12   |
| 3,60 - 3,80     | 3                | 18,1                      | ---                     | 5    | 11,20 - 11,40   | 10               | 39,9                      | ---                     | 13   |
| 3,80 - 4,00     | 2                | 11,3                      | ---                     | 5    | 11,40 - 11,60   | 11               | 43,9                      | ---                     | 13   |
| 4,00 - 4,20     | 3                | 17,0                      | ---                     | 5    | 11,60 - 11,80   | 8                | 31,9                      | ---                     | 13   |
| 4,20 - 4,40     | 2                | 11,3                      | ---                     | 6    | 11,80 - 12,00   | 6                | 23,0                      | ---                     | 13   |
| 4,40 - 4,60     | 3                | 17,0                      | ---                     | 6    | 12,00 - 12,20   | 12               | 45,9                      | ---                     | 13   |
| 4,60 - 4,80     | 4                | 22,7                      | ---                     | 6    | 12,20 - 12,40   | 11               | 42,1                      | ---                     | 14   |
| 4,80 - 5,00     | 3                | 16,0                      | ---                     | 6    | 12,40 - 12,60   | 10               | 38,3                      | ---                     | 14   |
| 5,00 - 5,20     | 3                | 16,0                      | ---                     | 6    | 12,60 - 12,80   | 13               | 49,8                      | ---                     | 14   |
| 5,20 - 5,40     | 3                | 16,0                      | ---                     | 7    | 12,80 - 13,00   | 19               | 69,9                      | ---                     | 14   |
| 5,40 - 5,60     | 3                | 16,0                      | ---                     | 7    | 13,00 - 13,20   | 22               | 80,9                      | ---                     | 14   |
| 5,60 - 5,80     | 2                | 10,7                      | ---                     | 7    | 13,20 - 13,40   | 24               | 88,3                      | ---                     | 15   |
| 5,80 - 6,00     | 3                | 15,2                      | ---                     | 7    | 13,40 - 13,60   | 25               | 92,0                      | ---                     | 15   |
| 6,00 - 6,20     | 2                | 10,1                      | ---                     | 7    | 13,60 - 13,80   | 27               | 99,3                      | ---                     | 15   |
| 6,20 - 6,40     | 3                | 15,2                      | ---                     | 8    | 13,80 - 14,00   | 28               | 99,2                      | ---                     | 15   |
| 6,40 - 6,60     | 4                | 20,2                      | ---                     | 8    | 14,00 - 14,20   | 31               | 109,8                     | ---                     | 15   |
| 6,60 - 6,80     | 6                | 30,3                      | ---                     | 8    | 14,20 - 14,40   | 32               | 113,3                     | ---                     | 16   |
| 6,80 - 7,00     | 7                | 33,6                      | ---                     | 8    | 14,40 - 14,60   | 33               | 116,9                     | ---                     | 16   |
| 7,00 - 7,20     | 5                | 24,0                      | ---                     | 8    | 14,60 - 14,80   | 34               | 120,4                     | ---                     | 16   |
| 7,20 - 7,40     | 6                | 28,8                      | ---                     | 9    | 14,80 - 15,00   | 36               | 122,9                     | ---                     | 16   |
| 7,40 - 7,60     | 8                | 38,4                      | ---                     | 9    |                 |                  |                           |                         |      |

REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
 Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
 Doc. Principale - Copia Documento

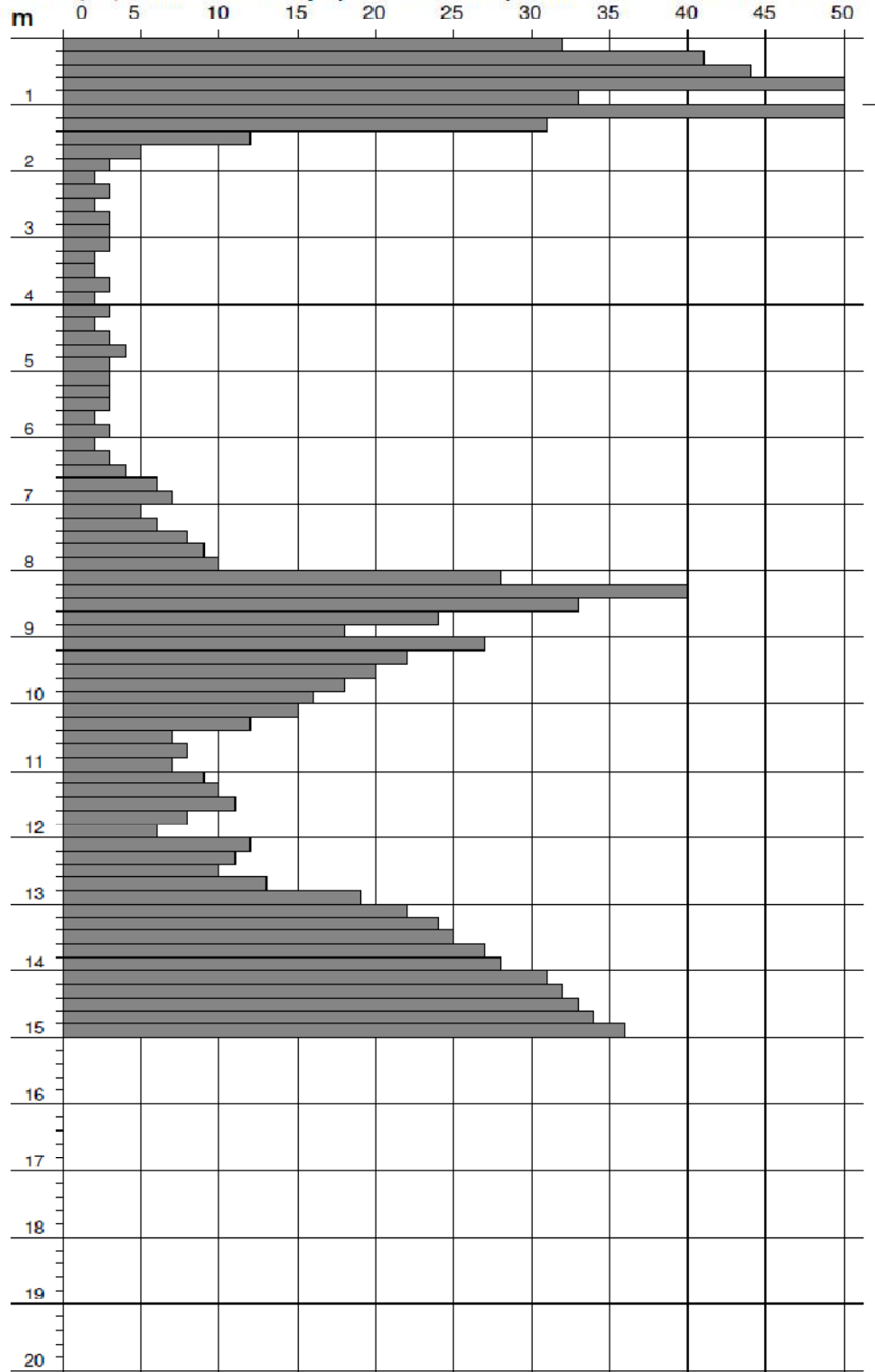


# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DIAGRAMMA NUMERO DI COLPI - Rpd

Codice prova **DPSH 5**

**N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento  $\delta = 20$**



REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
 Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
 Doc. Principale - Copia Documento

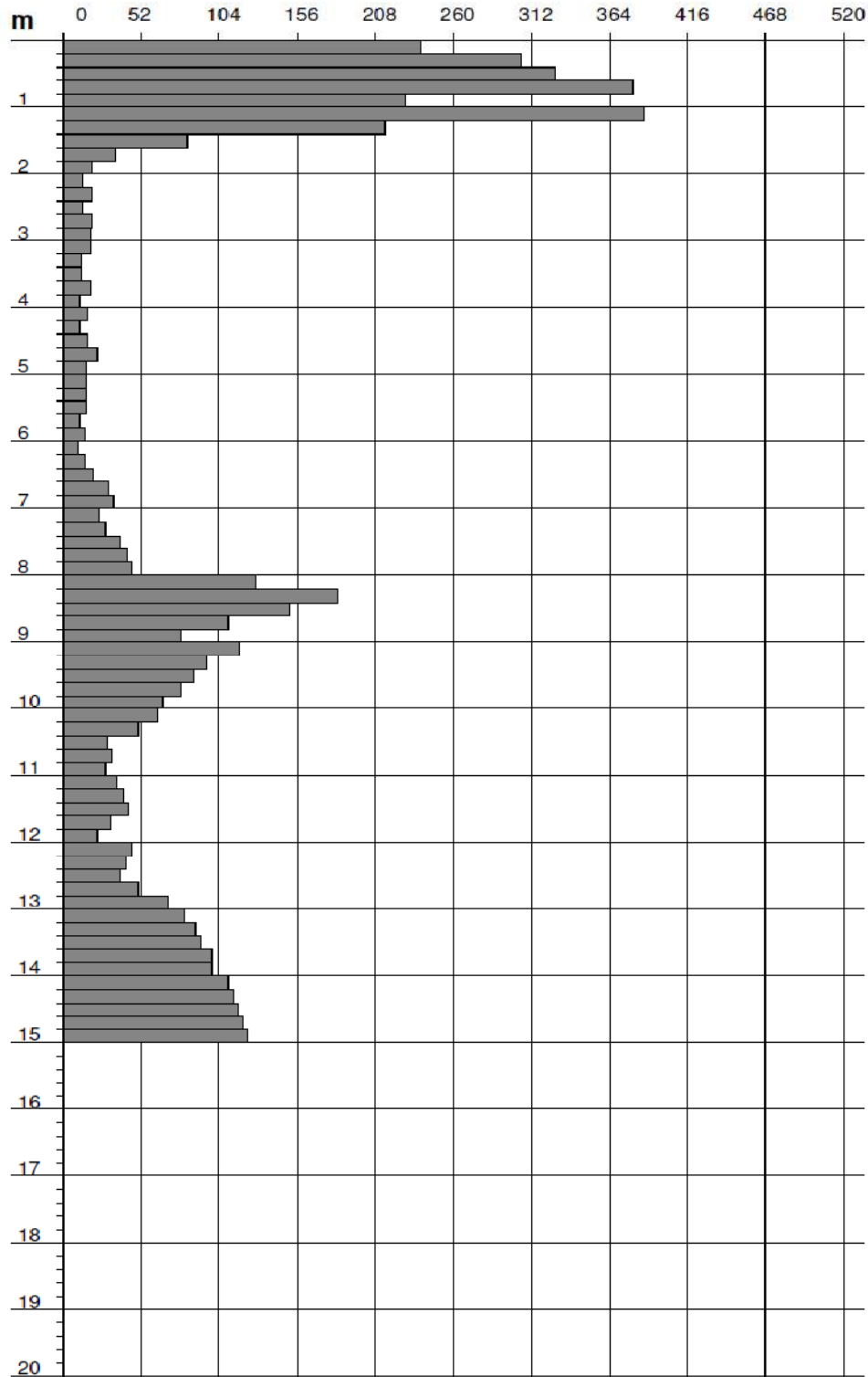


# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

## DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

Codice prova **DPSH 5**

**Rpd (kg/cm<sup>2</sup>) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese"**



REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
Doc. Principale - Copia Documento



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

## ELABORAZIONE STATISTICA - N<sub>SPT</sub> - PARAMETRI GEOTECNICI

Codice prova **DPSH 5**

| n° | Profondità (m) |       | PARAMETRO | ELABORAZIONE STATISTICA |     |     |          |      |       |       | VCA | β    | Nspt |
|----|----------------|-------|-----------|-------------------------|-----|-----|----------|------|-------|-------|-----|------|------|
|    |                |       |           | M                       | min | Max | ½(M+min) | s    | M-s   | M+s   |     |      |      |
| 1  | 0,00           | 1,40  | N         | 41,1                    | 31  | 56  | 36,1     | 9,8  | 31,3  | 51,0  | 41  | 1,52 | 62   |
|    |                |       | Rpd       | 297,1                   | 214 | 387 | 255,6    | 71,9 | 225,2 | 369,0 |     |      |      |
| 2  | 1,40           | 2,00  | N         | 6,7                     | 3   | 12  | 4,8      | ---- | ----  | ----  | 7   | 1,52 | 11   |
|    |                |       | Rpd       | 45,6                    | 19  | 83  | 32,4     | ---- | ----  | ----  |     |      |      |
| 3  | 2,00           | 6,20  | N         | 2,7                     | 2   | 4   | 2,3      | ---- | 2,1   | 3,2   | 3   | 1,52 | 5    |
|    |                |       | Rpd       | 15,3                    | 10  | 23  | 12,7     | 3,4  | 11,9  | 18,7  |     |      |      |
| 4  | 6,20           | 8,00  | N         | 6,4                     | 3   | 10  | 4,7      | 2,3  | 4,1   | 8,7   | 6   | 1,52 | 9    |
|    |                |       | Rpd       | 31,0                    | 15  | 46  | 23,1     | 10,3 | 20,8  | 41,3  |     |      |      |
| 5  | 8,00           | 10,20 | N         | 23,7                    | 15  | 40  | 19,4     | 7,7  | 16,0  | 31,5  | 24  | 1,52 | 37   |
|    |                |       | Rpd       | 105,2                   | 63  | 183 | 83,9     | 37,3 | 67,9  | 142,6 |     |      |      |
| 6  | 10,20          | 12,80 | N         | 9,5                     | 6   | 13  | 7,8      | 2,2  | 7,3   | 11,8  | 10  | 1,52 | 15   |
|    |                |       | Rpd       | 37,8                    | 23  | 50  | 30,4     | 8,5  | 29,3  | 46,3  |     |      |      |
| 7  | 12,80          | 15,00 | N         | 28,3                    | 19  | 36  | 23,6     | 5,4  | 22,9  | 33,7  | 28  | 1,52 | 43   |
|    |                |       | Rpd       | 101,2                   | 70  | 123 | 85,5     | 17,2 | 84,0  | 118,4 |     |      |      |

M: valore medio    min: valore minimo    Max: valore massimo    s: scarto quadratico medio  
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 20 cm)    Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico βt = 1,52)    Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 20 cm)

### Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

| n° | Prof.(m) |       | LITOLOGIA | Nspt | NATURA GRANULARE |      |      |      |      | NATURA COESIVA |      |      |       |
|----|----------|-------|-----------|------|------------------|------|------|------|------|----------------|------|------|-------|
|    |          |       |           |      | DR               | σ'   | E'   | Ysat | Yd   | Cu             | Ysat | W    | e     |
| 1  | 0,00     | 1,40  |           | 62   | 89.5             | 45.5 | 669  | 2.18 | 1.89 | ----           | ---- | ---- | ----  |
| 2  | 1,40     | 2,00  |           | 11   | ----             | ---- | ---- | ---- | ---- | 0.69           | 1.91 | 32   | 0.867 |
| 3  | 2,00     | 6,20  |           | 5    | ----             | ---- | ---- | ---- | ---- | 0.31           | 1.83 | 39   | 1.061 |
| 4  | 6,20     | 8,00  |           | 9    | 31.7             | 26.6 | 261  | 1.92 | 1.48 | ----           | ---- | ---- | ----  |
| 5  | 8,00     | 10,20 |           | 37   | 72.0             | 38.6 | 477  | 2.09 | 1.74 | ----           | ---- | ---- | ----  |
| 6  | 10,20    | 12,80 |           | 15   | 42.5             | 30.0 | 307  | 1.96 | 1.54 | ----           | ---- | ---- | ----  |
| 7  | 12,80    | 15,00 |           | 43   | ----             | ---- | ---- | ---- | ---- | 2.69           | 2.30 | 12   | 0.309 |

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa    σ' (°) = angolo di attrito efficace    E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato    W% = contenuto d'acqua  
 e (-) = indice dei vuoti    Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata    Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
 Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
 Doc. Principale - Copia Documento



GEO-LAND sas di Palucci D. & C.  
Via Tirino, 82 65129 PESCARA  
tel/fax 08567589 3395462037  
geolandsas@libero.it geo-land@pec.it

# PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

## DATI DELLA PROVA

Committente: **Momentive**  
Opera: **Progetto New Air Emissions Treatment System**  
Località: **via Enrico Mattei, Termoli (CB)**

Codice prova  
**SR 1**

### DATI PROVA

DATA ESECUZIONE : **19/05/2025**  
LUNGHEZZA LINEA : **69,00 m**  
ENERGIZZAZIONE : **Onde P**  
N. GEOFONI : **24 (frequenza 4,5 Hz)**  
N. SCOPPI : **9**  
ENERGIZZAZIONE : **Massa battente 10 Kg, piastra in duralluminio**  
OPERATORI : **dott. geol. D.Palucci - dott. geol. V. D'Andrea**

REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
Doc. Principale - Copia Documento

### SISMOGRAFO UTILIZZATO

SISMOGRAFO PASI MODELLO : 16SG24

### CARATTERISTICHE TECNICHE

|                          |                    |                    |                    |
|--------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| SUPPORTO MEMORIZZAZIONE  | Hard-Disk da 40 Gb | TRATTAMENTO DATI   | Float Point 32 bit |
| RISOLUZIONE ACQUISIZIONE | 24 bit             | AMBIENTE OPERATIVO | WindowsXP          |

### NOTE

---



---



---

**Il responsabile della sperimentazione**  
dott. geol. Domenicantonio Palucci



# PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

## SISMOGRAMMI

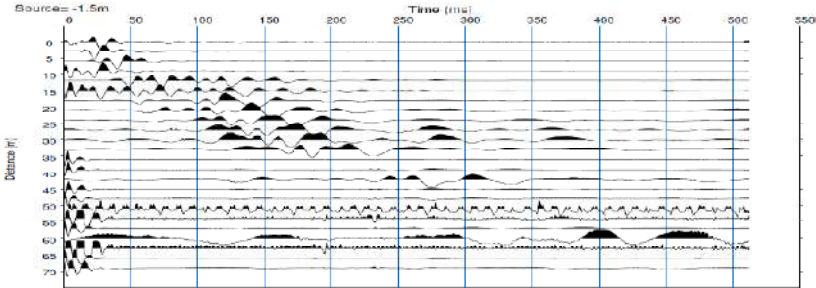
Codice prova **SR 1**

Energizzazione **Onde P**

Shot 1

Posizione energizzazione: -1,50 m  
Frequenza campionamento 0,00013 sec  
Stack: n. 2

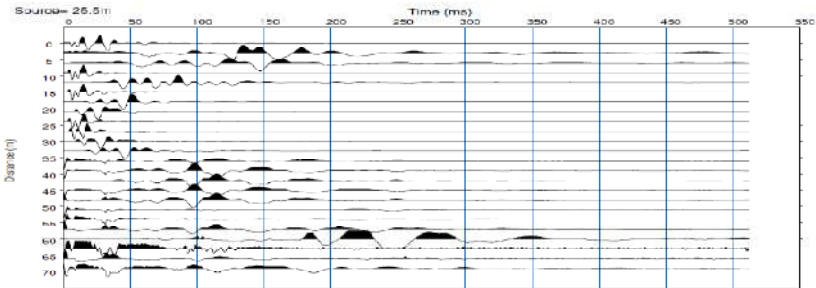
Posizione ricevitori: 1,50 m  
Lunghezza registrazione: 0,55 sec  
Interdistanza geofoni: 3,00 m



Shot 4

Posizione energizzazione: 25,50 m  
Frequenza campionamento 0,00013 sec  
Stack: n. 2

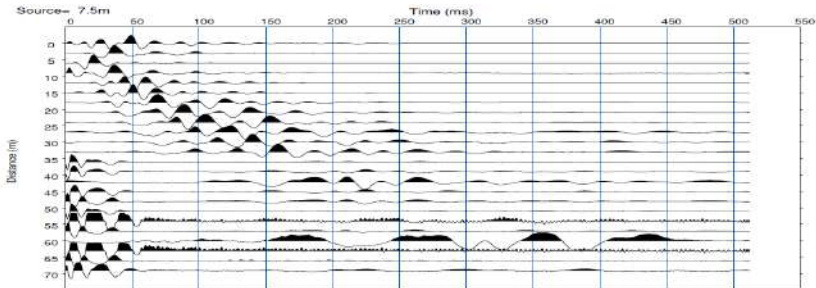
Posizione ricevitori: 1,50 m  
Lunghezza registrazione: 0,55 sec  
Interdistanza geofoni: 3,00 m



Shot 2

Posizione energizzazione: 7,50 m  
Frequenza campionamento 0,00013 sec  
Stack: n. 2

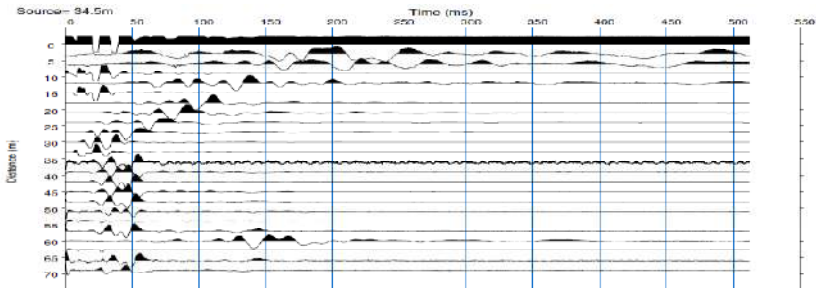
Posizione ricevitori: 1,50 m  
Lunghezza registrazione: 0,55 sec  
Interdistanza geofoni: 3,00 m



Shot 5

Posizione energizzazione: 34,50m  
Frequenza campionamento 0,00013 sec  
Stack: n. 2

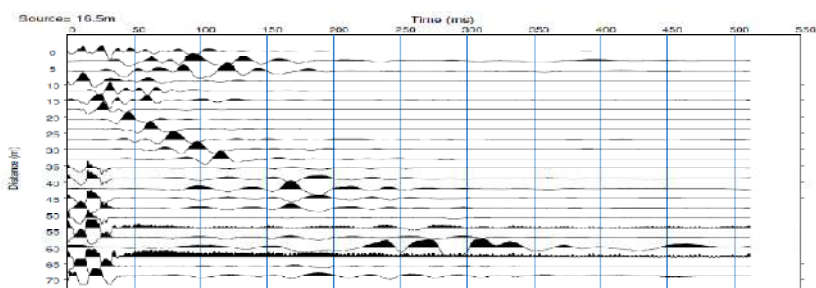
Posizione ricevitori: 1,50 m  
Lunghezza registrazione: 0,55 sec  
Interdistanza geofoni: 3,00 m



Shot 3

Posizione energizzazione: 16,50 m  
Frequenza campionamento 0,00013 sec  
Stack: n. 2

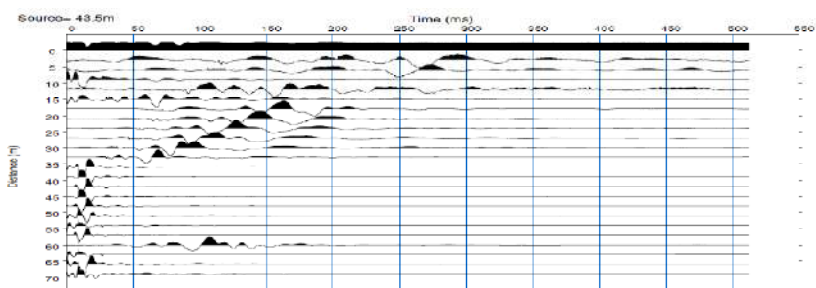
Posizione ricevitori: 1,50 m  
Lunghezza registrazione: 0,55 sec  
Interdistanza geofoni: 3,00 m



Shot 6

Posizione energizzazione: 43,50 m  
Frequenza campionamento 0,00013 sec  
Stack: n. 2

Posizione ricevitori: 1,50 m  
Lunghezza registrazione: 0,55 sec  
Interdistanza geofoni: 3,00 m



REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
Doc. Principale - Copia Documento



# PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

## SISMOGRAMMI

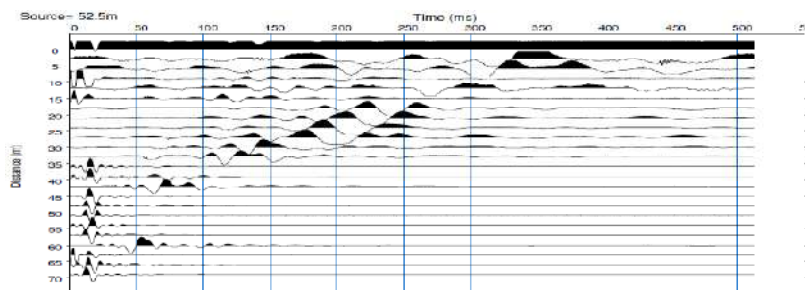
Codice prova **SR 1**

Energizzazione **Onde P**

Posizione energizzazione: 52,50 m  
 Frequenza campionamento 0,00013 sec  
 Stack: n. 2

Posizione ricevitori: 1,50 m  
 Lunghezza registrazione: 0,55 sec  
 Interdistanza geofoni: 3,00 m

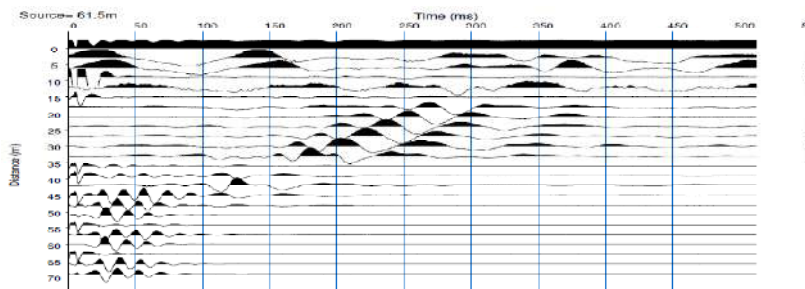
Shot 7



Posizione energizzazione: 61,50 m  
 Frequenza campionamento 0,00013 sec  
 Stack: n. 2

Posizione ricevitori: 1,50 m  
 Lunghezza registrazione: 0,55 sec  
 Interdistanza geofoni: 3,00 m

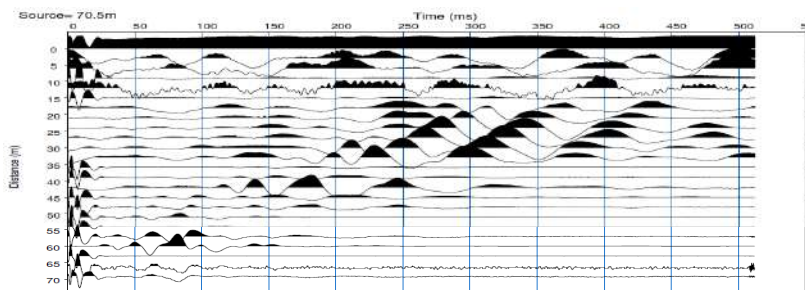
Shot 8



Posizione energizzazione: 70,50 m  
 Frequenza campionamento 0,00013 sec  
 Stack: n. 2

Posizione ricevitori: 1,50 m  
 Lunghezza registrazione: 0,55 sec  
 Interdistanza geofoni: 3,00 m

Shot 9



REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
 Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
 Doc. Principale - Copia Documento

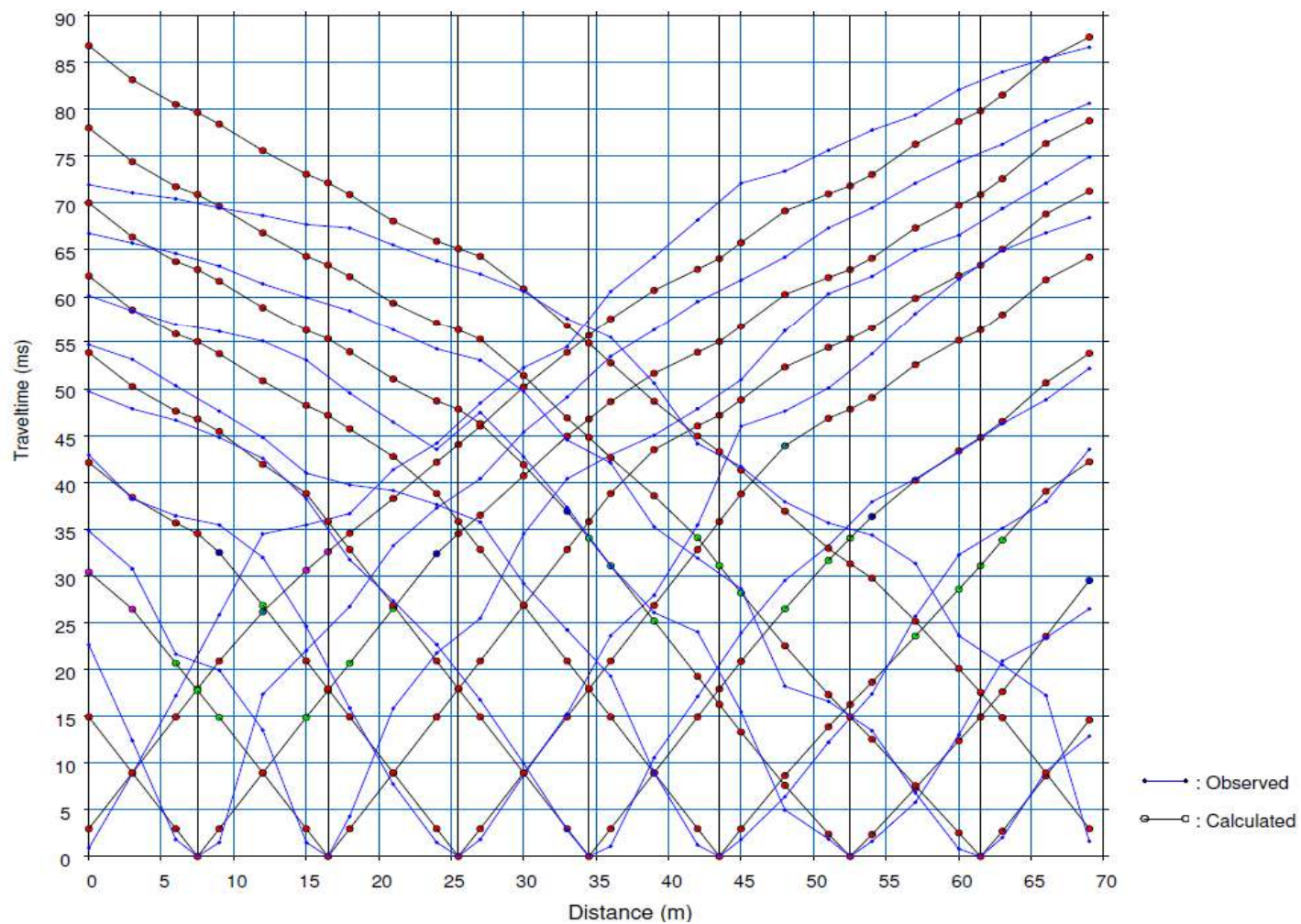


# PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

## DROMOCRONE

Codice prova **SR 1**

Energizzazione **Onde P**



REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
 Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
 Doc. Principale - Copia Documento

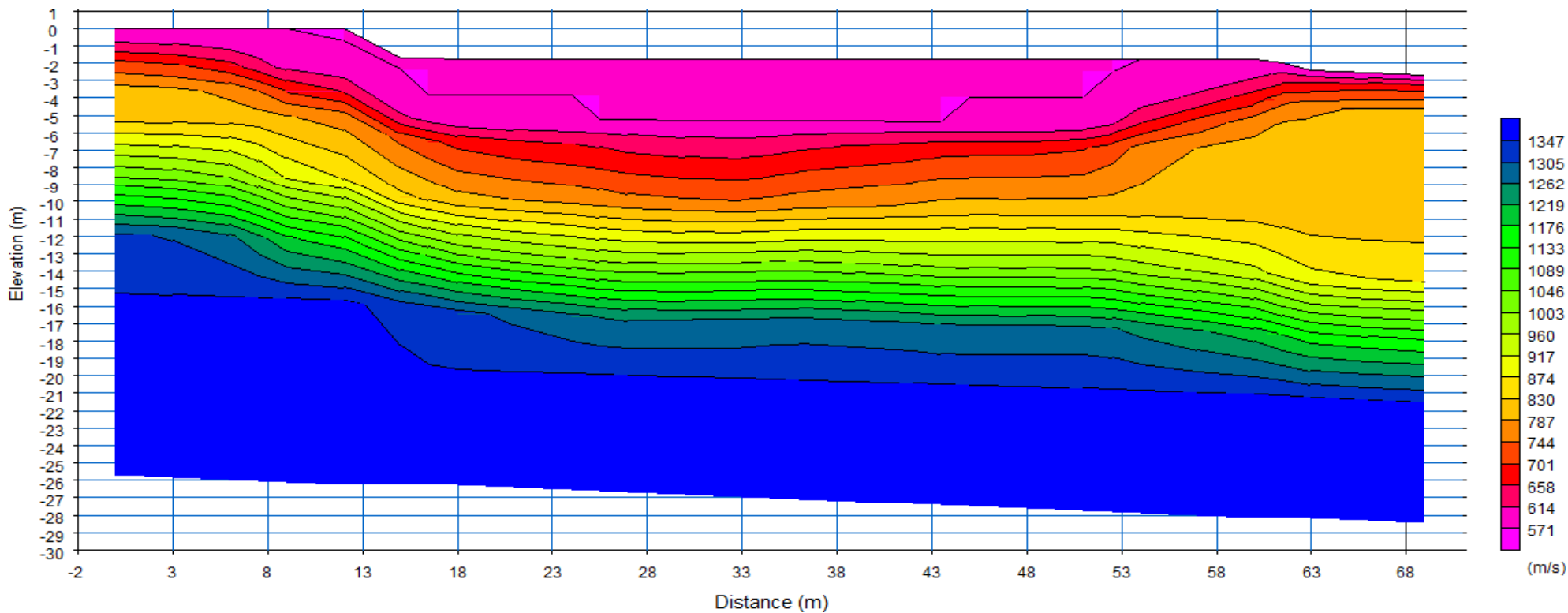


# PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

## SEZIONE TOMOGRAFICA

Codice prova **SR 1**

Energizzazione **Onde P**



REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
 Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
 Doc. Principale - Copia Documento



GEO-LAND sas di Palucci D. & C.  
Via Tirino, 82 65129 PESCARA  
tel/fax 08567589 3395462037  
geolandsas@libero.it geo-land@pec.it

# PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

## DATI DELLA PROVA

Committente: **Momentive**

Codice prova

Opera:

**SR 1**

Località: **Termoli (CB)**

### DATI PROVA

|                   |   |
|-------------------|---|
| DATA ESECUZIONE : | <b>02/09/2020</b>                                       |
| LUNGHEZZA LINEA : | <b>46,00 m</b>  |
| ENERGIZZAZIONE :  | <b>Onde P</b>   |
| N. GEOFONI :      | <b>24 (frequenza 4,5 Hz)</b>                            |
| N. SCOPPI         | <b>7</b>  |
| ENERGIZZAZIONE :  | <b>Massa battente 10 Kg, piastra in duralluminio</b>    |
| OPERATORI :       | <b>dott. geol. D. Palucci - dott. geol. V. D'Andrea</b> |

REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
Doc. Principale - Copia Documento

### SISMOGRAFO UTILIZZATO

SISMOGRAFO PASI MODELLO : 16SG24

### CARATTERISTICHE TECNICHE

|                          |                    |                    |                    |
|--------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| SUPPORTO MEMORIZZAZIONE  | Hard-Disk da 40 Gb | TRATTAMENTO DATI   | Float Point 32 bit |
| RISOLUZIONE ACQUISIZIONE | 24 bit             | AMBIENTE OPERATIVO | WindowsXP          |

### NOTE

---



---



---

**Il responsabile della sperimentazione**  
dott. geol. Domenicantonio Palucci



# PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

## SISMOGRAMMI

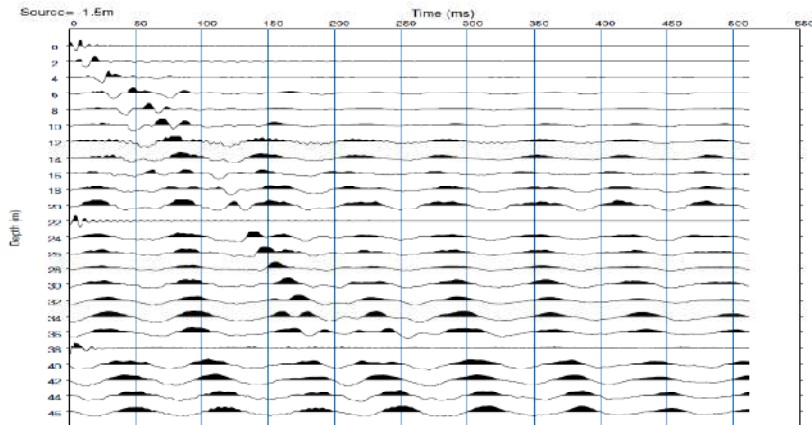
Codice prova **SR 1**

Energizzazione **Onde P**

Posizione energizzazione: -1,50 m  
 Frequenza campionamento 0,00013 sec  
 Stack: n. 2

Posizione ricevitori: 1,50 m  
 Lunghezza registrazione: 0,55 sec  
 Interdistanza geofoni: 2,00 m

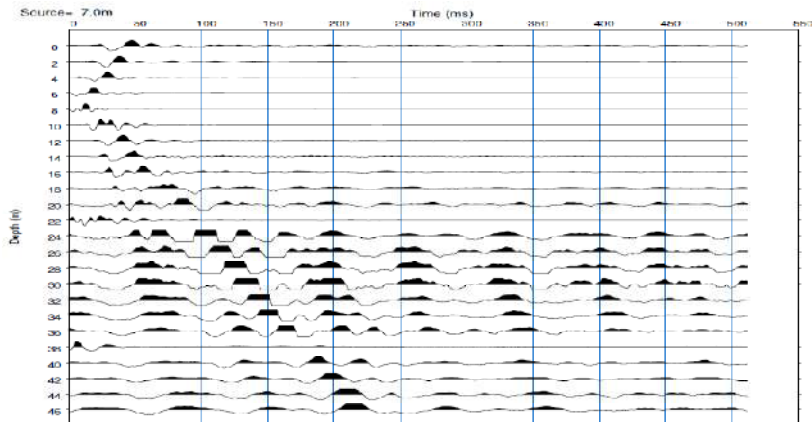
Shot 1



Posizione energizzazione: 7,00 m  
 Frequenza campionamento 0,00013 sec  
 Stack: n. 2

Posizione ricevitori: 1,00 m  
 Lunghezza registrazione: 0,55 sec  
 Interdistanza geofoni: 2,00 m

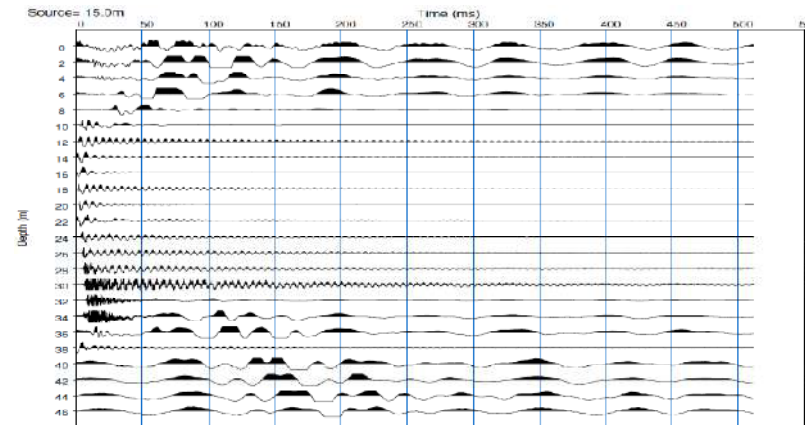
Shot 2



Posizione energizzazione: 15,00 m  
 Frequenza campionamento 0,00013 sec  
 Stack: n. 2

Posizione ricevitori: 1,00 m  
 Lunghezza registrazione: 0,55 sec  
 Interdistanza geofoni: 2,00 m

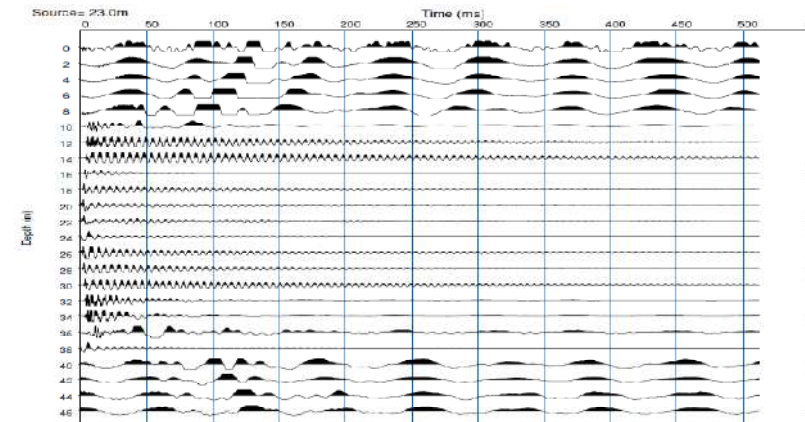
Shot 3



Posizione energizzazione: 23,00 m  
 Frequenza campionamento 0,00013 sec  
 Stack: n. 2

Posizione ricevitori: 1,00 m  
 Lunghezza registrazione: 0,55 sec  
 Interdistanza geofoni: 2,00 m

Shot 4



REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
 Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
 Doc. Principale - Copia Documento



# PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

## SISMOGRAMMI

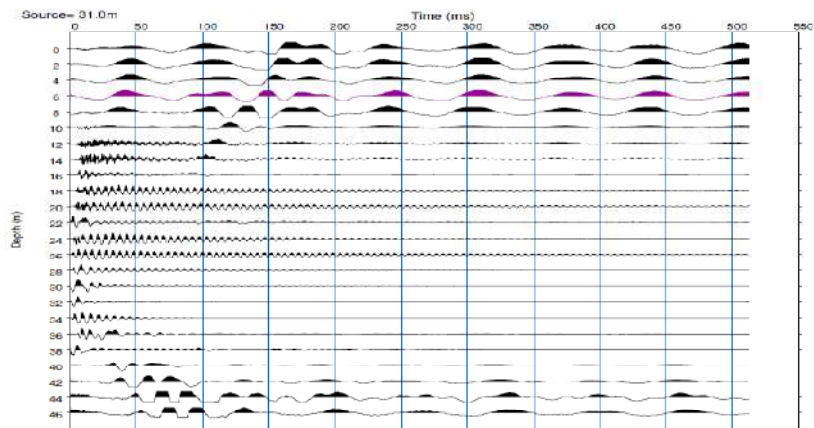
Codice prova **SR 1**

Energizzazione **Onde P**

Posizione energizzazione: 31,00 m  
 Frequenza campionamento 0,00013 sec  
 Stack: n. 2

Posizione ricevitori: 1,00 m  
 Lunghezza registrazione: 0,55 sec  
 Interdistanza geofoni: 2,00 m

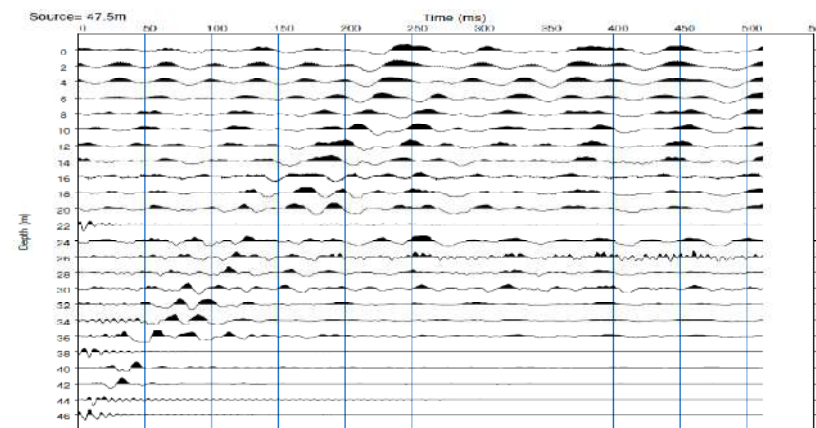
Shot 5



Posizione energizzazione: 47,50 m  
 Frequenza campionamento 0,00013 sec  
 Stack: n. 2

Posizione ricevitori: 1,50 m  
 Lunghezza registrazione: 0,55 sec  
 Interdistanza geofoni: 2,00 m

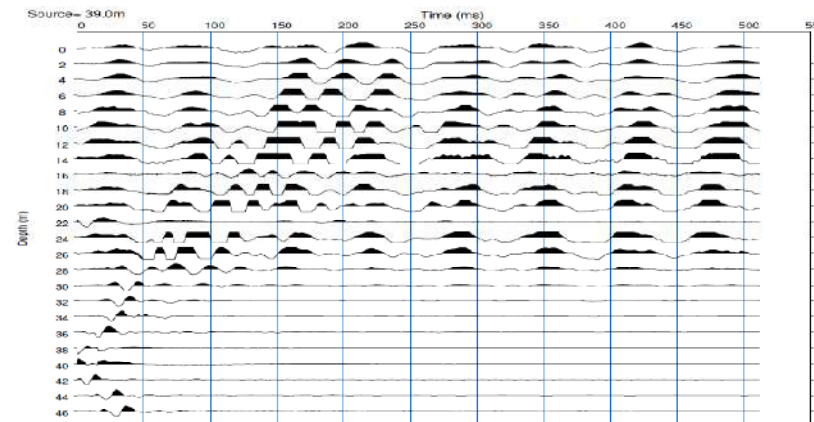
Shot 7



Posizione energizzazione: 39,00 m  
 Frequenza campionamento 0,00013 sec  
 Stack: n. 2

Posizione ricevitori: 1,00 m  
 Lunghezza registrazione: 0,55 sec  
 Interdistanza geofoni: 2,00 m

Shot 6



REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
 Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
 Doc. Principale - Copia Documento

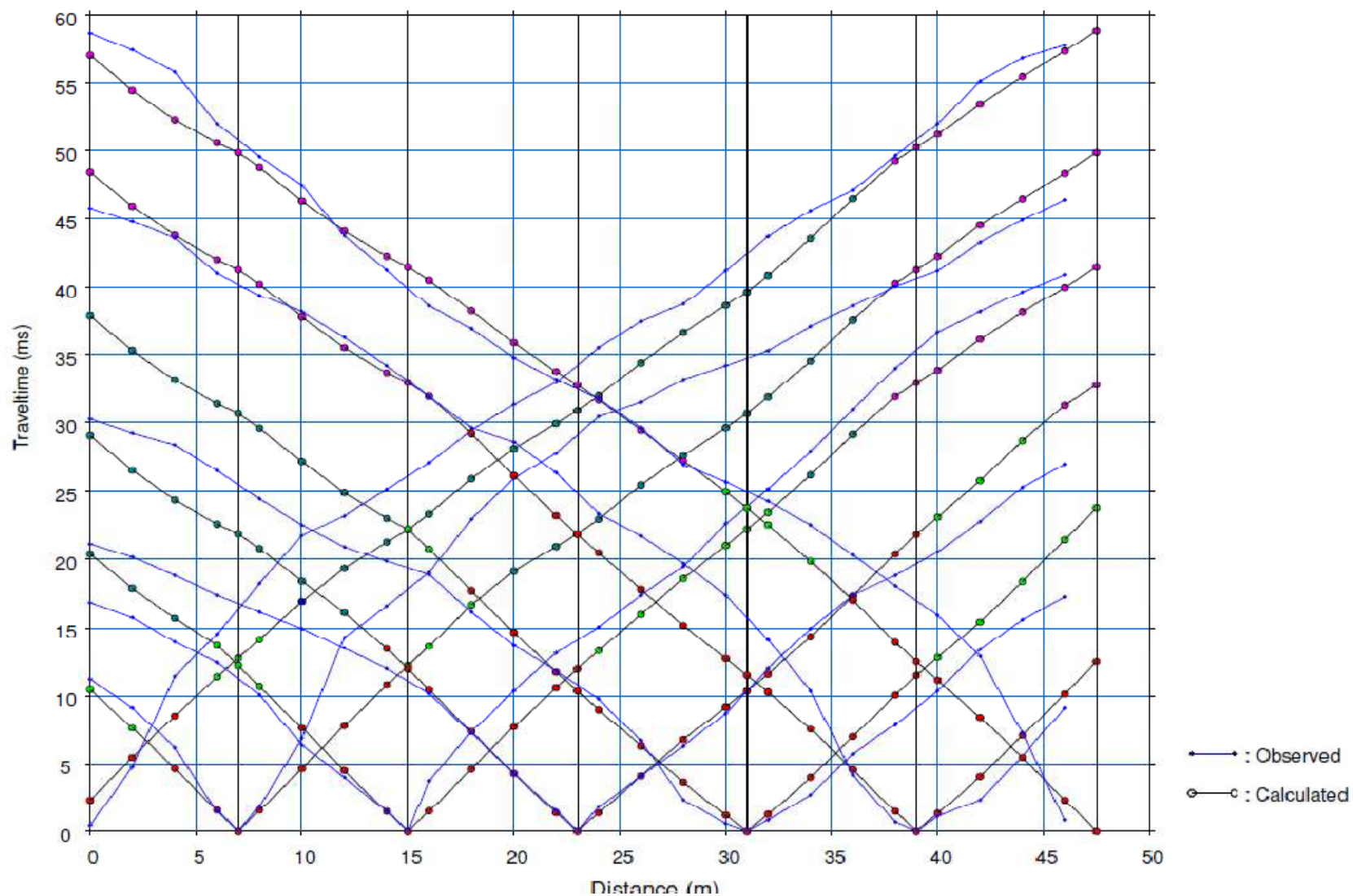


# PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

## DROMOCRONE

Codice prova **SR 1**

Energizzazione **Onde P**



REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
 Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
 Doc. Principale - Copia Documento

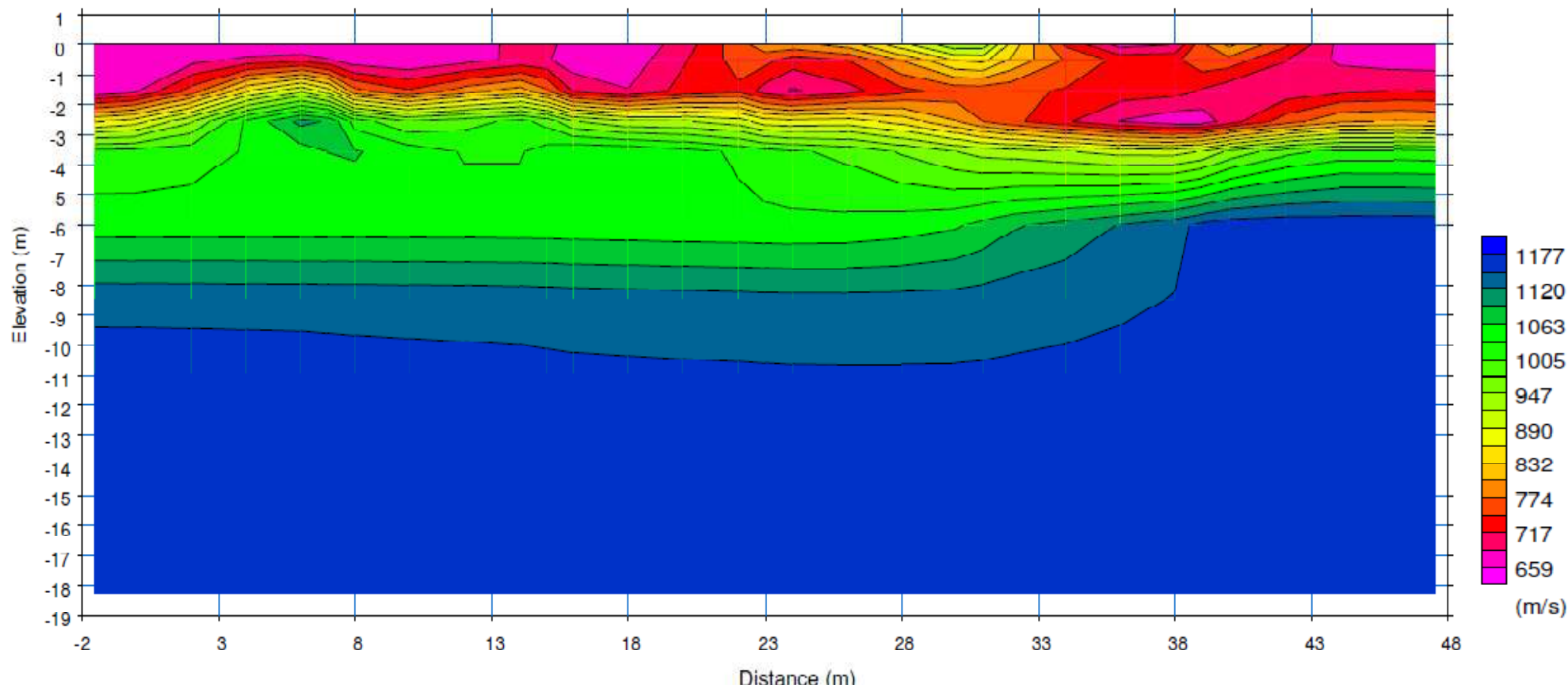


# PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

## SEZIONE TOMOGRAFICA

Codice prova **SR 1**

Energizzazione **Onde P**



REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
 Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
 Doc. Principale - Copia Documento





# PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

## SISMOGRAMMI

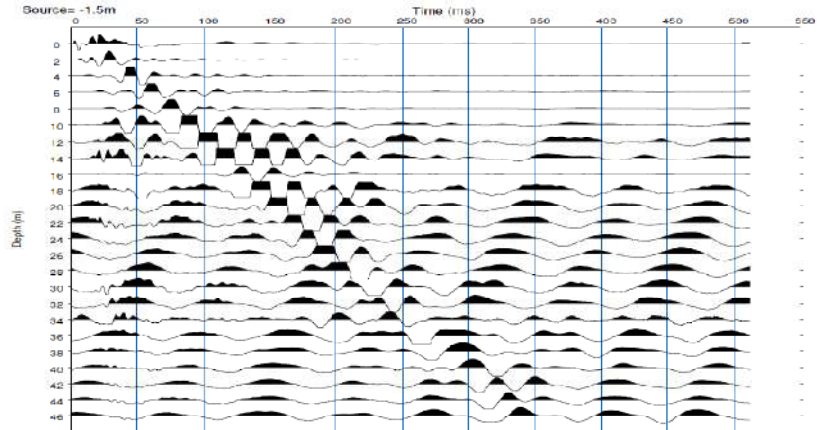
Codice prova **SR 2**

Energizzazione **Onde P**

Posizione energizzazione: -1,50 m  
Frequenza campionamento 0,00013 sec  
Stack: n. 2

Posizione ricevitori: 1,50 m  
Lunghezza registrazione: 0,55 sec  
Interdistanza geofoni: 2,00 m

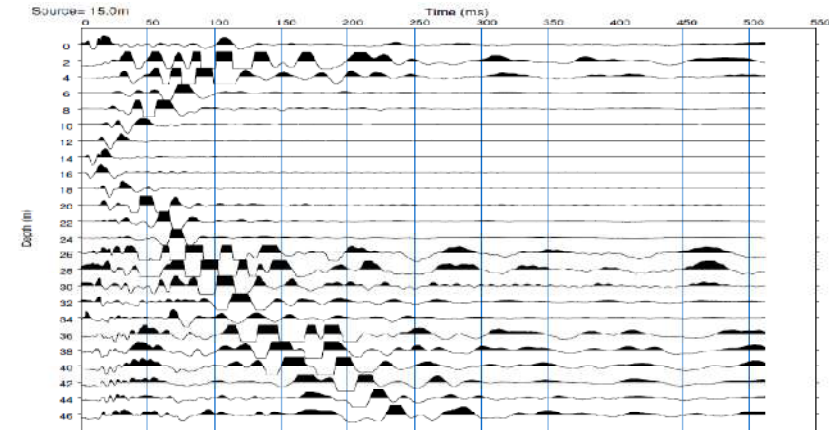
Shot 1



Posizione energizzazione: 15,00 m  
Frequenza campionamento 0,00013 sec  
Stack: n. 2

Posizione ricevitori: 1,00 m  
Lunghezza registrazione: 0,55 sec  
Interdistanza geofoni: 2,00 m

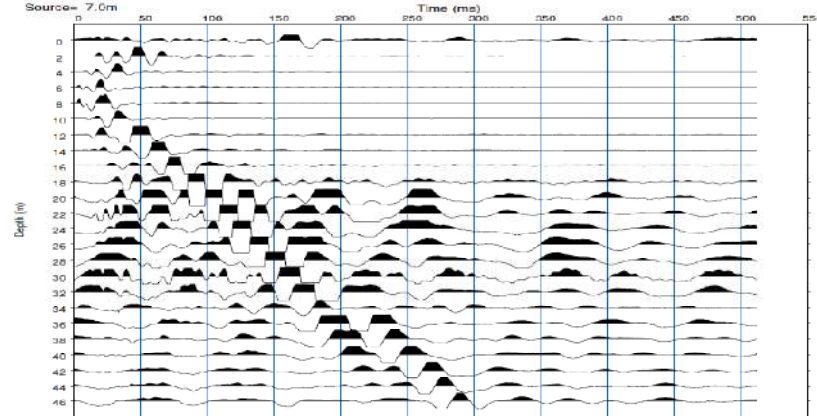
Shot 3



Posizione energizzazione: 7,00 m  
Frequenza campionamento 0,00013 sec  
Stack: n. 2

Posizione ricevitori: 1,00 m  
Lunghezza registrazione: 0,55 sec  
Interdistanza geofoni: 2,00 m

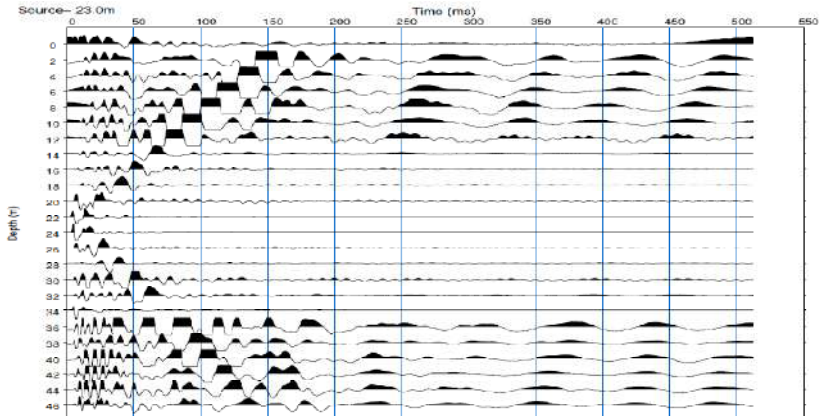
Shot 2



Posizione energizzazione: 23,00 m  
Frequenza campionamento 0,00013 sec  
Stack: n. 2

Posizione ricevitori: 1,00 m  
Lunghezza registrazione: 0,55 sec  
Interdistanza geofoni: 2,00 m

Shot 4



REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
Doc. Principale - Copia Documento



# PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

## SISMOGRAMMI

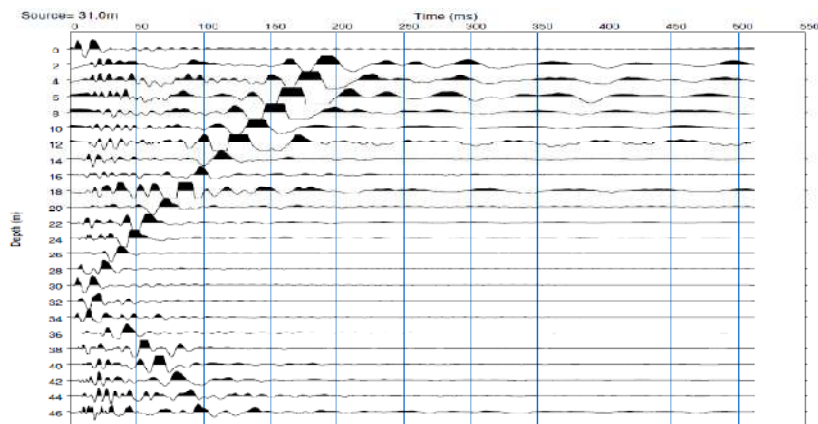
Codice prova **SR 2**

Energizzazione **Onde P**

Posizione energizzazione: 31,00 m  
 Frequenza campionamento 0,00013 sec  
 Stack: n. 2

Posizione ricevitori: 1,00 m  
 Lunghezza registrazione: 0,55 sec  
 Interdistanza geofoni: 2,00 m

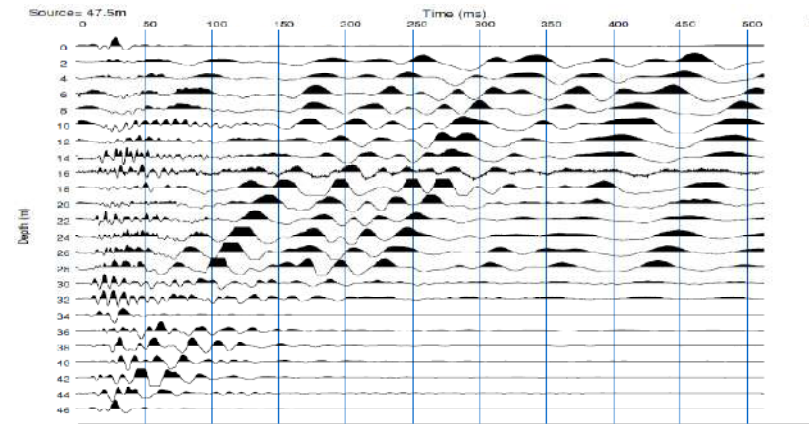
Shot 5



Posizione energizzazione: 47,50 m  
 Frequenza campionamento 0,00013 sec  
 Stack: n. 2

Posizione ricevitori: 1,50 m  
 Lunghezza registrazione: 0,55 sec  
 Interdistanza geofoni: 2,00 m

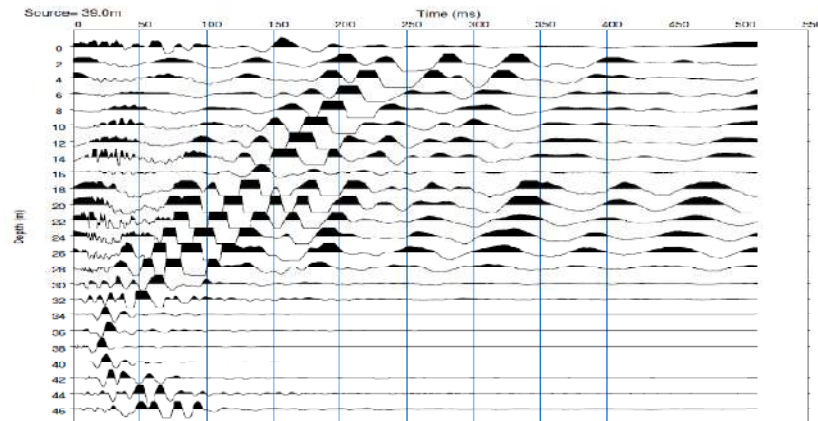
Shot 7



Posizione energizzazione: 39,00 m  
 Frequenza campionamento 0,00013 sec  
 Stack: n. 2

Posizione ricevitori: 1,00 m  
 Lunghezza registrazione: 0,55 sec  
 Interdistanza geofoni: 2,00 m

Shot 6



REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
 Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
 Doc. Principale - Copia Documento

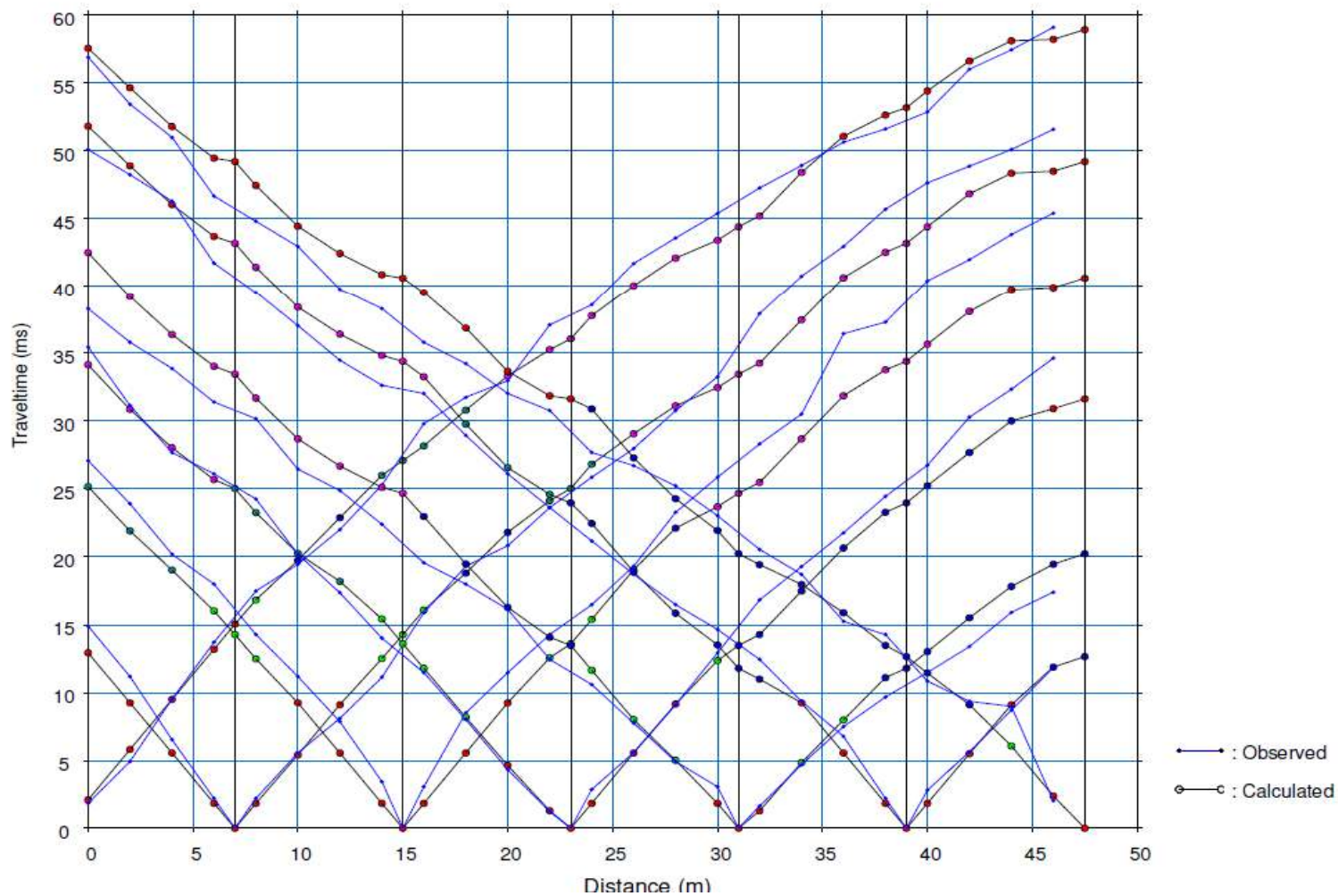


# PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

## DROMOCRONE

Codice prova **SR 2**

Energizzazione **Onde P**



REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
 Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
 Doc. Principale - Copia Documento

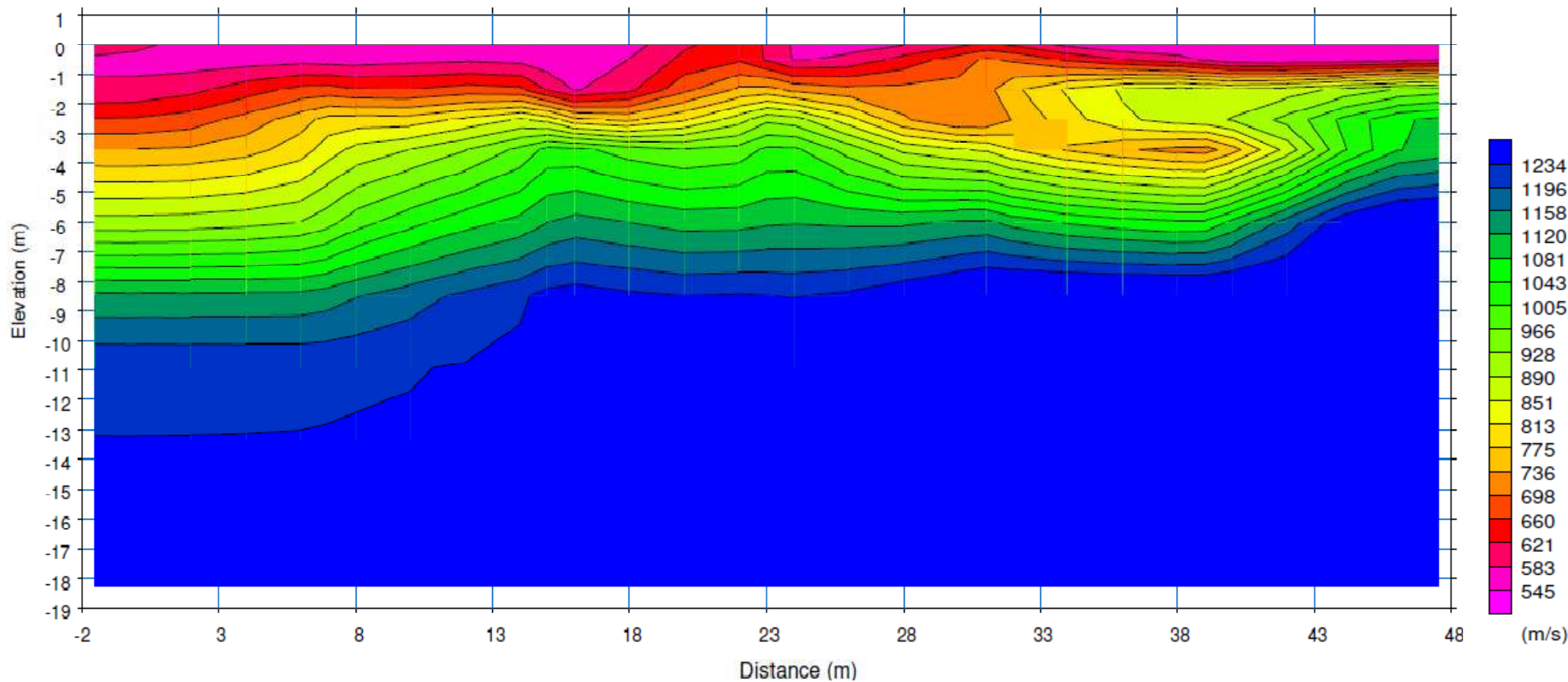


# PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

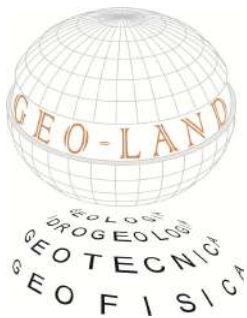
## SEZIONE TOMOGRAFICA

Codice prova **SR 2**

Energizzazione **Onde P**



REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
 Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
 Doc. Principale - Copia Documento



GEO-LAND sas di Palucci D. & C.  
Via Tirino, 82 65129 PESCARA  
tel/fax 08567589 3395462037  
geolandsas@libero.it geo-land@pec.it

# PROSPEZIONE SISMICA ATTIVA (MASW)

## DATI DELLA PROVA

Committente: **Momentive**  
Opera: **Progetto New Air Emissions Treatment System**  
Località: **via Enrico Mattei, Termoli (CB)**

Codice prova

**M 1**

### DATI PROVA

DATA ESECUZIONE : **19/05/2025**  
LUNGHEZZA LINEA : **69,0 m**  
ENERGIZZAZIONE : **ONDE P**  
N. GEOFONI : **24 (frequenza 4,5 Hz)**  
N. SCOPPI : **2**  
ENERGIZZAZIONE : **Massa battente 10 Kg, piastra**  
OPERATORI : **dott. geol. D. Palucci - dott. geol. V. D'Andrea**

REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
Doc. Principale - Copia Documento

### SISMOGRAFO UTILIZZATO

SISMOGRAFO PASI MODELLO : 16SG24

### CARATTERISTICHE TECNICHE

|                          |                    |                    |                    |
|--------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| SUPPORTO MEMORIZZAZIONE  | Hard-Disk da 40 Gb | TRATTAMENTO DATI   | Float Point 32 bit |
| RISOLUZIONE ACQUISIZIONE | 24 bit             | AMBIENTE OPERATIVO | WindowsXP          |

### NOTE

---



---



---



---

**Il responsabile della sperimentazione**  
dott. geol. Domenicantonio Palucci



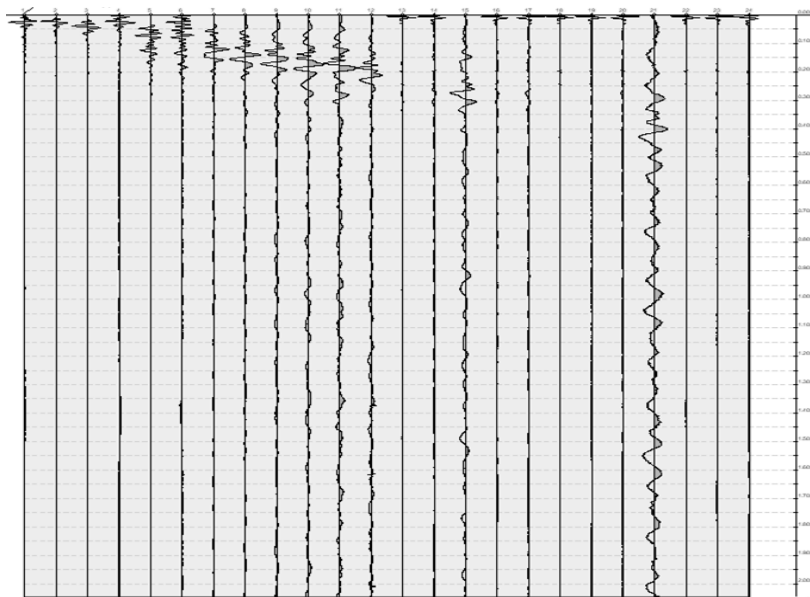
# PROSPEZIONE SISMICA ATTIVA (MASW)

ACQUISIZIONI - INVERSIONE - PROFILO SISMOSTRATIGRAFICO

Codice prova **M 1**

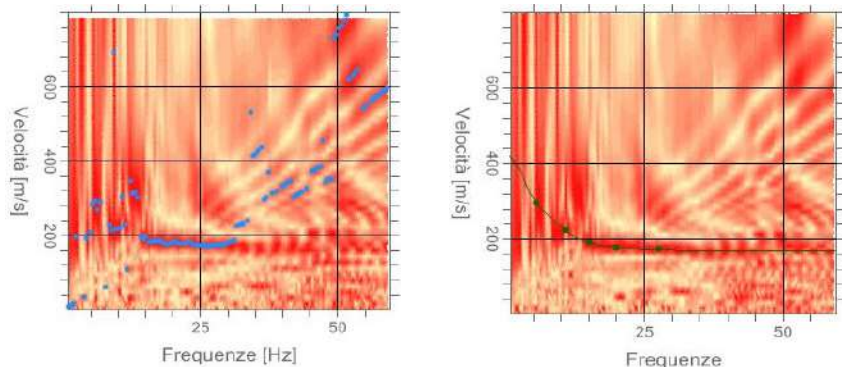
## SHOT 1

### Tracce acquisizione



Strumento MAE X610-S  
 Sorgente Martello 10 Kg, piastra alluminio  
 Frequenza geofoni 4,5 Hz  
 Spaziatura geofoni 3,00 m  
 Posizione energizzazione 0,00  
 Posizione ricevitori 5,00 m  
 Frequenza campionamento 0,5 msec  
 Lunghezza registrazione: 2 sec  
 Stack: n. 2

### Spettro velocità inversione

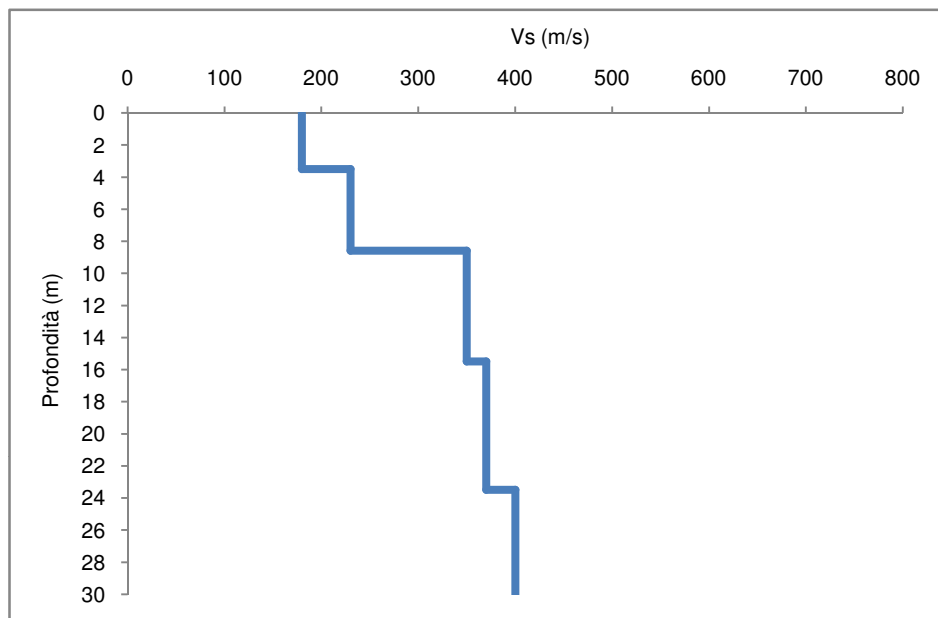


### Curva di dispersione

| n. | Frequenza | Velocità | Modo |
|----|-----------|----------|------|
| 1  | 5,5       | 295,8    | 0    |
| 2  | 10,9      | 222,1    | 0    |
| 3  | 15,1      | 189,7    | 0    |
| 4  | 20,0      | 175,0    | 0    |
| 5  | 27,6      | 172,0    | 0    |

Percentuale di errore 0,004%  
 Fattore disadattamento soluzione 0,007

### Profilo di velocità



| Sismostrato | Profondità | Velocità sismica Vs m/s |
|-------------|------------|-------------------------|
| n           | m          |                         |
| 1           | 3,5        | 180                     |
| 2           | 8,6        | 230                     |
| 3           | 15,5       | 350                     |
| 4           | 23,5       | 370                     |
| 5           | 31,7       | 400                     |

REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
 Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
 Doc. Principale - Copia Documento



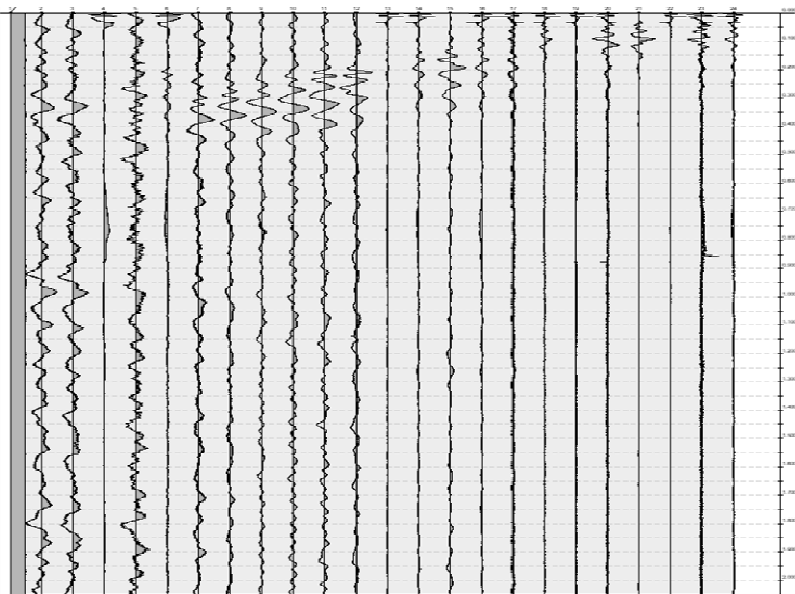
# PROSPEZIONE SISMICA ATTIVA (MASW)

ACQUISIZIONI - INVERSIONE - PROFILO SISMOSTRATIGRAFICO

Codice prova **M 1**

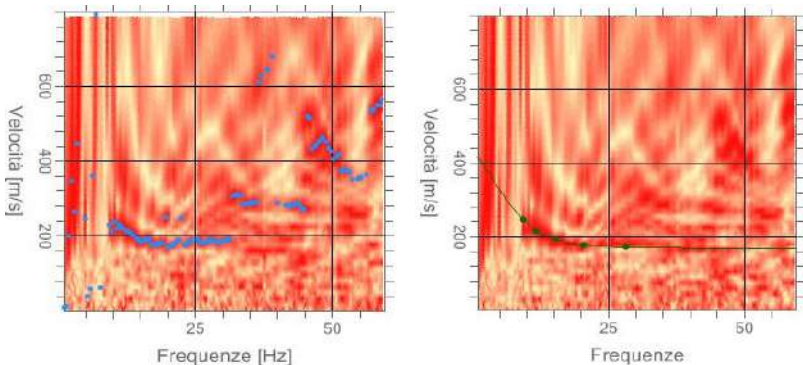
SHOT 2

## Tracce acquisizione



Strumento MAE X610-S  
 Sorgente Martello 10 Kg, piastra alluminio  
 Frequenza geofoni 4,5 Hz  
 Spaziatura geofoni 3,00 m  
 Posizione energizzazione 79,00  
 Posizione ricevitori 5,00 m  
 Frequenza campionamento 0,5 msec  
 Lunghezza registrazione: 2 sec  
 Stack: n. 2

## Spettro velocità inversione

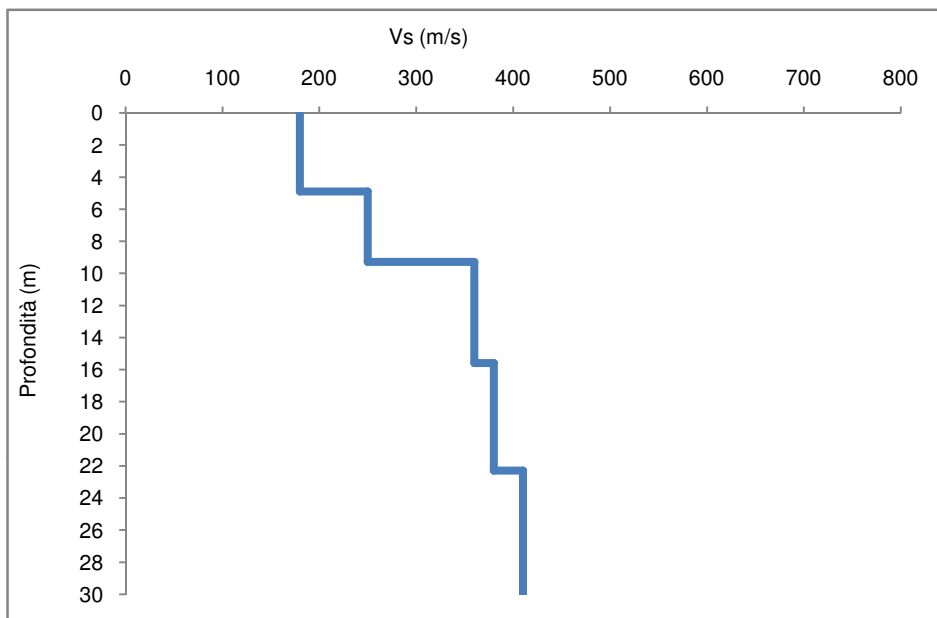


### Curva di dispersione

| n. | Frequenza | Velocità | Modo |
|----|-----------|----------|------|
| 1  | 9,4       | 245,7    | 0    |
| 2  | 11,8      | 213,3    | 0    |
| 3  | 15,3      | 192,6    | 0    |
| 4  | 20,5      | 175,0    | 0    |
| 5  | 28,2      | 172,0    | 0    |

Percentuale di errore 0,005%  
 Fattore disadattamento soluzione 0,008

## Profilo di velocità



| Sismostrato | Profondità | Velocità sismica Vs |
|-------------|------------|---------------------|
| n           | m          | m/s                 |
| 1           | 4,9        | 180                 |
| 2           | 9,3        | 250                 |
| 3           | 15,6       | 360                 |
| 4           | 22,3       | 380                 |
| 5           | 31,8       | 410                 |

REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
 Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
 Doc. Principale - Copia Documento



## REGISTRAZIONE MICROTREMORI

Prova HVSr  
ACQUISIZIONI ELABORAZIONI

Committente: **Momentive**  
Oggetto: **Progetto New Air Emissions Treatment System**  
Località: **via Enrico Mattei, Termoli (CB)**

Codice prova: **HVSr 1**  
foglio 1 di 3

Data: 19/05/2025

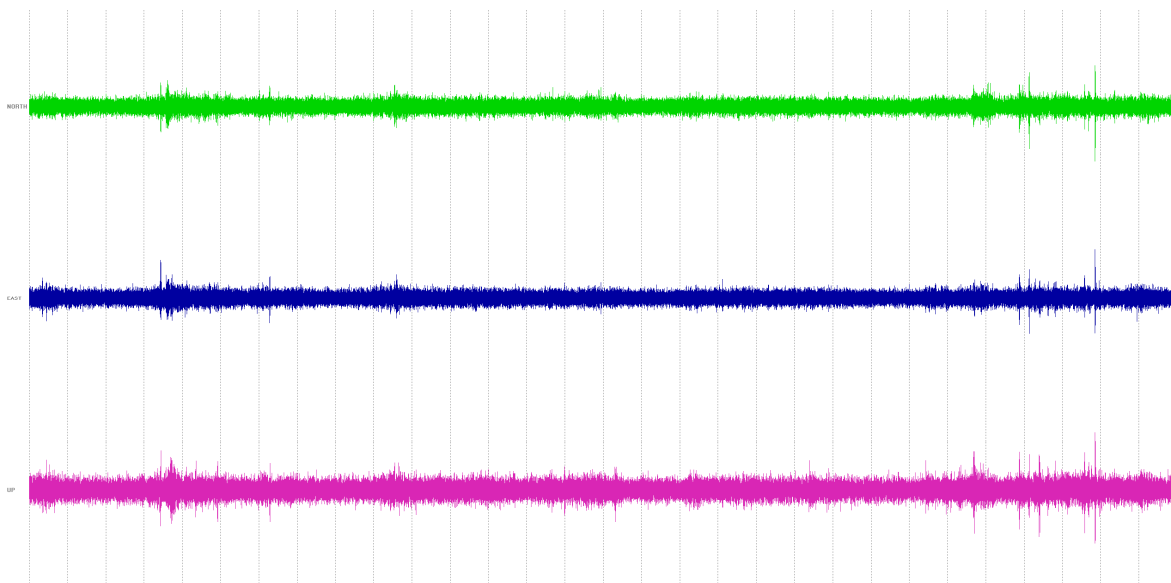
Operatore: dott. geol. V. D'Andrea

### STRUMENTAZIONE

Instrument: TZB-0172/02-24  
Data format: 32 bit  
Full scale [mV]: 89  
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
GPS data not available

### ACQUISIZIONE TRACCE

Start recording: 19/05/2025 13:41:35  
End recording: 19/05/2025 14:11:35



### ELABORAZIONE

Trace length: 0h30'00".  
Analyzed: 83% trace (manual window selection)  
Sampling rate: 128 Hz  
Window size: 20 s  
Smoothing type: Triangular window  
Smoothing: 10%

REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
Doc. Principale - Copia Documento



# REGISTRAZIONE MICROTREMORI

Prova HVSR  
RISULTATI

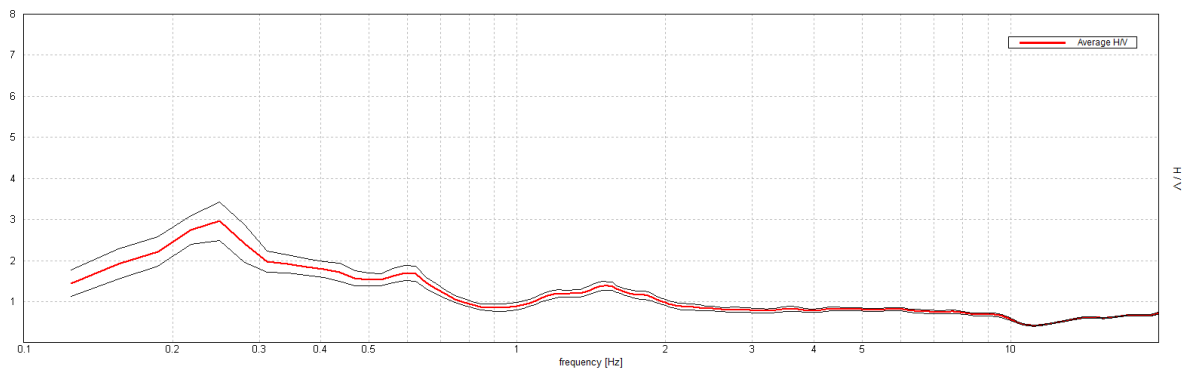
Codice prova **HVSR 1**  
foglio 2 di 3

## RISULTATI

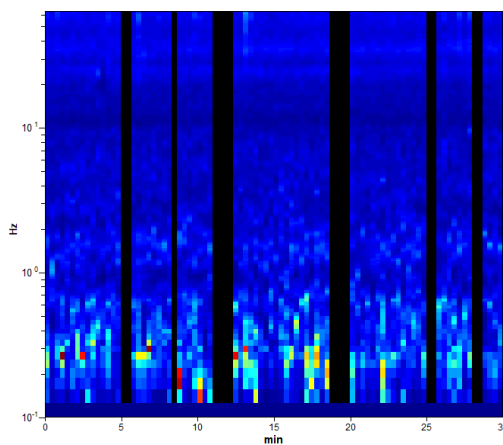
curve HVSR

Horizontal to vertical spectral ratio

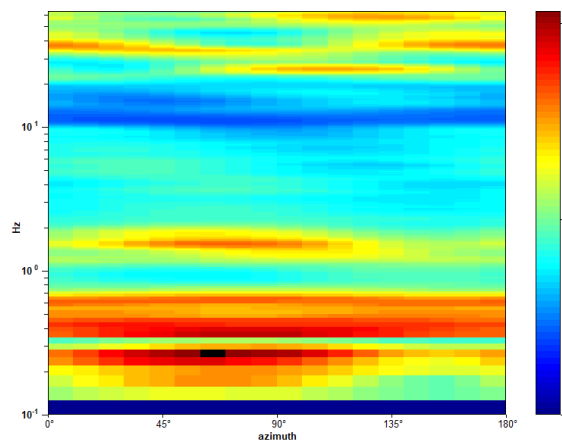
Max. H/V at  $0.25 \pm 0.01$  Hz (in the range 0.0 - 25.0 Hz)



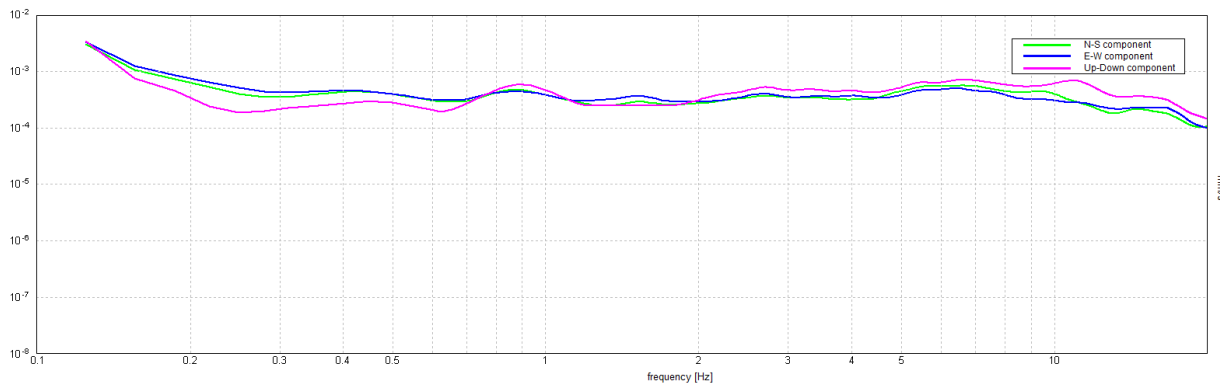
H/V Time History



Directional H/V



Single component spectra



REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
Protocollo Arrivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
Doc. Principale - Copia Documento



## REGISTRAZIONE MICROTREMORI

Prova HVSR  
AFFIDABILITA'

Codice prova **HVSR 1**  
foglio 3 di 3

**Max. H/V at 0.25 ± 0.01 Hz (in the range 0.0 - 25.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**  
[All 3 should be fulfilled]

|  |                            |    |    |
|--|----------------------------|----|----|
| $f_0 > 10 / L_w$   | 0.25 > 0.50                |    | NO |
| $n_c(f_0) > 200$   | 375.0 > 200                | OK |    |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$<br>$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 13 times | OK |    |

**Criteria for a clear H/V peak**  
[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

|   |                    |    |  |
|---|--------------------|----|--|
| Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]   A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$     | 0.125 Hz           | OK |  |
| Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]   A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$      | 0.656 Hz           | OK |  |
| $A_0 > 2$   | 2.96 > 2           | OK |  |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.02041  < 0.05$ | OK |  |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$                               | 0.0051 < 0.05      | OK |  |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$                               | 0.4703 < 2.5       | OK |  |

|                        |   |
|------------------------|---|
| $L_w$                  | window length   |
| $n_w$                  | number of windows used in the analysis  |
| $n_c = L_w n_w f_0$    | number of significant cycles  |
| $f$                    | current frequency   |
| $f_0$                  | H/V peak frequency  |
| $\sigma_f$             | standard deviation of H/V peak frequency  |
| $\varepsilon(f_0)$     | threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$   |
| $A_0$                  | H/V peak amplitude at frequency $f_0$   |
| $A_{H/V}(f)$           | H/V curve amplitude at frequency $f$  |
| $f^-$                  | frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$  |
| $f^+$                  | frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$   |
| $\sigma_A(f)$          | standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve   |
| $\theta(f_0)$          | threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$   |

| Threshold values for $\sigma_f$ and $\sigma_A(f_0)$ |            |           |            |            |            |
|---|------------|-----------|------------|------------|------------|
| Freq. range [Hz]                                    | < 0.2      | 0.2 – 0.5 | 0.5 – 1.0  | 1.0 – 2.0  | > 2.0      |
| $\varepsilon(f_0)$ [Hz]                             | 0.25 $f_0$ | 0.2 $f_0$ | 0.15 $f_0$ | 0.10 $f_0$ | 0.05 $f_0$ |
| $\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$                   | 3.0        | 2.5       | 2.0        | 1.78       | 1.58       |
| $\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$     | 0.48       | 0.40      | 0.30       | 0.25       | 0.20       |

Il responsabile della sperimentazione  
dott. geol. Domenicantonio Palucci

REGIONE MOLISE GIUNTA REGIONALE  
Protocollo Arriivo N. 53344/2026 del 20-04-2026  
Doc. Principale - Copia Documento