

# PROVINCIA DI MATERA

## AREA TECNICA - SERVIZIO EDILIZIA -



### PROGETTO

PROGETTO PER L'AMPLIAMENTO DI DUE AULE PRESSO IL  
LICEO CLASSICO DI NOVA SIRI (MT) - VIA BACHELET -

DATA: Ottobre 2020

### TAV.

RELAZIONE GEOLOGICA

Geol. Luigi Innocenzo PEDACE



Via Ugo Foscolo, 3 - 87064 Corigliano-Rossano Area Urbana Rossano (CS) -  
Cell. 3486696442 [WWW.SOLOGEOFISICA.it](http://WWW.SOLOGEOFISICA.it) MAIL: [pedacel@libero.it](mailto:pedacel@libero.it)



## 1. PREMESSA

Eseguita su incarico della Provincia di MATERA, questa relazione riferisce i risultati di un'indagine finalizzata alla verifica delle condizioni geologiche, idrogeologiche, geomorfologiche e geologico-tecniche dei terreni situati in agro di Nova Siri, in Via Bachelet, su cui è previsto L'AMPLIAMENTO DI DUE AULE PRESSO IL LICEO CLASSICO (Allegato 1 e 2).

Tale studio ha consentito una definizione specifica dell'area di sedime al fine di accertare con maggior puntualità le condizioni geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e geotecniche. Lo studio è consistito nell'esecuzione di un rilevamento geologico, geomorfologico di dettaglio, nella esecuzione di prove indirette "INDAGINE GEOFISICA" SISMICA MASW e prove dirette "PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE" nonché nella raccolta e analisi dei dati di bibliografia esistenti.

Dall'esame delle indagini eseguite e dalle caratteristiche sopra descritte, è stato possibile esprimere delle considerazioni sui terreni di sedime interessati dalle opere previste, in modo da valutare il loro comportamento e fornire all'ingegnere progettista tutti i dati indispensabili per un corretto dimensionamento delle strutture fondali,.

L'acquisizione dei dati tiene conto:

- *Norme tecniche per la costruzione in zona sismica, disposizioni concernenti l'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni in zona sismica (D.M. 24.01.1986);*
- *Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii notevoli e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle terre e delle opere di fondazione (D.M. 11.03.1988)*
- *Decreto 14/01/2008 del Ministero delle Infrastrutture (GU n.29 del 04/02/2008)*
- *Legge Regionale n. 38/99 e succ. int.*
- *dell'Ordinanza del P.C.M 3274/2003*
- *(NTC 2018) di cui al DECRETO 17 gennaio 2018 "Aggiornamento Norme tecniche per le costruzioni" (GU n. 42 del 20-03-2018- Suppl. Ordinario)*
- *D.C.R. n. 575 del 04/08/09*

Geol. PEDACE Luigi Innocenzo  
Via Ugo Foscolo, 3  
87064 Corigliano-Rossano Area Urbana Rossano (CS)  
mail [pedacel@libero.it](mailto:pedacel@libero.it) Cell. 3486696442

1 PREMESSA

---

- *in ottemperanza alle norme dell'Autorità di Bacino della Basilicata riguardanti le Aree a Rischio Esondazione.*
- *nonché quanto indicato dal Gruppo Nazionale di Protezione Civile negli "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica" e nei relativi contributi per l'aggiornamento (2008).*

Geol. PEDACE Luigi Innocenzo  
Via Ugo Foscolo, 3  
87064 Corigliano-Rossano Area Urbana Rossano (CS)  
mail [pedacel@libero.it](mailto:pedacel@libero.it) Cell. 3486696442

1 PREMESSA

---

*ALLEGATO 1*  
*Planimetria Catastale – scala 1:500 -*

# PLANIMETRIA CATASTALE

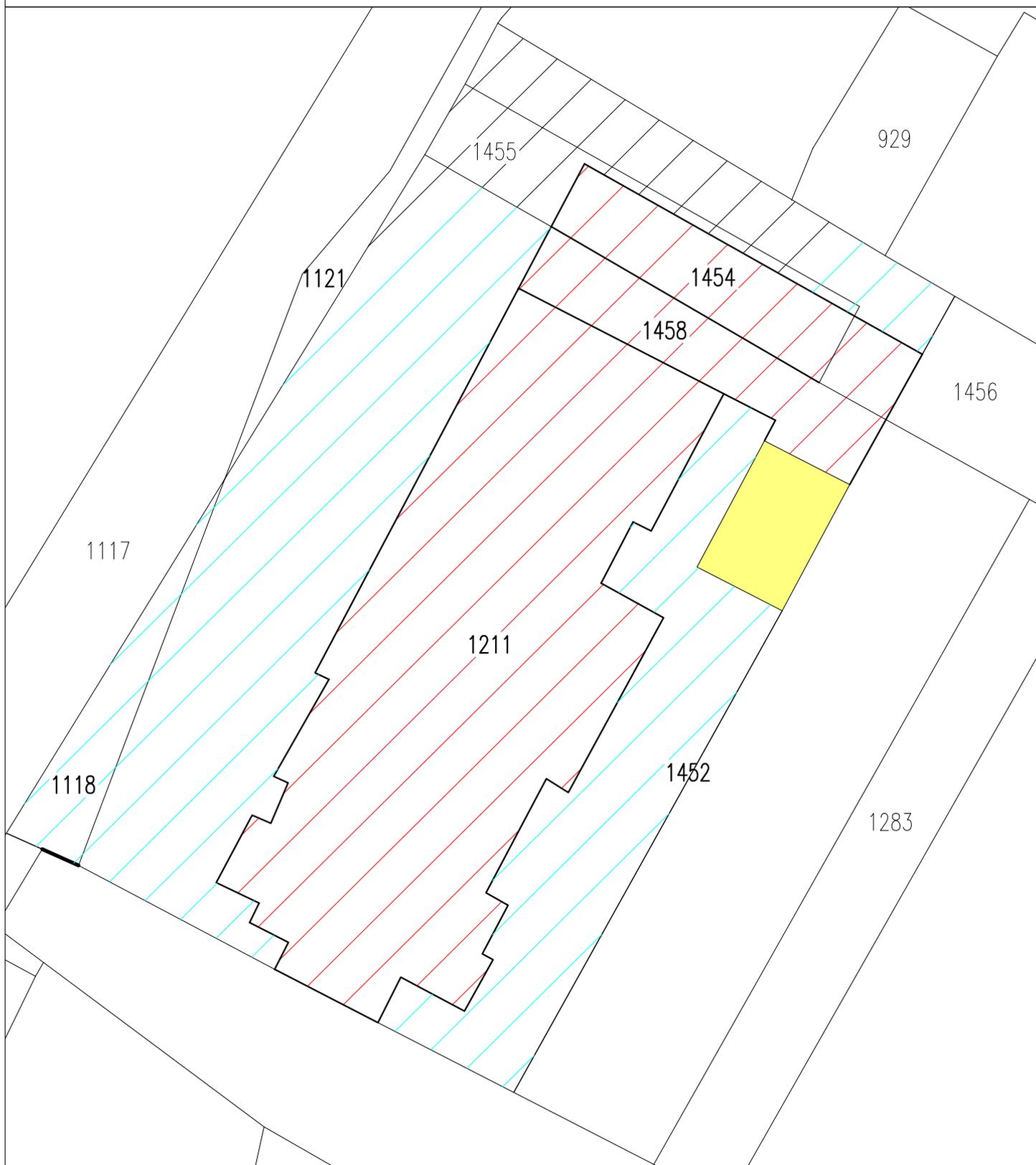
scala 1:500

COMUNE DI NOVA SIRI FOGLIO N. 49

 Area "IS" Istruzione Superiore

 Fabbricato esistente

 Fabbricato da realizzare

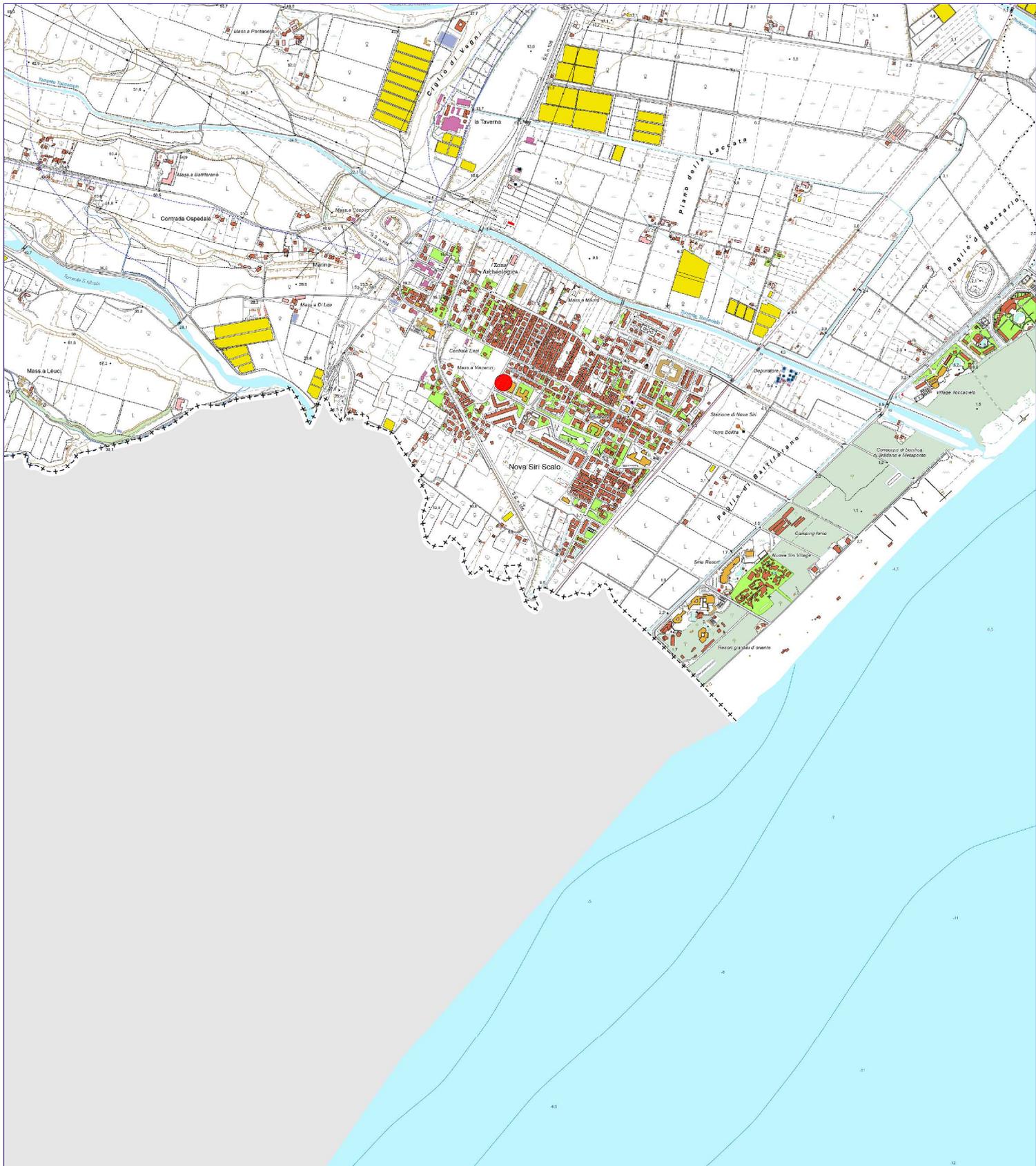


Geol. PEDACE Luigi Innocenzo  
Via Ugo Foscolo, 3  
87064 Corigliano-Rossano Area Urbana Rossano (CS)  
mail [pedacel@libero.it](mailto:pedacel@libero.it) Cell. 3486696442

1 PREMESSA

---

***ALLEGATO 2***  
***Corografia – scala 1:25000 -***



# LEGENDA

scala 1:25000



Ubicazione Area di Intervento

## 2. LINEAMENTI GEOLOGICO-TETTONICI

L'area indagata è situata nella parte Est del Foglio n. 523 "Rotondella" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50000 dell'ISPRA (foto 1) ad una quota di circa 16 m sul livello medio del mare. Dal rilevamento geologico di superficie e dai dati bibliografici in possesso dello scrivente, è stato possibile individuare la natura dei terreni affioranti, i limiti e la distribuzione areale degli stessi. Dal basso verso l'alto, le unità litostratigrafiche rilevate, riferibili al Pleistocene-Olocene, sono:

### 2.1 Argille subappennine

Non affiorano nell'area di stretto interesse bensì a nord ovest della Strada Statale Ionica, lungo le incisioni del torrente Toccaculo; sono costituite da argille generalmente marnose con una componente siltoso-sabbiosa, hanno colore solitamente giallastro per alterazione e grigioazzurro al taglio fresco. La giacitura è evidenziata da sottili intercalazioni siltoso-sabbiose cementate, aventi spessore di pochi centimetri e risulta sub-orizzontale con leggera inclinazione ( $3^{\circ}/5^{\circ}$ ) verso NE. L'unità argillosa in questione è generalmente ricoperta da una coltre di materiale alluvionale detritico di spessore variabile da luogo a luogo.

### 2.2 Depositi alluvionali recenti

Affiorano estesamente nel sito di stretto interesse ed in quelli ad esso adiacenti, hanno origine sia fluviale che marina e sono costituiti da limi, limi argillosi, sabbie e sabbie limoargillose intercalati da letti e lenti ghiaioso- ciottolose. Essi hanno costituito un recente terrazzo che forma tutta la piana costiera attuale. I depositi in parola si presentano sciolti e con spessori locali di circa 20-30m.

Una rappresentazione grafica della geologia del sottosuolo dell'area d'interesse è riportata negli Elaborati n°3 e 8, allegati alla presente. Dal punto di vista tettonico, nell'area di stretto interesse non sono state rilevate strutture di disturbo dei normali rapporti stratigrafici.



### 3 I TERRENI DEL SITO

Il rilevamento geologico di dettaglio condotto durante la fase di campagna, nonché l'analisi di alcuni sondaggi eseguiti nelle immediate vicinanze (*“realizzazione di una struttura punto sanità per guardia medica e attività socio-sanitarie (P.U.A.) (U.S.I.) in via Orazio Flacco”*), hanno effettivamente evidenziato i caratteri salienti definiti precedentemente.

L'esame dei dati stratigrafici di perforazione, di detto sondaggio (vedi allegato 3), mostrano al disotto del terreno vegetale superficiale, spesso pochi decimetri, limi argillosi compatti di colore marroncino scuro analoghi.

Al di sotto di tale terreni e fino a circa 8 m di profondità è presente uno spessore di circa 6 metri di terreni limoso-argillosi con a luoghi piccole lenti sabbiose. Ancora più in profondità è presente, invece, uno spessore di circa 3 m di sabbie limose di colore marroncino includenti ciottoli di dimensioni centimetriche fino alla profondità di 11 metri, al di sotto della quale si passa a sabbie limoso-argillose di colore grigio azzurro.

Nel sondaggio si riscontra la presenza falda idrica a circa 5 m di profondità dal p.c.

I dati di cui sopra, sono confrontabili con le indagini dirette ed indirette eseguite in questo lavoro ed i cui si discuterà successivamente.

Geol. PEDACE Luigi Innocenzo  
Via Ugo Foscolo, 3  
87064 Corigliano-Rossano Area Urbana Rossano (CS)  
mail [pedacel@libero.it](mailto:pedacel@libero.it) Cell. 3486696442

---

3 I TERRENI DEL SITO

***ALLEGATO 3***  
***Colonna Stratigrafica***

## SONDAGGIO 2

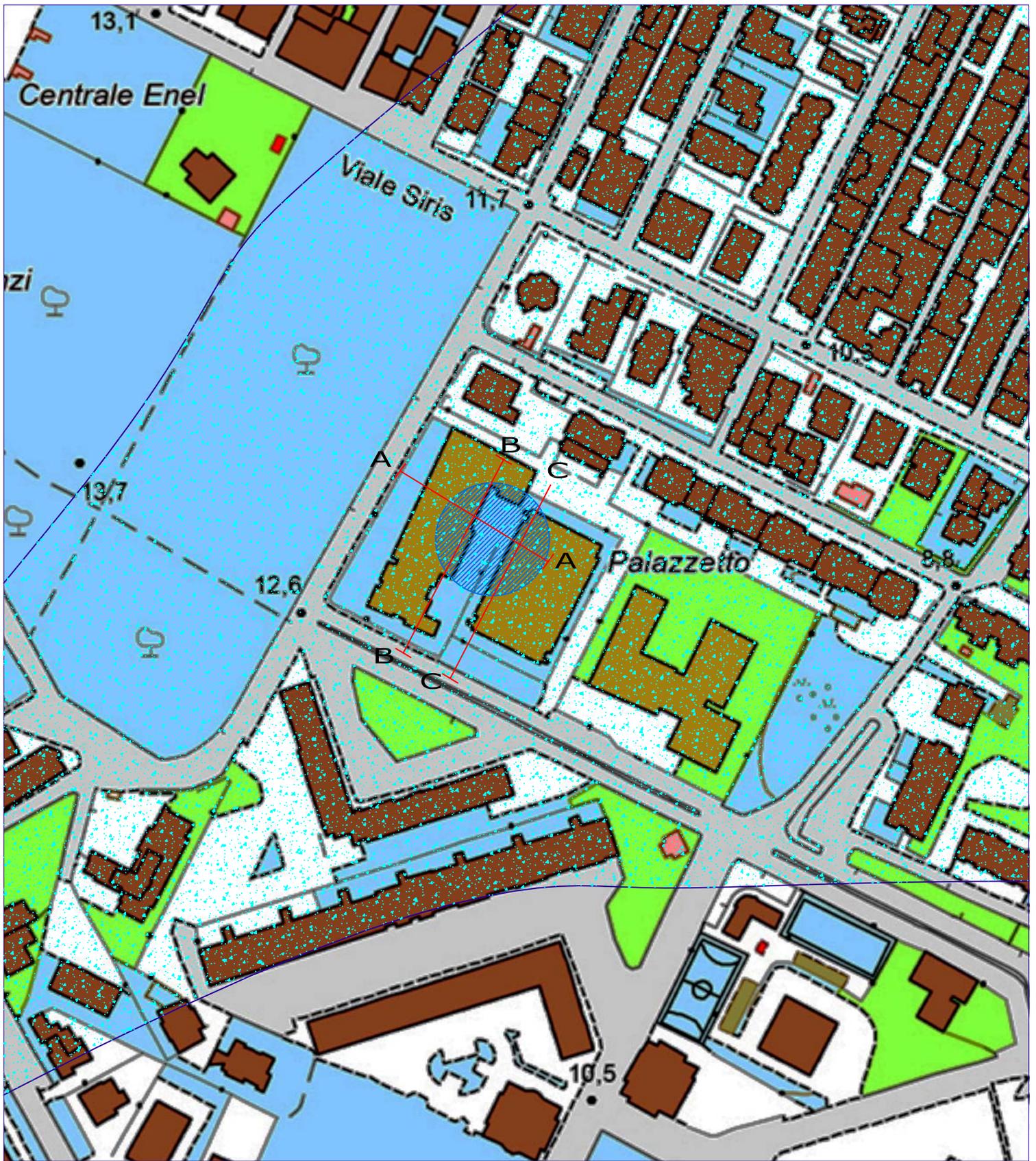
Profondità m	Stratigrafia	Descrizione litologica	Faida acquifera		Campioni indisturbati	S.P.T.
			Quota di riserba	Livello statico		
0	~ ~ ~	Terreno vegetale limoso argilloso				
1	~ ~ ~	Limo argilloso, compatto, da debolmente sabbioso a sabbioso. Colore marrone scuro.		=		
2	~ ~ ~					
3	~ ~ ~	Limo argilloso marroncino poco consistente. A luoghi presentano piccole lenti sabbiose.				1
4	~ ~ ~					1
5	~ ~ ~					2
6	~ ~ ~				■	
7	~ ~ ~					
8	○ ○ ○	Sabbia limosa, di colore marroncino, con ciottoli, di dimensioni variabili tra 2-6 cm, inglobati nella massa.				3
9	○ ○ ○					5
10	○ ○ ○	Sabbia limosa argillosa, di colore azzurrognola, con ciottoli di dimensioni variabili da 4 cm a circa 10 cm.				9
11	○ ○ ○					
12	~ ~ ~	Sabbia limosa argillosa, di colore grigio-azzurro.				
13	~ ~ ~					
14	~ ~ ~					
15	~ ~ ~					
16	~ ~ ~					
17	~ ~ ~					
18	~ ~ ~					

Geol. PEDACE Luigi Innocenzo  
Via Ugo Foscolo, 3  
87064 Corigliano-Rossano Area Urbana Rossano (CS)  
mail [pedacel@libero.it](mailto:pedacel@libero.it) Cell. 3486696442

---

3 I TERRENI DEL SITO

***ALLEGATO 4***  
***Carta Geolitologica – scala 1:2000***



**CARTA GEOLITOLOGICA** - scala 1:2000 -

**LEGENDA**



Ubicazione area di Intervento



Limite Stratigrafico



Depositi alluvionali recenti  
costituiti da limi sabbiosi con  
con intercalazioni ghiaiose ciottolose  
(Età; Olocene)



Traccia di sezione

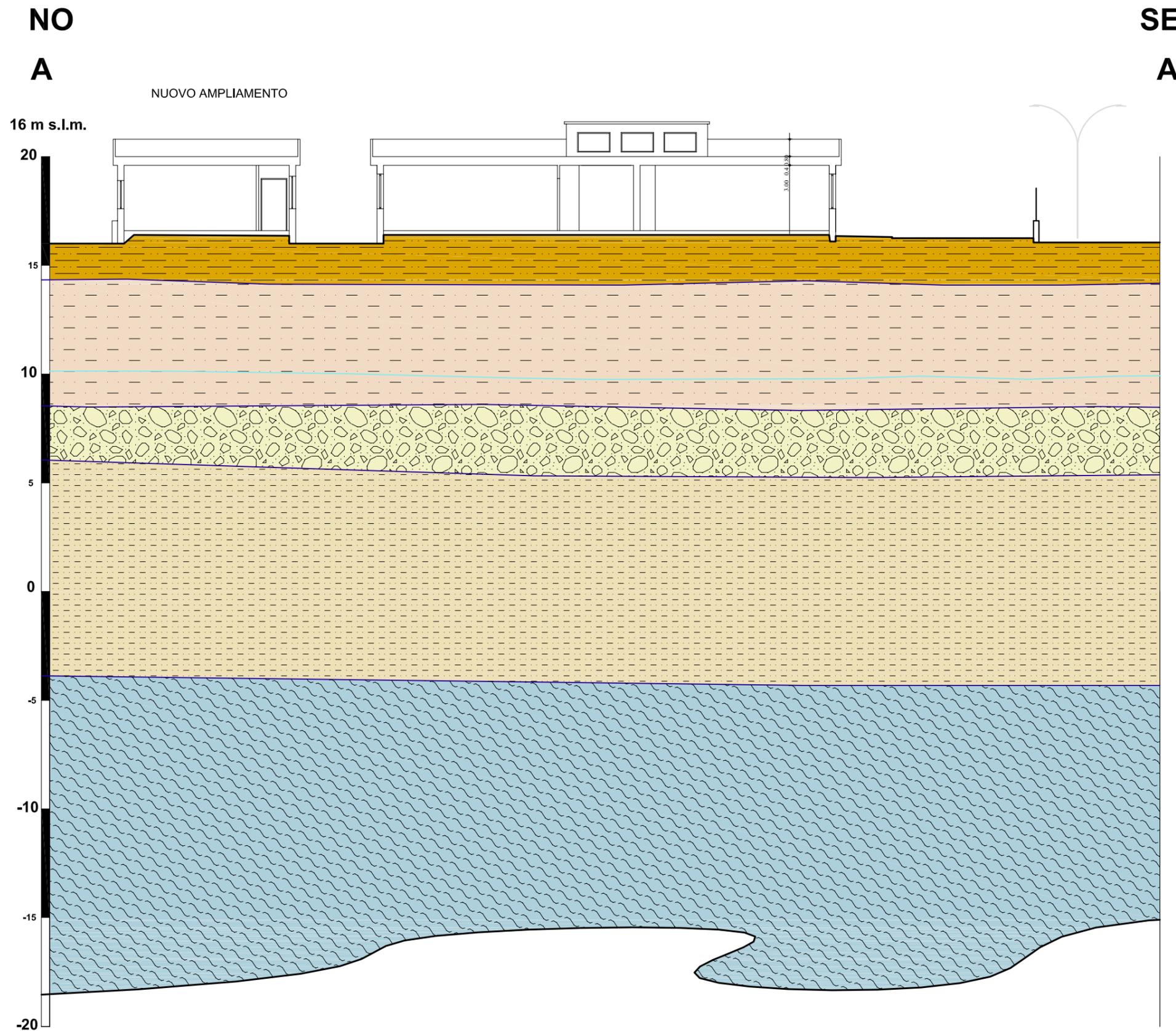
Geol. PEDACE Luigi Innocenzo  
Via Ugo Foscolo, 3  
87064 Corigliano-Rossano Area Urbana Rossano (CS)  
mail [pedacel@libero.it](mailto:pedacel@libero.it) Cell. 3486696442

3 I TERRENI DEL SITO

---

***ALLEGATO 5***  
***Sezioni Geologiche A-A/B-B/C-C – scala 1:200***

# SEZIONE GEOLITOLOGICA A-A



## LEGENDA

— Limite topografico

— Limite stratigrafico

— Livello falda

### Depositi alluvionali recenti (età OLOCENE)

 Sabbie limoso-argillose di colore marrone scuro

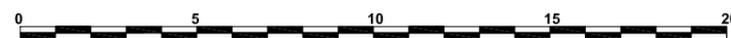
 Limoso-argilloso di colore marrone chiaro

 Sabbie argillose marrone scuro con all'interno ciottoli eterogenici diametro tra 2 e 10 cm

### Argille subappennine (età PLEISTOCENE)

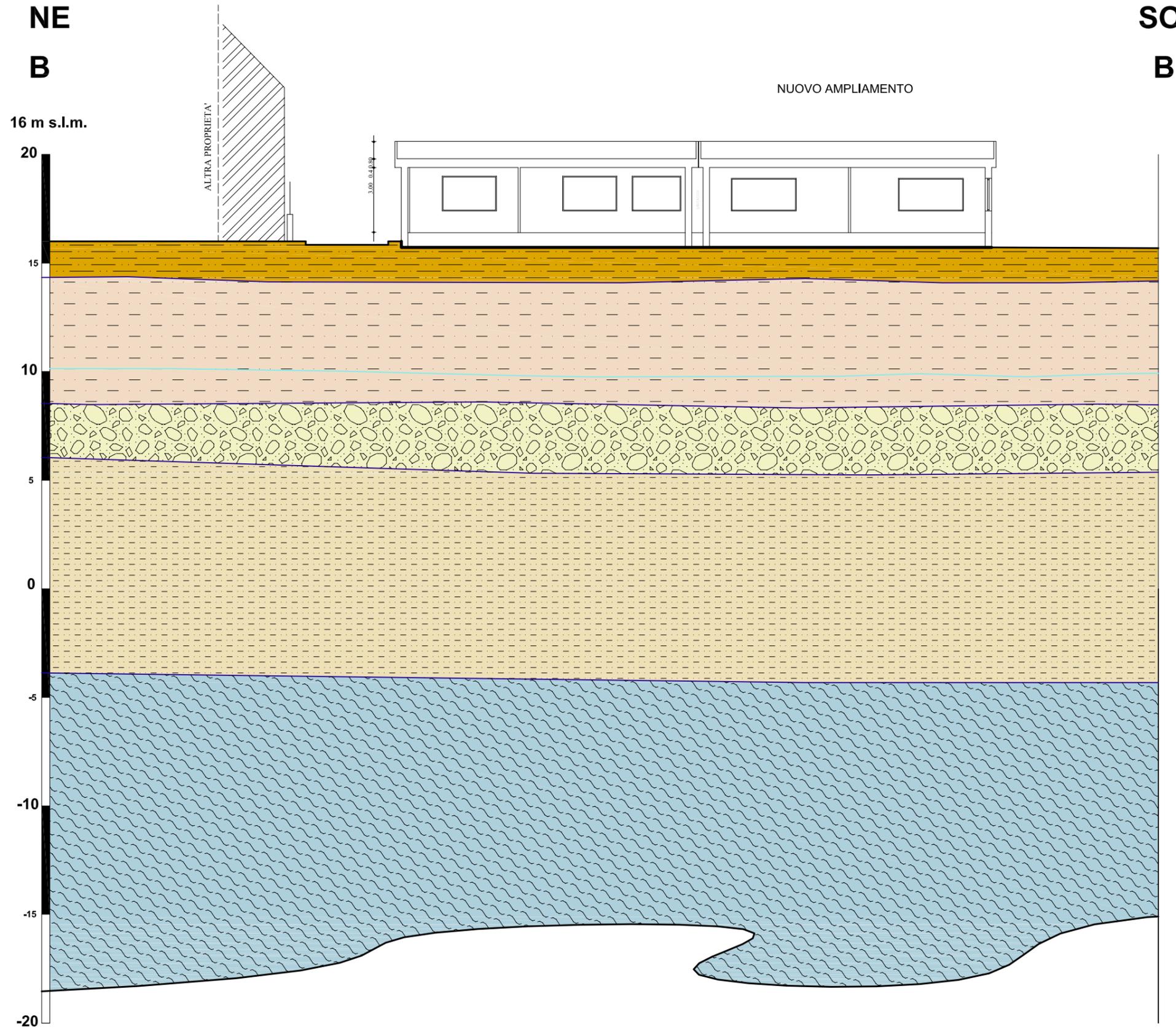
 Sabbie limoso-argillose di colore grigio-azzurre

 Limi-argillosi di colore grigio-azzurre

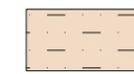
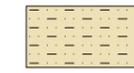


scala 1:200

# SEZIONE GEOLITOLOGICA B-B



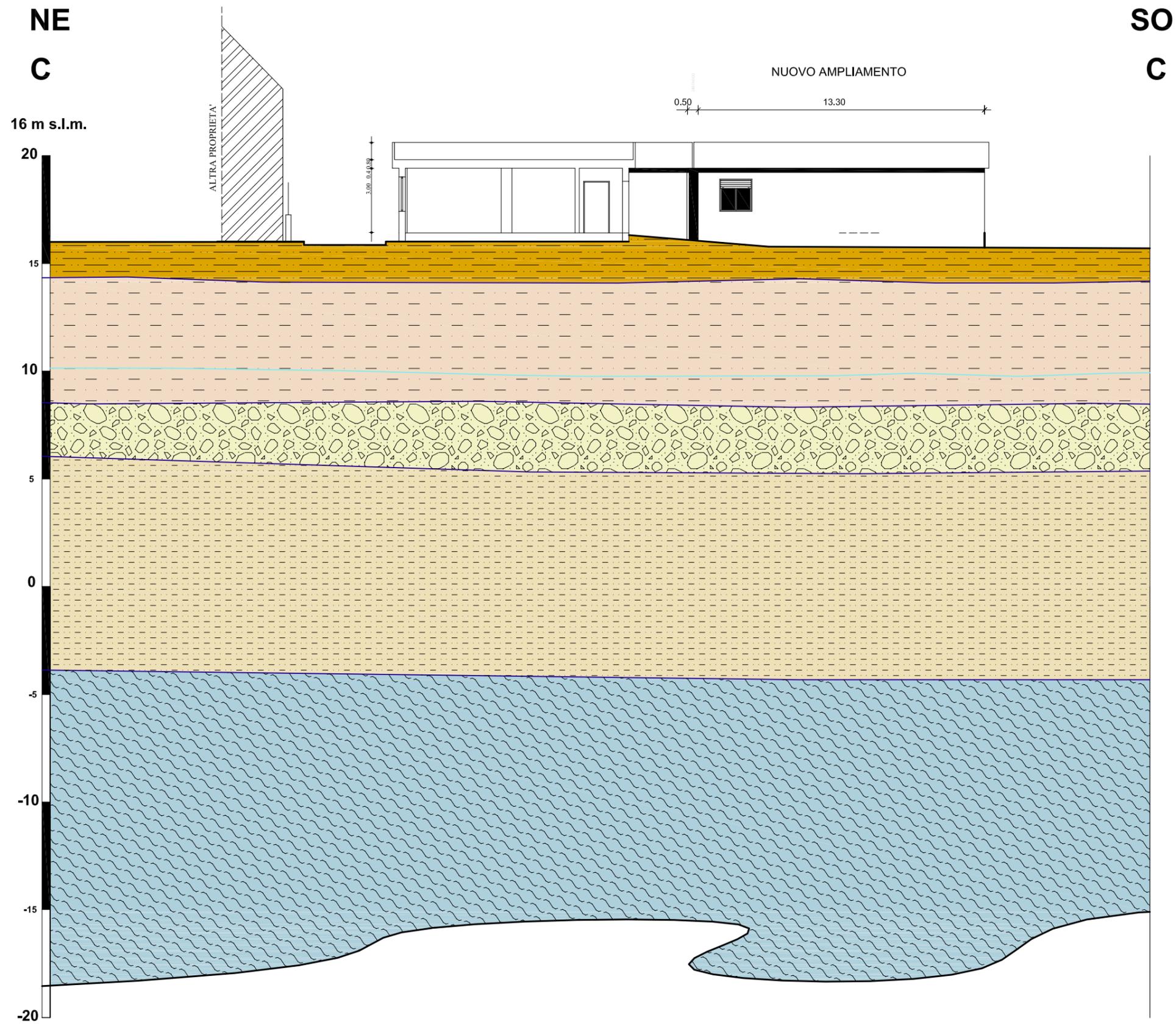
## LEGENDA

-  Limite topografico
-  Limite stratigrafico
-  Livello falda
- Depositi alluvionali recenti (età OLOCENE)**
  -  Sabbie limoso-argillose di colore marrone scuro
  -  Limoso-argilloso di colore marrone chiaro
  -  Sabbie argillose marrone scuro con all'interno ciottoli eterogenici diametro tra 2 e 10 cm
- Argille subappennine (età PLEISTOCENE)**
  -  Sabbie limoso-argillose di colore grigio-azzurre
  -  Limi-argillosi di colore grigio-azzurre



scala 1:200

# SEZIONE GEOLITOLOGICA C-C



## LEGENDA

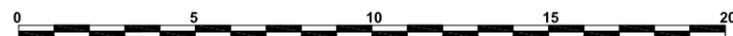
- Limite topografico
- Limite stratigrafico
- Livello falda

### Depositi alluvionali recenti (età OLOCENE)

- Sabbie limoso-argillose di colore marrone scuro
- Limoso-argilloso di colore marrone chiaro
- Sabbie argillose marrone scuro con all'interno ciottoli eterogenici diametro tra 2 e 10 cm

### Argille subappennine (età PLEISTOCENE)

- Sabbie limoso-argillose di colore grigio-azzurre
- Limi-argillosi di colore grigio-azzurre



scala 1:200

## **4 EVIDENZE GEOMORFOLOGICHE IDROGRAFICHE ED IDROGEOLOGICHE LOCALI**

Il rilevamento geomorfologico dell'area di stretto interesse e di quelle circostanti non evidenzia strutture morfologiche particolari, data la collocazione geografica del sito in zona di piana costiera.

Anche dal punto idrografico non sussistono condizioni che destano problemi ne tantomeno l'AdB Basilicata ha evidenziato situazioni di rischio alluvionamento. Infatti nelle RU sono individuate alcune Tavole riguardanti studi idraulici che non interessano l'area di sedime.

Per quel che concerne l'idrogeologia, l'analisi dei terreni affioranti e dei dati relativi ai pozzi per acqua presenti in zona, permette di ipotizzare ragionevolmente l'esistenza nell'area di stretto interesse di una falda acquifera con quota di rinvenimento posta a circa 8 m di profondità dal p.c. e livello statico che si attesta mediamente a circa 7 m dal p.c.. Il livello piezometrico in parola subisce, durante l'anno solare, una escursione che lo porta ad oscillare tra circa 8 m e circa 10 m di profondità dal p.c.. La falda in questione è ospitata dai terreni alluvionali recenti che presentano permeabilità primaria per porosità con grado variabile da medio basso a medio alto ed è sostenuta alla base da terreni impermeabili di tipo argilloso.

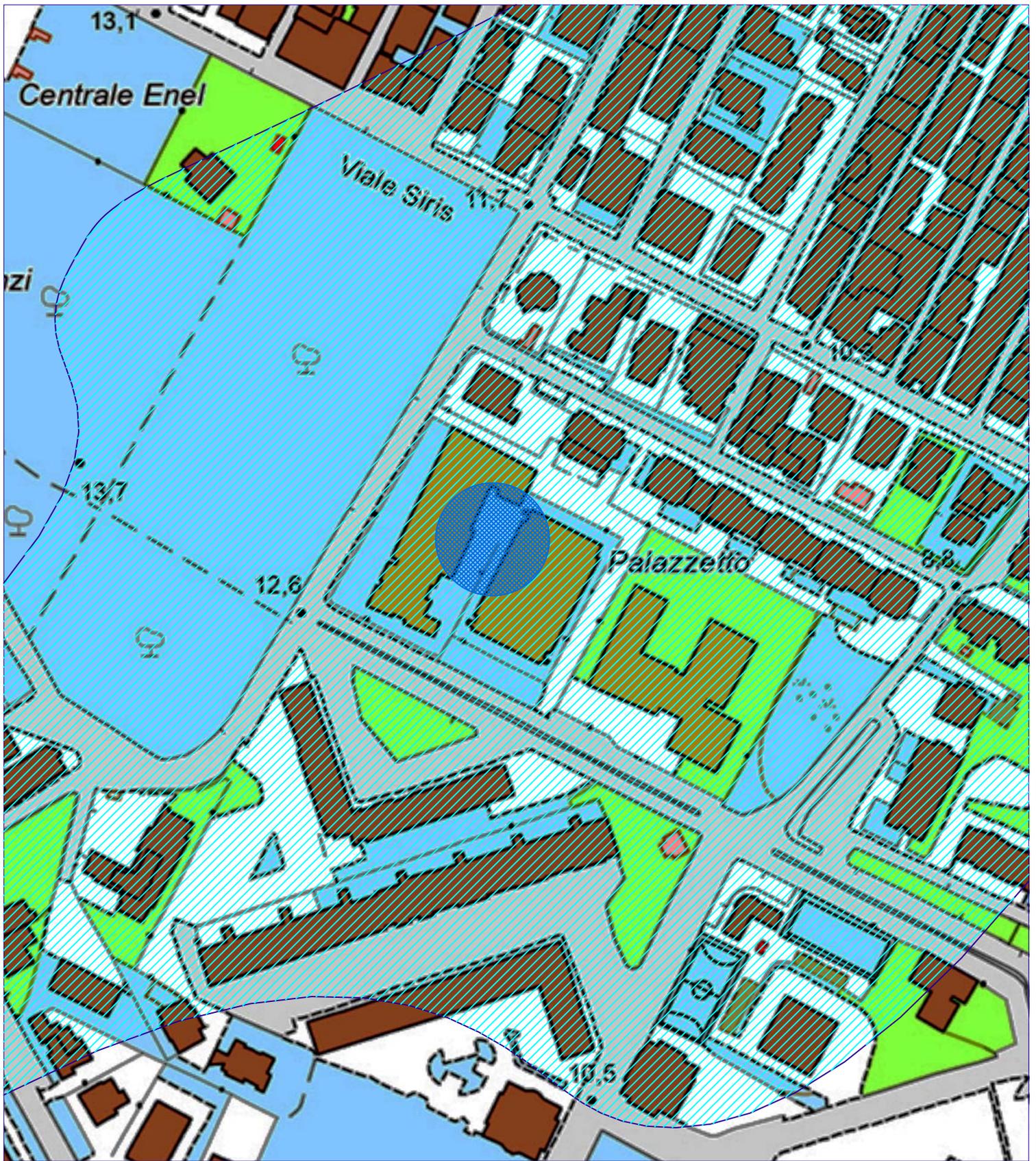
Pertanto trattasi di una falda acquifera con superficie piezometrica saliente e superficie di base definita e fissa rappresentata dal tetto della formazione delle Argille subappennine.

Geol. PEDACE Luigi Innocenzo  
Via Ugo Foscolo, 3  
87064 Corigliano-Rossano Area Urbana Rossano (CS)  
mail [pedacel@libero.it](mailto:pedacel@libero.it) Cell. 3486696442

4 EVIDENZE GEOMOROLOGICHE IDROGRAFICHE ED IDROLOGICHE LOCALI

---

*ALLEGATO 6*  
*Carta Geomorfologica – scala 1:2000*



**CARTA GEOMORFOLOGICA** - scala 1:2000 -

**LEGENDA**



Ubicazione area di intervento



Area di piana costiera con nessun evidenza geomorfologica di rilievo

## 6. CAMPAGNA DI INDAGINE

Il seguente lavoro, oltre che da una campagna di rilevamento superficiale la quale, vista la morfologia dell'area e la sua collocazione urbanistica, non ha dato un notevole contributo, è stata condotta una indagine geognostica eseguendo delle prove sismiche e penetrometriche che, in terreni di si fatta natura offrono la possibilità di avere sufficienti dati a disposizione utili al progettista ai fine delle calcolazioni geotecniche

Nell'allegato 7 si riporta la planimetria con l'esatta ubicazione delle indagini eseguite, mentre di seguito vengono riportati i risultati della Prova Penetrometrica Dinamica e della prova Sismica a Rifrazione tipo MASW, mentre nella foto. 2 l'ortofoto con l'ubicazione delle prove eseguite



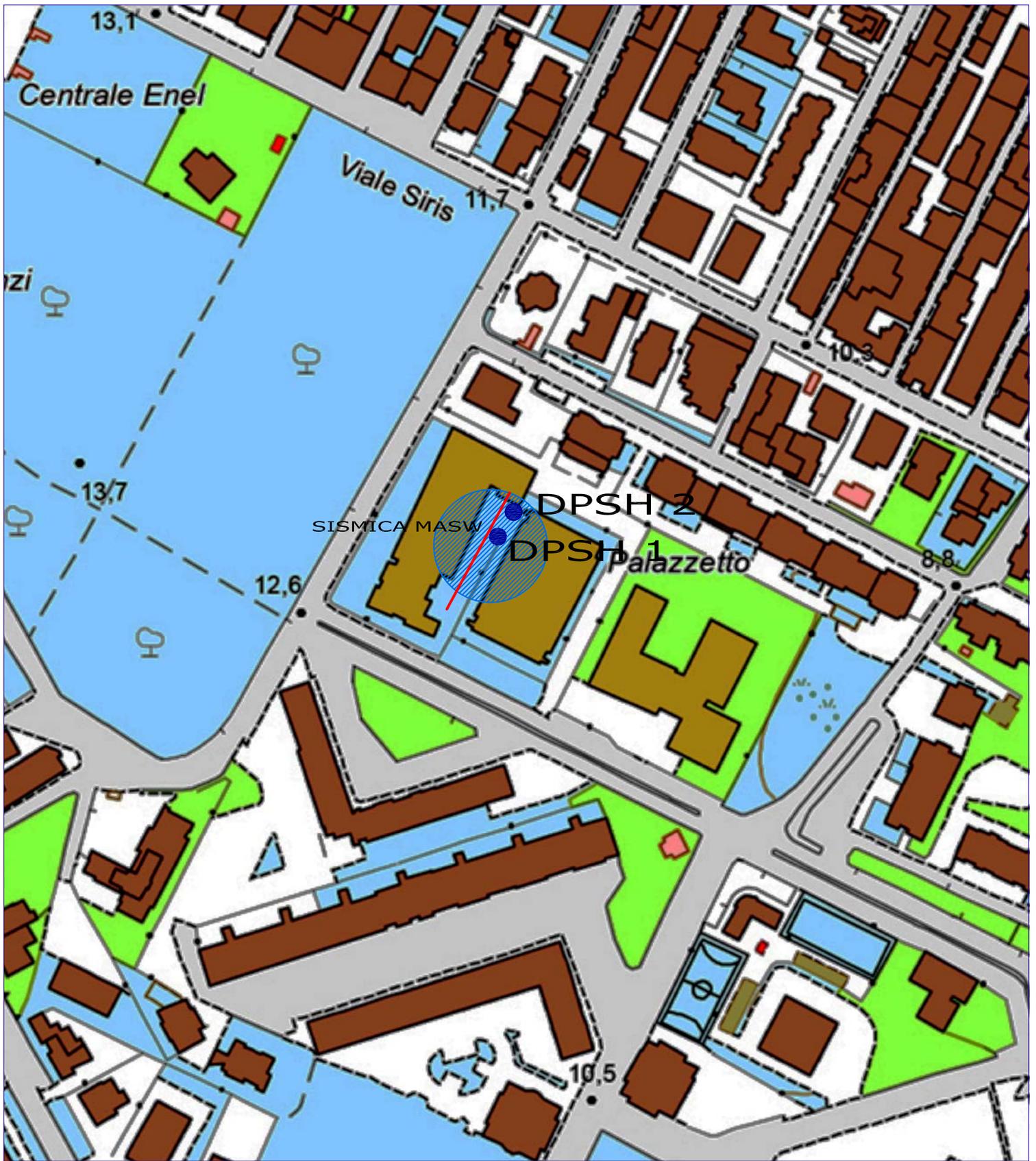
**Foto 2** – Ubicazione indagini eseguite

Geol. PEDACE Luigi Innocenzo  
Via Ugo Foscolo, 3  
87064 Corigliano-Rossano Area Urbana Rossano (CS)  
mail [pedacel@libero.it](mailto:pedacel@libero.it) Cell. 3486696442

---

6 CAMPAGNA DI INDAGINE

*ALLEGATO 7*  
*Carta Ubicazione Indagini – scala 1:2000*



**CARTA UBICAZIONE INDAGINI**

- scala 1:2000 -

**LEGENDA**

-  Ubicazione area di Intervento
-  Profilo Sismico a Rifrazione MASW
-  Prove Penetrometriche Dinamiche

## 6.1 PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

### **Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPM (DL030 10) (Medium)**

Rif. Norme	DIN 4094	
Peso Massa battente	30Kg	
Altezza di caduta libera	0.20	m
Peso sistema di battuta	21Kg	
Diametro punta conica	35.68	mm
Area di base punta	10cm <sup>2</sup>	
Lunghezza delle aste	1	m
Peso aste a metro	2.9	Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.80	m
Avanzamento punta	0.10	m
Numero colpi per punta	N(10)	
Coeff. Correlazione	0.761	
Rivestimento/fanghi	Si	
Angolo di apertura punta	60°	

### 6.1.1. Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi  $\delta$ ) misurando il numero di colpi N necessari. Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di “catalogare e parametrizzare” il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura  $\alpha$ )
- avanzamento (penetrazione)  $\delta$
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL)
- tipo MEDIO (DPM)
- tipo PESANTE (DPH)
- tipo SUPERPESANTE (DPSH)

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof.max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

### 6.1.2. Penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE) massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento  $\delta = 10$  cm, punta conica ( $\alpha=60-90^\circ$ ), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE) massa battente M = 20 kg, altezza di caduta H=0.20 m, avanzamento  $\delta = 10$  cm, punta conica ( $\alpha=60-90^\circ$ ), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente  $M = 73$  kg, altezza di caduta  $H=0.75$  m, avanzamento  $\delta=30$  cm, punta conica ( $\alpha = 60^\circ$ ), diametro  $D = 50.8$  mm, area base cono  $A=20.27$  cm<sup>2</sup> rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA) massa battente  $M=63.5$  kg, altezza caduta  $H=0.75$  m, avanzamento  $\delta=20-30$  cm, punta conica conica ( $\alpha = 60^\circ-90^\circ$ ) diametro  $D = 50.5$  mm, area base cono  $A = 20$  cm<sup>2</sup>, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

### 6.1.3. Correlazione con $N_{spt}$

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi  $N_{spt}$  ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con  $N_{spt}$ . Il passaggio viene dato da:

$$N_{spt} = \beta_t N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{spt}}$$

in cui  $Q$  è l'energia specifica per colpo e  $Q_{spt}$  è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

- $M$  = peso massa battente;
- $M'$  = peso aste;
- $H$  = altezza di caduta;
- $A$  = area base punta conica;
- $\delta$  = passo di avanzamento.

### **Valutazione resistenza dinamica alla punta $R_{pd}$**

Formula Olandesi

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

- $R_{pd}$  = resistenza dinamica punta (area  $A$ );
- $e$  = infissione media per colpo ( $\delta/N$ );
- $M$  = peso massa battente (altezza caduta  $H$ );
- $P$  = peso totale aste e sistema battuta.

#### 6.1.4. Metodologia di Elaborazione

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della GeoStru Software.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981.

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

#### 6.1.5. Valutazioni statistiche e correlazioni

##### **Elaborazione Statistica**

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

<b>Media</b>	Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.
<b>Media minima</b>	Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.
<b>Massimo</b>	Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

---

<b>Minimo</b>	Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.
<b>Scarto quadratico medio</b>	Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.
<b>Media deviata</b>	Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.
<b>Media + s</b>	Media+ scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.
<b>Media - s</b>	Media- scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### **Pressione ammissibile**

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 mt. ed immersione  $d = 1$  mt..

### **Correlazioni geotecniche terreni incoerenti**

#### ***Liquefazione***

Permette di calcolare utilizzando dati  $N_{spt}$  il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi). Attraverso la relazione di SHI-MING (1982), applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se  $N_{spt}$  dello strato considerato risulta inferiore a  $N_{spt}$  critico calcolato con l'elaborazione di SHI-MING.

#### ***Correzione $N_{spt}$ in presenza di falda***

$$N_{spt} \text{ corretto} = 15 + 0.5 \times (N_{spt} - 15)$$

$N_{spt}$  è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda) .

#### ***Angolo di Attrito***

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 mt.; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 mt. per terreni sopra falda e < 8 mt. per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)

- 
- Meyerhof 1956 - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers 1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 mt. sopra falda e < 7 mt. per terreni in falda)  $\sigma > 5$  t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev 1964 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m. e per valori di angolo di attrito < 38° ).
- Schmertmann 1977- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da  $D_r$  %.
- Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.
- Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONALE RAILWAY) Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose .
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda)  $s > 15$  t/mq.
- Meyerhof 1965 - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 mt. e con % di limo > 5% a profondità < 3 mt.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

**Densità relativa (%)**

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie  $D_r$  viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di  $D_r$  % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC , metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di  $D_r$  % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

**Modulo Di Young ( $E_y$ )**

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici .
- Schultze-Menzenbach , correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970) , correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

#### ***Modulo Edometrico***

- Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia
- Buismann-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

#### ***Stato di consistenza***

- Classificazione A.G.I. 1977

#### ***Peso di Volume Gamma***

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

#### ***Peso di volume saturo***

- Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948-1967. Correlazione valida per peso specifico del materiale pari a circa  $\gamma = 2,65$  t/mc e per peso di volume secco variabile da 1,33 (Nspt = 0) a 1,99 (Nspt = 95)

#### ***Modulo di poisson***

- Classificazione A.G.I.

#### ***Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)***

- Seed-Idriss 1978-1981 . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio  $\tau$  e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

#### ***Velocità onde di taglio $V_s$ (m/sec)***

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

#### ***Modulo di deformazione di taglio (G)***

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.  
Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

#### ***Modulo di reazione (K<sub>o</sub>)***

- Navfac 1971-1982 - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso .

#### ***Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q<sub>c</sub>)***

- Robertson 1983 Q<sub>c</sub>

## **Correlazioni geotecniche terreni coesivi**

### ***Coesione non drenata***

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA 1983.
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con  $N_{spt} < 8$ , argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.

Terzaghi-Peck (1948). *Cu min-max*.

- Sanglerat, da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi, tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività  $> 5$ , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat, (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche  $< 10$  colpi, per resistenze penetrometriche  $> 10$  l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche" di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità, (Cu-Nspt-grado di plasticità).

Schmertmann 1975 Cu (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con  $N_c=20$  e  $Q_c/N_{spt}=2$ .

Schmertmann 1975 Cu (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC.

Fletcher 1965 - (Argilla di Chicago). Coesione non drenata Cu (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.

Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.

- Shioi-Fukuni 1982, valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

### ***Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )***

- Robertson 1983  $Q_c$

### ***Modulo Edometrico-Confinato ( $M_o$ )***

- Stroud e Butler (1975) - per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ) - da esperienze su argille glaciali.
- Vesic (1970) correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - $M_o$  (Eed) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto  $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$ ).

- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte (Nspt <30) medie e molli (Nspt <4) e argille sabbiose (Nspt=6-12).

***Modulo Di Young (E<sub>y</sub>)***

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. >15  
D'Appollonia ed altri (1983) - correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

***Stato di consistenza***

- Classificazione A.G.I. 1977

***Peso di Volume Gamma***

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

***Peso di volume saturo***

- Correlazione Bowles (1982), Terzaghi-Peck (1948-1967), valida per condizioni specifiche: peso specifico del materiale pari a circa  $G=2,70$  (t/mc) e per indici dei vuoti variabili da 1,833 (Nspt=0) a 0,545 (Nspt=28)

**PROVA ... Nr.1**

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)  
 Prova eseguita in data 21/09/2020  
 Profondità prova 6.00 mt  
 Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.10	6	0	0.857	17.16	20.04	0.86	1.00
0.20	5	0	0.855	14.27	16.70	0.71	0.83
0.30	6	0	0.853	17.09	20.04	0.85	1.00
0.40	5	0	0.851	14.21	16.70	0.71	0.83
0.50	6	0	0.849	17.01	20.04	0.85	1.00
0.60	6	0	0.847	16.97	20.04	0.85	1.00
0.70	7	0	0.845	19.76	23.38	0.99	1.17
0.80	8	0	0.843	22.53	26.72	1.13	1.34
0.90	7	0	0.842	18.67	22.18	0.93	1.11
1.00	9	0	0.840	23.95	28.52	1.20	1.43
1.10	10	0	0.838	26.56	31.69	1.33	1.58
1.20	11	0	0.836	29.15	34.86	1.46	1.74
1.30	10	0	0.835	26.45	31.69	1.32	1.58
1.40	11	0	0.833	29.03	34.86	1.45	1.74
1.50	12	0	0.831	31.61	38.03	1.58	1.90
1.60	10	0	0.830	26.29	31.69	1.31	1.58
1.70	12	0	0.828	31.48	38.03	1.57	1.90
1.80	14	0	0.776	34.44	44.37	1.72	2.22
1.90	12	0	0.825	29.84	36.18	1.49	1.81
2.00	15	0	0.773	34.97	45.23	1.75	2.26
2.10	16	0	0.772	37.23	48.24	1.86	2.41
2.20	15	0	0.770	34.83	45.23	1.74	2.26
2.30	14	0	0.769	32.44	42.21	1.62	2.11
2.40	13	0	0.767	30.07	39.20	1.50	1.96
2.50	12	0	0.816	29.51	36.18	1.48	1.81
2.60	13	0	0.764	29.96	39.20	1.50	1.96
2.70	14	0	0.763	32.20	42.21	1.61	2.11
2.80	15	0	0.761	34.44	45.23	1.72	2.26
2.90	14	0	0.760	30.60	40.26	1.53	2.01
3.00	16	0	0.759	34.90	46.01	1.75	2.30
3.10	15	0	0.757	32.66	43.13	1.63	2.16
3.20	14	0	0.756	30.43	40.26	1.52	2.01
3.30	18	0	0.755	39.06	51.76	1.95	2.59
3.40	16	0	0.753	34.66	46.01	1.73	2.30
3.50	18	0	0.752	38.93	51.76	1.95	2.59
3.60	19	0	0.751	41.02	54.63	2.05	2.73
3.70	20	0	0.750	43.11	57.51	2.16	2.88
3.80	19	0	0.748	40.89	54.63	2.04	2.73
3.90	18	0	0.747	36.96	49.47	1.85	2.47
4.00	19	0	0.746	38.95	52.21	1.95	2.61
4.10	21	0	0.695	40.10	57.71	2.00	2.89
4.20	22	0	0.694	41.94	60.46	2.10	3.02
4.30	20	0	0.743	40.81	54.96	2.04	2.75
4.40	19	0	0.741	38.71	52.21	1.94	2.61
4.50	22	0	0.690	41.74	60.46	2.09	3.02

4.60	23	0	0.689	43.56	63.21	2.18	3.16
4.70	24	0	0.688	45.39	65.95	2.27	3.30
4.80	20	0	0.737	40.51	54.96	2.03	2.75
4.90	19	0	0.736	36.80	50.00	1.84	2.50
5.00	20	0	0.735	38.69	52.63	1.93	2.63
5.10	22	0	0.684	39.60	57.89	1.98	2.89
5.20	23	0	0.683	41.34	60.53	2.07	3.03
5.30	20	0	0.732	38.53	52.63	1.93	2.63
5.40	24	0	0.681	43.01	63.16	2.15	3.16
5.50	23	0	0.680	41.16	60.53	2.06	3.03
5.60	21	0	0.679	37.53	55.26	1.88	2.76
5.70	22	0	0.678	39.26	57.89	1.96	2.89
5.80	23	0	0.677	40.99	60.53	2.05	3.03
5.90	24	0	0.676	40.98	60.59	2.05	3.03
6.00	25	0	0.675	42.63	63.11	2.13	3.16

### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

#### TERRENI INCOERENTI

##### Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	4.95	1.00	4.95	Gibbs & Holtz 1957	53
Strato 2	10.35	3.50	10.35	Gibbs & Holtz 1957	64.93
Strato 3	16.19	6.00	16.19	Gibbs & Holtz 1957	67.86

##### Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	4.95	1.00	4.95	Sowers (1961)	29.39
Strato 2	10.35	3.50	10.35	Sowers (1961)	30.9
Strato 3	16.19	6.00	16.19	Sowers (1961)	32.53

##### Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	4.95	1.00	4.95	Schultze-Menzenbach Sabbia media	24.88
Strato 2	10.35	3.50	10.35	Bowles (1982) Sabbia Media	126.75
Strato 3	16.19	6.00	16.19	Bowles (1982) Sabbia Media	155.95

**Modulo Edometrico**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	4.95	1.00	4.95	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	37.63
Strato 2	10.35	3.50	10.35	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	48.72
Strato 3	16.19	6.00	16.19	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	60.72

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	4.95	1.00	4.95	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
Strato 2	10.35	3.50	10.35	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAME NTE ADDENSATO
Strato 3	16.19	6.00	16.19	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAME NTE ADDENSATO

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	4.95	1.00	4.95	Meyerhof ed altri	1.54
Strato 2	10.35	3.50	10.35	Meyerhof ed altri	1.74
Strato 3	16.19	6.00	16.19	Meyerhof ed altri	1.91

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	4.95	1.00	4.95	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.89
Strato 2	10.35	3.50	10.35	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.92
Strato 3	16.19	6.00	16.19	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.96

**Modulo di Poisson**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	4.95	1.00	4.95	(A.G.I.)	0.34
Strato 2	10.35	3.50	10.35	(A.G.I.)	0.33
Strato 3	16.19	6.00	16.19	(A.G.I.)	0.32

**Modulo di deformazione a taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	4.95	1.00	4.95	Ohsaki (Sabbie pulite)	292.31
Strato 2	10.35	3.50	10.35	Ohsaki (Sabbie pulite)	584.73
Strato 3	16.19	6.00	16.19	Ohsaki (Sabbie pulite)	890.44

**Velocità onde**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	4.95	1.00	4.95		122.37
Strato 2	10.35	3.50	10.35		176.94
Strato 3	16.19	6.00	16.19		221.3

**Liquefazione**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Potenziale Liquefazione
Strato 1	4.95	1.00	4.95	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	< 0.04
Strato 2	10.35	3.50	10.35	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	< 0.04
Strato 3	16.19	6.00	16.19	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	0.04-0.10

**Modulo di reazione Ko**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Strato 1	4.95	1.00	4.95	Navfac 1971-1982	0.98
Strato 2	10.35	3.50	10.35	Navfac 1971-1982	2.18
Strato 3	16.19	6.00	16.19	Navfac 1971-1982	3.35

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	4.95	1.00	4.95	Robertson 1983	9.90
Strato 2	10.35	3.50	10.35	Robertson 1983	20.70
Strato 3	16.19	6.00	16.19	Robertson 1983	32.38



**Foto 3 – Prova penetrometrica n. 1**

**PROVA ... Nr.2**

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)  
 Prova eseguita in data 21/09/2020  
 Profondità prova 5.80 mt  
 Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.10	4	0	0.857	11.44	13.36	0.57	0.67
0.20	5	0	0.855	14.27	16.70	0.71	0.83
0.30	6	0	0.853	17.09	20.04	0.85	1.00
0.40	5	0	0.851	14.21	16.70	0.71	0.83
0.50	7	0	0.849	19.84	23.38	0.99	1.17
0.60	8	0	0.847	22.63	26.72	1.13	1.34
0.70	9	0	0.845	25.40	30.06	1.27	1.50
0.80	8	0	0.843	22.53	26.72	1.13	1.34
0.90	7	0	0.842	18.67	22.18	0.93	1.11
1.00	9	0	0.840	23.95	28.52	1.20	1.43
1.10	11	0	0.838	29.21	34.86	1.46	1.74
1.20	12	0	0.836	31.80	38.03	1.59	1.90
1.30	15	0	0.785	37.29	47.54	1.86	2.38
1.40	12	0	0.833	31.67	38.03	1.58	1.90
1.50	16	0	0.781	39.61	50.70	1.98	2.54
1.60	15	0	0.780	37.06	47.54	1.85	2.38
1.70	14	0	0.778	34.51	44.37	1.73	2.22
1.80	12	0	0.826	31.42	38.03	1.57	1.90
1.90	10	0	0.825	24.87	30.15	1.24	1.51
2.00	13	0	0.773	30.31	39.20	1.52	1.96
2.10	14	0	0.772	32.57	42.21	1.63	2.11
2.20	15	0	0.770	34.83	45.23	1.74	2.26
2.30	16	0	0.769	37.08	48.24	1.85	2.41
2.40	15	0	0.767	34.69	45.23	1.73	2.26
2.50	14	0	0.766	32.32	42.21	1.62	2.11
2.60	16	0	0.764	36.87	48.24	1.84	2.41
2.70	14	0	0.763	32.20	42.21	1.61	2.11
2.80	12	0	0.811	29.36	36.18	1.47	1.81
2.90	13	0	0.760	28.41	37.38	1.42	1.87
3.00	12	0	0.809	27.90	34.50	1.40	1.73
3.10	11	0	0.807	25.54	31.63	1.28	1.58
3.20	15	0	0.756	32.61	43.13	1.63	2.16
3.30	18	0	0.755	39.06	51.76	1.95	2.59
3.40	19	0	0.753	41.16	54.63	2.06	2.73
3.50	20	0	0.752	43.25	57.51	2.16	2.88
3.60	21	0	0.701	42.32	60.38	2.12	3.02
3.70	19	0	0.750	40.95	54.63	2.05	2.73
3.80	22	0	0.698	44.18	63.26	2.21	3.16
3.90	23	0	0.697	44.07	63.21	2.20	3.16

4.00	19	0	0.746	38.95	52.21	1.95	2.61
4.10	20	0	0.745	40.94	54.96	2.05	2.75
4.20	21	0	0.694	40.03	57.71	2.00	2.89
4.30	22	0	0.693	41.87	60.46	2.09	3.02
4.40	23	0	0.691	43.70	63.21	2.19	3.16
4.50	20	0	0.740	40.69	54.96	2.03	2.75
4.60	19	0	0.739	38.60	52.21	1.93	2.61
4.70	18	0	0.738	36.51	49.47	1.83	2.47
4.80	19	0	0.737	38.49	52.21	1.92	2.61
4.90	21	0	0.686	37.91	55.26	1.90	2.76
5.00	22	0	0.685	39.66	57.89	1.98	2.89
5.10	23	0	0.684	41.40	60.53	2.07	3.03
5.20	24	0	0.683	43.14	63.16	2.16	3.16
5.30	23	0	0.682	41.28	60.53	2.06	3.03
5.40	21	0	0.681	37.64	55.26	1.88	2.76
5.50	20	0	0.730	38.43	52.63	1.92	2.63
5.60	24	0	0.679	42.89	63.16	2.14	3.16
5.70	23	0	0.678	41.05	60.53	2.05	3.03
5.80	25	0	0.677	44.56	65.79	2.23	3.29

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

### TERRENI INCOERENTI

#### Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	5.17	1.00	5.17	Gibbs & Holtz 1957	54.15
Strato 2	10.43	3.30	10.43	Gibbs & Holtz 1957	66.03
Strato 3	16.16	5.80	16.16	Gibbs & Holtz 1957	69.07

#### Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	5.17	1.00	5.17	Sowers (1961)	29.45
Strato 2	10.43	3.30	10.43	Sowers (1961)	30.92
Strato 3	16.16	5.80	16.16	Sowers (1961)	32.52

#### Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	5.17	1.00	5.17	Schultze-Menzenbach Sabbia media	25.86
Strato 2	10.43	3.30	10.43	Bowles (1982) Sabbia Media	127.15
Strato 3	16.16	5.80	16.16	Bowles (1982) Sabbia Media	155.80

**Modulo Edometrico**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	5.17	1.00	5.17	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	38.08
Strato 2	10.43	3.30	10.43	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	48.89
Strato 3	16.16	5.80	16.16	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	60.66

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	5.17	1.00	5.17	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
Strato 2	10.43	3.30	10.43	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato 3	16.16	5.80	16.16	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	5.17	1.00	5.17	Meyerhof ed altri	1.55
Strato 2	10.43	3.30	10.43	Meyerhof ed altri	1.74
Strato 3	16.16	5.80	16.16	Meyerhof ed altri	1.91

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	5.17	1.00	5.17	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.89
Strato 2	10.43	3.30	10.43	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.92
Strato 3	16.16	5.80	16.16	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.96

**Modulo di Poisson**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	5.17	1.00	5.17	(A.G.I.)	0.34
Strato 2	10.43	3.30	10.43	(A.G.I.)	0.33
Strato 3	16.16	5.80	16.16	(A.G.I.)	0.32

**Modulo di deformazione a taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	5.17	1.00	5.17	Ohsaki (Sabbie pulite)	304.51
Strato 2	10.43	3.30	10.43	Ohsaki (Sabbie pulite)	588.98
Strato 3	16.16	5.80	16.16	Ohsaki (Sabbie pulite)	888.89

**Velocità onde**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	5.17	1.00	5.17		125.06
Strato 2	10.43	3.30	10.43		177.63
Strato 3	16.16	5.80	16.16		221.1

**Liquefazione**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Potenziale Liquefazione
Strato 1	5.17	1.00	5.17	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	< 0.04
Strato 2	10.43	3.30	10.43	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	< 0.04
Strato 3	16.16	5.80	16.16	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	0.04-0.10

**Modulo di reazione Ko**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Strato 1	5.17	1.00	5.17	Navfac 1971-1982	1.03
Strato 2	10.43	3.30	10.43	Navfac 1971-1982	2.19
Strato 3	16.16	5.80	16.16	Navfac 1971-1982	3.35

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	5.17	1.00	5.17	Robertson 1983	10.34
Strato 2	10.43	3.30	10.43	Robertson 1983	20.86
Strato 3	16.16	5.80	16.16	Robertson 1983	32.32



**Foto 4 – Prova penetrometrica n. 2**

Geol. PEDACE Luigi Innocenzo  
Via Ugo Foscolo, 3  
87064 Corigliano-Rossano Area Urbana Rossano (CS)  
mail [pedacel@libero.it](mailto:pedacel@libero.it) Cell. 3486696442

---

6 CAMPAGNA DI INDAGINE

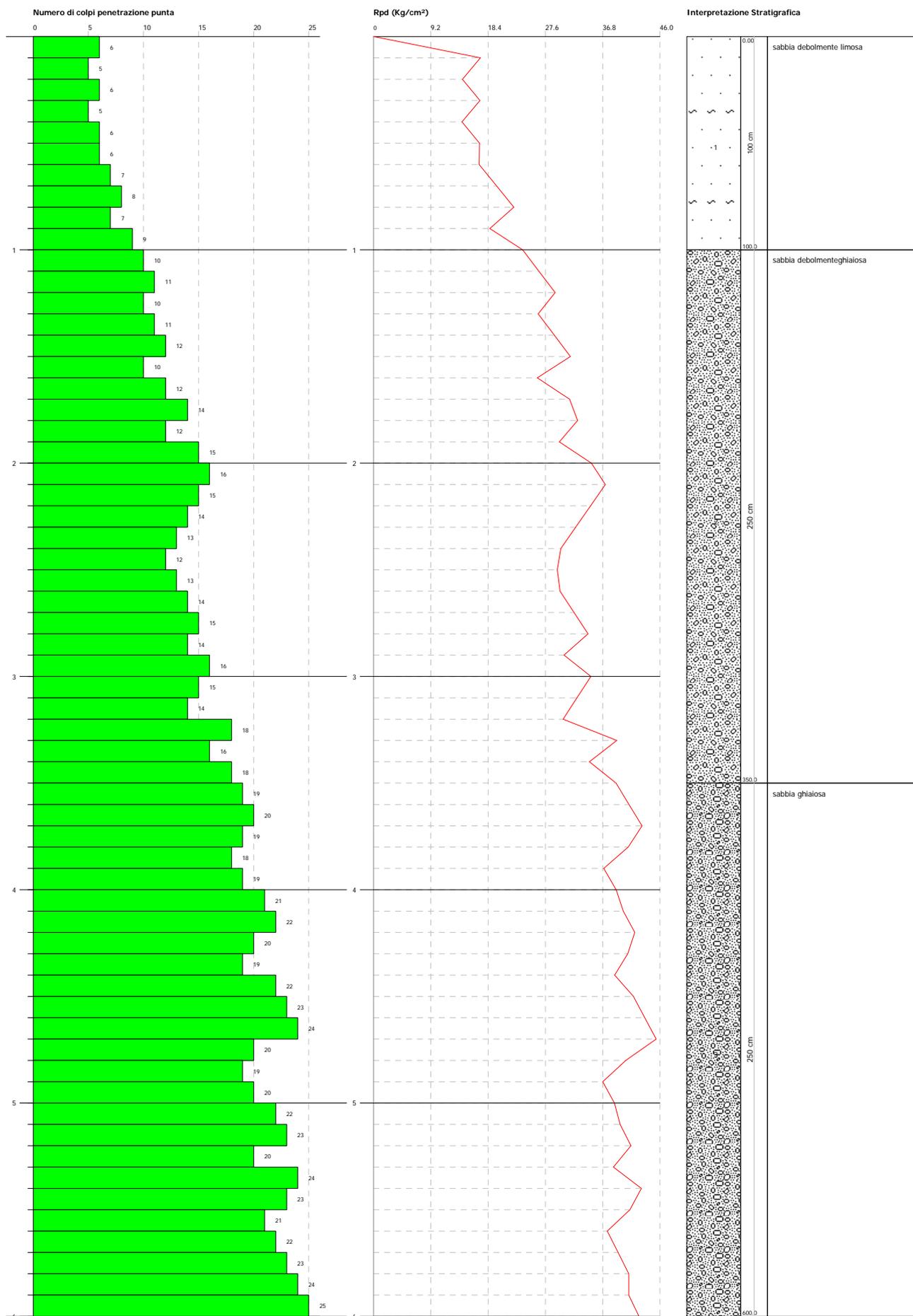
*ALLEGATO 8*  
*Prova Penetrometrica Dinamica*

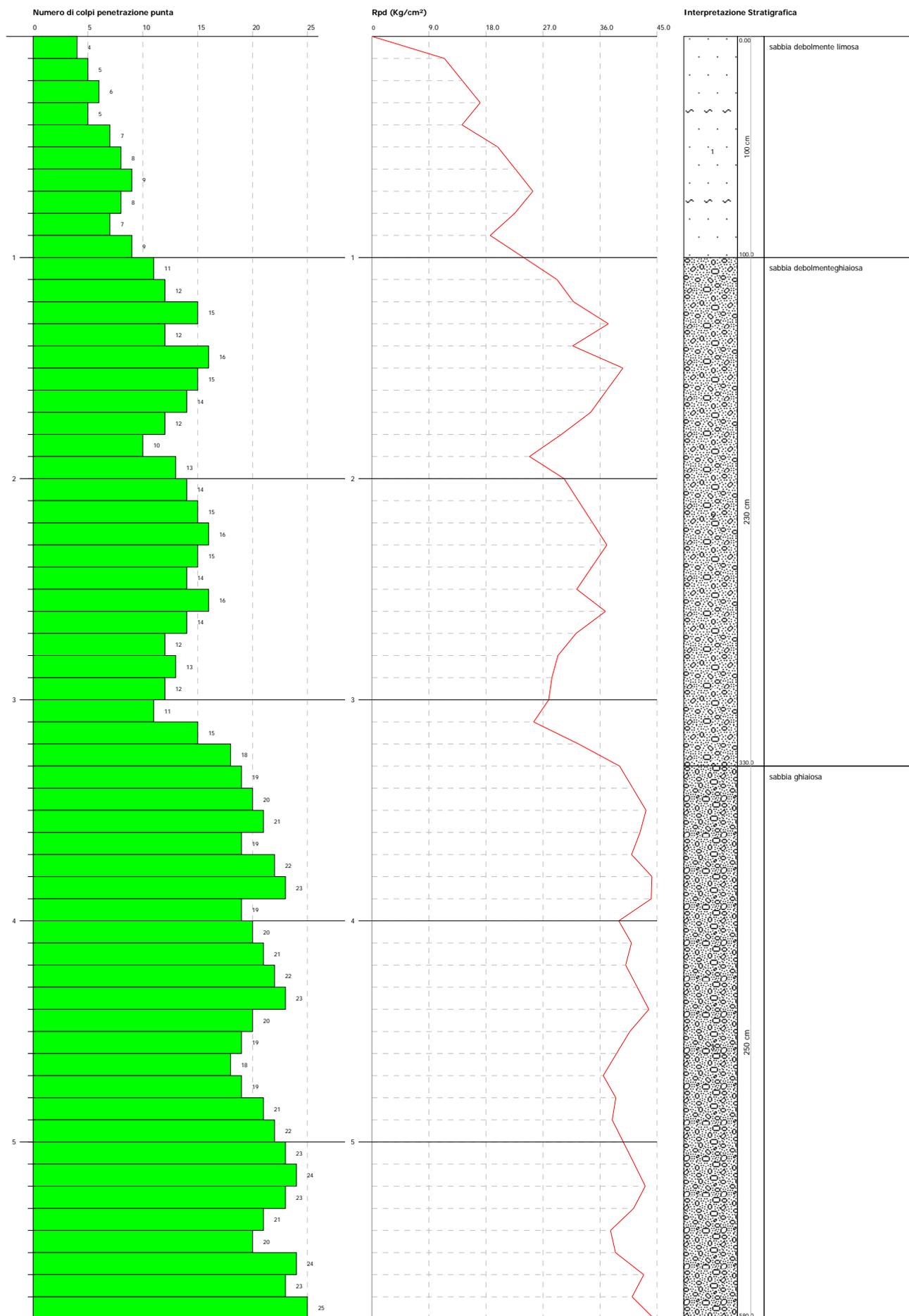
**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1**  
**Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd**

Committente : Amm. Provinciale di Matera  
 Cantiere :  
 Località : Nova Siri Scalo

Data :21/09/2020

Scala 1:25





## 6.2 PROVA SISMICA A RIFRAZIONE MASW

A completamento delle indagini, si è eseguita n. 1 profilo sismico a rifrazione da 60,00 ml. per un totale di 60,00 ml. Onde P.

Per quel che riguarda i parametri di acquisizione ci si è attenuti alle specifiche tecniche indicateci, e cioè:

- -utilizzo di 24 canali e distanza intergeofonica pari a 2,5 metri.
- -utilizzo di esplositore a cartucce industriali cal. 8.
- -utilizzo di una massa battente da 8 Kg..

### SCHEDA TECNICA DEL SISMOGRAFO

Numeri di canali	24 canali
Intervallo di campionamento	0,296 msec
Convertitore A/D	16 bit
Guadagno	10 db – 100 db, step 1 db
Tensione di saturazione	+/- 2,3 V
Livello di saturazione	100 dB
Distorsione	0,01%
Velocità di campionamento	130 micro/sec
Tempi di registrazione	25-50-100-200-400-800 millisc
Filtri attivi	High pass – Low Pass – Band Reject
Banda di lavoro	+/- 40 Kz

Tenendo conto delle caratteristiche geolitologiche dell'area indagata, l'indagine geognostica mediante sismica a rifrazione, utilizzando i parametri su indicati, si rileva particolarmente utile poiché consente di indagare in dettaglio i primi 8-9 metri dal piano campagna e fornisce utili informazioni a carattere areale sullo spessore e sulla consistenza dei litotipi presenti.

La correlazione con le altre indagini, eseguite nell'ambito della stessa campagna, consente inoltre di definire i rapporti di giacitura, ed i caratteri geotecnica di massima, degli stessi.

Le prospezioni sismiche a rifrazione sono tra le indagini geofisiche più diffuse ed utilizzate grazie all'elevato contenuto di informazioni che possono fornire sul sottosuolo, in alternativa o ad integrazione dei classici metodi di indagine diretta (perforazioni di sondaggio).

Il metodo consiste nel generare onde elastiche longitudinali in un punto del terreno e di rilevarne il loro arrivo in alti punti per poter ricostruire, attraverso lo studio dei percorsi e delle velocità, la disposizione geometrica dei litotipi presenti al di sotto della sezione indagata.

Il fondamento teorico di tale applicazione risiede nel fatto che la velocità e le direzioni di propagazione dei raggi sismici generati sono strettamente dipendenti dalle caratteristiche fisico-meccaniche dei diversi materiali attraversati e dalla presenza di eventuali superfici di discontinuità separati litotipi a diverso comportamento dal punto di vista elasto-meccanico.

Da un'attenta interpretazione delle curve che si ottengono nei grafici in cui sono riportati, per i diversi geofoni (sensori), i tempi di arrivo delle onde sismiche e le rispettive distanze dal punto di energizzazione, è possibile ricostruire l'andamento in profondità dei differenti orizzonti rifrattori.

Tale ricostruzione è stata realizzata utilizzando il metodo di elaborazione GRM (Metodo Reciproco Generalizzato; Palmer, 1980) che, rispetto ai comuni metodi di interpretazione consente di ricavare la profondità dal p.c. dei vari rifrattori al di sotto di ogni singolo geofono, fornendo così con estremo dettaglio l'andamento geometrico dei vari orizzonti rifrattori indagati, anche alla presenza di situazioni geologiche complesse ed articolate.

### 6.2.1 Acquisizione dati sismici

Per l'esecuzione delle indagini in oggetto è stato impiegato il seguente apparato di acquisizione:

- Sismografo a 24 canali - modello Geode della Geometrics;
- Computer portatile Acer Treavel Mate 220, Processore da 1.13 Ghz;
- N°2 Cavi Geofonici da 12 Geofoni (OYO Geospace);
- Attrezzatura per l'energizzazione in superficie costituito da un esplositore a cartucce industriali cal.8 .
- Utilizzo di una massa battente da 8 Kg.

### 6.2.2 Elaborazione dati

Il modello sismico a rifrazione permette la costruzione di dromocrone (tempi verso distanze) dalle quali è possibile calcolare velocità e profondità di interfacce profonde.

I tempi rifratti si riferiscono ad onde sismiche che incidono con “angolo critico” le superfici di separazione di due mezzi a velocità differenti (ad esempio  $V_2$  e  $V_1$  con  $V_2 > V_1$ ). Queste onde possono propagarsi lungo tale interfaccia e tornare in superficie fornendo informazioni sugli spessori, variazioni degli stessi, sulle velocità dei due mezzi e sulla pendenza dell'interfaccia.

L'interpretazione dei dati è stata effettuata analiticamente e con calcolo automatico utilizzando un Computer portatile Acer Treavel Mate 220, Processore da 1.13 Ghz. e software IXRefrax della Interpex Limited.

In allegato sono riportate, le dromocrone e i profili interpretati, fronti d'onda.

### 6.2.3. Analisi dei dati

Di seguito sono descritti sinteticamente i risultati della prova eseguita; per un esame dettagliato delle stesse si rimanda in allegato.

#### **Sism 1:**

Nel profilo sismico Sism 1 sono stati riconosciuti due orizzonti significativi con differenti caratteristiche elasto-meccanici. In particolare è stato individuato un orizzonte superficiale di spessore variabile tra 0-4 metri circa e le velocità delle onde sismiche di compressione  $V_{pm} = 493,08$  m/s. L'ultimo sismostrato, fino alla massima profondità d'indagine raggiunta, è caratterizzato da velocità delle onde sismiche longitudinali  $V_{pm} = 945,00$  m/s.

### 6.2 4. MASW - Premessa

Su incarico dell' Amm. Provinciale di Matera è stato redatto uno studio geofisico al fine di ottenere un modello stratigrafico del sottosuolo, il rilievo sismico Masw è stato eseguito il 04/09/2020.

Su specifiche indicazioni della Committenza sono stati eseguiti:

#### **N° 1 profilo sismico con metodologia MASW .**

Per quel che riguarda i parametri di acquisizione ci si è attenuti alle specifiche tecniche indicateci, e cioè:

-utilizzo di 24 canali e distanza intergeofonica pari a 2,5 metri e scoppio a 5 mt dal primo ricevitore.

-utilizzo di una massa battente da 8 Kg..

### 6.2.5. Obiettivo dei lavori

Tenendo conto delle caratteristiche geolitologiche dell'area indagata, l'indagine geognostica mediante sismica MASW, utilizzando i parametri su indicati, si rileva

particolarmente utile poiché consente di indagare in dettaglio i primi 30 metri dal piano campagna e fornisce utili informazioni sullo spessore e sulla consistenza dei litotipi presenti.

La correlazione con le altre indagini, eseguite nell'ambito della stessa campagna, consente inoltre di definire i rapporti di giacitura, ed i caratteri geotecnica di massima, degli stessi.

#### 6.2.6. Cenni sulle metodologie

Tale indagine si è resa necessaria in ottemperanza all'Ordinanza P.C.M. n.3274 del 20 marzo 2003 e del D.M. 17 Gennaio 2018, che attribuisce alle diverse località del Territorio Nazionale un valore di scuotimento sismico di riferimento espresso in termini di incremento dell'accelerazione al suolo e propone l'adozione di un sistema di caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo mediante cinque (A – B – C – D – E), sulla base della velocità delle onde di taglio nei primi 30 metri di terreno per determinare il  $V_sEq$ .

Per tale ragione nel presente lavoro è stato applicato il metodo di prospezione sismica del tipo M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) che attraverso lo studio delle Onde Superficiali registrate in campagna, permette di determinare la  $V_s$  nei primi 30 metri di profondità.

#### 6.2.7. Principi e Metodi per le indagini "MASW"

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle Onde superficiali.

Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga. Questa proprietà si chiama dispersione.

Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali. La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ), ottenuto dall'analisi delle onde piane

della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali.

L'intero processo comprende tre passi successivi: L'acquisizione delle onde superficiali (ground roll), la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) e l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs.

Per ottenere un profilo Vs bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. Una molteplicità di tecniche diverse sono state utilizzate nel tempo per ricavare la curva di dispersione, ciascuna con i suoi vantaggi e svantaggi.

L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento sia per la modellizzazione diretta che per la procedura ai minimi quadrati.

#### 6.2.8. Acquisizione dati sismici

Pel l'esecuzione delle indagini in oggetto è stato impiegato il seguente apparato di acquisizione:

- Sismografo a 24 canali - modello Geode della Geometrics;
- Computer portatile Acer Treavel Mate 220, Processore da 1.13 Ghz;
- N.2 Cavi Geofonici a 12 Takes-out con spaziatura 5 m;
- N.24 Geofoni verticali a 4,5 hz (OYO Geospace);
- Distanza intergeofonica 2,5 m;
- Utilizzo di una massa battente da 8 Kg.

L'interpretazione dei dati è stata effettuata analiticamente e con calcolo automatico utilizzando un Computer portatile Acer Treavel Mate 220, Processore da 1.13 Ghz. e software winMASW PRO 2018 della ELIOSOFT.

In allegato sono riportate, foto, sismogramma e spettro di velocità, profilo verticale onde S. E' stato calcolato il VsEq per ogni sismostratigrafia, per **MASW 1**;

- 1)  $V_{sEq} = 264,86 \text{ m/s}$  (calcolato a -0,50 dal p.c.). Categoria di Suolo **C**.
- 2)  $V_{sEq} = 267,26 \text{ m/s}$  (calcolato a -1,00 dal p.c.). Categoria di Suolo **C**.
- 3)  $V_{sEq} = 269,72 \text{ m/s}$  (calcolato a -1,50 dal p.c.). Categoria di Suolo **C**.
- 4)  $V_{sEq} = 272,34 \text{ m/s}$  (calcolato a -2,00 dal p.c.). Categoria di Suolo **C**.

#### 6.2.9. Analisi dei dati

Di seguito sono descritti sinteticamente i risultati delle prove eseguite; per un esame dettagliato delle stesse si rimanda in allegato.

##### **Masw 1:**

Nel profilo sismico Masw 1 sono stati riconosciuti quattro orizzonti significativi con differenti caratteristiche elasto-meccanici. In particolare è stato individuato un orizzonte superficiale di spessore variabile tra 0-5,60 metri circa e le velocità delle onde sismiche di taglio  $V_s = 173,00 \text{ m/s}$ . Nel Sismostrato 2, con uno spessore di 11,60 m, si incontra un intervallo caratterizzato da onde sismiche di taglio  $V_s = 263,00 \text{ m/s}$ . Nel Sismostrato 3, con uno spessore di 18,20 m, si incontra un intervallo caratterizzato da onde sismiche di taglio  $V_s = 332,00 \text{ m/s}$ . L'ultimo sismostrato, fino alla massima profondità di indagine, è caratterizzato da onde sismiche di taglio  $V_s = 850,00 \text{ m/s}$ .



**Foto 5** – Prova estensione sismico MASW

## MASW 1

### SISMOGRAMMA E SPETTRO DI VELOCITA'

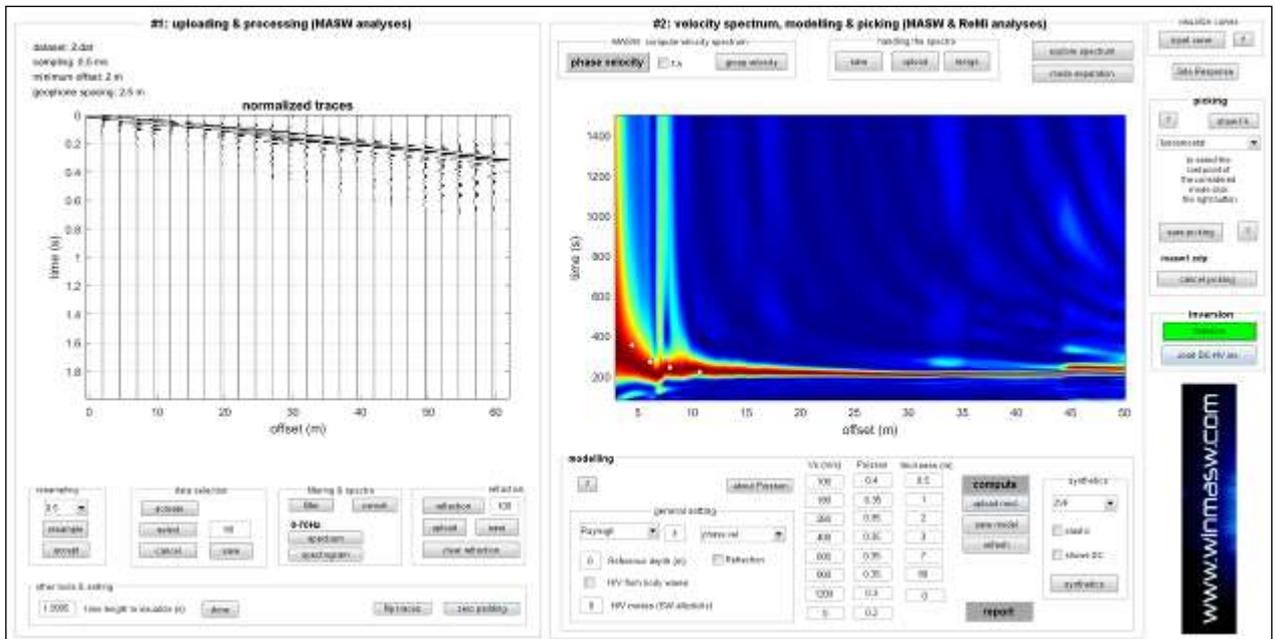


Fig. 1. Sulla sinistra i dati di campagna e, sulla destra, lo spettro di velocità calcolato

### PICKING E PROFILO ONDE S

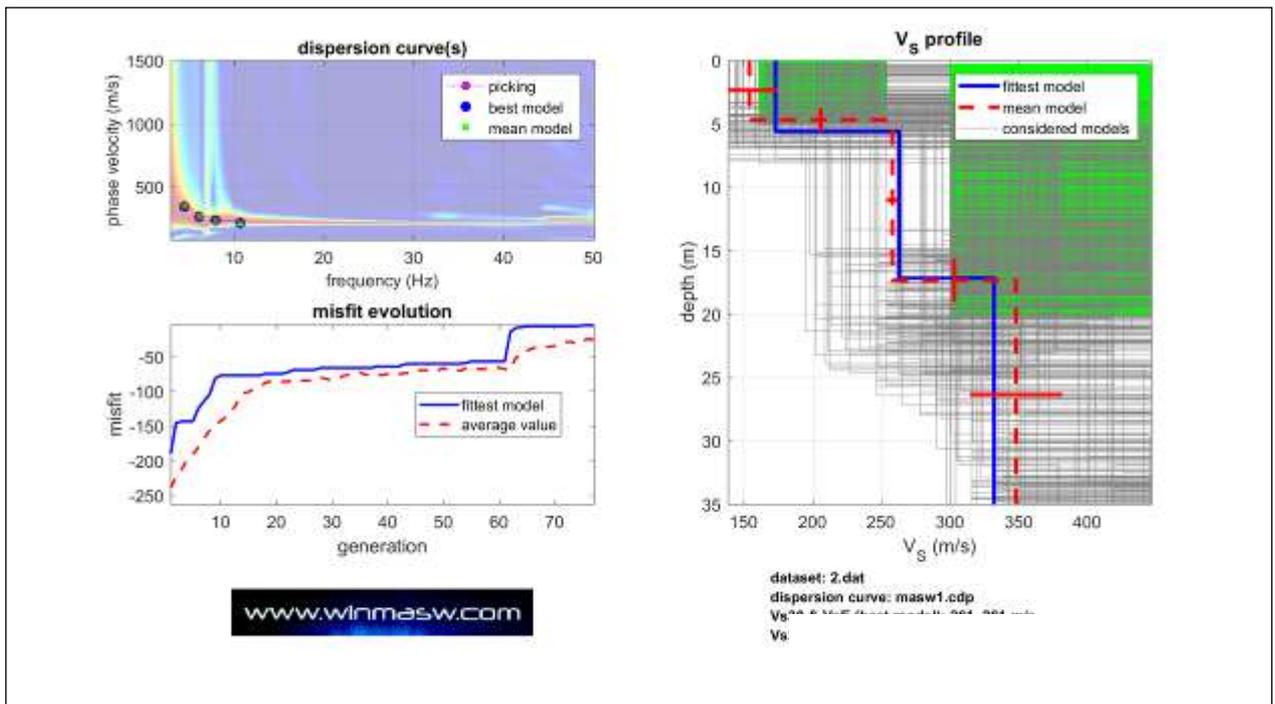


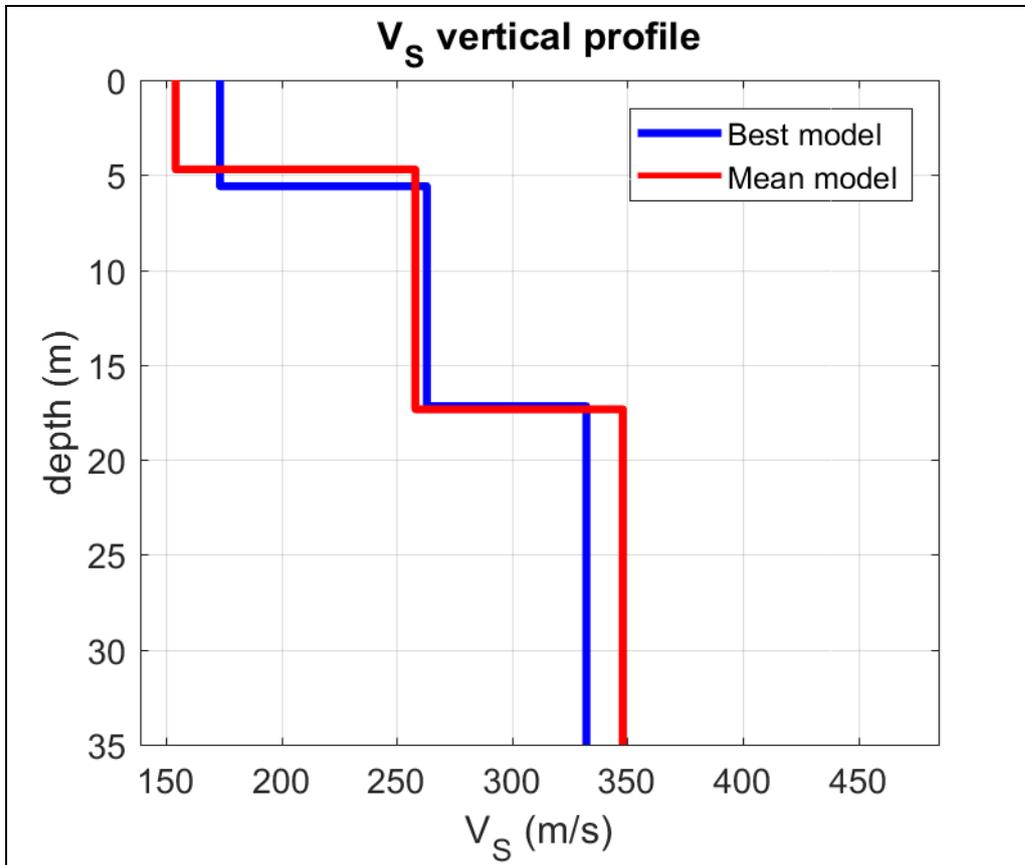
Fig. 2. Risultati dell'elaborazione in alto a sinistra curva di dispersione piccata. A destra il profilo verticale Vs identificato.

<b>Subsurface Model</b>
Vs (m/s): 173, 263, 332, 850
Standard deviations (m/s): 20, 5, 33, 105
Thickness (m): 5.6, 11.6, 18.2
Standard deviations (m/s): 0.9, 1.7, 1.1

- 1)  $V_{S_{Eq}} = 264,86 \text{ m/s}$  (calcolato a -0,50 dal p.c.). Il suolo di fondazione viene inserito nella **categoria C**.
- 2)  $V_{S_{Eq}} = 267,26 \text{ m/s}$  (calcolato a -1,00 dal p.c.). Il suolo di fondazione viene inserito nella **categoria C**.
- 3)  $V_{S_{Eq}} = 269,72 \text{ m/s}$  (calcolato a -1,50 dal p.c.). Il suolo di fondazione viene inserito nella **categoria C**.
- 4)  $V_{S_{Eq}} = 272,34 \text{ m/s}$  (calcolato a -2,00 dal p.c.). Il suolo di fondazione viene inserito nella **categoria C**.

*C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*

**STRATIGRAFIA VS**



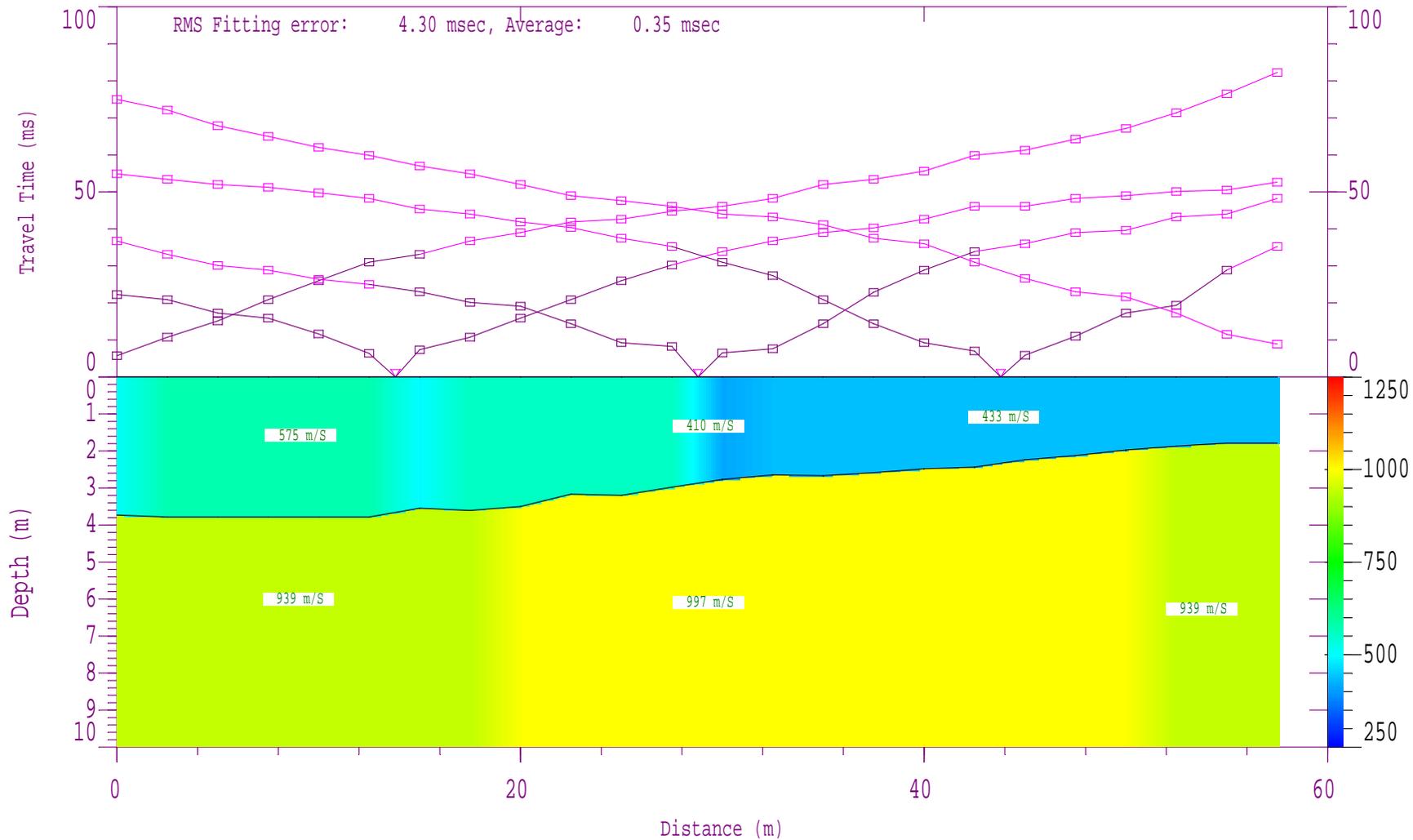
Geol. PEDACE Luigi Innocenzo  
Via Ugo Foscolo, 3  
87064 Corigliano-Rossano Area Urbana Rossano (CS)  
mail [pedacel@libero.it](mailto:pedacel@libero.it) Cell. 3486696442

---

6 CAMPAGNA DI INDAGINE

*ALLEGATO 9*  
*Profilo MASW*

# Sism1



## 7. CARATTERISTICHE TECNICHE DEI TERRENI DEL SITO

Per tutte le considerazioni e le calcolazioni che verranno eseguite, occorre caratterizzare le unità geologiche, precedentemente descritte, anche da un punto di vista geotecnico. L'assegnazione dei parametri fisico-meccanici alle distinte unità, limiterà e confinerà i domini di influenza degli ammassi terrosi sovrapposti, consentendo verifiche e calcolazioni geotecniche basate sulle risposte reologiche dei singoli livelli e non già su comportamenti medi del sottosuolo interessato dalle modifiche dello stato tensionale, per effetto di scavi e costruzioni di manufatti.

I parametri sono stati elaborati e definiti sulla base delle indagini dirette e indirette eseguite durante la fase di campagna geognostica e dai dati geotecnici similari in aree limitrofe (cfr Relazione geologica per la realizzazione di un punto sanità per guardia medica e attività socio-sanitarie). Di seguito si elencano i parametri utili alle calcolazioni geotecniche.

### 7.1 PARAMETRI DI INPUT

#### **Limo-Argilloso**

- |  |                            |
|--|----------------------------|
| ➤ Peso di volume naturale              | 1.90 g/cmc                 |
| ➤ Angolo d'attrito interno             | 23°                        |
| ➤ Coesione                             | 0.05 kg/cmq                |
| ➤ W                                    | 32-38 %                    |
| ➤ Indice di compressibilità di Winkler | $k' = 3.0 \text{ Kg/cm}^3$ |

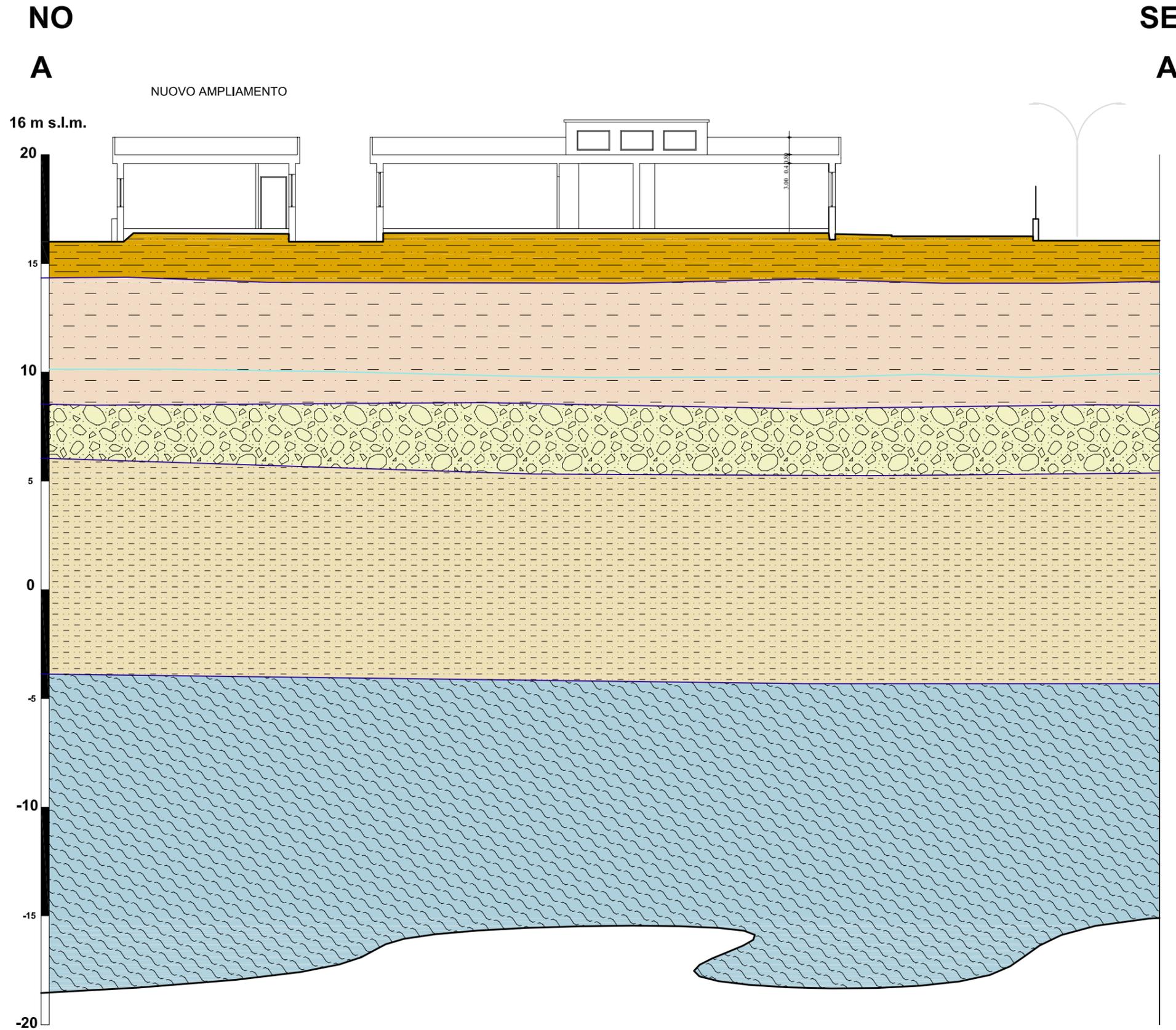
Geol. PEDACE Luigi Innocenzo  
Via Ugo Foscolo, 3  
87064 Corigliano-Rossano Area Urbana Rossano (CS)  
mail [pedacel@libero.it](mailto:pedacel@libero.it) Cell. 3486696442

7 CARATTERISTICHE TECNICHE DEI TERRENI DEL SITO

---

*ALLEGATO 10*  
*Sezione Geotecnica A-A – scala 1:200*

# SEZIONE GEOTECNICA A-A



## LEGENDA

-  Limite topografico
-  Limite stratigrafico
-  Livello falda

### Depositi alluvionali recenti (età OLOCENE)

 Sabbie limoso-argillose di colore marrone scuro

### PARAMETRI GEOTECNICI

$P_v$	= 1.90	gr/cm <sup>3</sup>
$W$	= 32-38	%
$\phi$	= 23	°
$c$	= 0.05 kg/cm <sup>2</sup>	
$K'(Winkler)$	= 3.0	kg/cm <sup>2</sup>

scala 1:200

## **8. VERIFICA DI SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE SISMOINDOTTA**

La liquefazione è un processo in seguito al quale un sedimento che si trova al di sotto del livello della falda perde temporaneamente resistenza e si comporta come un liquido viscoso a causa di un aumento della pressione neutra e riduzione della pressione efficace. La liquefazione ha luogo quando la pressione dei pori aumenta fino ad eguagliare la pressione intergranulare, ovvero quando la pressione dei pori  $u_0$  eguaglia la pressione totale  $\sigma_v_0$  (in tale condizione i grani del terreno non eserciteranno più nessuna pressione ai loro punti di contatto).

Questo crea uno stato della pressione effettiva uguale a zero:  $\sigma'_v_0 = (\sigma_{v_0} - u_0) = 0$ . L'incremento della pressione neutra è indotto dalla tendenza di un materiale granulare a compattarsi quando è soggetto ad azioni cicliche di un sisma, con conseguente aumento del potenziale di liquefazione del terreno. La liquefazione sismoindotta del terreno, con le conseguenti deformazioni associate, è una delle cause principali di danneggiamento e crollo delle costruzioni fondate su terreni non coesivi saturi ed è il risultato dell'effetto combinato di due principali categorie di fattori predisponenti e scatenanti.

**Fattori predisponenti** Il terreno deve essere saturo, non compattato, non consolidato, sabbioso o limoso o un miscuglio con poca argilla. Distribuzione granulometrica, uniformità saturazione, densità relativa, pressioni efficaci di confinamento, stato tensionale in sito iniziale ecc. **Fattori scatenanti** La sismicità: magnitudo, durata, distanza dall'epicentro, accelerazione massima superficiale, inoltre il sito deve essere scosso superficialmente a lungo e con forza dal sisma. Usualmente la liquefazione si verifica in depositi recenti di sabbia e sabbia siltosa,

depositi che spesso si trovano vicino fiumi a aree costali. Sono suscettibili di alla liquefazione: i depositi non coesivi saturi (sabbie e limi, occasionalmente ghiaie) i depositi costituiti da particelle relativamente uniformi (predomina una classe granulometrica) i depositi sabbiosi recenti

### 8.1 GLI EFFETTI

Gli effetti più comuni della liquefazione possono essere classificati in accordo ai loro differenti meccanismi di rottura. Rottura per flusso Si verifica generalmente in sabbie limose su terreni con pendenze superiori a tre gradi e consiste in un rapido movimento del terreno liquefatto lungo la direzione di massima pendenza a notevole velocità. Dislocazione laterale Si verifica su terreni a debole pendenza 2-3 gradi costituiti da uno strato rigido poggiante direttamente su di uno strato di materiale liquefatto.

I danni si verificano alle strutture poggiate sullo strato superficiale fessurato quando questo si muove. Oscillazione del terreno Per verificarsi è necessaria la presenza di uno strato liquefatto al di sotto di uno strato non soggetto a liquefazione. Il suolo superficiale si rompe con l'apertura di grosse fessure. Perdita di capacità portante.

Quando il terreno si trasforma in un liquido, perde la capacità di sopportare edifici larghi e con fondazioni anche ben progettate. Cedimenti differenziali Quando il terreno liquefacibile non ha uno spessore uniforme, alla fine della fase di scuotimento da parte di un sisma si possono verificare cedimenti differenziali che possono compromettere sia le strutture superficiali che quelle presenti all'interno del terreno (interrati).

### 8.2 Valutazione preliminare

Riguardo al rischio di liquefazione, i depositi da considerare come potenzialmente liquefacibili secondo l'O.P.C.M. 3274 e il D.M. 2018 "Norme Tecniche per le costruzioni" – punto 7.11.3.4 (Stabilità nei confronti della liquefazione).

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;

3. 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;

4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

Per il caso in esame la verifica del potenziale a liquefazione è stato eseguito con il metodo semplificato di Andrus e Stokoe 1997 il deposito in esame è definito come indice di liquefazione molto basso. Questa procedura è raccomandata dal National for Earthquake Research (NCEER).

**VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE**

METODO DI ANDRUS E STOKOE (1997)

**Sismica a rifrazione**

Spessore [m]	$\gamma$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Vs [m/s]	$\sigma_{vo}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	$\sigma'_{vo}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	FC [%]	Vsl [m/s]	Vslc [m/s]
5.6	1500	173	0.84	0.84	20	181	210.00
11.6	1700	263	1.97	0.81	20	277	210.00
2	1900	332	0.38	0.38	15	423	213.33
			0.00	0.00		0	0.00
			0.00	0.00		0	0.00
			0.00	0.00		0	0.00
			0.00	0.00		0	0.00
			0.00	0.00		0	0.00
			0.00	0.00		0	0.00
			0.00	0.00		0	0.00
			0.00	0.00		0	0.00
			0.00	0.00		0	0.00
			0.00	0.00		0	0.00
			0.00	0.00		0	0.00
			0.00	0.00		0	0.00
			0.00	0.00		0	0.00
			0.00	0.00		0	0.00
			0.00	0.00		0	0.00

R	T	FS
0.1237	0.0109	11.32
0.2136	0.0240	8.91
0.5300	0.0112	47.13
0.0000	0.0000	0.00
0.0000	0.0000	0.00
0.0000	0.0000	0.00
0.0000	0.0000	0.00
0.0000	0.0000	0.00
0.0000	0.0000	0.00
0.0000	0.0000	0.00
0.0000	0.0000	0.00
0.0000	0.0000	0.00
0.0000	0.0000	0.00
0.0000	0.0000	0.00
0.0000	0.0000	0.00

Zona 2	$a_{max}$	0.25
--------	-----------	------

M	6.7
MSF	1.4510

Falda	7.00	[m]
-------	------	-----

- $\gamma$  Peso di volume terreno
- FC Percentuale di fine
- T sforzo tagliante indotto dal sisma
- R resistenza al taglio mobilabile nello strato
- M Magnitudo del sisma di riferimento
- MSF Coefficiente correttivo
- $\sigma_v$  Tensione verticale
- $\sigma'_{vo}$  Tensione verticale efficace
- Vsl e Vslc Fattori correttivi

Il deposito è considerato non liquefacibile se **Fs** > 1.

### INDICE DI LIQUEFAZIONE

La stima del rischio di liquefazione dei terreni incoerenti sotto falda, può essere fatta determinando un indice lungo un profilo verticale.

$$IL = \sum_{i=1}^n FW \cdot \Delta z$$

z [m]	$\Delta z$ [m]	W	Fs	F	IL
5.6	5.6	7.2	11.32	0.00	0.00
17.2	11.6	1.4	8.91	0.00	0.00
19.2	2	0.4	47.13	0.00	0.00
0	0	0	0.00	0.00	0.00
0	0	0	0.00	0.00	0.00
0	0	0	0.00	0.00	0.00
0	0	0	0.00	0.00	0.00
0	0	0	0.00	0.00	0.00
0	0	0	0.00	0.00	0.00
0	0	0	0.00	0.00	0.00
0	0	0	0.00	0.00	0.00
0	0	0	0.00	0.00	0.00
0	0	0	0.00	0.00	0.00
0	0	0	0.00	0.00	0.00
0	0	0	0.00	0.00	0.00

<b>IL tot</b>	0.00
---------------	------

<b>IL</b>	<b>Molto basso</b>
-----------	--------------------

- z profondità
- $\Delta z$  spessore strato considerato
- W fattore profondità
- Fs fattore di sicurezza
- F coefficiente di sicurezza
- IL indice di liquefazione

Tab. 4.1 - Indice di rischio di liquefazione

IL	RISCHIO DI LIQUEFAZIONE
$IL = 0$	Molto basso
$0 < IL \leq 5$	Basso
$5 < IL \leq 15$	Alto
$15 < IL$	Molto alto

## 9. MICROZONAZIONE SISMICA

Per l'area d'interesse progettuale è stata eseguita una microzonazione sismica di secondo livello, in quanto l'opera da realizzare non rientra, secondo quanto specificato dalla committenza, tra quelle di tipo strategico. La stima dei fattori di amplificazione locale FA ed FV è avvenuta attraverso l'utilizzo degli abachi di riferimento, indicati dal gruppo di lavoro del Dipartimento di Protezione Civile negli "indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica" ed ai sensi della L.R. n° 9/2011.

I dati relativi alla zona in questione sono qui di seguito riportati:

Topografia	Aree pianeggianti	Categoria topografica (NTC 2008)	T1
Litologia	Depositi alluvionali recenti prevalentemente costituiti da limi		
Categoria di terreno di fondazione		"C"	
Zona Sismica OPCM 3274/2003	Nuova zonazione sismica L.R. n° 9/2011	Magnitudo L.R. n° 9/2011	Distanza /Km L.R. n° 9/2001
2	"3b"	6.7	100

E' stata valutata la sola amplificazione locale di tipo stratigrafico in quanto l'area d'interesse presenta morfologia piatta e non è, quindi, suscettibile di amplificazioni di tipo topografico.

Per entrare nelle tabelle degli abachi di riferimento e stimare le amplificazioni litostratigrafiche sono stati presi in considerazione sia la macrozona di pericolosità sismica, che la PGA nonché la litologia prevalente nel sottosuolo, lo spessore dei terreni di copertura e la velocità media equivalente delle onde di taglio negli stessi.

- la subzona di pericolosità sismica in cui il sito ricade, ai sensi della L.R. 9/2011, è la "3b", avente accelerazione PGA di 0.175 g; è stato quindi ritenuto come valore utile di a(g) di ingresso negli abachi quello di 0.18 g;

- la litologia prevalente dei terreni di copertura è stata dedotta dai dati di perforazione relativi al sondaggio fatto eseguire dall'Amm.ne comunale di Nova Siri nel 2003 nei paraggi del sito d'interesse così come specificato in precedenza; sulla scorta dei dati di perforazione, i terreni di copertura sono stati classificati come a prevalenza del litotipo argilloso;
- la profondità del basamento sismico ovvero la potenza dei terreni di copertura è stata stimata a partire dai risultati sismo-stratigrafici ottenuti dall'indagine sismica eseguita; sulla base dei dati ottenuti, considerando l'andamento della velocità delle onde di taglio con la profondità, è stato stimato che il basamento sismico nell'area d'interesse è collocato a circa 45 metri di profondità dal p.c.; come già precedentemente accennato, si sottolinea che non sono state riscontrate inversioni di velocità delle onde sismiche procedendo dal piano campagna ed andando in profondità; è stato pertanto ritenuto come valore utile di profondità (H) di ingresso negli abachi quello 50 m;
- la velocità equivalente media di taglio nei terreni di copertura è stata calcolata a partire dai dati sismo-stratigrafici e con la seguente espressione fornita dagli indirizzi e criteri di microzonazione sismica:  $V_{sh} = H / \sum h_i / v_i$ , dove H è lo spessore dei terreni di copertura,  $h_i$  è lo spessore dello strato i-esimo e  $v_i$  è la velocità delle onde di taglio nello strato i-esimo; la stima ha portato ad un valore di velocità equivalente pari a 260 m/s, quindi è stato ritenuto come valore utile di velocità per l'ingresso negli abachi quello di 300 m/s;
- riguardo al profilo di velocità ovvero alla modalità di crescita della velocità con la profondità, si è cautelativamente stimato che questa cresca con un gradiente assimilabile a quello massimo.

A partire da quanto sopra esposto, attraverso l'utilizzo degli abachi di riferimento, dei quali si riporta uno stralcio nella pagina successiva, si è calcolato che nell'area di stretto interesse il fattore di amplificazione locale stratigrafica **FA (fattore di amplificazione da applicare alle ordinate spettrali a basso periodo)** è pari a 1.71, mentre **FV (fattore di amplificazione da applicare alle ordinate spettrali ad alto periodo)** è pari a 2.15.

Fattore di amplificazione FA	Tipo di terreno Argilla	$a_g$ (g) 0.18g										Profilo di velocità Lineare pendenza intermedia
		$V_m$ (m/s)										
		150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	
H	5	2.37	1.86	1.72	1.48	1.28	1.15	1.09	1.05	1.02	1.01	
	10	2.62	2.40	2.07	1.75	1.52	1.36	1.25	1.17	1.07	1.02	
	15	2.25	2.35	2.21	1.96	1.75	1.55	1.40	1.28	1.13	1.04	
	20	1.86	2.12	2.15	1.98	1.80	1.62	1.48	1.36	1.18	1.06	
	25	1.86	1.88	1.98	1.94	1.80	1.63	1.51	1.39	1.21	1.08	
	30	-	1.86	1.87	1.80	1.75	1.62	1.50	1.39	1.22	1.08	
	35	-	1.83	1.83	1.71	1.63	1.58	1.48	1.39	1.21	1.08	
	40	-	1.79	1.80	1.71	1.64	1.52	1.45	1.36	1.21	1.08	
	50	-	1.61	1.74	1.67	1.56	1.45	1.36	1.30	1.18	1.06	
	60	-	1.53	1.66	1.62	1.54	1.43	1.34	1.27	1.15	1.05	
	70	-	1.43	1.56	1.59	1.49	1.41	1.32	1.25	1.13	1.03	
	80	-	1.41	1.53	1.49	1.47	1.37	1.31	1.23	1.12	1.02	
	90	-	1.33	1.46	1.47	1.42	1.36	1.28	1.22	1.10	1.01	
	100	-	1.22	1.40	1.42	1.39	1.33	1.27	1.20	1.09	1.00	
	110	-	1.16	1.36	1.38	1.34	1.29	1.24	1.19	1.08	0.99	
120	-	1.17	1.27	1.34	1.32	1.27	1.21	1.17	1.07	0.98		
130	-	1.11	1.21	1.31	1.28	1.24	1.19	1.15	1.06	0.98		
140	-	1.04	1.19	1.27	1.25	1.22	1.18	1.13	1.05	0.96		
150	-	1.00	1.17	1.21	1.22	1.19	1.16	1.11	1.03	0.96		

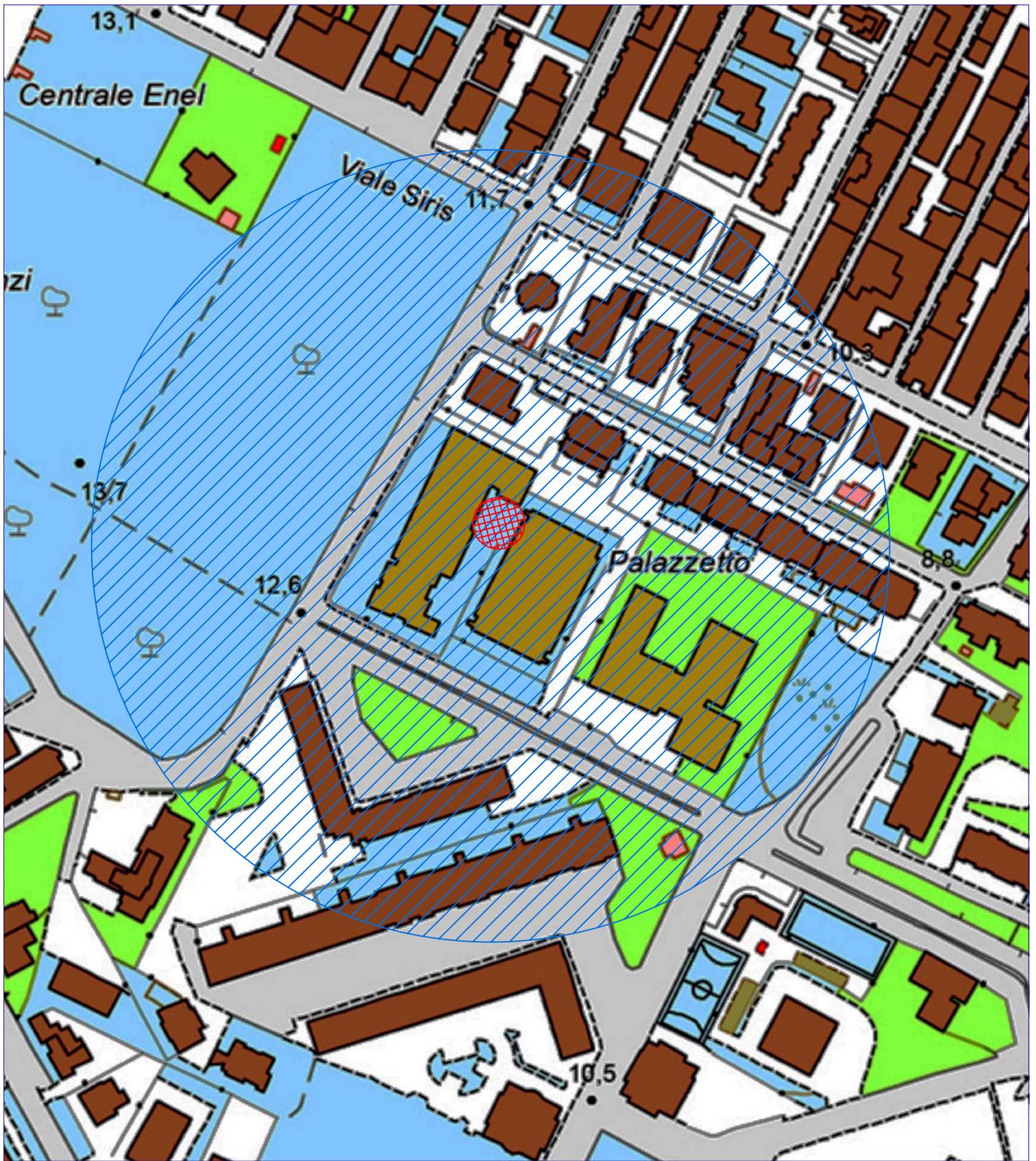
Fattore di amplificazione FV	Tipo di terreno Argilla	$a_g$ (g) 0.18g										Profilo di velocità Lineare pendenza intermedia
		$V_m$ (m/s)										
		150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	
H	5	1.18	1.09	1.04	1.03	1.02	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00	
	10	2.32	1.54	1.18	1.11	1.08	1.05	1.03	1.02	1.01	1.00	
	15	2.99	2.13	1.61	1.29	1.16	1.11	1.07	1.05	1.02	1.01	
	20	3.15	2.56	1.93	1.56	1.32	1.18	1.13	1.09	1.04	1.01	
	25	3.05	2.76	2.23	1.78	1.49	1.30	1.19	1.13	1.06	1.02	
	30	-	2.75	2.38	1.97	1.64	1.42	1.28	1.18	1.08	1.03	
	35	-	2.70	2.49	2.06	1.74	1.52	1.35	1.23	1.10	1.03	
	40	-	2.65	2.45	2.15	1.82	1.59	1.41	1.27	1.12	1.04	
	50	-	2.45	2.39	2.17	1.94	1.71	1.52	1.37	1.17	1.05	
	60	-	2.41	2.29	2.12	1.91	1.74	1.58	1.43	1.20	1.06	
	70	-	2.20	2.16	2.06	1.89	1.72	1.56	1.43	1.21	1.08	
	80	-	2.07	2.14	1.97	1.85	1.69	1.56	1.44	1.22	1.09	
	90	-	2.06	2.01	1.92	1.77	1.66	1.54	1.43	1.23	1.09	
	100	-	2.03	1.93	1.89	1.73	1.61	1.51	1.41	1.23	1.09	
	110	-	1.98	1.92	1.82	1.70	1.58	1.48	1.38	1.22	1.09	
120	-	1.97	1.91	1.75	1.67	1.55	1.45	1.37	1.21	1.08		
130	-	1.94	1.87	1.73	1.63	1.53	1.43	1.34	1.19	1.06		
140	-	1.88	1.83	1.74	1.59	1.50	1.40	1.32	1.18	1.05		
150	-	1.83	1.80	1.72	1.54	1.46	1.39	1.30	1.17	1.04		

Geol. PEDACE Luigi Innocenzo  
Via Ugo Foscolo, 3  
87064 Corigliano-Rossano Area Urbana Rossano (CS)  
mail [pedacel@libero.it](mailto:pedacel@libero.it) Cell. 3486696442

---

9 MICROZONAZIONE SISMICA

*ALLEGATO 11*  
*Carta Microzonazione Sismica – scala 1:200*



## CARTA MICROZONAZIONE SISMICA - scala 1:2000 -

### LEGENDA



Ubicazione area di Intervento



### CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE C

Litologia: Depositi di sabbia e ghiaia mediamente addensata, argille di media consistenza  
(180 m/s < Vs30 < 360 m/s)

### FATTORE DI AMPLIFICAZIONE

FA = 1.71 FV = 2.15

Tipo di terreno  
Argilla Limosa

$a_g$  (g) (accelerazione orizzontale massima)  
0.18g

Profilo di velocità  
Lineare pendenza intermedia

## 10. CONCLUSIONI

Dalle risultanze ottenute, sulla base degli elementi a disposizione derivanti dai rilievi geologici e morfologici di superficie, dalle indagini geognostiche eseguite e visti i valori dei parametri geotecnici, ottenuti dal prelievo di campione indisturbato analizzato, considerando qualità portanti del terreno, si evince che l'area in esame, da un punto di vista geologico-tecnico è idonea alla utilizzazione come terreno di fondazione e, pertanto, si formula parere positivo per la realizzazione delle opere previste, nell'ipotesi che vengano eseguite idonee strutture fondali.

Parere formulato anche in base all'assenza nell'area di sedime dell'opera in progetto di situazioni di instabilità.

In particolar modo, l'elaborazione dei dati e la conseguente stesura degli elaborati cartografici, ha permesso di redigere una *Carta di Sintesi della Criticità dell'Area (Allegato 12)*, da cui si evince che l'area risulta perfettamente utilizzabile agli scopi preposti ed in grado di accogliere l'opera in progetto, fatto salvo il rispetto di tutte le informazioni e le risultanze ottenute dal presente lavoro

Si consiglia, inoltre la realizzazione di una sufficiente rete di drenaggi allo scopo di mantenere sempre la stessa quantità di acqua naturale (acqua accedente la normale saturazione) e quindi scongiurare la possibilità di plasticizzazione e rifluimenti laterali.

Corigliano-Rossano Ottobre 2020

Il geologo

Dott. PEDACE LUIGI INNOCENZO



Geol. PEDACE Luigi Innocenzo  
Via Ugo Foscolo, 3  
87064 Corigliano-Rossano Area Urbana Rossano (CS)  
mail [pedacel@libero.it](mailto:pedacel@libero.it) Cell. 3486696442

---

10 CONCLUSIONI

***ALLEGATO 12***  
***Carta di sintesi della criticità dell'area – scala 1:200***



**CARTA DELLA CRITICITA' - scala 1:2000 -**

LEGENDA



Ubicazione area di Intervento



**Ubicazione:** coordinate (ED50) latitudine: 40.131863 e longitudine: 16.604022.

**Litologia:** terreni alluvionali recenti di natura limoso sabbioso-ciottolosa  
(180 m/s < Vs30 < 360 m/s)

**Categoria di suolo di fondazione = c; Fattore di amplificazione FA = 1.71 FV = 2.15**

**Zonazione carta della criticità:** Ia Aree di pianura (aree non esondabile ed esenti da criticità idrauliche o idrogeologiche).

**Descrizione:** area pianeggiante caratterizzata da terreni dotati di buoni valori di resistenza meccanica e privi di segni di instabilità o di erosione; L'opera in progetto prevede la realizzazione di un ampliamento di due aule per il liceo classico. Morfologicamente stabile, e priva di qualsiasi segno di erosione, l'area si sviluppa sulla dx idrografica del Fiume Simni. (area utilizzabile)

## BIBLIOGRAFIA

**Carbone S et ali. –Note Illustrative della *Carta Geologica d'Italia scala 1:50.000 foglio 523 Rotondella* .**

SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (2007) - *Carta geologica d'Italia - 1:50.000, Catalogo delle formazioni-Unità tradizionali*. Quaderni s. III, 7 (VII): 381 pp. S.EL.CA., Firenze.

SEVERINGHAUS J.P., SOWERS T., BROOK E.J., ALLEY R.B. & BENDER M.L. (1998) - *Timing of abrupt climate change at the end of the younger Dryas interval from thermally fractionated gases in polar ice*. *Nature*, 391: 141-146.

TUCKER M. (1988) - *Techniques in sedimentology*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 394 pp.

URGELES R., CATTANEO A., PUIG P., LIQUETE C., DE MOL B., AMBLAS D., SULTAN N. & TRINCARDI F. (2011) - *A review of undulated sediment features on Mediterranean prodeltas: distinguishing sediment transport structures from sediment deformation*. *Mar. Geophys. Res.*, 32: 49-69.

VAIL P.R., MITCHUM R.M. & THOMPSON S., III (1977a) - *Seismic stratigraphy and global changes of sea level*. In: C.E. PAYTON Ed., "*Seismic stratigraphy-applications to hydrocarbon exploration*". A.A.P.G. Mem., 26: 49-212.

**Sardone G. - (2012) – Progetto per la Realizzazione di una struttura punto sanità nel comune di Nova Siri**

# SOMMARIO

## **1. PREMESSA 1**

---

## **2. LINEAMENTI GEOLOGICO-TETTONICI 5**

---

2.1 Argille subappennine 5

2.2 Depositi alluvionali recenti 5

---

## **3 I TERRENI DEL SITO7**

---

---

## **4 EVIDENZE GEOMORFOLOGICHE IDROGRAFICHE ED IDROGEOLOGICHE LOCALI 11**

---

---

## **6. CAMPAGNA DI INDAGINE 13**

---

### **6.1 PROVA PENETROMETRICA DINAMICA 15**

6.1.1. Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici 15

6.1.2. Penetrometri in uso in Italia 16

6.1.3. Correlazione con Nspt 17

6.1.4. Metodologia di Elaborazione 18

6.1.5. Valutazioni statistiche e correlazioni 18

### **6.2 PROVA SISMICA A RIFRAZIONE MASW 33**

6.2.1 Acquisizione dati sismici 35

6.2.2 Elaborazione dati 35

6.2.3. Analisi dei dati 36

6.2.4. MASW - Premessa 36

6.2.5. Obiettivo dei lavori 36

6.2.6. Cenni sulle metodologie 37

6.2.7. Principi e Metodi per le indagini "MASW" 37

6.2.8. Acquisizione dati sismici 38

6.2.9. Analisi dei dati 39

---

## **7. CARATTERISTICHE TECNICHE DEI TERRENI DEL SITO 44**

---

### **7.1 PARAMETRI DI INPUT 44**

---

---

## **8. VERIFICA DI SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE SISMOINDOTTA 46**

---

8.1 GLI EFFETTI 47

8.2 Valutazione preliminare 47

---

## **9. MICROZONAZIONE SISMICA 51**

---

10. CONCLUSIONI 55

---

**BIBLIOGRAFIA 56**