

dott. Alessandro Ratazzi – geologo  
via Castello Presati 15  
24129 Bergamo

tel. 348 4077474  
e-mail [georatto@libero.it](mailto:georatto@libero.it)  
Ordine dei Geologi della Lombardia n° 1431

COMMITTENTE	Officine MAK S.r.l.
OGGETTO	Nuovo magazzino logistico tra via Moriassi e la SS 35 dei Giovi
COMUNE	Arquata Scrivia (AL)
	Relazione geologica Relazione geotecnica
DATA	giugno 2024
RELATORE	<i>dott. geol. Alessandro Ratazzi</i>



## SOMMARIO

### Premessa

#### Relazione Geologica - Modellazione geologica e stratigrafica del sito

- Inquadramento geologico-geomorfologico
- Inquadramento idrologico e idrogeologico
- Indicazioni componente geologica comunale
- Indagini in situ
  - Prove penetrometriche dinamiche SCPT
  - Scavi esplorativi
  - Metodo HVSR
- Classificazione sismica
- Categoria sismica dei terreni

#### Relazione Geotecnica Verifiche della sicurezza e delle prestazioni

##### Considerazioni stratigrafiche e geotecniche

##### Verifiche della sicurezza e delle prestazioni

- Fondazioni superficiali
- Pareti di scavo e opere di sostegno
- Dispersione delle acque bianche meteoriche

### Allegati in fondo al testo

#### Ubicazione punti d'indagine

#### Diagrammi penetrometrici

(File – ArquataSGBMAK)

## Premessa

Su incarico della Società G.B. & Partners S.r.l., e per conto della Società Officine MAK S.r.l., è stato redatto il presente studio geologico con analisi geotecnica e note idrogeologiche a supporto della progettazione di un nuovo magazzino logistico tra via Moriassi e la SS 35 dei Giovi nel comune di Arquata Scrivia (No).

Per definire le caratteristiche geotecniche dei terreni dell'area di interesse, in accordo con i progettisti, sono state eseguite:

- n.12 prove penetrometriche dinamiche SCPT, spinte, quando possibile, fino alla massima profondità di 12 metri; in altri casi è stato registrato il precoce rifiuto alla penetrazione meccanica della punta per la natura del "terreno" affiorante nell'area in esame e soprattutto al suo grado di addensamento)
- indagini geofisiche con prospezione HVSR.
- una serie di scavi esplorativi
- un rilievo geologico-stratigrafico del sito oltre alla diretta osservazione dei depositi in affioramento

I punti d'indagine sono stati localizzati compatibilmente agli ingombri esistenti, così come illustrato nello schema planimetrico allegato.

È stato fatto riferimento, inoltre, all'esauriente studio geologico (e relative mappe) redatto a supporto del PRG del comune di Arquata Scrivia.

Trattandosi di risultati desunti da indagini puntuali, e non escludendo la possibilità di locali variazioni, qualora in fase di scavo si dovessero evidenziare differenze significative da quanto qui riportato, sarà preciso obbligo dell'impresa esecutrice darne tempestiva comunicazione.

Nella presente relazione geologica e geotecnica saranno analizzati i risultati delle indagini svolte al fine di caratterizzare dal punto di vista stratigrafico, geotecnico e idrogeologico il sottosuolo: qualora necessario, non appena saranno note le caratteristiche fondazionali mi rendo disponibile a redigere apposita integrazione per indicare la resistenza di progetto del terreno interagente con le opere di fondazione e stimare l'entità dei cedimenti indotti dalle opere in progetto. Si forniranno inoltre indicazioni sulle modalità di scavo e su eventuali opere di stabilizzazione e consolidamento; infine verranno indicate le modalità da seguire per il trattamento delle acque bianche.

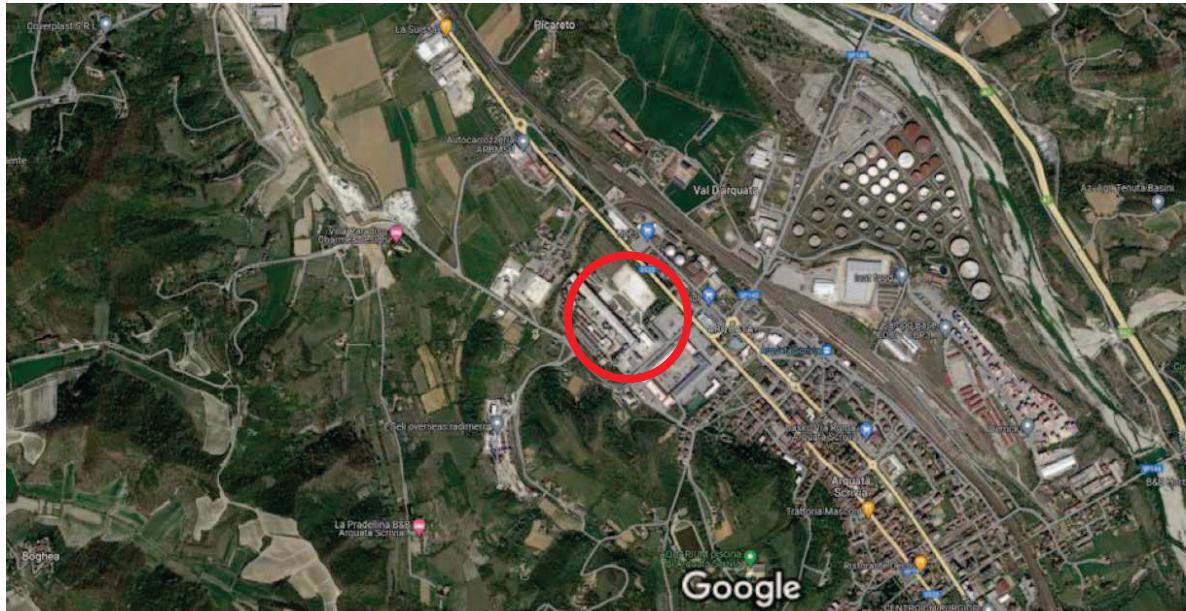
Viene redatta seguendo le indicazioni tecniche esposte:

- nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274 del 20 marzo 2003 relativa alla normativa sismica
- nell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, 17 gennaio 2018)

## Relazione Geologica - Modellazione geologica e stratigrafica del sito

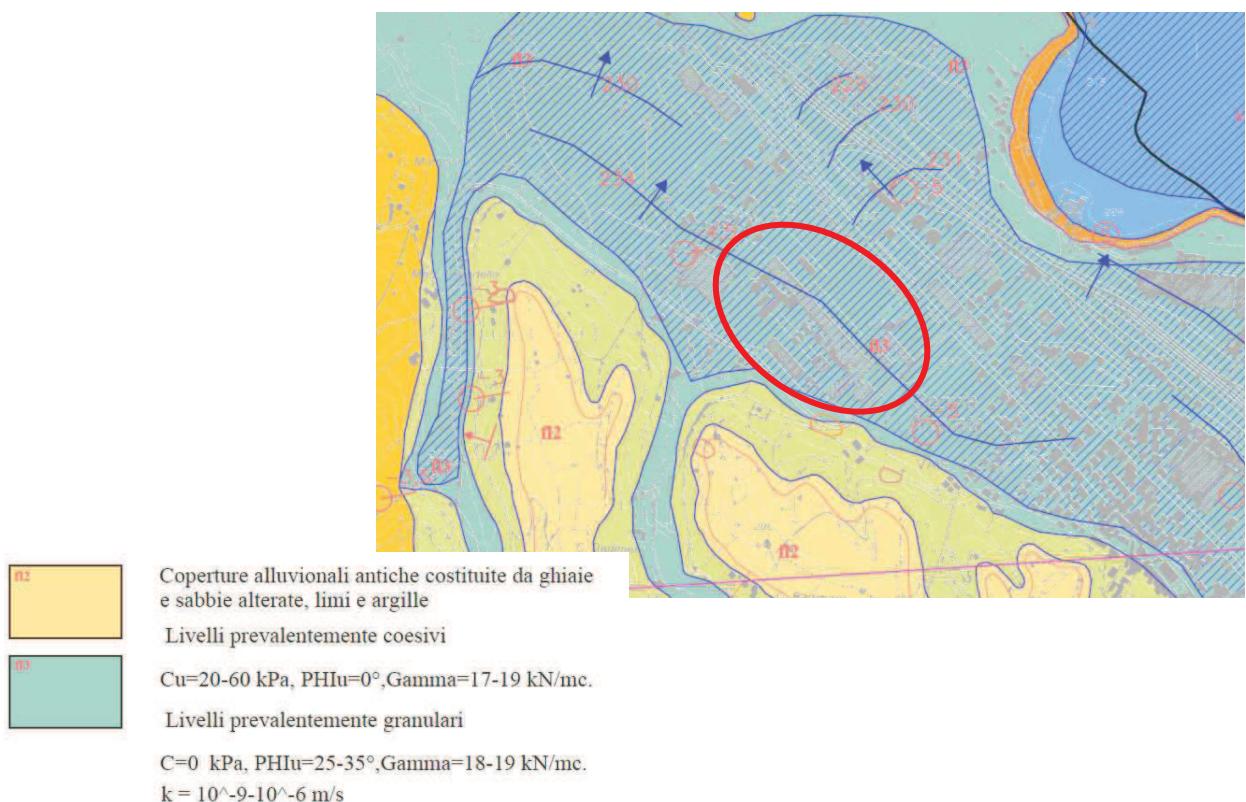
### Inquadramento geologico - geomorfologico

L'area di studio è posta nel settore nord-occidentale del territorio comunale di Arquata Scrivia, ad una quota di circa 235-240 m s.l.m..



Morfologicamente si tratta di un'ampia vallata legata ai Torrenti Scrivia e Spinti che con la loro azione deposizionale ed erosiva hanno caratterizzato anche gli aspetti geologico-stratigrafico del fondovalle; si rilevano alluvioni postglaciali ghiaiose, sabbiose, siltose e argillose affioranti a seconda della diversa energia deposizionale.

Le frazioni grossolane sono in prevalenza calcareo marnose



## Inquadramento idrologico e idrogeologico

Il reticolato idrografico superficiale di tutto l'ambito è caratterizzato dalla presenza del T. Scrivia e dei suoi affluenti; tra questi, l'unico rilevante per ampiezza del bacino e per portata e, in sponda destra è il T. Spinti; per l'area in esame, il portale dell'Autorità del Bacino del Fiume Po, e la Regione Piemonte (Direttiva Alluvioni), non indicano criticità idrauliche. Si segnala infine, lungo il pendio circostante la presenza di alcuni impluvi che raccolgono le acque del versante.

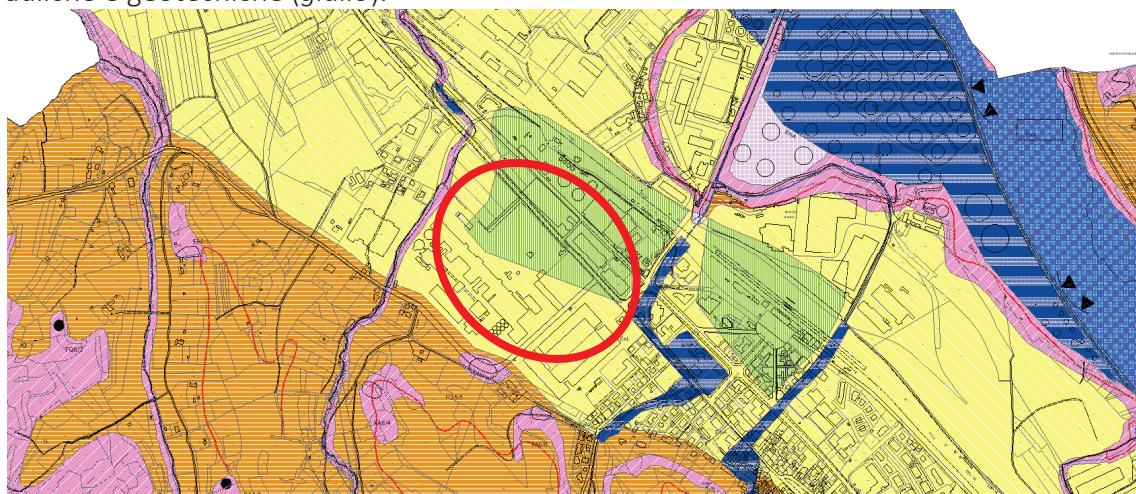
Più in generale il drenaggio delle acque meteoriche nell'area d'indagine avviene oltre che in modo diretto in profondità nelle rare zone ancora non urbanizzate, attraverso le infrastrutture stradali ed i servizi urbani di fognatura.

Per il resto, la circolazione idrica superficiale è per lo più a carattere diffuso, controllata dalla morfologia locale e marcata dalle eventuali regimazioni antropiche.

Relativamente agli aspetti idrogeologici, l'esecuzione delle indagini effettuate ha consentito di rilevare il livello freatimetrico alla profondità di 2-3.0 metri, anche se, dato il particolare contesto morfologico e idrologico, non si possono escludere variazioni locali: la cartografia consultata indica una piezometria media di 232-234 m s.l.m. (confermando quindi una soggiacenza molto superficiale).

## Indicazioni componente geologica comunale

Nella cartografia l'area è indicata con grado di pericolosità e rischio di classe 1, senza pericolosità geomorfologica (verde), e 2a con basso rischi legato a condizioni idrogeologiche, idrauliche e geotecniche (giallo).



## Indagini in sito

### Prove penetrometriche dinamiche DPSH-SCPT

Le prove penetrometriche dinamiche SCPT sono state eseguite con penetrometro dinamico pesante PAGANI 63.5 Kg, montato su carro a cingoli gommati i cui componenti sono rigorosamente conformi alle norme geotecniche in materia. In particolare, il penetrometro impiegato può essere descritto come penetrometro classe DPSH tipo "Meardi" o "Terzaghi modificato" o "pesante" o "STANDARD CONE PENETRATION TEST".

I dati tecnici del penetrometro sono così riassumibili:

<i>Diametro delle aste:</i>	32 mm
<i>Punta conica – diametro:</i>	50.8 mm      2"
<i>Conicità:</i>	90°
<i>Peso del maglio :</i>	63.5 kg
Altezza di caduta (volata):	75 cm      30"

La prova consiste nel misurare il numero dei colpi ( $N_{SCPT}$ ) necessari all'infissione delle aste D. 32 mm per un intervallo pari a 20 centimetri.

Tale valore viene poi "normalizzato" con fattori di conversione, per essere comparabile con le prove di riferimento SPT.

Nell'allegato vengono esposti i diagrammi relativi alla prova dove in ascissa, in funzione della profondità, con linea continua viene esposto il valore " $N_{SCPT}$ " relativo all'avanzamento delle aste.

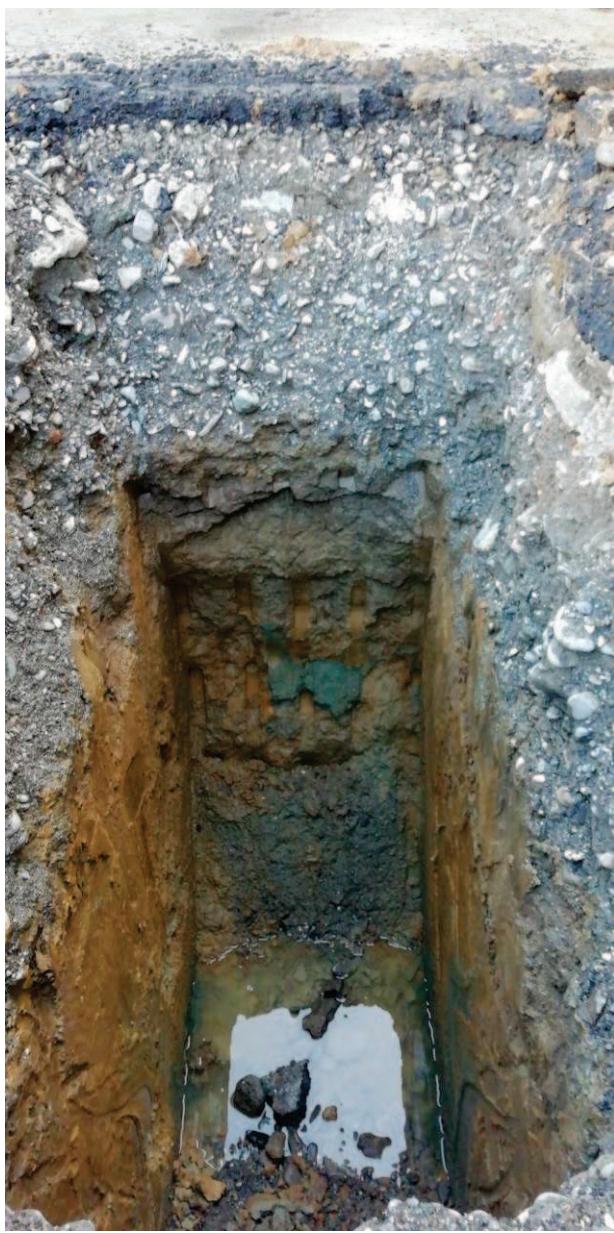


## Scavi esplorativi

Per accettare le caratteristiche dei terreni più superficiali è stato proposto di effettuare alcuni scavi esplorativi con mezzo meccanico spinti fino alla profondità di 3.5-4.0 m circa.

Questi hanno permesso di confermare una certa eterogeneità superficiale caratterizzata da una copertura di riporto e /o rimaneggiata per circa 1.5-3.0 metri (ma dato il contesto non si possono escludere spessori maggiori) e costituita da materiale arido naturale grossolano: seguono poi limi argilloso sabbiosi di colore nocciola.

È presente quasi sempre, indipendentemente dall'ambito investigato, una falda superficiale a 2-3-0 metri di profondità.



## Metodo HVSR

La metodologia d'indagine HVSR (detta anche tecnica di Nakamura, 1989) è una tecnica sismica passiva che prevede la misura del "rumore ambientale" o "microtremore", della superficie terrestre dovuto a fenomeni sia naturali (es. vento) che antropici.

Il metodo porta ad individuare eventuali fenomeni di amplificazione sismica e risonanza dovuti alla stratigrafia locale ed alle discontinuità presenti nel substrato.

La tecnica è non invasiva, rapida e non necessita di fonti di energizzazione esterne, dato che il rumore ambientale è ovunque presente.

Essa sfrutta le basi teoriche dei metodi sismici tradizionali (riflessione, rifrazione), unite a quelle dei microtremori.

Lo spessore di uno strato, noto da precedenti indagini (es. sondaggio, prove penetrometriche, etc.) e la velocità delle onde S di taglio in tale strato determinano la "frequenza fondamentale di risonanza" delle onde secondo la relazione:

$$f_0 = Vs/4h,$$

dove Vs è la velocità delle onde S nello strato attraversato ed h il suo spessore.

I microtremori sono principalmente legati alle onde superficiali, in particolare alle onde di Rayleigh, e solo in parte alle onde di volume P o S. Nelle analisi si fa ad ogni modo riferimento alle onde S dato che la velocità delle onde di Rayleigh è molto simile a quella delle onde S.

La frequenza fondamentale di risonanza del sito è legata al passaggio delle onde da un materiale ad un altro avente diversi valori di velocità delle onde sismiche e di densità; quindi, è legata alla presenza di un contrasto d'impedenza acustica.

Il rapporto H/V permette di determinare tale frequenza fondamentale.

Tramite opportuni algoritmi si può compiere un'inversione degli spettri H/V al fine di determinare i profili di velocità delle onde di taglio S e quindi il valore Vseguivalenti, come previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni.



## Classificazione sismica

Il comune di Arquata Scrivia è inserito nella zona “3” e caratterizzato da un parametro di pericolosità (accelerazione orizzontale massima al suolo  $a_{g,475}$ ) espressa come frazione dell’accelerazione di gravità g) pari a **0.15 g> $a_{g,475}\geq 0.05g$** .

TR (anni)	Ag (g)	F0(-)	TC*(s)
30	0.025	2.489	0.189
50	0.033	2.492	0.212
72	0.038	2.519	0.227
101	0.046	2.458	0.246
140	0.053	2.461	0.254
201	0.063	2.459	0.265
475	0.092	2.423	0.272
975	0.123	2.446	0.276
2475	0.171	2.453	0.283

Vita nominale della costruzione (anni): VN: 50

Classe d’uso della costruzione  $c_u$ : 1.0

Periodo di riferimento per la costruzione (anni): VR: 50

Stato Limite	TR (anni)	Ag (g)	F0(-)	TC*(s)
SLO	30	0.025	2.489	0.189
SLD	50	0.033	2.492	0.212
SLV	475	0.092	2.423	0.272
SLC	975	0.123	2.445	0.276

## Categoria sismica dei terreni

Le indagini effettuate hanno permesso di rilevare un  $V_{seq} = 28-290$  m/s e quindi di categoria C.

Per determinare i parametri dello spettro di risposta elastico delle componenti orizzontali si potrà fare riferimento alla tabella:

Categoria suolo	$S$	$T_B$	$T_C$	$T_D$
A	1.00	0.15	0.40	2.00
B-C-E	1.25	0.15	0.50	2.00
D	1.35	0.20	0.80	2.00

Mentre per quelli della componente verticale:

Categoria suolo	$S$	$T_B$	$T_C$	$T_D$
A-B-C-D-E	1.00	0.05	0.15	1.00

Categoria sottosuolo: C

Periodo di riferimento: 50anni

Categoria topografica:

T1

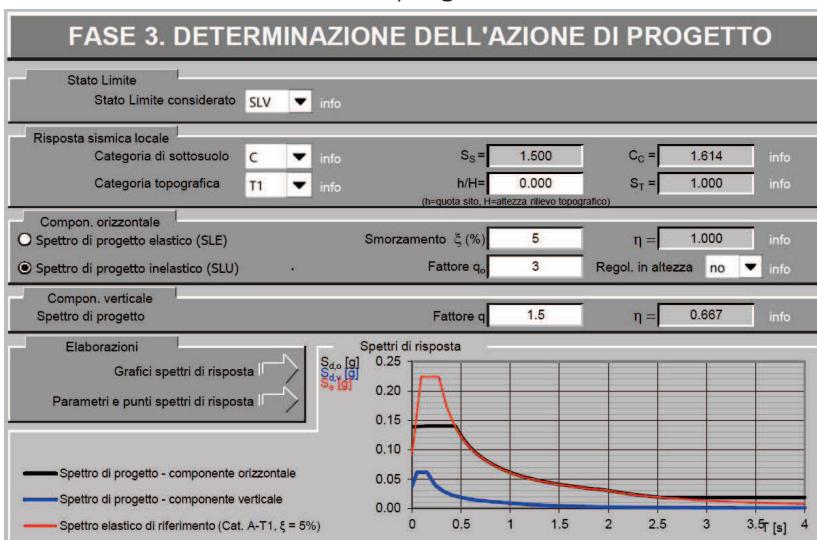
Coefficiente  $c_u$ :

1

	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss* (ampl. stratigrafica)	1,50	1,50	1,50	1,50
Cc* (coeff.funz. categ.)	1,82	1,75	1,61	1,60
St* (amplificazione topografica)	1,00	1,00	1,00	1,00

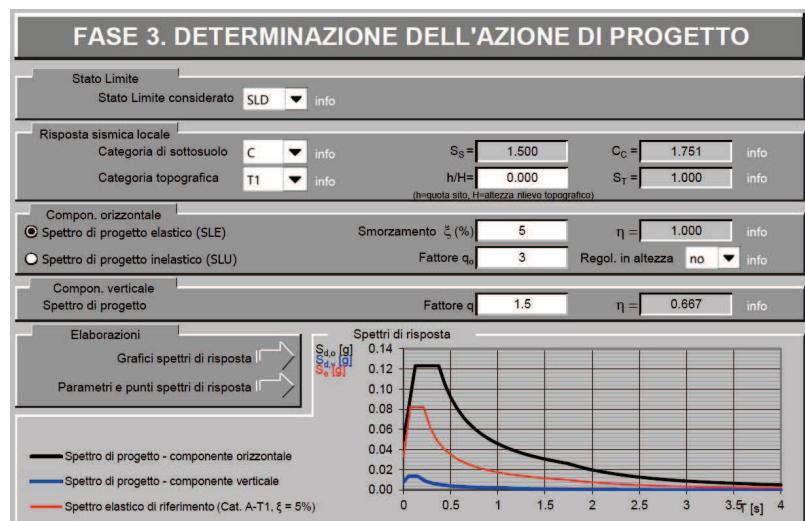
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,008	0,010	0,028	0,044
kv	0,004	0,005	0,014	0,022
Amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,368	0,485	1,356	1,808
Beta	0,200	0,200	0,200	0,240

### Determinazione dell'azione di progetto



SLU

SLE



Facendo riferimento al paragrafo 7.11.3.4.2. delle NTC 2018 (*esclusione della verifica a liquefazione*):

**7.11.3.4.2 Esclusione della verifica a 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  $(N_1)_{60} > 30$  oppure  $q_{c1N} > 180$  dove  $(N_1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $q_{c1N}$  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  $U_c > 3,5$ .

date le condizioni stratigrafiche, geotecniche, idrogeologiche e sismiche del sito, non sussistono pericoli in tal senso.

## Caratterizzazione e modellazione geotecnica

### Considerazioni stratigrafiche e geotecniche

Viste le problematiche di accessibilità esposte in premessa, sebbene le indicazioni riportate siano da ritenere attendibili, le stesse saranno da verificare in una ulteriore fase di indagine e/o di scavo. In base ai risultati dell'indagine effettuata si è comunque ricostruita la successione dei Livelli geotecnici: le descrizioni stratigrafiche sono da ritenere indicative in quanto dedotte in modo indiretto durante l'esecuzione delle prove.

LIVELLO [1]: da piano campagna fino alla profondità media di 2.0-3.0 metri, ma dato il contesto non si possono escludere spessori maggiori.

Materiali di riporto e/o rimaneggiati di varia natura e/o eluviali e con eterogenee caratteristiche di addensamento, legate alla frazione granulometrica prevalente, fino a far registrare il rifiuto alla penetrazione della punta.

In questa fase sono comunque definibili come *“sciolti – poco addensati”* (Associazione Geotecnica Italiana 1977) e si possono ipotizzare cautelativamente:

*Peso di Volume (t/mc): 1.65-1.70*

*Angolo di Attrito (°): 24-26*

*Modulo Elastico (kg/cmq): 40-50*

ricordando che:

Peso di volume: stima valutata in relazione a  $N_{SCPT}$

Angolo di attrito: correlazione tra  $N_{SCPT}$  e  $\phi$  di Meyerhof per terreni con una percentuale di sabbia fine e limo superiore a 5

Modulo elastico: valutato da correlazioni empiriche tra  $N_{SCPT}$  e il tipo di terreno

LIVELLO [2]: dalla base dello strato precedente fino alla profondità variabile di 6.5-8.0 metri.

Si tratta di limi argilloso sabbiosi in falda e con  $N_{SCPT}$  (numero dei colpi necessari all'avanzamento di 20 centimetri della punta conica) mediamente inferiore a 5 e tale da essere definiti come *“sciolti”* (Associazione Geotecnica Italiana 1977).

Nonostante la componente limoso-argillosa di questo Livello, e di quello sottostante, in assenza di specifiche prove è preferibile prevedere un suo comportamento *“incoerente”* e per tale motivo la caratterizzazione geotecnica fornita è in *“condizioni drenate”*.

Sono così caratterizzabili dal punto di vista geotecnico:

*Peso di Volume (t/mc): 1.65-1.75*

*Peso di Volume in falda (t/mc): 1.15-1.25*

*Angolo di Attrito (°): 25-27*

*Modulo Elastico (kg/cmq): 50-80*

LIVELLO [3]: fino alla massima profondità investigata di 12 metri.

Si tratta presumibilmente del medesimo terreno del livello precedente ma con un numero di colpi  $N_{SCPT}$  maggiore (10-12 e definibile *“moderatamente addensate”* AGI 1977).

In depositi coesivi, il numero di colpi apparentemente elevato non sempre è legato al reale grado di addensamento che tali terreni hanno ma anche alle caratteristiche granulometriche degli stessi, e alla tipologia di punta utilizzata (“chiusa”) durante l’esecuzione delle prove penetrometriche, che non sempre consente una corretta dissipazione delle pressioni. Tale livello è caratterizzabile con:

*Peso di Volume (t/mc): 1.70-1.80*

*Peso di Volume in falda (t/mc): 1.20-1.30*

*Angolo di Attrito (°): 28-30*

*Modulo Elastico (kg/cmq): 100-130*

## Verifiche della sicurezza e delle prestazioni

### Fondazioni superficiali

Allo stato attuale delle conoscenze non sono note le tipologie e le caratteristiche delle fondazioni in progetto.

Qualora necessario, sarà cura dello scrivente eseguire le analisi previste da normativa su richiesta dei progettisti e/o committenti.

### Pareti di scavo e opere di sostegno

Qualora i fronti di scavo non dovessero interessare a confine, edifici esistenti o strade, considerando il solo aspetto di stabilità, le operazioni di movimento terra potrebbero essere realizzate senza particolari opere preliminari di consolidamento.

Questo, tuttavia, non significa che non si dovranno adottare tutte le precauzioni previste dalla normativa vigente in merito alla sicurezza sui luoghi di lavoro per altezze superiore a 1.5 m (D.Lvo. n° 81/08).

Si segnala comunque che gli scavi di ribasso, che abitualmente vengono realizzati con fronti praticamente verticali sono da ritenere "stabili" solo in condizioni a brevissimo termine (secondo le indicazioni desunte dall'utilizzo del Metodo di Taylor) e pertanto sono assolutamente da evitare.

In condizioni di medio e lungo termine, condizioni nelle quali il terreno perde del tutto le caratteristiche di coesione, sia per le caratteristiche stratigrafiche che geotecniche dei terreni esaminati, la stabilità dei fronti potrà essere garantita solamente con angoli di scarpata non superiori a 55°.

Si raccomanda, comunque, di mantenere gli scavi aperti per il minor tempo possibile avendo cura di coprire il fronte (già dal bordo superiore) mediante teli impermeabili in nylon o politene. Sarà necessario incanalare, raccogliere ed allontanare eventuali venute d'acqua.

Per qualunque caso analizzato si sconsiglia il carico (anche accidentale) del tratto di monte a ridosso del fronte di scavo.

In aderenza a sovraccarichi o nell'impossibilità di seguire le modalità sopra indicate, si dovrà procedere in sezione parziale con realizzazione di eventuali sottomurazioni, o in alternativa, un lavoro preliminare di contenimento/consolidamento.

Infine, si dovranno valutare le problematiche legate alla possibile presenza di acqua, eventualmente prevedendo un sistema di de-watering.

Mi rendo comunque disponibile, in una fase progettuale più avanzata, a meglio valutare l'intervento ottimale.

## Dispersione delle acque bianche meteoriche

Eventuali necessità di dispersione di acque raccolte (rigorosamente bianche e conformemente alla normativa vigente) dovranno essere previste considerando una permeabilità del terreno naturale in posto “bassa” “molto bassa” (per l’abbondanza di matrice limoso-argillosa); inoltre per la possibile presenza di una falda molto superficiale, l’ipotesi di disperdere le acque meteoriche nel sottosuolo è sconsigliata.

In alternativa si potranno realizzare vasche e/o pozzi di accumulo-stoccaggio e con dimensioni opportunamente calcolate; si dovranno prevedere pompe di allontanamento o comunque tubazioni di “troppo pieno” che consentano di disperdere le acque in fognatura, chiedendo gli eventuali permessi agli enti preposti.

Il modello geologico del sito, costruito mediante esecuzione di indagini puntuali, è applicabile tridimensionalmente a tutta l’area oggetto di intervento.

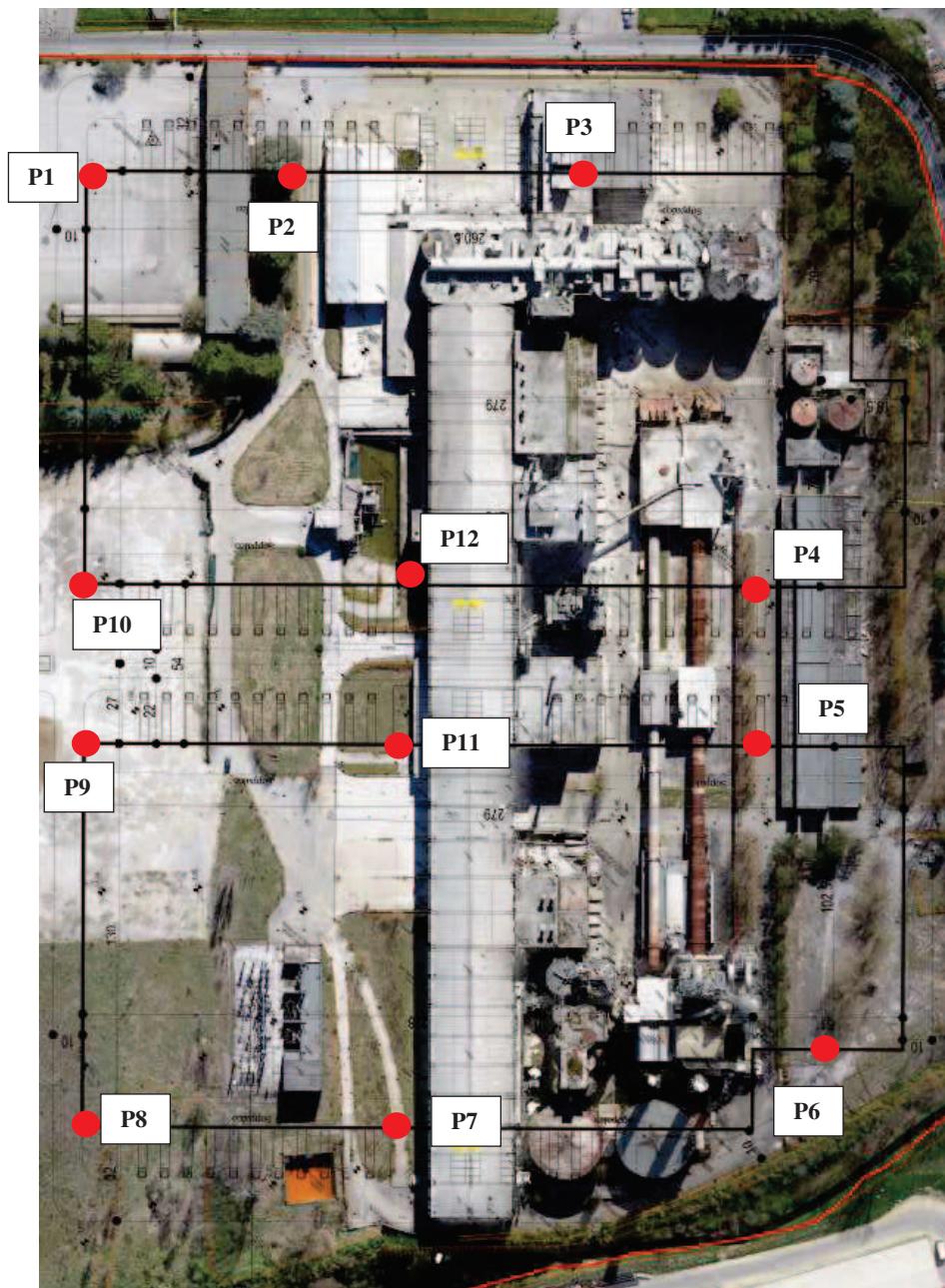
Trattandosi di risultati desunti da prove puntuali, e non escludendo la possibilità di locali variazioni, sarà necessario verificare e confermare in fase di scavo le indicazioni qui esposte.

Dal punto di vista della compatibilità degli interventi di trasformazione territoriale l’area non presenta alcuna restrizione, infatti, non vi sono situazioni di rischio idrogeologico.

I risultati esposti nella presente non tengono conto di eventuali vincoli urbanistici, regolamenti edilizi locali e di altri vincoli imposti dalle pubbliche Autorità, dei quali non sono stato incaricato di verificare l’esistenza.

Resto a disposizione per qualsiasi chiarimento.



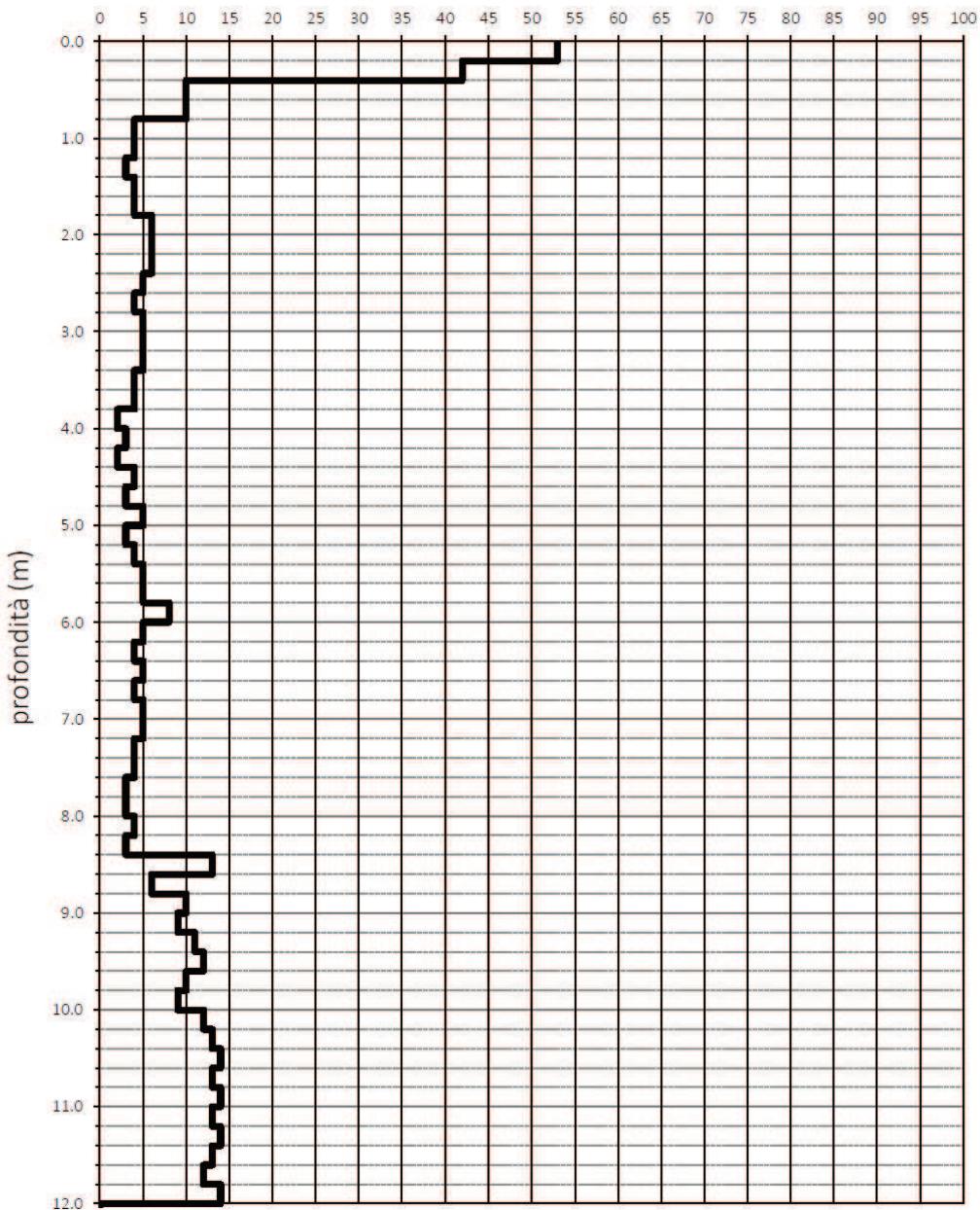


Ubicazione punti d'indagine

Arquata Scrivia  
giugno 2024

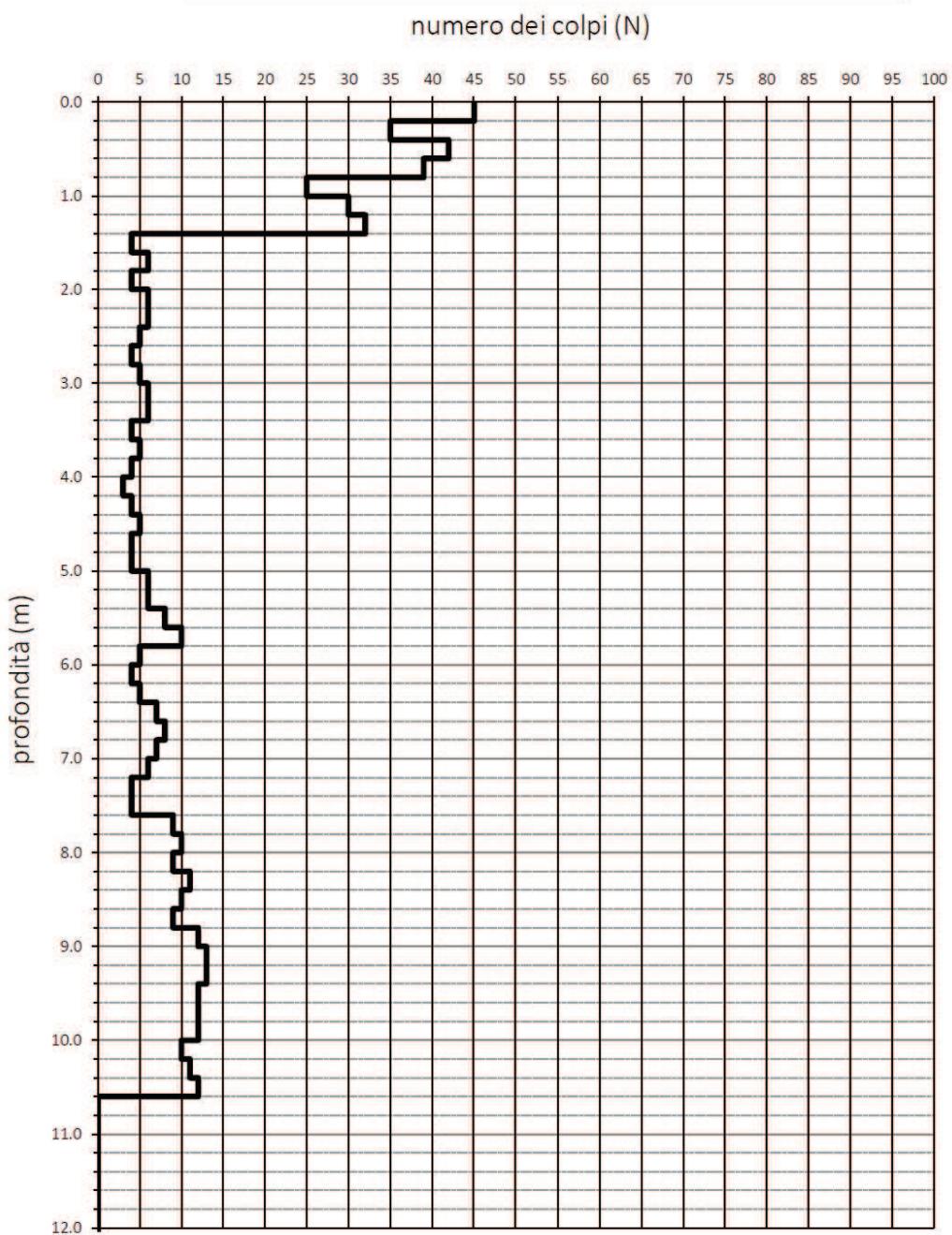
## PROVA PENETROMETRICA SCPT n.01

numero dei colpi (N)



Arquata Scrivia  
giugno 2024

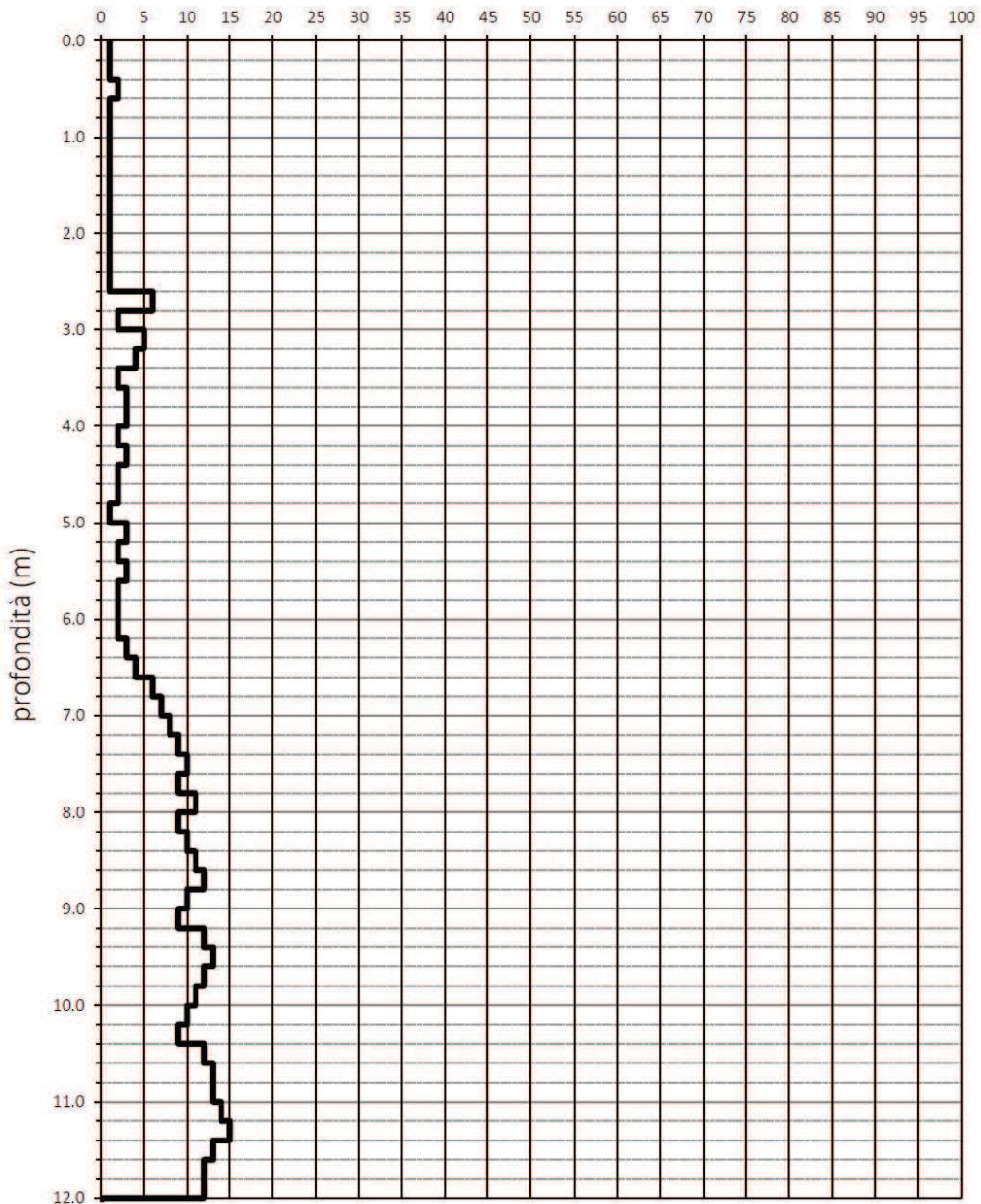
## PROVA PENETROMETRICA SCPT n.02



Arquata Scrivia  
giugno 2024

### PROVA PENETROMETRICA SCPT n.03

numero dei colpi (N)

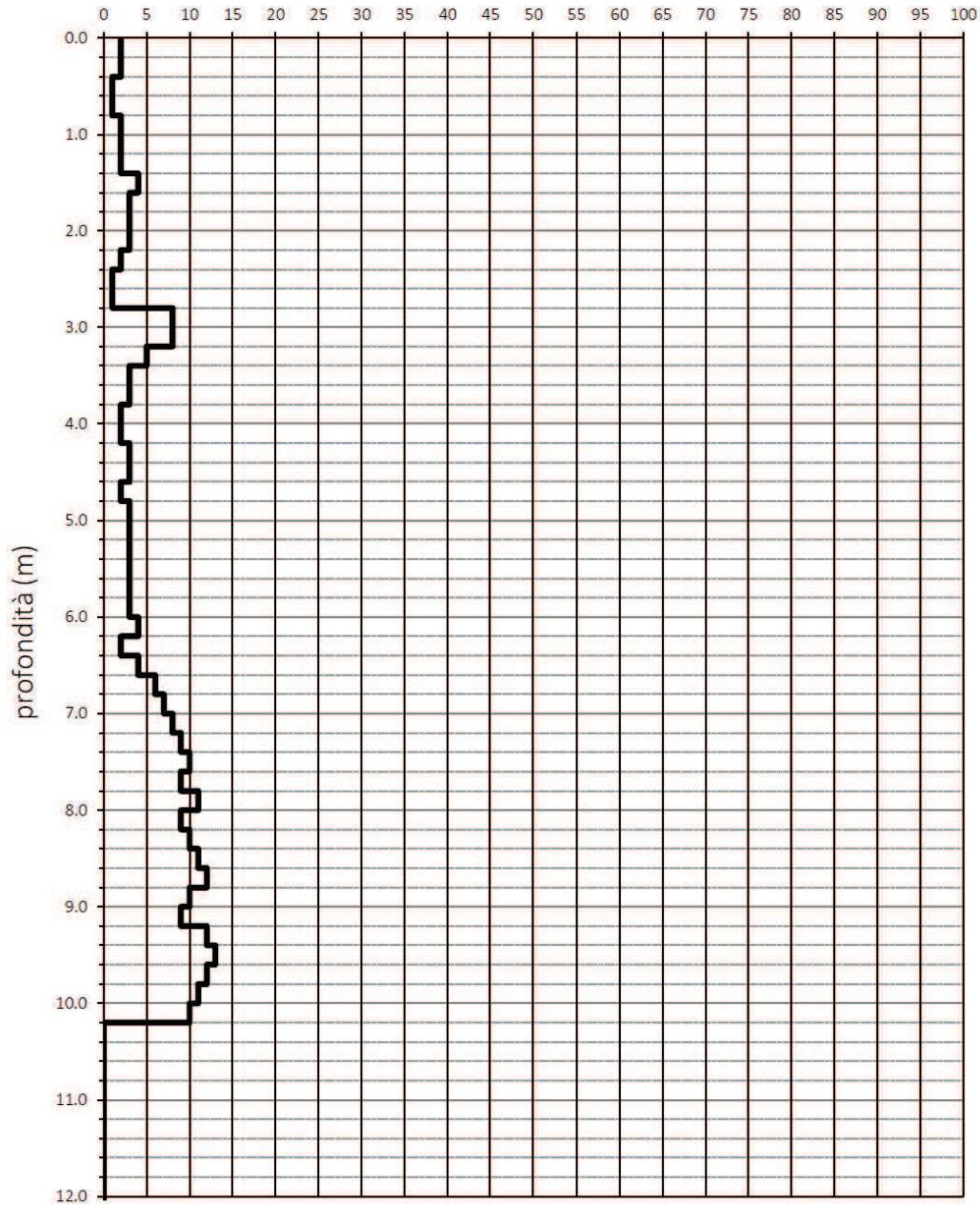


— Punte

Arquata Scrivia  
giugno 2024

## PROVA PENETROMETRICA SCPT n.04

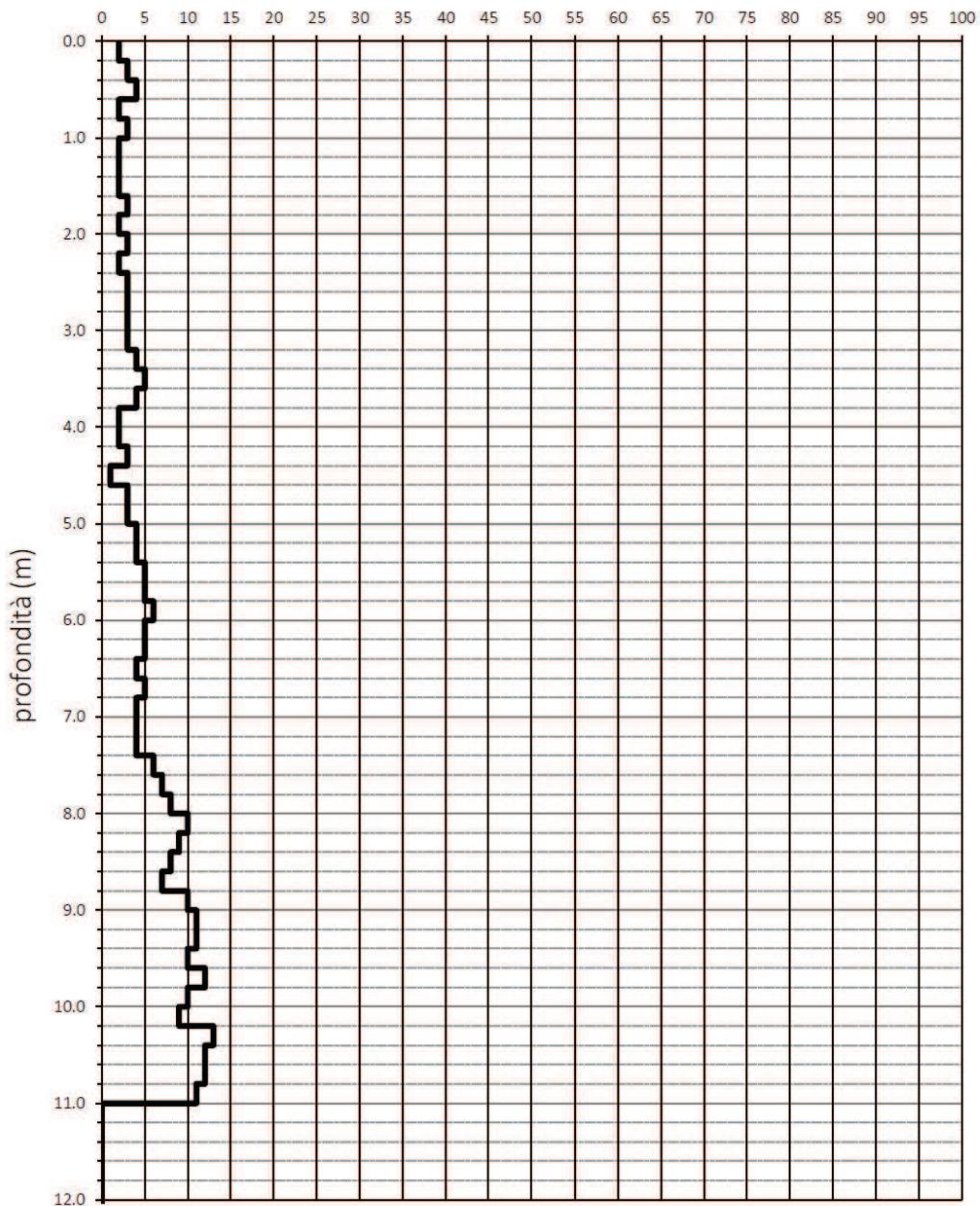
numero dei colpi (N)



Arquata Scrivia  
giugno 2024

## PROVA PENETROMETRICA SCPT n.05

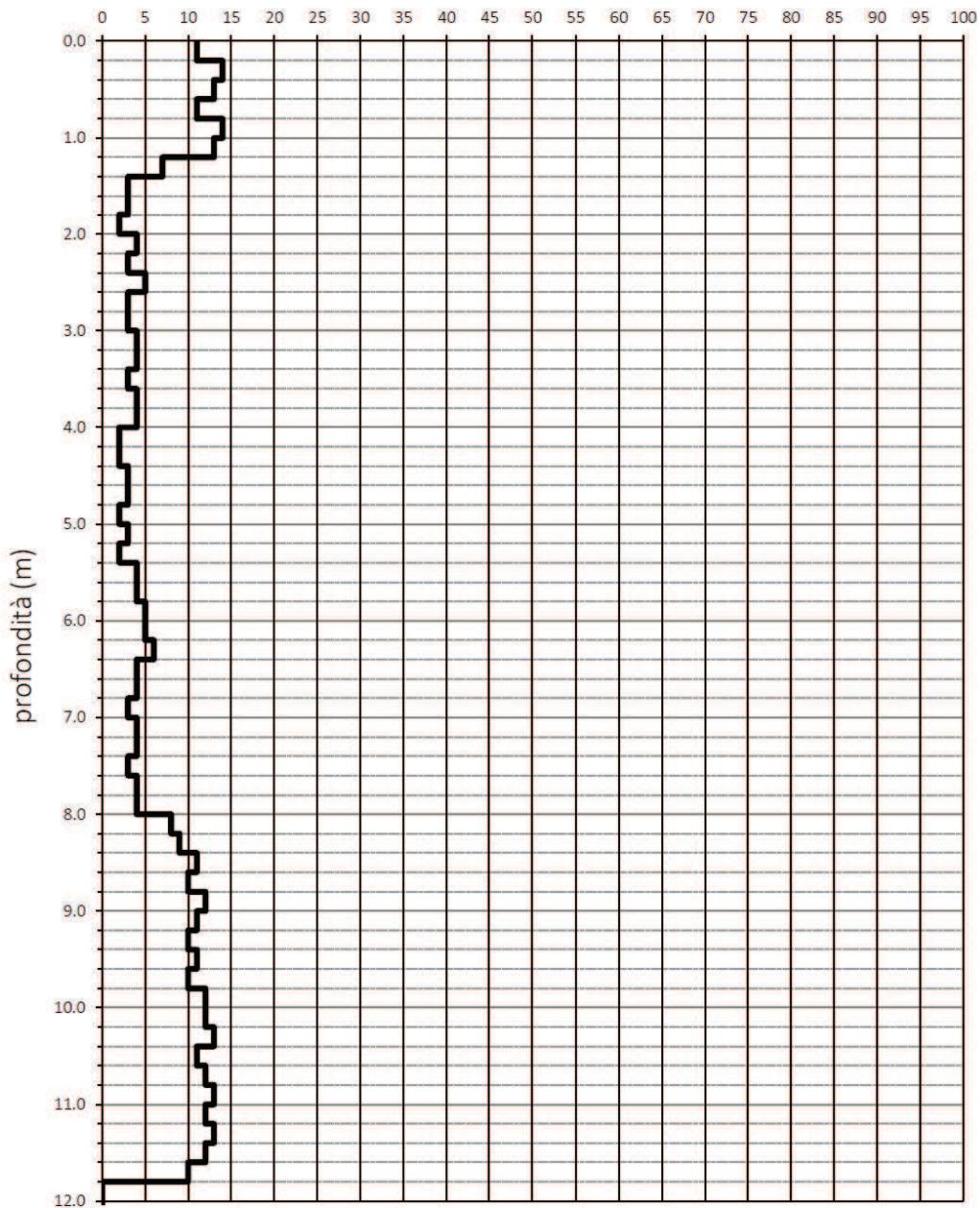
numero dei colpi (N)



Arquata Scrivia  
giugno 2024

## PROVA PENETROMETRICA SCPT n.06

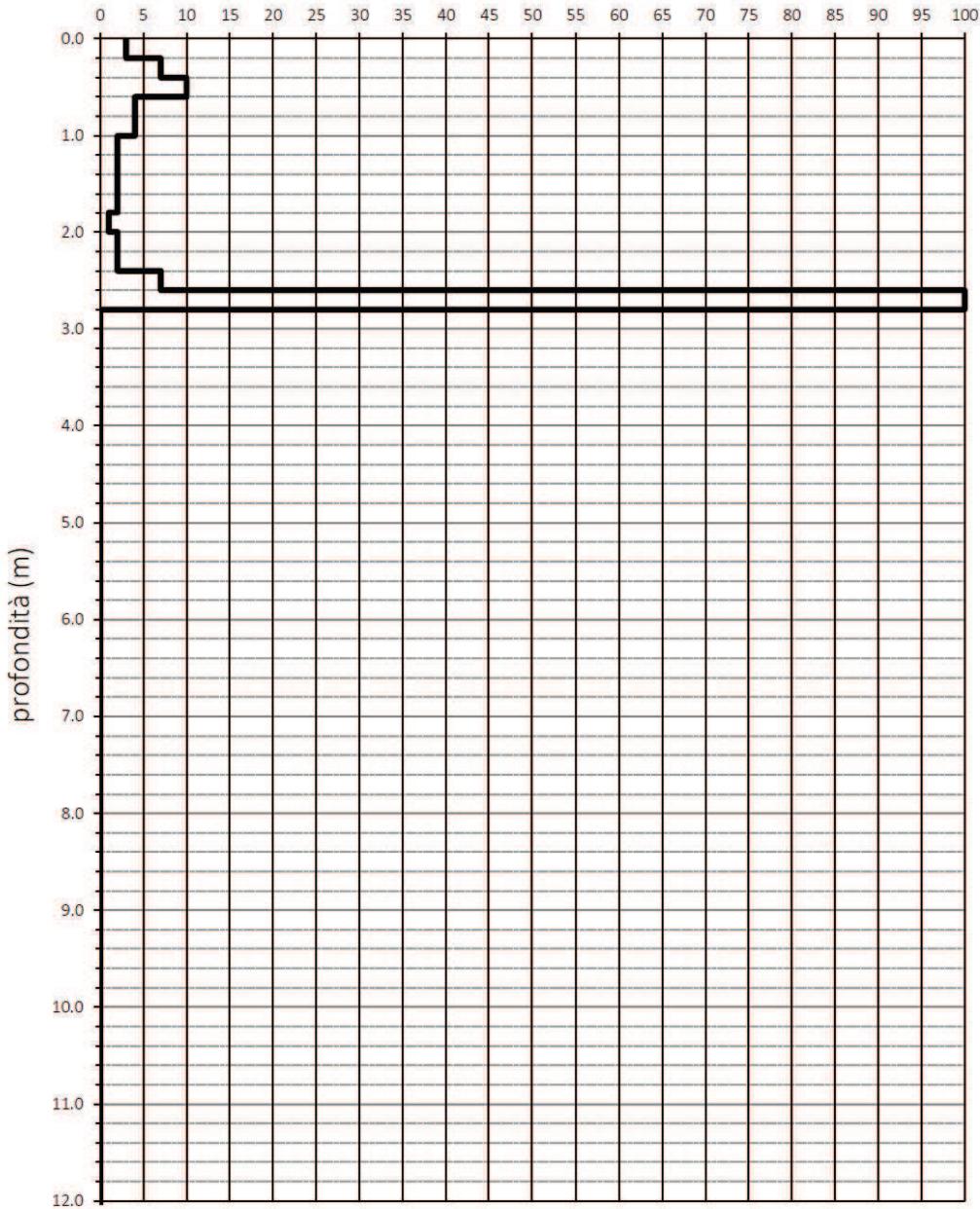
numero dei colpi (N)



Arquata Scrivia  
giugno 2024

## PROVA PENETROMETRICA SCPT n.07

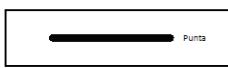
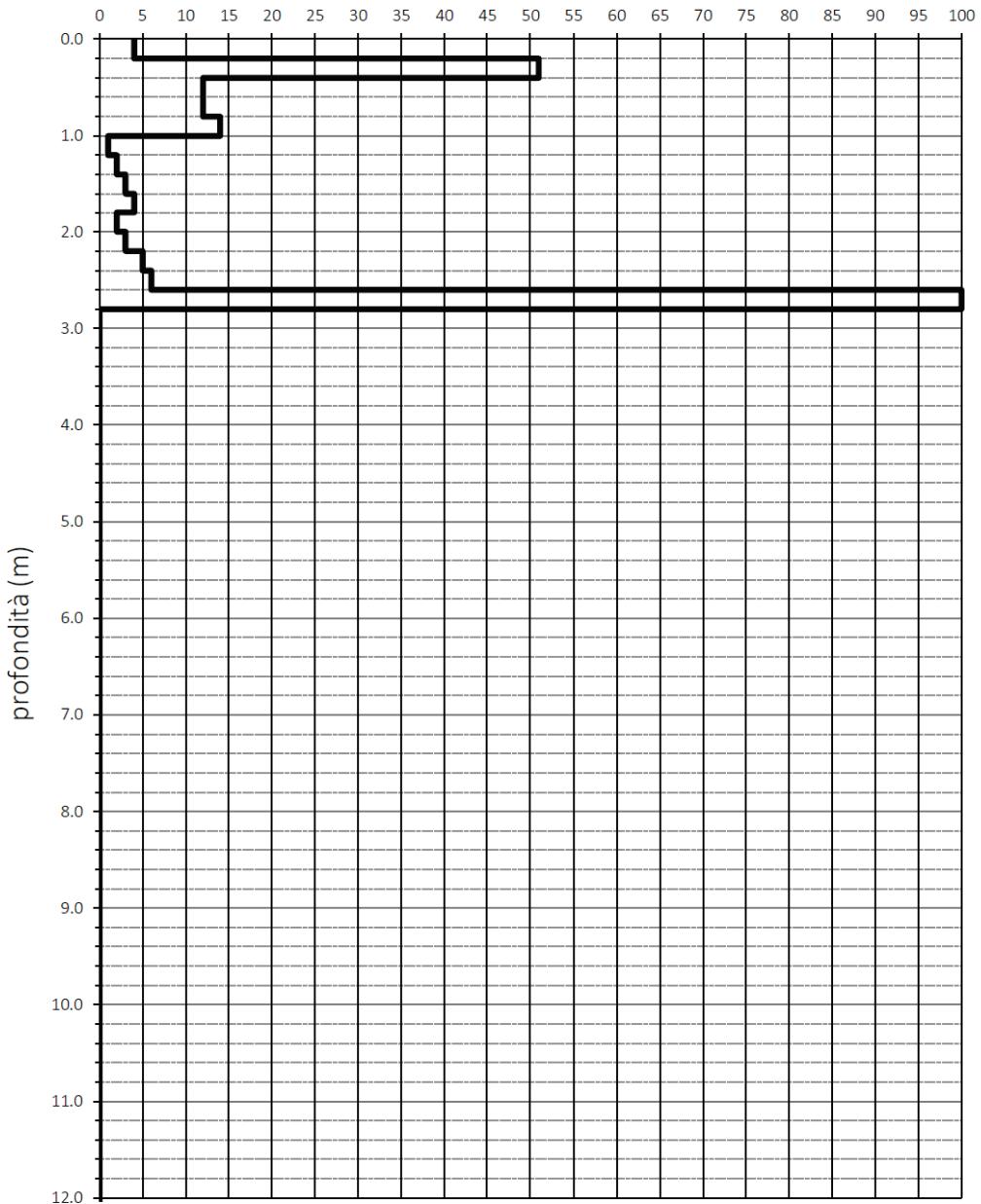
numero dei colpi (N)



Arquata Scrivia  
giugno 2024

## PROVA PENETROMETRICA SCPT n.08

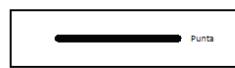
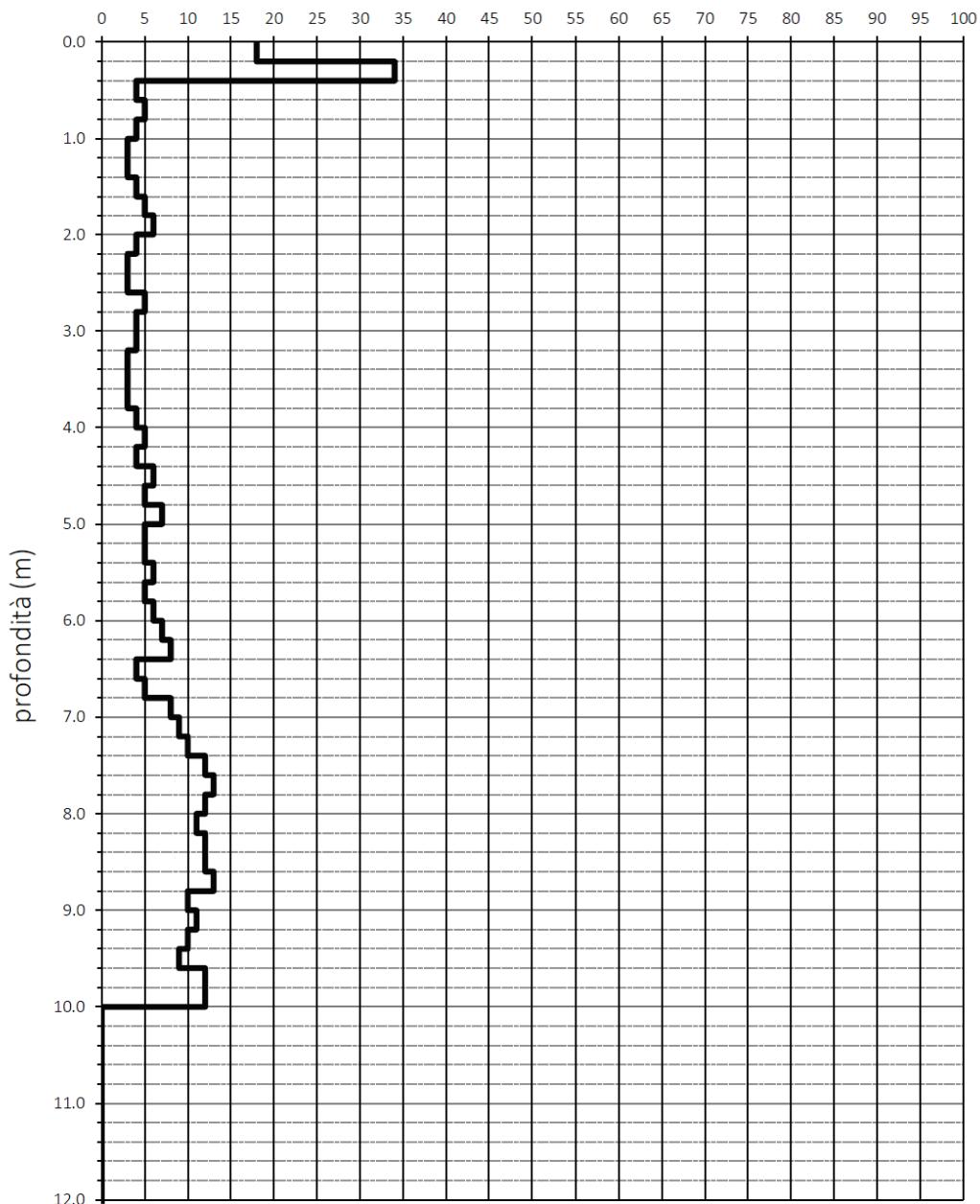
numero dei colpi (N)



Arquata Scrivia  
giugno 2024

## PROVA PENETROMETRICA SCPT n.09

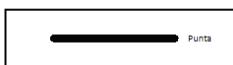
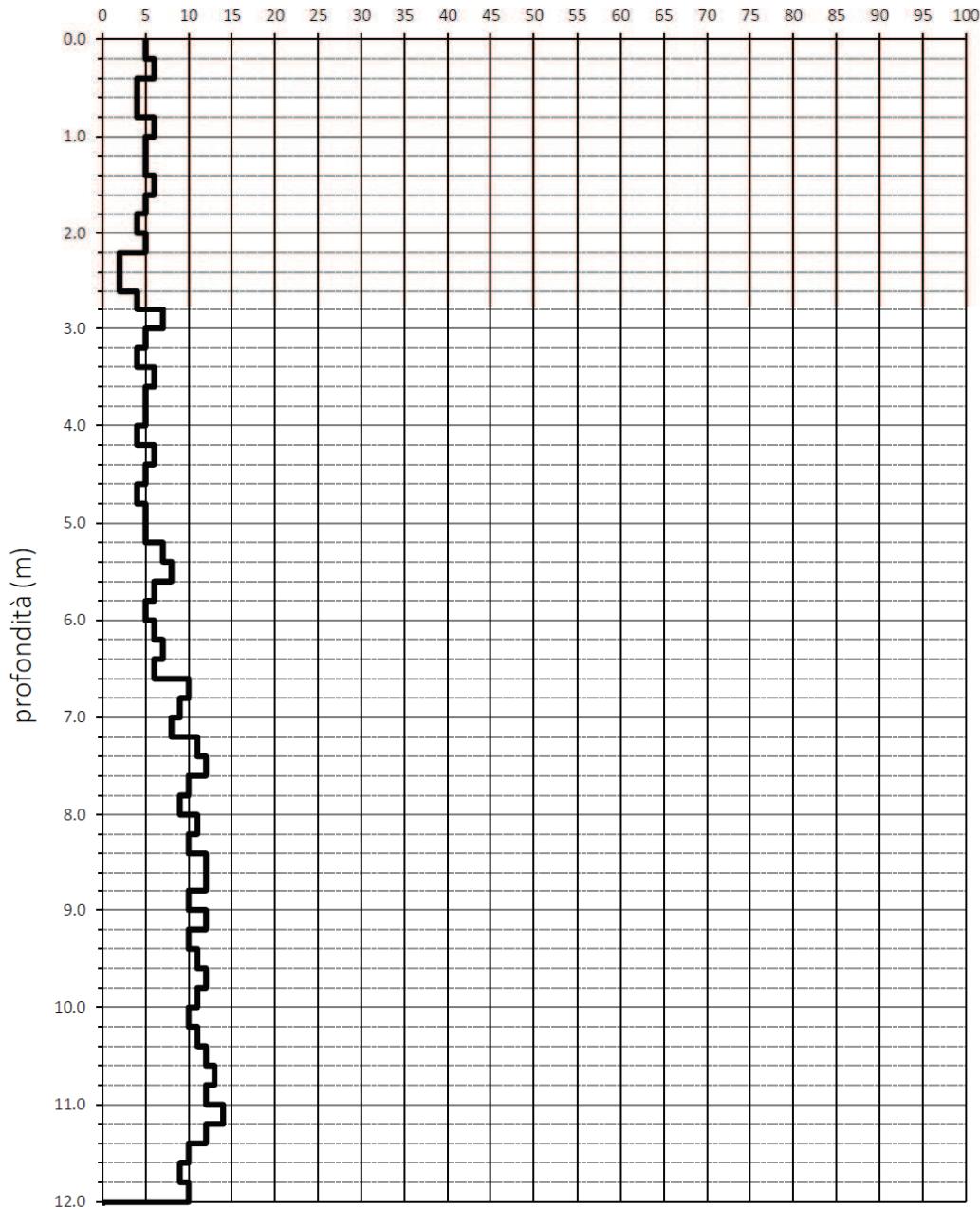
numero dei colpi (N)



Arquata Scrivia  
giugno 2024

## PROVA PENETROMETRICA SCPT n.10

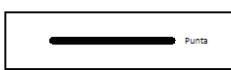
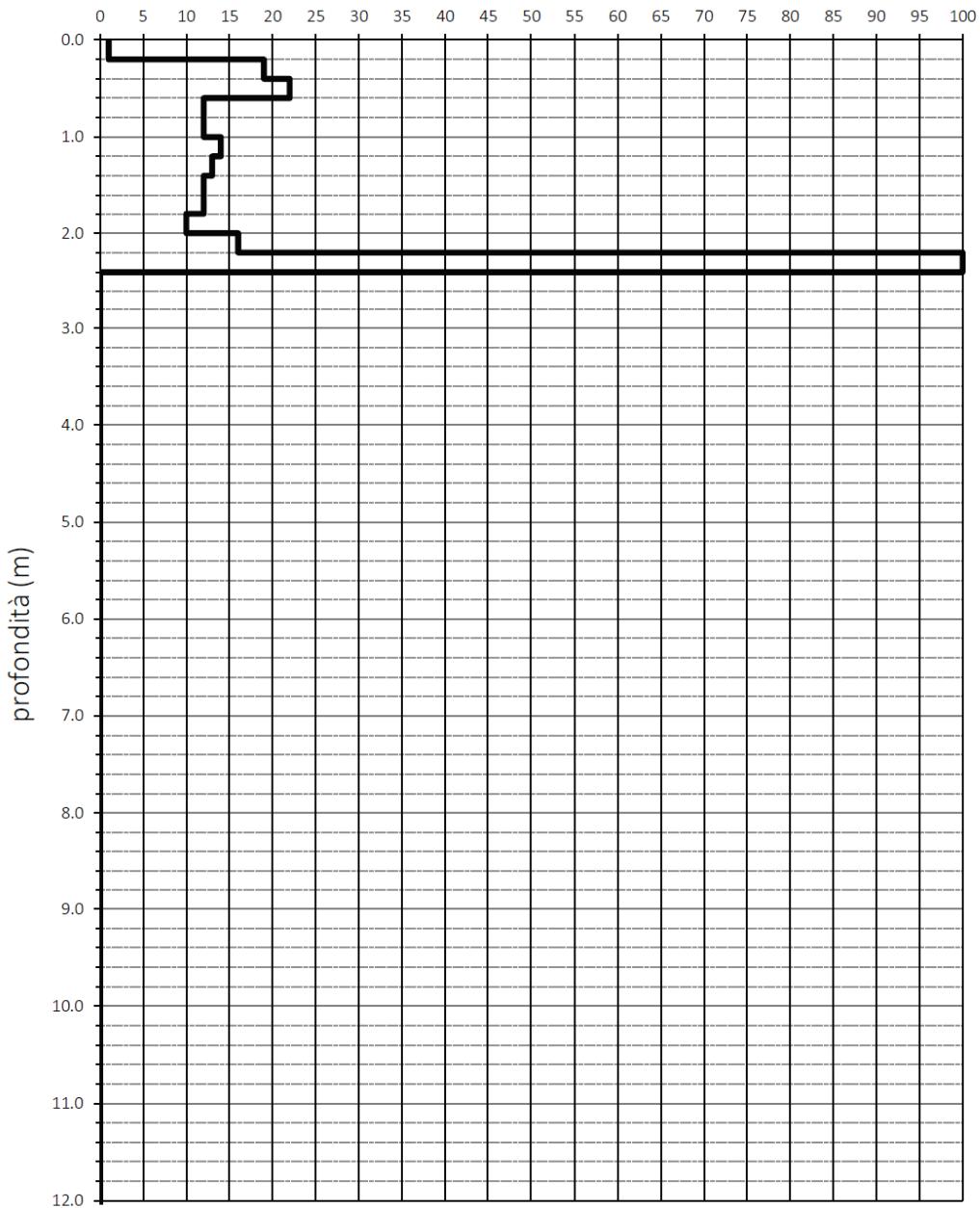
numero dei colpi (N)



Arquata Scrivia  
giugno 2024

## PROVA PENETROMETRICA SCPT n.11

numero dei colpi (N)



Arquata Scrivia  
giugno 2024

## PROVA PENETROMETRICA SCPT n.12

