



## DIREZIONE NAVIGAZIONE INTERNA

### **CR-E-37-NI – LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DEL PALANCOLATO DELLA PREAVANCONCA DEL PORTO DI CREMONA IN COMUNE DI CREMONA**

#### **PROGETTO ESECUTIVO CUP B18H23001270002**

#### **RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA**

**Marzo 2025**

Cod. commessa      2024-167-OOPP

R.U.P.                      Ing. Alessio Picarelli

Responsabile            Dott. geol. Marco Dagupati

F.to digitalmente ex art. 24, D.Lgs. 82/05

Referente                Dott.ssa geol. Carol Marceca

Operatore                Dott. Antonio Carnevale

Direttore Tecnico      Dott. Ing. Laura Pezzoni

## **INDICE**

1. Premessa .....	3
2. Inquadramento geologico e geomorfologico .....	4
3. Caratteristiche idrogeologiche .....	6
4. Indagine geognostica: modalità esecutive e criteri interpretativi .....	9
5. Modello geotecnico di riferimento.....	13
6. Considerazioni ai fini progettuali .....	14
ALLEGATO 1 – Carta geologica e geopedologica.....	16
ALLEGATO 2 – Carta idrogeologica.....	17
ALLEGATO 3 – Carta idrogeologica di dettaglio .....	18
ALLEGATO 4 – Ubicazione dei sondaggi.....	19
ALLEGATO 5 – Sezione geotecnica .....	20
ALLEGATO 6 – Sondaggi e piezometri .....	21
ALLEGATO 7 – Prove di permeabilità.....	30

## **1. Premessa**

L'area oggetto di intervento si sviluppa lungo la banchina della pre-avanconca del Porto di Cremona, in sponda sinistra del Po (*Figura 1*).

A seguito del crollo di parte della palancolata a difesa della sponda avvenuto nel 2022, con conseguente franamento di materiale nella vasca di pre-avanconca, la scrivente Società ha ricevuto l'incarico di definire le caratteristiche geologiche e geotecniche locali per identificare le possibili cause del crollo e progettare gli interventi di sistemazione spondale.

L'indagine geognostica si è avvalsa di n. 3 sondaggi a carotaggio continuo entro cui sono state eseguite prove in foro S.P.T. e di permeabilità; i fori di risulta, infine, sono stati allestiti con tubi piezometrici per verificare il livello di falda e ricostruire il campo di moto sotterraneo.



*Figura 1 - Ubicazione dell'area di intervento (tratta da: Google Earth).*

## 2. Inquadramento geologico e geomorfologico

L'area si presenta come una superficie sub-pianeggiante ad una quota di circa 32-33 m s.l.m., prossima alle sponde del Po e modellata entro depositi di natura alluvionale, come rappresentato dallo stralcio della “Carta Geologica d'Italia” (Foglio 61 “Cremona”).

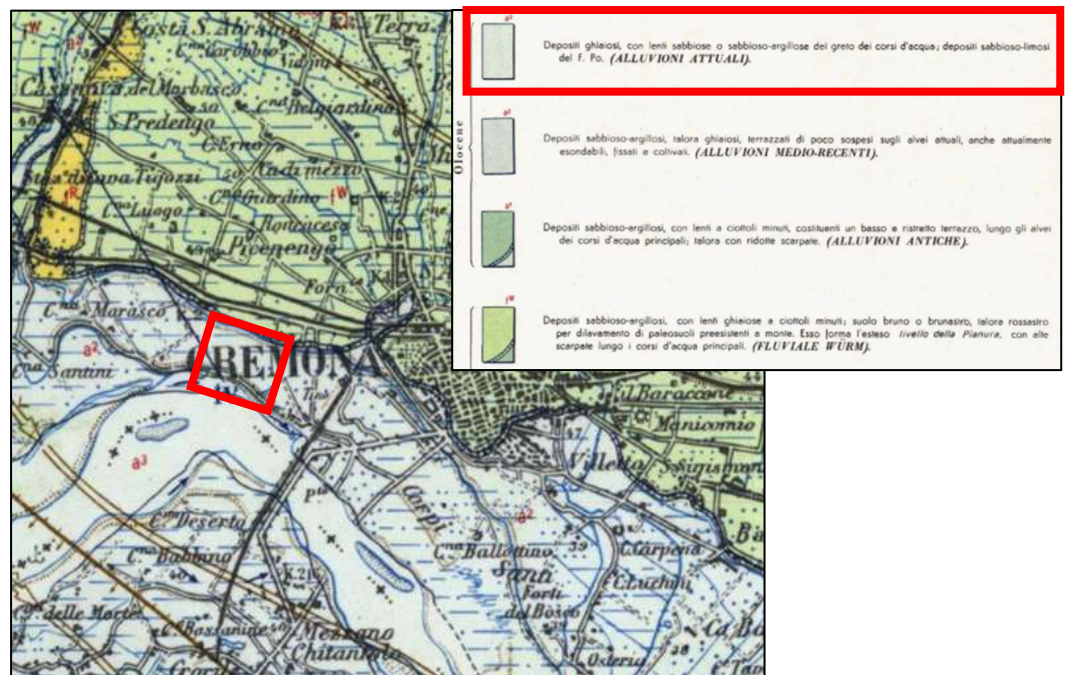


Figura 2 - Stralcio della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000), Foglio n. 61 “Cremona”.

A scala locale, l'area oggetto d'intervento si sviluppa su un ripiano alluvionale olocenico stretto tra il rilevato arginale maestro a E e l'avanconca del Porto a W, terrazzato su di essa alcuni metri a seguito di rilevanti interventi di scavo che, in un recente passato, hanno modificato l'originario assetto morfologico; i lineamenti morfologici superficiali, così come l'articolazione stratigrafica di sottosuolo, sono il risultato di complesse sovrapposizioni spazio-temporali di fenomeni naturali prima e antropici poi, i più antichi dei quali hanno assunto a scala regionale un significato neo-tettonico: il substrato profondo, infatti, appare interessato da complesse strutture tettoniche, tra cui quella sinclinalica con asse a direzione e vergenza appenniniche (“Struttura di Cremona”), interessata sul fianco meridionale da una faglia inversa di significativo rigetto, anch'essa orientata WNW – ESE e vergenza verso quadranti settentrionali; la loro tettogenesi avrebbe condizionato sia lo sviluppo planimetrico del Po, sia l'emersione (poco più a N) dell'alto morfologico di Cavatigozzi-Casanova del Morbasco, modellato entro terreni più antichi rispetto all'adiacente Livello Fondamentale della Pianura.



Il sistema della conca portuale, inoltre, appare impostato in corrispondenza di un antico percorso del “Riglio” di cui esistono evidenze ancora nelle foto aeree del 1954 (*immagine seguente*), con sviluppo pseudo-meandreggiante a N di quello che sarebbe divenuto il rilevato arginale maestro.



*Foto aerea del 1954, ubicazione dell'area d'intervento prima della realizzazione del Porto, l'antico percorso del Riglio a N e quello attuale a W (da Geoportale Regione Lombardia)*

Il risultato finale è quindi frutto di un succedersi nel tempo di fenomeni e opere che hanno profondamente modificato l'assetto morfologico e stratigrafico, con una sovrapposizione di depositi caratteristici di ambienti ad alta energia (sabbie prevalenti) ed altri di bassa energia deposizionale (limi, argilla e torba), tipici dei tratti di corso d'acqua abbandonati (tra cui probabilmente anche il Riglio).

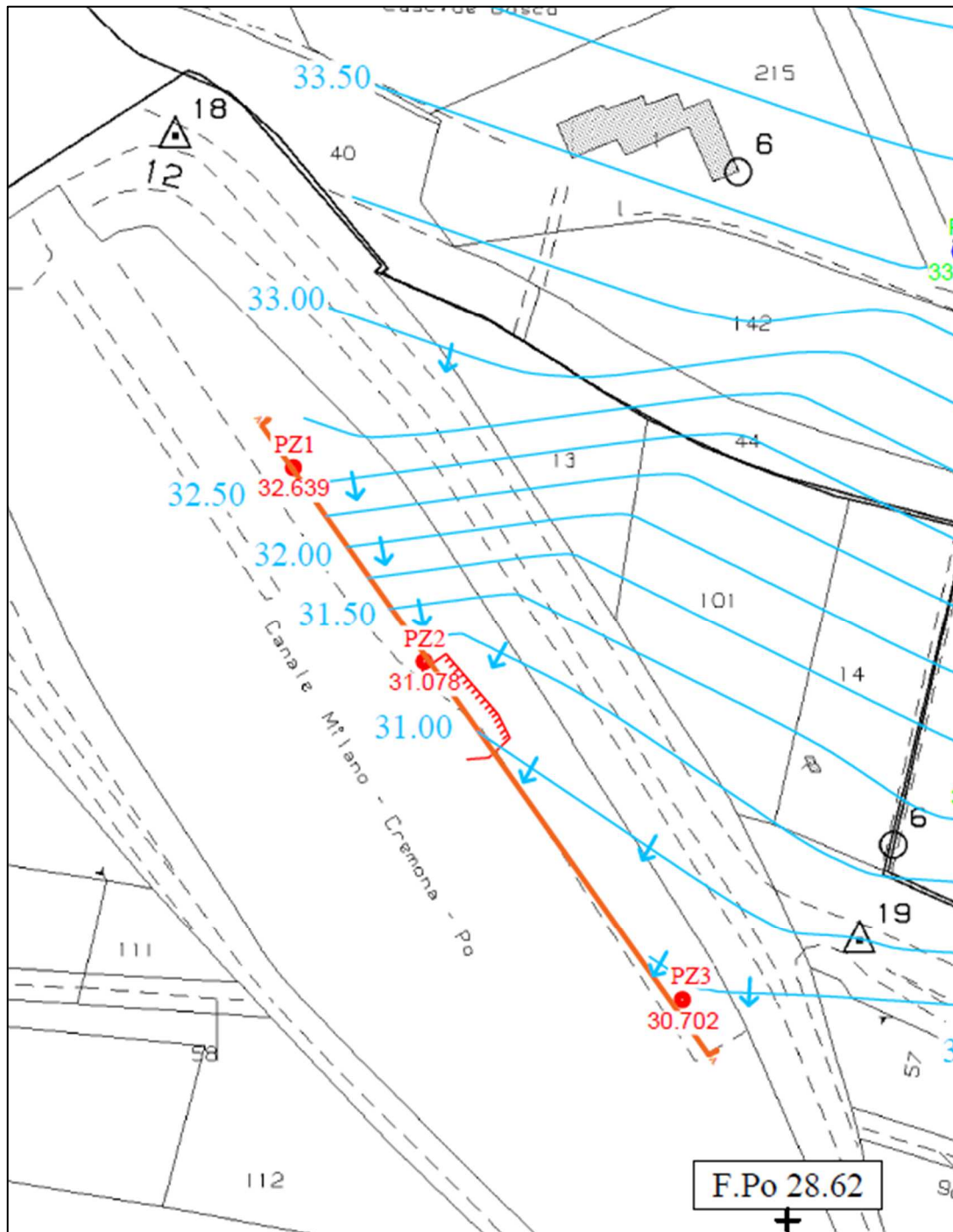
### **3. Caratteristiche idrogeologiche**

Nel settore di pianura analizzato, il sottosuolo è assimilabile ad un materasso alluvionale in cui i corpi acquiferi, alternati a successioni impermeabili, costituiscono un complesso acquifero di tipo “multifalda”. Secondo il PGT di Cremona la falda superficiale ha una generale direzione di flusso orientata verso SE (condizionata dall’effetto drenante del Po).

Per definire il ruolo delle acque sotterranee nel fenomeno di dissesto principale e in quelli incipienti lungo i muri spondali, sono stati realizzati n. 3 piezometri, successivamente rilevati con strumentazione topografica di dettaglio e sonda freaticometrica unitamente a quelli presenti nella vicina area “Tamoil”; il campo di moto della falda superficiale così ottenuto evidenzia linee di flusso orientate verso quadranti meridionali, confermando l’effetto drenante esercitato dal fiume Po che costituisce il livello di base di tutte le acque superficiali e sotterranee padane. Nelle aree più distanti dal Po il gradiente piezometrico si attesta su valori del 0.007 mentre verso S il gradiente aumenta sino a valori di 0.014, probabile effetto combinato sia della barriera idraulica di Tamoil verso le Società Canottieri, sia dell’avvicinarsi alla riva del Po in un momento di livello idrometrico basso (quota idrometrica al momento del rilievo pari a 28.62 m s.l.m.), con escursioni nel tempo che sicuramente risentono del variare della quota del Fiume.

Nel settore S-occidentale dell’area di rilievo, proprio in corrispondenza dell’avanconca, si manifestano alcune anomalie del campo di moto; in particolare:

- nonostante la quota idrometrica del bacino artificiale dell’avanconca sia pari a quella del Po, le isopieze si rinfittiscono notevolmente (con gradienti che raggiungono valori di 0.44 e si dispongono nel settore settentrionale (prossimo alle porte della conca) quasi perpendicolari alla sponda in calcestruzzo, con vettori che puntano verso il dissesto; la differenza di quota tra livello piezometrico e idrometrico, al momento del rilievo, era di circa 4 m;
- in corrispondenza del dissesto, le linee di flusso ruotano nuovamente e si orientano verso quest’ultimo, effetto delle copiose venute d’acqua che si osservano in corrispondenza della palancolata;
- a valle del dissesto le isopieze si distendono nuovamente con gradienti naturali dell’ordine dello 0.01 e linee di flusso orientate in direzione del mandracchio.



Secondo i monitoraggi di AIPO, quando si è manifestato il dissesto (giugno-luglio 2022) il Fiume si trovava in una condizione di magra con un livello idrometrico minimo raggiunto di 25.73 m s.l.m.: immaginando che le condizioni al contorno (muro della avanconca e palancolata della pre-avanconca, che costituiscono una barriera di permeabilità) non consentissero allora come ora il drenaggio del terreno a tergo, la spinta dell'acqua sulle strutture della palancolata e il peso del terreno saturo sono stati fenomeni sicuramente alla base del cedimento strutturale.

Le soggiacenze rilevate nei 3 piezometri (tabella seguente) confortano l'ipotesi innanzi descritta e giustificano la presenza dei fenomeni incipienti di dissesto che si osservano ancora nel settore a confine tra avanconca e pre-avanconca, con diffuse venute d'acqua in corrispondenza delle zone di discontinuità strutturale.

<b>Piezometro</b>	<b>Soggiacenza di falda (m)</b>	<b>Quota piezometrica (m slm)</b>
PZ1	0.25	32.63
PZ2	1.54	31.07
PZ3	1.75	30.70
<b>Quota idrometrica (m slm): 28.62</b>		

*Quote piezometriche rilevate il 21-22/11/24 e idrometrica rilevata il 27/11/24*



#### 4. Indagine geognostica: modalità esecutive e criteri interpretativi

Come accennato in premessa, lo studio geotecnico si è avvalso dei risultati delle seguenti indagini:

- n. 2 sondaggi a carotaggio continuo profondi 15 m da piano campagna;
- n. 1 sondaggio a carotaggio continuo profondo 25 m entro il quale sono state eseguite numerose prove in foro S.P.T. e n. 3 prove di permeabilità;
- n. 3 piezometri a tubo aperto profondi Ø3" profondi 9 m con filtri ubicati tra 6 m e 9 m.

Il materiale, carotato e collocato in apposite cassette catalogatrici di 5 metri cadauna, è stato descritto, valutato e fotografato. Le stratigrafie ricostruite e gli schemi di completamento dei piezometri sono presentati in *Allegato 5*, mentre l'ubicazione in *Allegato 3*.

##### Prove di permeabilità

Per la determinazione dei valori di conducibilità idraulica dei depositi più superficiali, all'interno del foro di sondaggio S2 sono state eseguite n. 3 prove di tipo "Le Franc" a carico variabile, alle profondità di 3.0 m, 4.5 m e 6 m da piano campagna.

La prova a carico variabile prevede la misura, mediante sonda freaticometrica, degli abbassamenti del carico idraulico nel tempo necessari per riequilibrare il livello iniziale dopo l'immissione di acqua nel foro opportunamente rivestito.

Il coefficiente di permeabilità viene determinato mediante la seguente espressione (A.G.I.):

$$k = \frac{A}{C_L(t_2 - t_1)} \ln \frac{h_1}{h_2}$$

dove:

$k$	$[m/s]$	coefficiente di permeabilità
$A$	$[m^2]$	area di base del foro di sondaggio
$h_1$ e $h_2$	$[m]$	altezza dei livelli d'acqua nel foro agli istanti $t_1$ e $t_2$
$t_2$ e $t_1$	$[s]$	tempi ai quali si misurano $h_1$ e $h_2$
$C_L$	$[m]$	coefficiente di forma dipendente dall'area del foro di sondaggio e dalla lunghezza del tratto di foro scoperto

Per il coefficiente  $C_L$ , A.G.I. suggerisce i seguenti valori:

$$\begin{aligned} l >> d & \quad C = l \\ l \leq d & \quad C = 2\pi d + l \end{aligned}$$

I coefficienti di permeabilità calcolati sono riportati nella seguente tabella; in *Allegato 6* sono riportate le letture ad ogni intervallo temporale con relativo diagramma abbassamenti-tempi.

Sondaggio	Profondità [m]	$k$ [m/s]	Tipo di terreno
S2	3.0	$2.47 \times 10^{-5}$	Sabbia limosa
	4.5	$3.54 \times 10^{-6}$	Sabbia limosa
	6.0	$2.10 \times 10^{-5}$	Sabbia

Dai risultati delle prove si evince come la conducibilità dei depositi investigati sia governata dalla diffusa matrice sabbioso-limosa, convergendo su valori noti in letteratura per la specifica granulometria.

$k$ (cm/s)	10 <sup>2</sup>	10	1	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-9</sup>
$k$ (m/s)	1	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-10</sup>	10 <sup>-11</sup>
Classi di permeabilità	EE	Elevata	Buona	Discreta			Bassa	BB	Impermeabile			
Tipi di terreno	Ghiaie pulite		Sabbie grossolane pulite e miscele di sabbie e ghiaie			Sabbie fini e limi	Miscele di sabbie e limi	Limi argillosi e argille limose, fanghi argillosi		Argille omogenee e compatte		

(Casadio & Elmi, 1996)

### Prove tipo S.P.T.

La prova S.P.T. consiste nell'infissione, mediante battitura con un maglio standard, di un campionatore a pareti sottili, registrando il numero di colpi necessario per produrne l'infissione, per tre intervalli di 15 cm ciascuno. Dalla prova si ottengono tre valori ( $N_1$ ,  $N_2$ ,  $N_3$ ): si assume quale resistenza alla penetrazione il parametro  $N_{SPT}=N_2+N_3$ ; il primo valore annotato viene scartato in quanto risente del disturbo sul fondo foro derivante dall'esecuzione del sondaggio.

In fase di elaborazione dei dati, inoltre, si deve considerare che i risultati ottenuti sono influenzati dalle modalità di esecuzione della prova, in particolare dai vari dispositivi di infissione e dalla tensione verticale efficace del terreno alla profondità di esecuzione della prova. Tenendo conto di questi fattori è stato quindi calcolato il valore normalizzato di  $N_{SPT}$ , ovvero  $(N_1)_{60}$ , mediante la seguente espressione:

$$(N_1)_{60} = C_N (ER/60) \cdot \lambda \cdot N_{SPT}$$

In cui:

$C_N$  = coefficiente di correzione dipendente dal valore di  $\sigma'_{vo}$  [Liao & Whitman, 1986];

$\sigma'_{vo}$  = pressione efficace alla quota di esecuzione della prova;

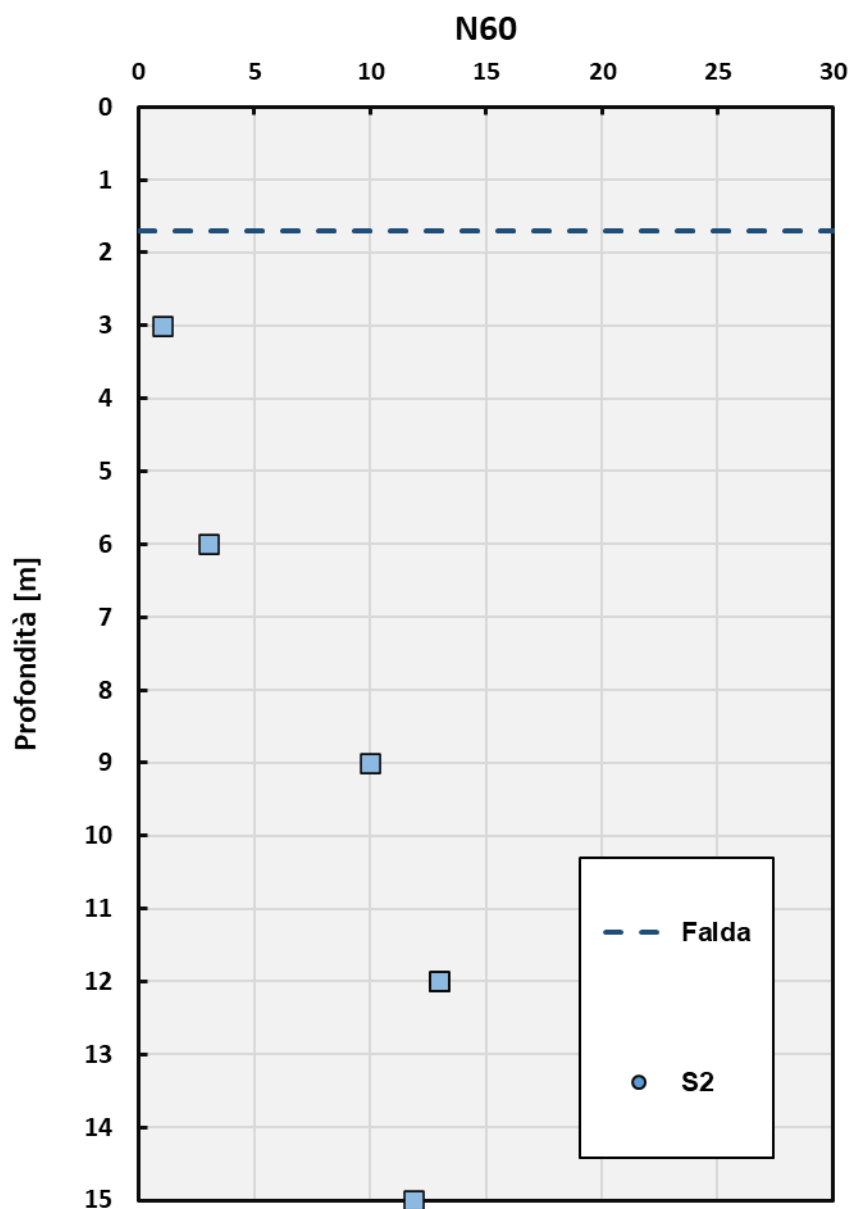
ER = rendimento medio del dispositivo di infissione espresso in percentuale (nello specifico caso: 60%);

$\lambda$  = parametro che tiene conto della perdita di energia per la lunghezza delle aste.

Di seguito si riportano i valori di resistenza  $(N_1)_{60}$  calcolati (e corretti in modo critico) per i vari sondaggi e il grafico dei valori di  $(N_1)_{60}$  in funzione della profondità (*Figura 1*).

	<b>S2</b>					
z [m]	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	N <sub>SPT</sub>	N <sub>60</sub>	Litologia
3,0	1 x 45 cm			1	1	sabbia limosa
6,0	1	1	2	3	3	sabbia ghiaiosa
9,0	2	3	7	10	10	sabbia limosa/ limo con argilla sabbioso
12,0	5	5	8	13	13	sabbia molto fine con limo
15,0	5	6	7	13	12	sabbia molto fine limosa
18,0	6	12	15	27	23	sabbia limosa
21,0	4	11	12	23	18	sabbia limosa
24,0	5	13	14	27	20	sabbia limosa

*Risultati delle prove S.P.T. eseguite nel foro di sondaggio S2 e valori di  $(N_1)_{60}$  calcolati.*



*Figura 1 – Valori di  $(N_1)_{60}$  determinati nel corso dell'indagine in funzione della profondità.*



## 5. Modello geotecnico di riferimento

Sulla base delle prove eseguite, è stato ricostruito il seguente modello geotecnico, rappresentativo dell'area in esame e punto di partenza per le elaborazioni successive.

<b>Unità A</b>	<p>Si tratta di un deposito incoerente (sabbia limosa ghiaiosa) poco addensato e di scarse caratteristiche geotecniche per cui sono stati determinati un angolo d'attrito <math>\Phi=23-24^\circ</math> e un modulo di deformazione <math>E=80-100 \text{ kg/cm}^2</math>.</p> <p>Al suo interno si segnala la presenza di una lente argilloso-torbosa (rilevata unicamente nella verticale <i>SI</i>) che, complessivamente, non modifica le caratteristiche geotecniche dell'unità.</p> <p>L'Unità A affiora sino alla profondità di ca. 8-9 m da piano campagna.</p>
<b>Unità B</b>	<p>È un deposito di limo sabbioso-argilloso entro il quale si rilevano frequenti orizzonti organici.</p> <p>Sulla base dei numerosi vane test eseguiti sulle carote di terreno che hanno registrato valori nulli di coesione non drenata (la sensibilità minima dello scissometro eccede l'eventuale coesione del deposito), nella modellazione geotecnica l'unità B è stata considerata come puramente incoerente (<math>\Phi=26-27^\circ</math>; <math>E=120-140 \text{ kg/cm}^2</math>).</p>
<b>Unità C</b>	<p>Oltre 14.5-17.0 m da piano campagna, si sviluppa un deposito sabbioso-limoso per il quale sono stati calcolati angoli <math>\Phi=30-31^\circ</math> e moduli di deformazione <math>E=180-300 \text{ kg/cm}^2</math>.</p>

La distribuzione areale delle unità geotecniche è rappresentata nella sezione interpretativa di *Allegato 4*.

## 6. Considerazioni ai fini progettuali

Sulla base delle indagini eseguite si evince la presenza di depositi alluvionali a matrice prevalentemente sabbiosa/sabbioso limosa di modeste proprietà geotecniche.

La ricostruzione della piezometria conferma una generale direzione della falda freatica in direzione SSE e l'effetto drenante esercitato dal Fiume. Tuttavia, la ricostruzione del campo di moto delle acque sotterranee nei pressi dell'avanconca delinea una marcata distorsione delle isopieze con valori di soggiacenza progressivamente inferiori avvicinandosi alla conca (*Figura 2*), evidenziando come l'avanconca (con muri in calcestruzzo) costituisca una barriera idraulica rispetto alle acque di falda. La soggiacenza diminuisce progressivamente in direzione del madracchio, anche a seguito del cedimento del palancolato che ha dato possibilità alle acque sotterranee di “sfogarsi” all'interno della pre-avanconca, con tutto ciò che ne è conseguito in termini di danni.

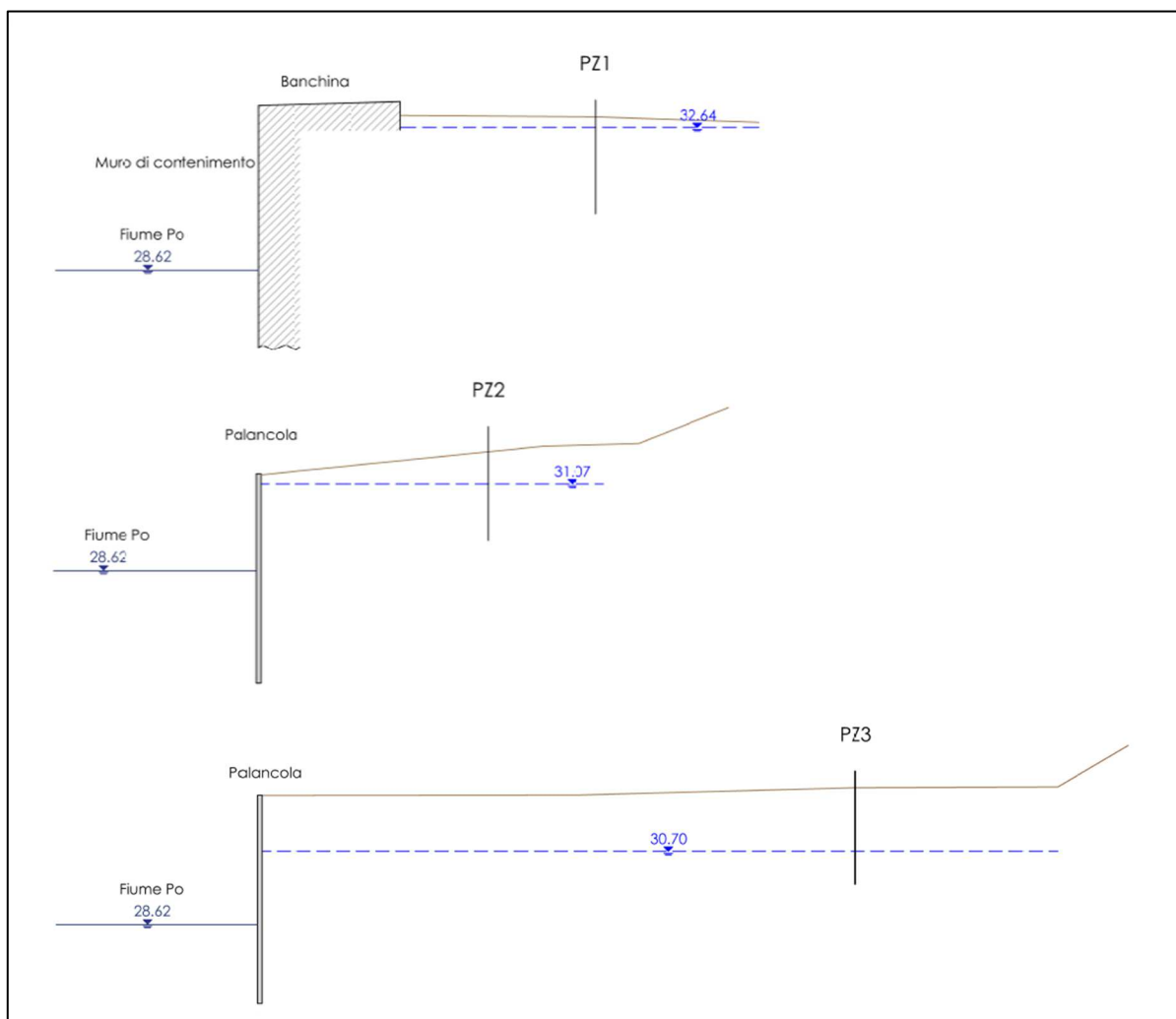


Figura 2: sezioni idrogeologiche in corrispondenza dei tre piezometri

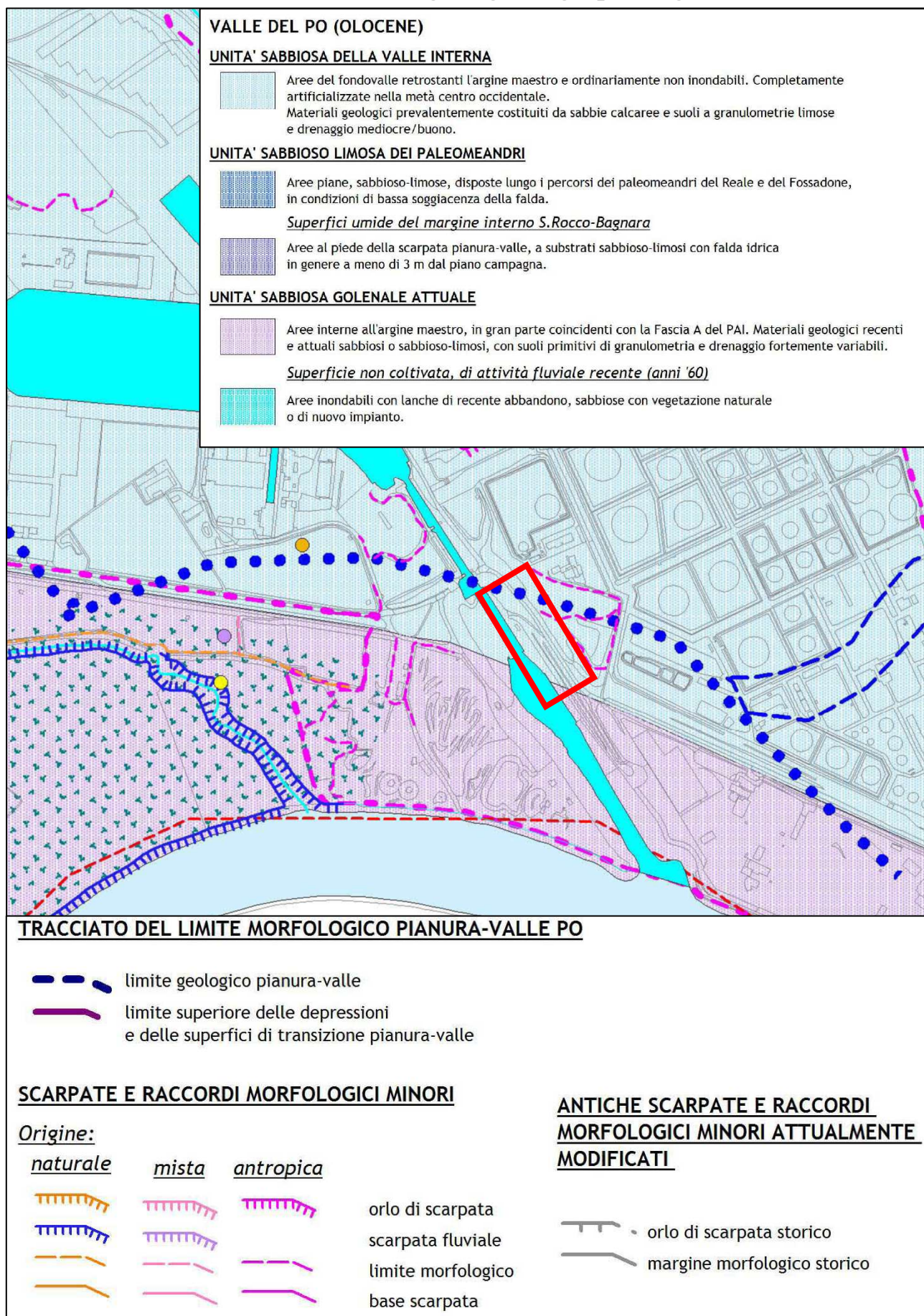
L'analisi storica dei dati idrometrici e piezometrici evidenzia marcate escursioni nelle quote del Po mentre i livelli piezometrici presentano escursioni pressochè ridotte, con valori locali che mantengono una soggiacenza di poco sotto il piano campagna.

Ne consegue che i momenti di maggior rischio per le strutture (sia esistenti che di progetto) sono quelle che tipicamente si manifestano con il Po in condizioni di magra, specie se successive alla piena del corso d'acqua, momento in cui le spinte idrostatiche a tergo dei muri e le pressioni neutrali nei terreni non hanno il tempo di riequilibrarsi mentre sul lato fiume viene a mancare la spinta esercitata dalla colonna d'acqua.

Il fenomeno appare localmente amplificato dalla presenza di terreni sabbioso-limosi che, seppur permeabili, presentano una bassa conducibilità idraulica (condizionata dalla frazione limosa presente) e più lentamente dissipano le sovrappressioni interstiziali.

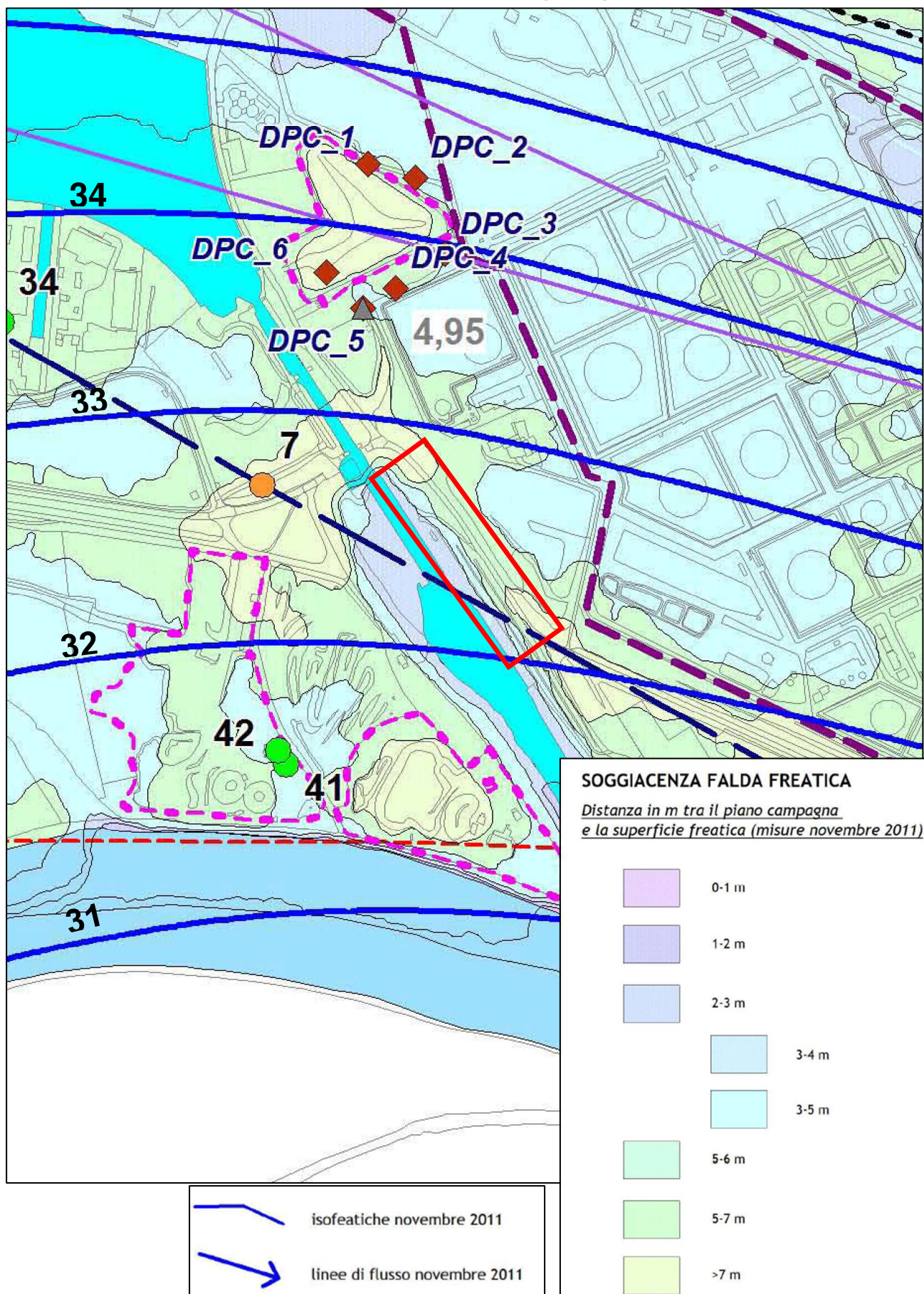
Dette condizioni dovranno essere considerate sia per la verifica di stabilità delle opere esistenti che per il dimensionamento di quelle di progetto, suggerendo il ricorso a sistemi di drenaggio che siano in grado di abbattere i gradienti piezometrici e la spinta dell'acqua a tergo delle opere di sostegno.

## ALLEGATO 1 – Carta geologica e geopedologica



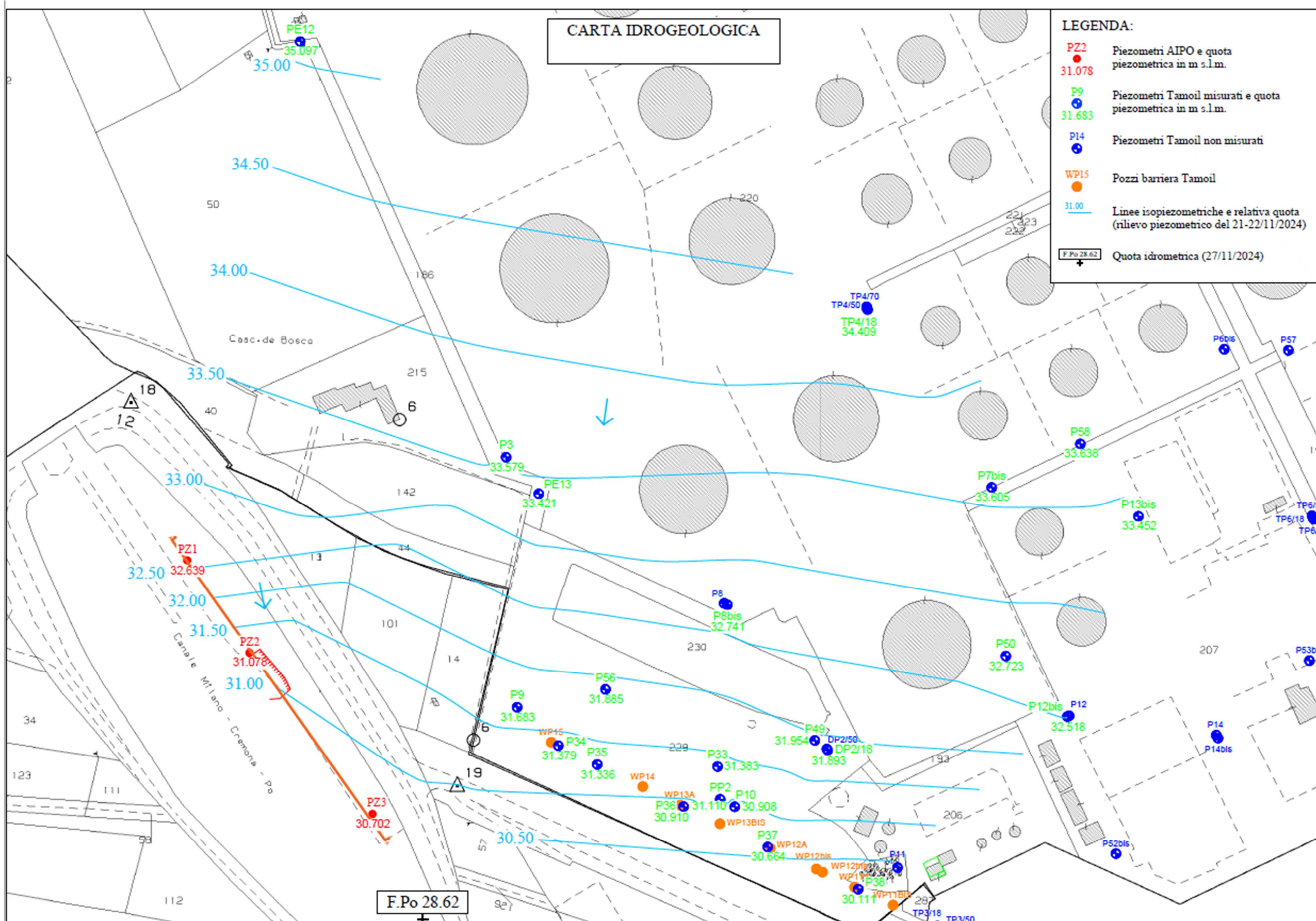


## ALLEGATO 2 – Carta idrogeologica





### ALLEGATO 3 – Carta idrogeologica di dettaglio





## ALLEGATO 4 – Ubicazione dei sondaggi



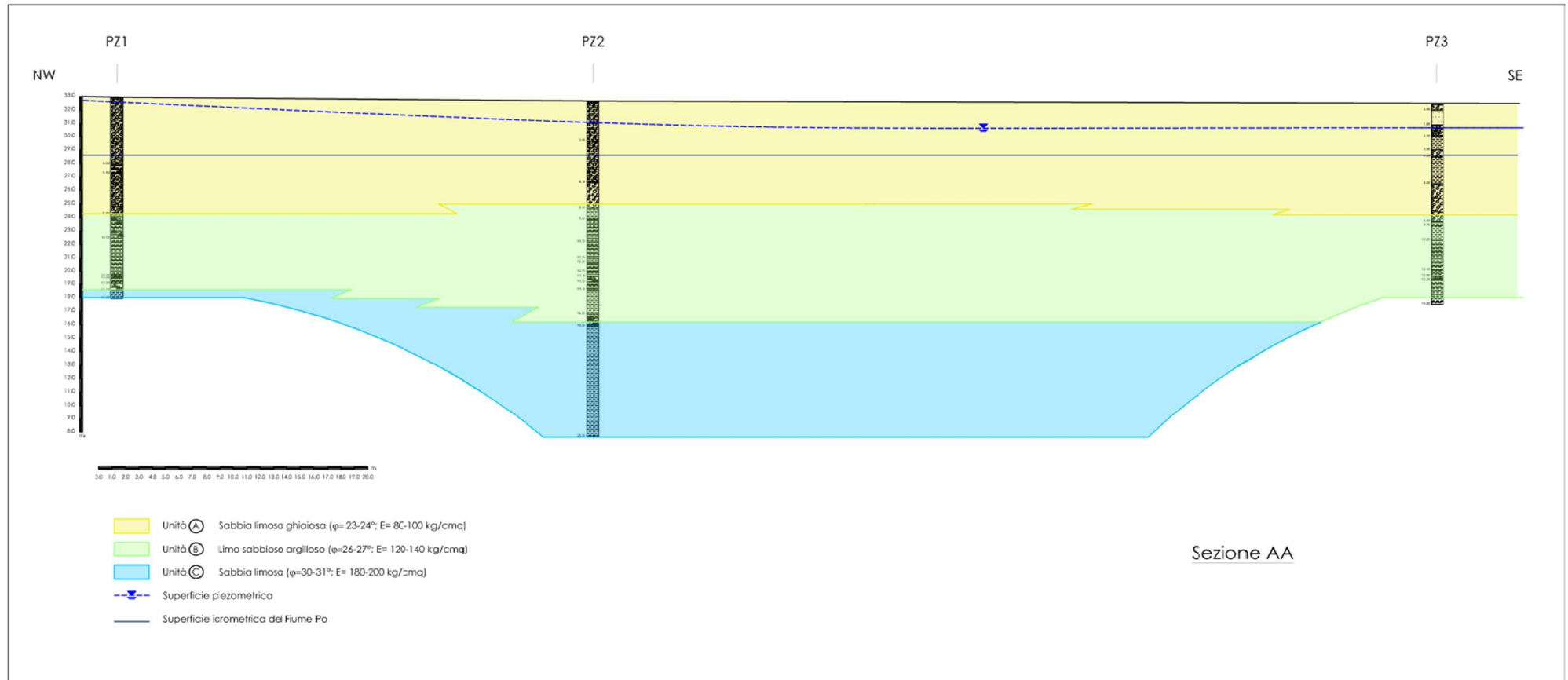
Sondaggio (con relativa quota piano campagna)



Sezione geotecnica



## ALLEGATO 5 – Sezione geotecnica





## **ALLEGATO 6 – Sondaggi e piezometri**

GEOLAMBDA Engineering S.r.l Via A. Diaz, 22 26845 Codogno (LO)	Committente: AIPO Località: Cremona (CR)  Scala: grafica      Data: 11/11/2024      Sondaggio n. S1
---	--

Attrezzatura e metodo di perforazione:		
<input type="checkbox"/> Campione rimaneggiato	<input type="checkbox"/> Campione a percussione	<input type="checkbox"/> LEFRANC
<input type="checkbox"/> Campione S.P.T.	<input type="checkbox"/> Campione ind. a percussione	prova di permeabilità
<input type="checkbox"/> Campione da Vane Test	<input type="checkbox"/> Campione ind. rotativo	<input type="checkbox"/> LUGEON

Quota di riferimento(m)	Profondità (m)	Sezione terreno	Campione	Descrizione litologica	Piezometro	Completamento	Falda	S.P.T.	RQD %	Pocket Test	Max	Vane test	Residuo
						tubazione PVC Ø 3"	0.13						
				Sabbia da fine a media limosa a tratti ghiaiosa		tampone con argilla idrorigifiante							
	5.00					3.00							
	5.70			Argilla limosa e torba		dreno con ghiaietto siliceo							
				Sabbia da fine a media limosa a tratti ghiaiosa		filtri microfessurati luce 0.25 mm							
	8.70					9.00							
	10.50			Argilla plastica e limo sabbioso/ torboso									
				Sabbia molto fine con limo a tratti argillosa									
	13.30			Torba									
	13.50			Sabbia molto fine con limo argilloso									
	13.90			Torba									
	14.40			Sabbia fine limosa									
	15.00												



*Ubicazione S1*



*0-5 m*



*5-10 m*



*10-15 m*

GEOLAMBDA  
Engineering S.r.l  
Via A. Diaz, 22  
26845 Codogno (LO)

Committente:  
Località:  
Scala:  
grafica  
Data: 11/11/2024  
Sondaggio n. S2

Attrezzatura e metodo di perforazione:

☐ Campione rimaneggiato

☐ Campione a percussione

☒ LEFRANC

☐ Campione S.P.T.

☐ Campione ind. a percussione

prova di permeabilità

☐ Campione da Vane Test

☐ Campione ind. rotativo

☐ LUGEON

Quota di riferimento(m)	Profondità (m)	Sezione terreno	Campione	Descrizione litologica	Piezometro	Completamento	Falda	S.P.T.	RQD %	Pocket Test	Max	Vane test	Residuo
				Sabbia limosa ghiaiosa		tubazione PVC Ø 3"	1.38						
	3.00			Sabbia da fine a media limosa debolmente ghiaiosa		tampone con argilla idrorigoriante		3.00 m 1 x 45 cm					
	6.10			Sabbia da media a grossa ghiaiosa		dreno con ghiaietto siliceo		6.00 m 1 1 2					
	8.00			Sabbia limosa		filtri microfessurati luce 0.25 mm							
	8.80			Limo con argilla sabbioso e argilla plastica poco consistente			9.00	9.00 m 2 3 7					
	10.50			Sabbia molto fine con limo debolmente argillosa									
	11.70			Sabbia molto fine con limo									
	12.00			Sabbia molto fine con limo debolmente argillosa				12.00 m 5 5 8					
	12.70			Limo con sabbia molto fine argillosa									
	13.10			Torba									
	13.50			Limo sabbioso argilloso									
	14.10			Sabbia molto fine limosa				15.00 m 5 6 7					
	16.00			Limo argilloso - torboso									
	16.80			Sabbia limosa				18.00 m 6 12 15					
								21.00 m 4 11 12					
	25.00							24.00 m 5 13 14					





*Ubicazione S2*



*0-5 m*



*5-10 m*





*10-15 m*



*15-20 m*


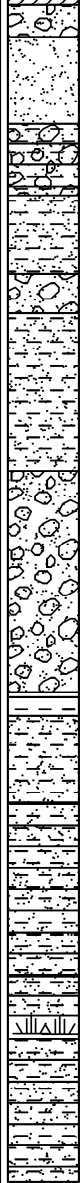



*20-25 m*



GEOLAMBDA Engineering S.r.l Via A. Diaz, 22 26845 Codogno (LO)	Committente: AIPO Località: Cremona (CR)  Scala: grafica      Data: 11/11/2024      Sondaggio n. S3
---	--

Attrezzatura e metodo di perforazione:		
<input type="checkbox"/> Campione rimaneggiato	<input type="checkbox"/> Campione a percussione	<input type="checkbox"/> LEFRANC
<input type="checkbox"/> Campione S.P.T.	<input type="checkbox"/> Campione ind. a percussione	prova di permeabilità
<input type="checkbox"/> Campione da Vane Test	<input type="checkbox"/> Campione ind. rotativo	<input type="checkbox"/> LUGEON

Quota di riferimento(m)	Profondità (m)	Sezione terreno	Campione	Descrizione litologica	Piezometro	Completamento	Falda	S.P.T.	RQD %	Pocket Test	Max	Vane test	Residuo
	0.50			Sabbia fine ghiaiosa		tubazione PVC Ø 3"	1.57						
	1.60			Sabbia fine									
	2.50			Sabbia molto fine con limo argilloso debolmente ghiaiosa		tampone con argilla idrorigonfiante							
	3.50			Sabbia fine limosa		3.00							
	4.00			Sabbia da fine a debolmente ghiaiosa									
	6.00			Sabbia fine limosa		dreno con ghiaietto siliceo							
	8.80			Sabbia da fine a media debolmente ghiaiosa		filtri microfessurati luce 0.25 mm							
	9.10			Limo con argilla		9.00							
	10.20			Sabbia molto fine con limo									
	12.40			Limo argilloso sabbioso									
	12.90			Sabbia molto fine con limo argilloso									
	13.20			Torba									
	15.00			Limo argilloso sabbioso torboso									



*Ubicazione S3*



*0-5 m*



*5-10 m*

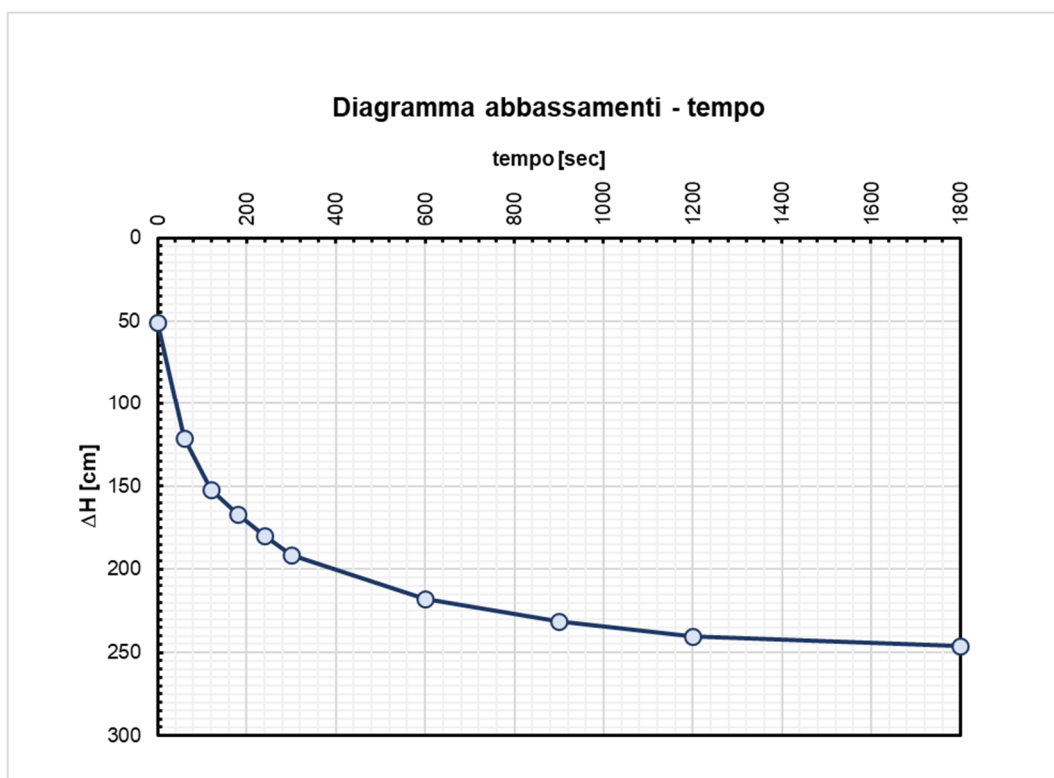


*10-15 m*

## ALLEGATO 7 – Prove di permeabilità

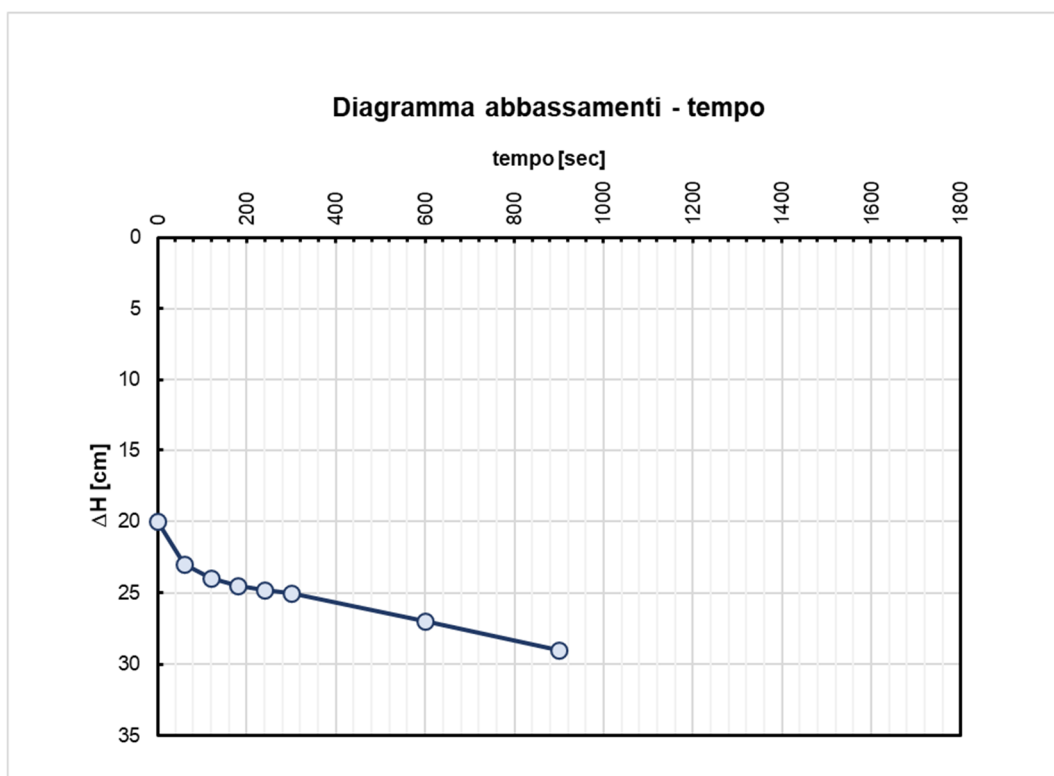
SONDAGGIO	S1
PROFONDITA'	3
Livello della falda da p.c. [m]	assente
Diametro foro $d$ [mm]	152
Spessore tratto di prova $l$ [mm]	510
Coefficiente di forma $C_L$ [m]	0,51
Area di base del foro di sondaggio $A$ [m <sup>2</sup> ]	0,0181

t [min]	t [sec]	H <sub>w</sub> [cm]	DH [cm]
0	0	345	51
1	60	224	121
2	120	193	152
3	180	178	167
4	240	165	180
5	300	154	191
10	600	127	218
15	900	114	231
20	1200	105	240
30	1800	99	246



SONDAGGIO	S1
PROFONDITA'	4,5
Livello della falda da p.c. [m]	assente
Diametro foro $d$ [mm]	152
Spessore tratto di prova $l$ [mm]	500
Coefficiente di forma $C_L$ [m]	0,5
Area di base del foro di sondaggio $A$ [m <sup>2</sup> ]	0,0181

t [min]	t [sec]	H <sub>w</sub> [cm]	DH [cm]
0	0	345	20
1	60	322	23
2	120	321	24
3	180	320,5	24,5
4	240	320,2	24,8
5	300	320	25
10	600	318	27
15	900	316	29





<b>SONDAGGIO</b>	<b>S1</b>
<b>PROFONDITA'</b>	<b>6</b>
Livello della falda da p.c. [m]	assente
Diametro foro $d$ [mm]	152
Spessore tratto di prova $l$ [mm]	510
Coefficiente di forma $C_L$ [m]	0,51
Area di base del foro di sondaggio $A$ [m <sup>2</sup> ]	0,0181

<b>t</b> <b>[min]</b>	<b>t</b> <b>[sec]</b>	<b>H<sub>w</sub></b> <b>[cm]</b>	<b>DH</b> <b>[cm]</b>
0	0	345	19
1	60	312	33
2	120	298	47
3	180	285	60
4	240	276	69
5	300	268	77
10	600	232	113
15	900	203	142

