



CITTÀ DI ALESSANDRIA

Settore Urbanistica e Patrimonio

Servizio Pianificazione Generale

VARIANTE PARZIALE AGOSTO 2021 EX ART. 17 5° COMMA L.R. 56/77 E S.M.I. PROGETTO PRELIMINARE

RELAZIONE GEOLOGICO - TECNICA

INDICE

CAPITOLO 1.0 - Premessa	PG 3 - 7
CAPITOLO 2.0 - Lineamenti geologici ed idrogeologici del sito	PG 8 -15
CAPITOLO 3.0 - Caratterizzazione geomorfologica dell'area	PG 16 -21
CAPITOLO 4.0 - Pericolosità sismica del sito	PG 22 - 46
CAPITOLO 5.0 - Prove penetrometriche (P01-P012)	PG 47 - 85
CAPITOLO 6.0 - Caratterizzazione idrogeologica del terreno – Prove di permeabilità a carico variabile- L01-L05	PG 86- 96
CAPITOLO 7.0 - Carotaggi stratigrafici (S01-S02)	PG 97 - 119
CAPITOLO 8.0 - Unità litotecniche del sottosuolo	PG 122 - 123
CAPITOLO 9.0 – Conclusioni	PG 124 - 125

CAPITOLO 1.0

Premessa

A corredo degli atti di progetto inerenti al progetto di “INTERVENTO DI SVILUPPO PER LA COSTRUZIONE DI UN EDIFICIO DESTINATO AD ATTIVITA’ LOGISTICA/DEPOSITO IN ALESSANDRIA. TERRENI DI PROPRIETA’ DELLA SOC. CI CIEFFE SRL nel Comune di Alessandria, la Soc. *ETHOS ENGINEERING S.r.l.* ha conferito allo scrivente l’incarico di elaborare la relazione geologica al fine di caratterizzare le peculiarità litologiche e litotecniche del sottosuolo, in ossequio al D.M. 17 gennaio 2018 N.T.C. (Norme Tecniche delle Costruzioni) e Norme Tecniche di Attuazione del P.R.G.C.

L’area oggetto di indagine è ubicata a Sud Est del concentrico di Alessandria, ed interessa un vasto appezzamento di terreno a morfologia pianeggiante ad una quota media variabile da 91.00 a 91.60 m.s.l.m., ed occupa una superficie areale coperta di oltre 95 Ha circa. Tale area confina ad Est con la tangenziale (SP 30), ad Ovest con Via San Giovanni Bosco, a Nord verso Corso Giuseppe Romita, a Sud con la nuova centrale di teleriscaldamento Egea.

L’indagine si è articolata mediante l’esecuzione di un rilievo geologico della zona e di un vasto intorno significativo al fine di individuare le peculiarità geomorfologiche dell’area ed è proseguita mediante l’esecuzione delle seguenti indagini geognostiche concordate con la D.L.

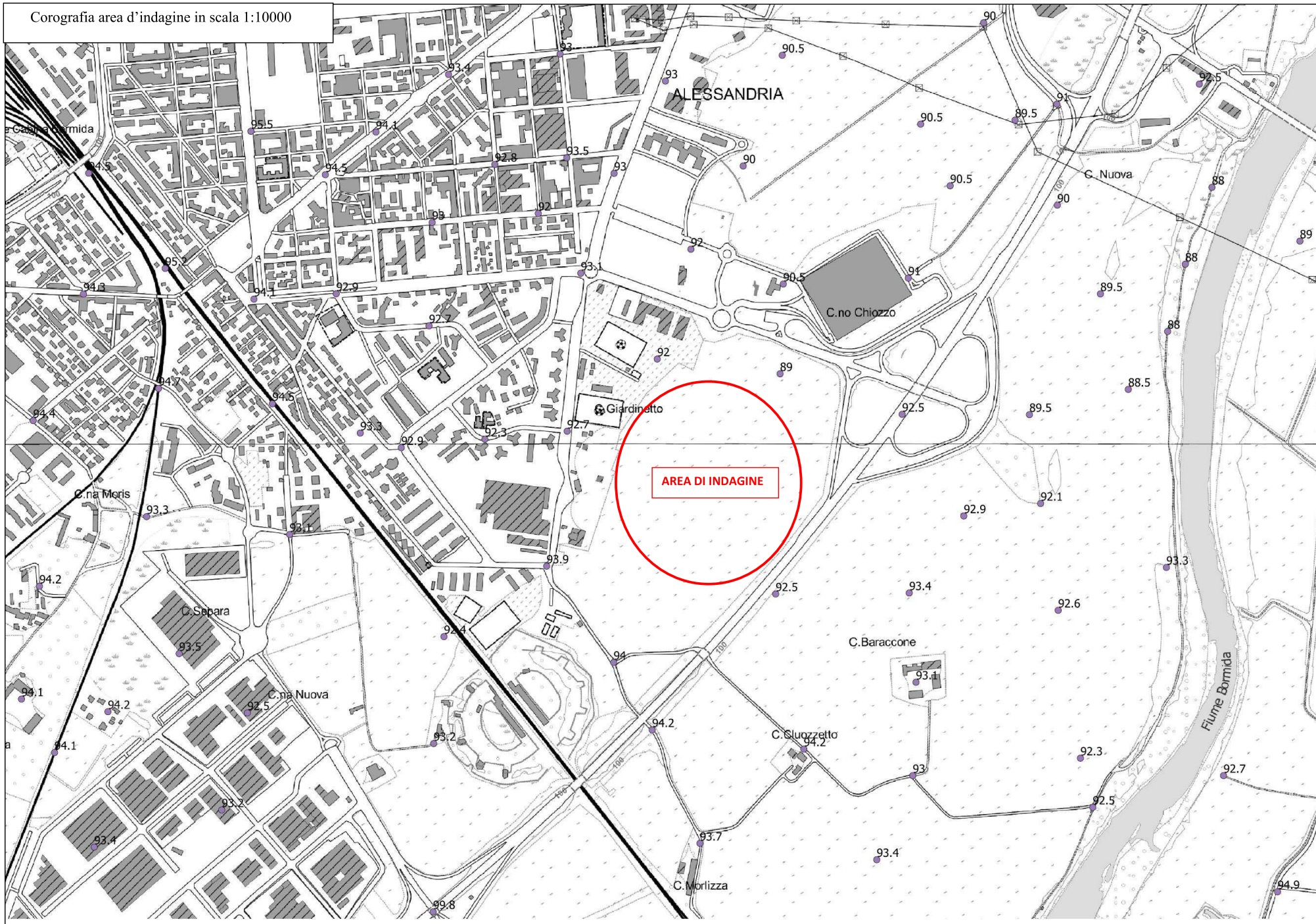
1) **Esecuzione di n.12 prove penetrometriche** dinamiche/statiche utilizzando un penetrometro statico-dinamico super pesante PAGANI TG 630-100 KN spinte ad una profondità d’indagine di variabile da 10 a 15 metri dal piano campagna fino a rifiuto all’avanzamento delle aste del penetrometro.

2) **Esecuzione di n.2 prospezioni sismiche MASW** (Multichannel Analysis of Surface Waves) per la caratterizzazione dei parametri sismici del terreno come richiesto dalla Normativa (Vsequivalente e categoria di terreno).

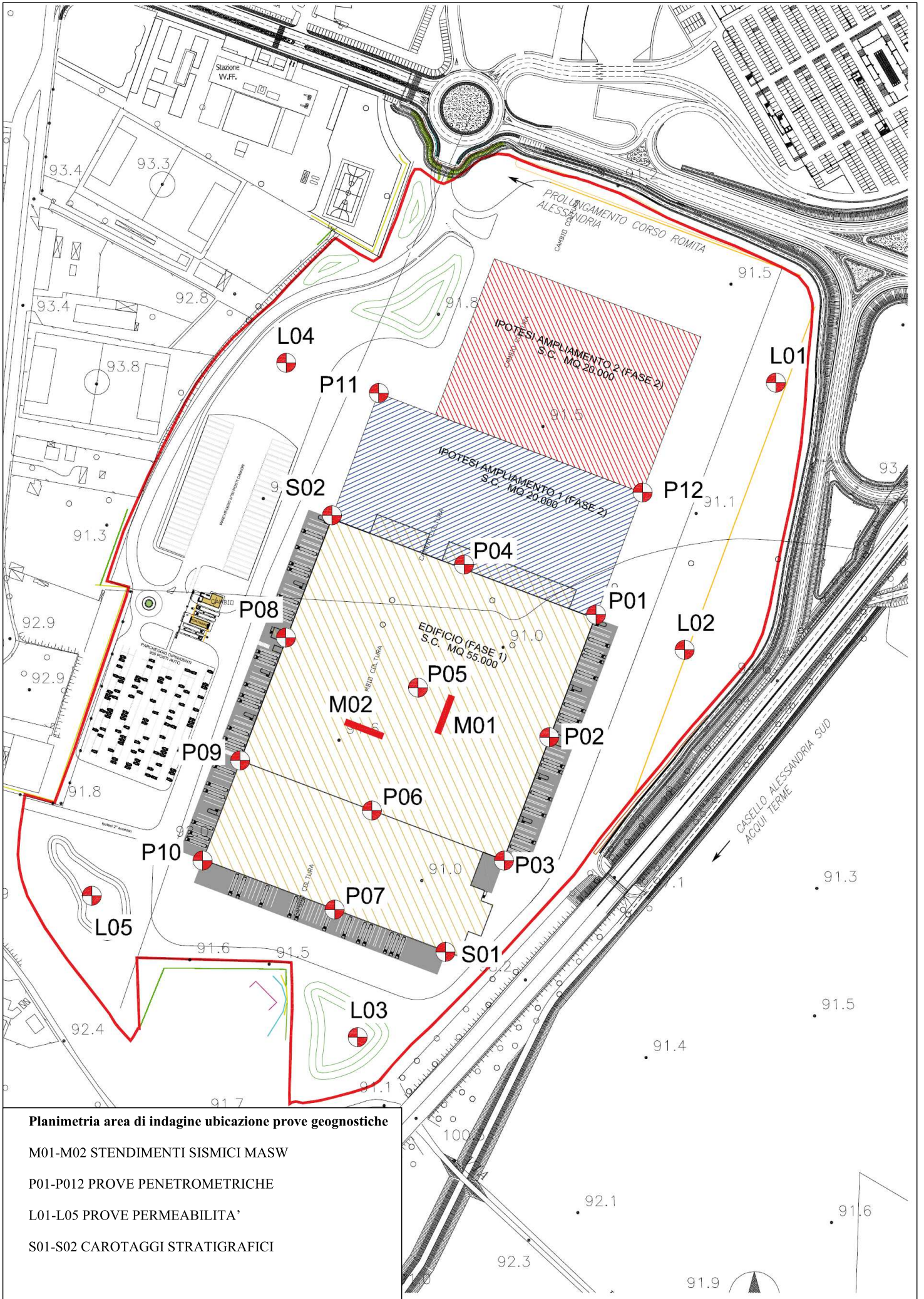
3) **Esecuzione di n.5 prove di permeabilità in foro**, in zone circostanti l’area di edificazione in progetto, entro i primi 3 metri, per la misura della permeabilità delle argille e limi sabbiosi superficiali ed il top dello strato ghiaioso, utilizzando la sonda penetrometrica PAGANI TG 63-100 KN attrezzata di aste elicoidali.

4) **Esecuzione di n.2 carotaggi stratigrafici** continui spinti ad una profondità di 15 metri dal piano campagna, di cui uno attrezzato di piezometri in PVC a tubo aperto (diam 3”). Esecuzione di N.4 prove SPT (Standard Penetration Test) in ogni foro di sondaggio foro per acquisizione parametri geotecnici. Esecuzione di N.2 prove di permeabilità in foro a carico variabile a quote comprese tra -7 e -15 metri dal p.c.

Corografia area d'indagine in scala 1:10000







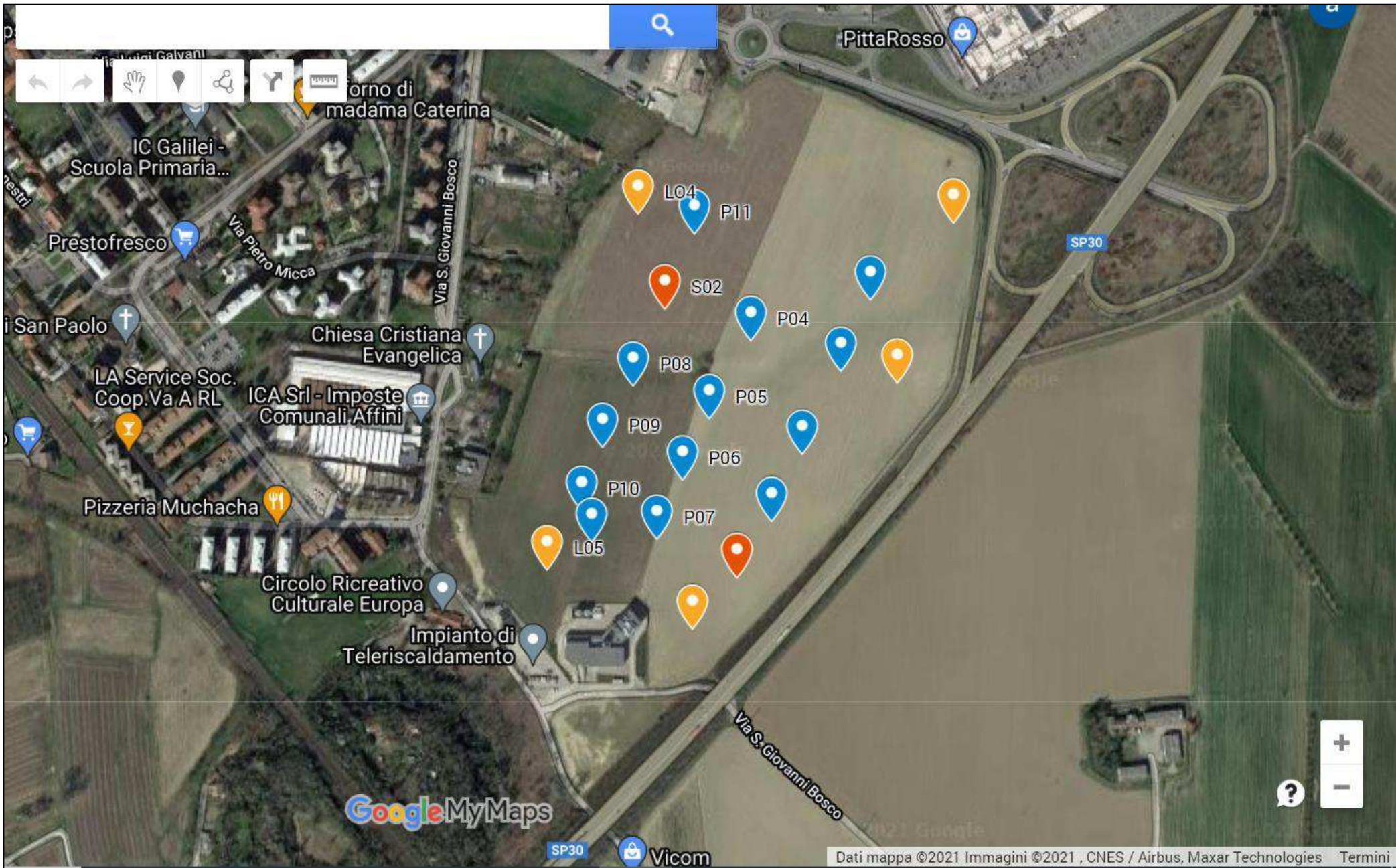
Planimetria area di indagine ubicazione prove geognostiche

M01-M02 STENDIMENTI SISMICI MASW

P01-P012 PROVE PENETROMETRICHE

L01-L05 PROVE PERMEABILITA'

S01-S02 CAROTAGGI STRATIGRAFICI



CAPITOLO 2.0

Lineamenti geologici ed idrogeologici del sito

Per quanto riguarda gli aspetti geologici, sottostante la coltre il suolo agrario e la alterazione superficiale, nell'area affiorano terreni appartenenti alla formazione geologica conosciuta con il nome di *“Alluvioni prevalentemente argillose della superficie principale a Sud del Po, attribuibili in parte alle Alluvioni postglaciali ed in parte al Fluviale Recente”* (Foglio n.70 Alessandria della Carta Geologica d'Italia).

Trattasi di depositi lasciati durante l'Olocene inferiore (nelle fasi interglaciali) dai corsi d'acqua che scendevano con direzione Nord verso il centro della pianura alessandrina, formando estese conoidi di sedimenti prevalentemente fini su depositi più antichi anch'essi di origine fluviale ed aventi uno spessore di circa 20 m, successivamente erosi dagli attuali corsi d'acqua (Fiume Bormida in sponda orografica sinistra), i quali a loro volta hanno depositato altri sedimenti più recenti.

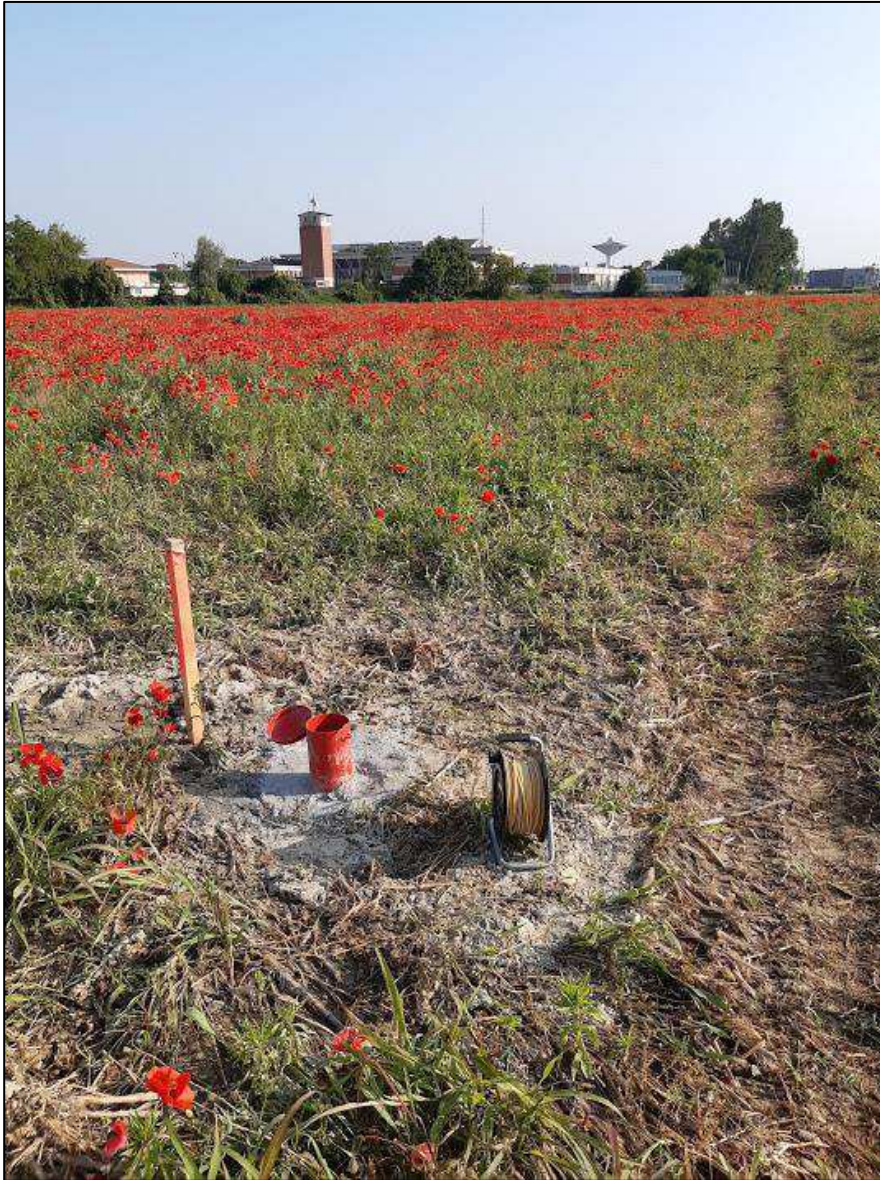
Nell'area oggetto d'indagine fino ad una profondità media di 3/4 metri circa dal piano campagna la successione stratigrafica locale è costituita terreni a granulometria fine a composizione prevalentemente sabbiosa-limosa, a cui seguono fino ad una profondità di 15 metri circa dal p.c. sabbie e sabbie ghiaiose e ghiaie con intercalazioni lentiformi di limi ed argille sabbiose caratterizzanti la parte sommitale della formazione geologica affiorante, mentre più in profondità seguono successioni di ghiaie e sabbie a granulometria più grossolana con intercalazioni lentiformi di limi argillosi ed argille tipiche di sequenze alluvionali pleistoceniche.

La falda freatica è alimentata in parte dalle acque d'infiltrazione di superficie ed in parte dalle acque di sub-alveo del fiume Bormida in sponda orografica sinistra ed essa è contenuta nelle sabbie e ghiaie sovrastanti le lenti argillose e limose che la separano dalla seconda falda in pressione presente ad una profondità di 33.50 metri dal p.c.

Tali falde risultano separate dalla falda freatica da livelli di argille impermeabili, come riscontrato dalle stratigrafie dei pozzi della zona. La Carta dell'Acquifero Superficiale (D.D. n.900 del 3/12/2012 – Regione Piemonte) segnala in questa parte della città la base dell'acquifero alla quota di 60 m.s.l.m., ovvero la base dell'acquifero si trova ad una quota media di 31,50 metri circa dal piano campagna.

La superficie libera della falda freatica si pone ad una quota media di -6,00/-7,00 metri dal piano campagna ed essa risulta soggetta ad escursioni stagionali. La Carta relativa alle isopiezometriche elaborata dalla Regione Piemonte (Geoportale ARPA) di cui allo stralcio allegato, individua la falda superficiale alla quota media di 85 m.s.l.m.

Alla data del mese di maggio e giugno 2021 nel piezometro del carotaggio stratigrafico (S02) presso l'area oggetto d'indagine, è stata riscontrata acqua di falda alla quota di -7,00 metri dal p.c.



Misura freaticometrica piezometro carotaggio S02

Nell'ambito dell'analisi idrologica dell'area, ai fini di ottenere l'altezza di pioggia per le precipitazioni intense necessarie al calcolo dei volumi idrici che dovranno essere smaltiti in funzione delle superfici impermeabilizzate previste, sono stati utilizzati i parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per tempi di ritorno di 20-100-200-500 anni, elaborati dall'Autorità di Bacino del Fiume Po nell'ambito della *“Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica” (P.A.I.), con la posizione dell'area stessa, nei confronti delle - Celle pluviometriche -*”.

Tale procedura consente di determinare l'altezza di precipitazione per un dato tempo di ritorno e per una precisa durata di precipitazione, attraverso la seguente relazione:

$$h = at^n$$

dove:

$h =$ altezza di precipitazione (mm);

a = coefficiente per un assegnato tempo di ritorno ricavato attraverso il metodo delle “Celle pluviometriche” che rappresenta l’intensità unitaria di pioggia (mm/ora);

n = coefficiente per un assegnato tempo di ritorno ricavato attraverso il metodo delle “Celle pluviometriche”;

t = durata della precipitazione (ora);

Nel calcolo effettuato sono stati considerati tempi di ritorno rispettivamente di 20, 100, 200 e 500 anni. Ai sensi della Direttiva citata, è possibile desumere dall’Allegato n.3 “*Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense – Celle del reticolo chilometrico di riferimento scala 1: 250.000*” i “*parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni*”.

Cella	Coord. Est UTM	Coord. Nord UTM	a Tr 20	n Tr 20	a Tr 100	n Tr 100	a Tr 200	n Tr 200	a Tr 500	n Tr 500
CH114	469000	4973000	36,91	0,291	47,78	0,284	52,46	0,281	58,63	0,279

Inserendo tali coefficienti nel calcolo si ottiene, per questa zona del Concentrico, ovvero dalla cella sopra indicata CH114, i seguenti valori di altezza di pioggia (mm) riferiti a tempi di ritorno Tr di seguito elencati.

<u>Durata precipitazione</u> <u>(ore)</u>	<u>Tr 20 anni</u> <u>Altezza pioggia</u> <u>(mm)</u>	<u>Tr 100 anni</u> <u>Altezza pioggia</u> <u>(mm)</u>	<u>Tr 200 anni</u> <u>Altezza pioggia</u> <u>(mm)</u>	<u>Tr 500 anni</u> <u>Altezza pioggia</u> <u>(mm)</u>
-	-	-	-	-
<u>1</u>	<u>36,9</u>	<u>47,8</u>	<u>52,5</u>	<u>58,6</u>
<u>3</u>	<u>50,8</u>	<u>65,3</u>	<u>71,4</u>	<u>79,7</u>
<u>6</u>	<u>62,2</u>	<u>79,5</u>	<u>86,8</u>	<u>96,7</u>
<u>12</u>	<u>76,1</u>	<u>96,8</u>	<u>105</u>	<u>117</u>
<u>24</u>	<u>93,1</u>	<u>118</u>	<u>128</u>	<u>142</u>

AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME PO
PARMA

Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) Interventi sulla rete idrografica e sui versanti

Legge 18 Maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6ter

Adottato con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 18 in data 26 aprile 2001

7. Norme di attuazione

**Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni
e le verifiche di compatibilita' idraulica**

Allegato 3 : Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense

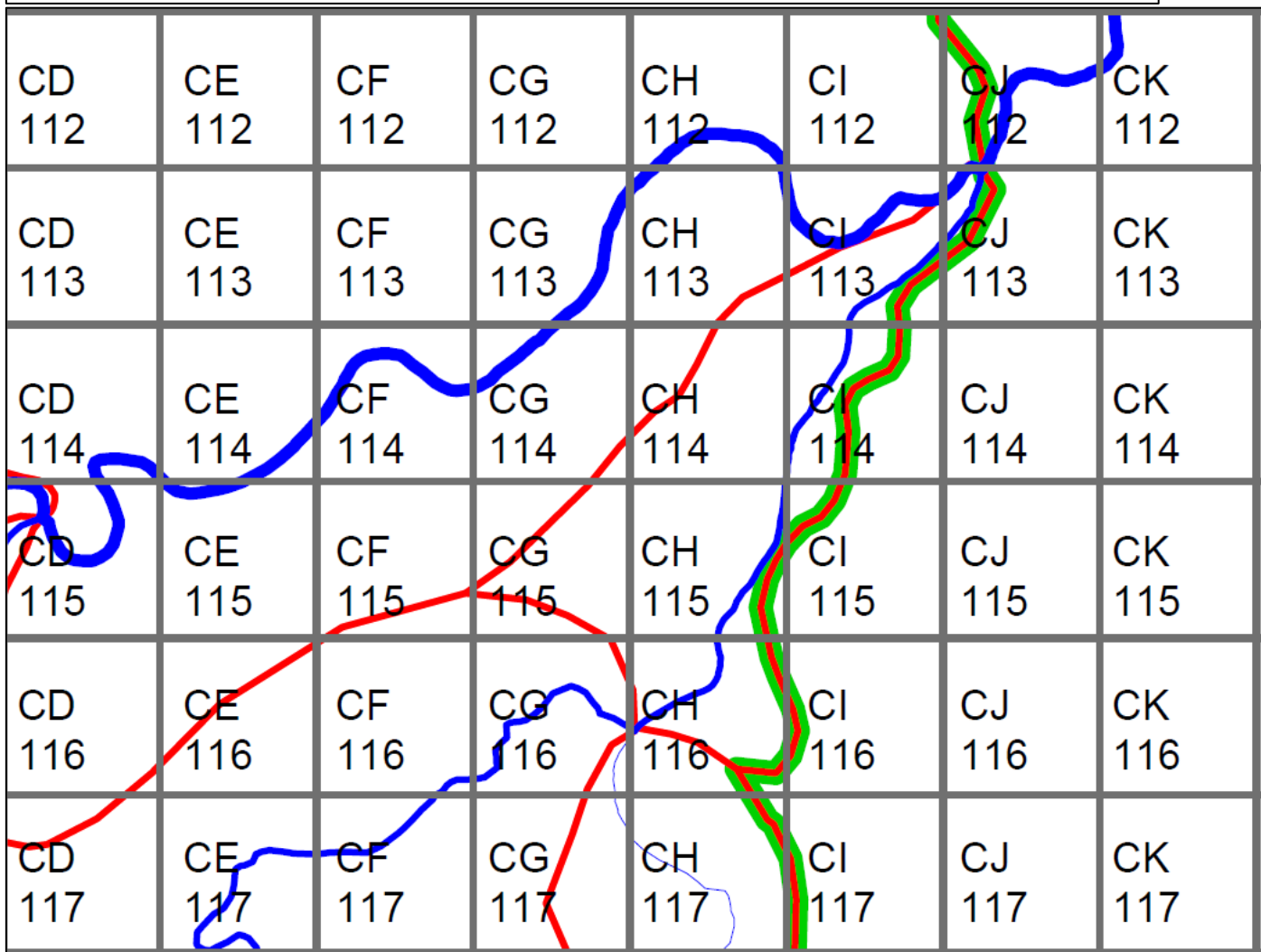
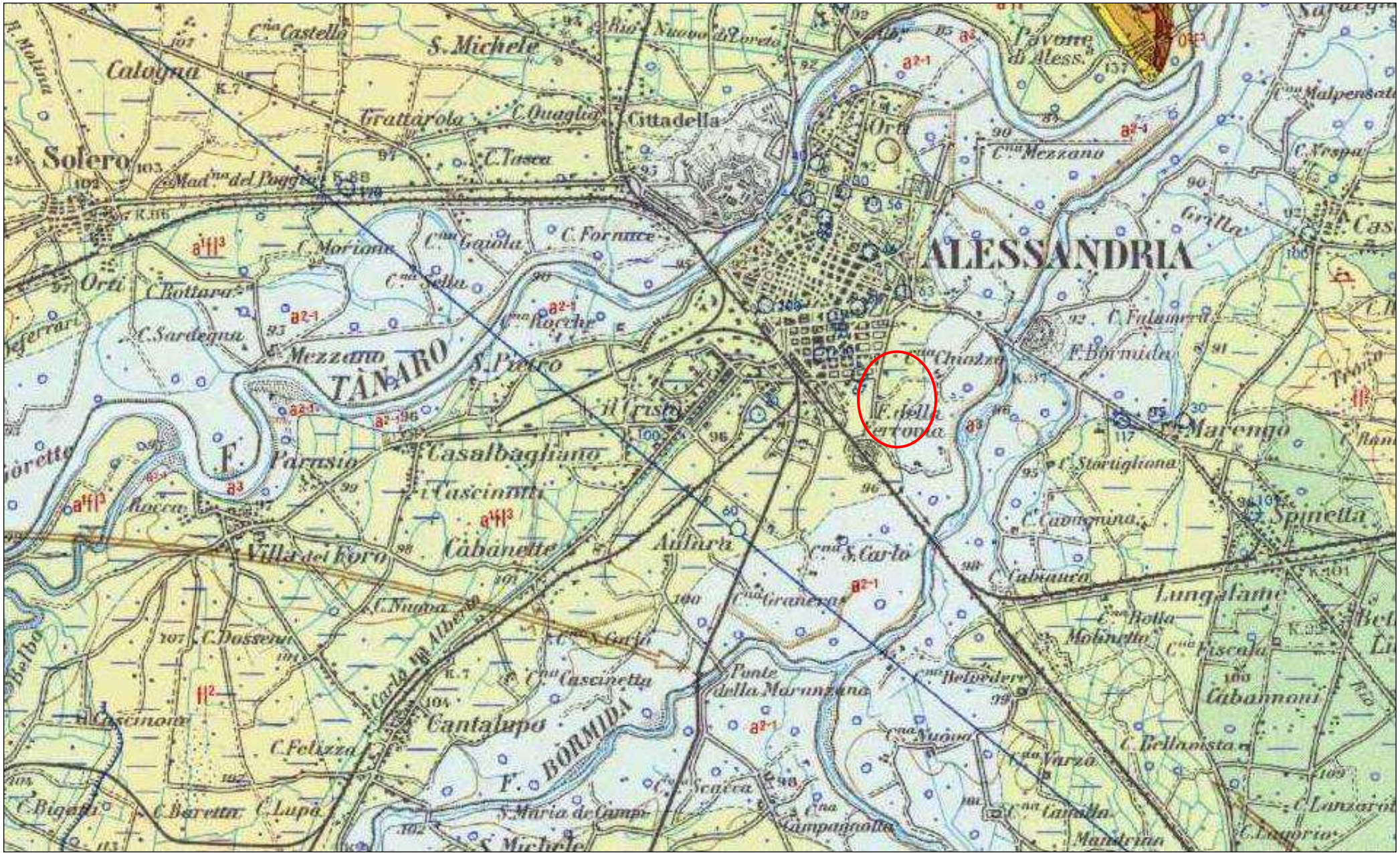
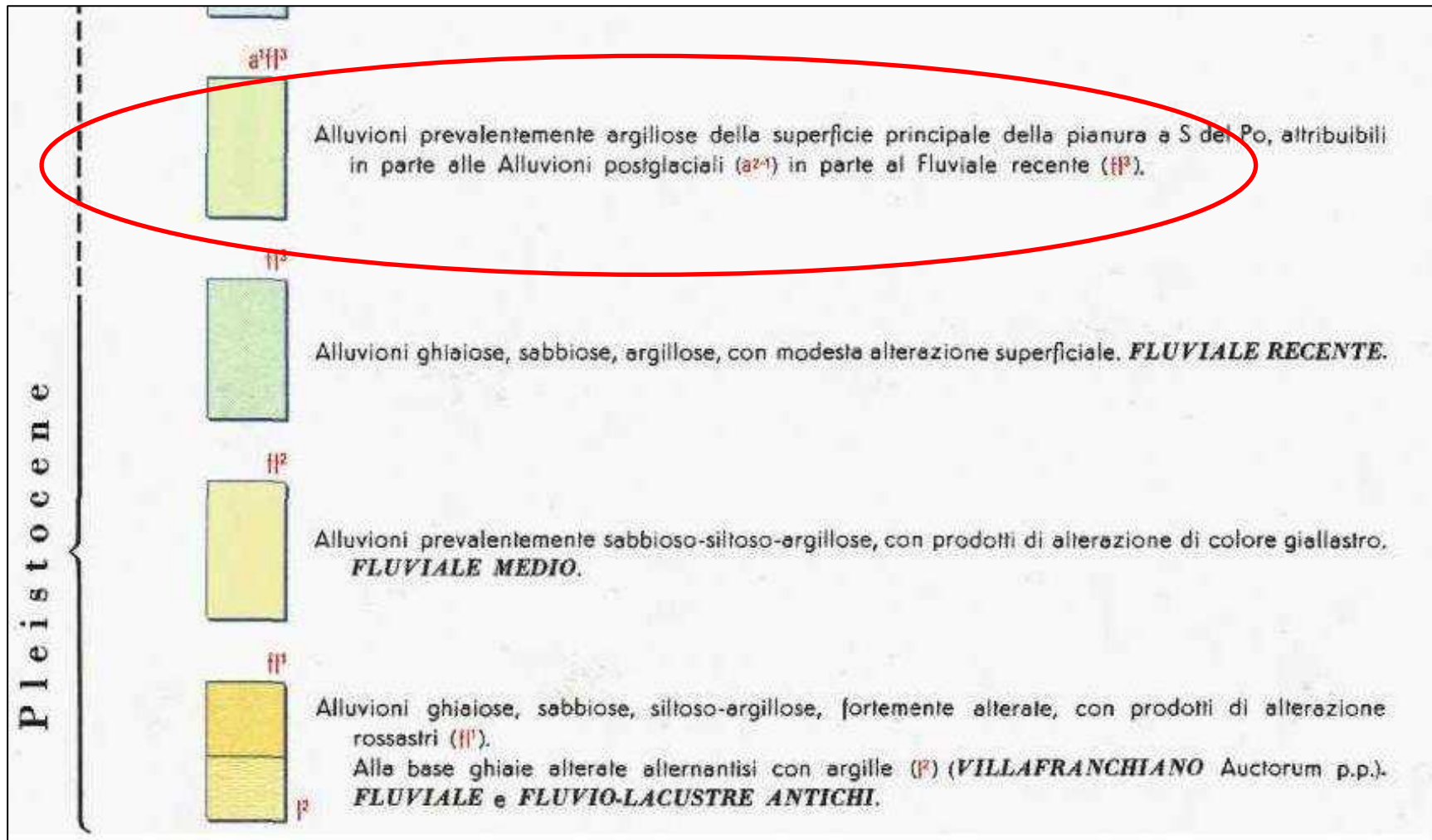


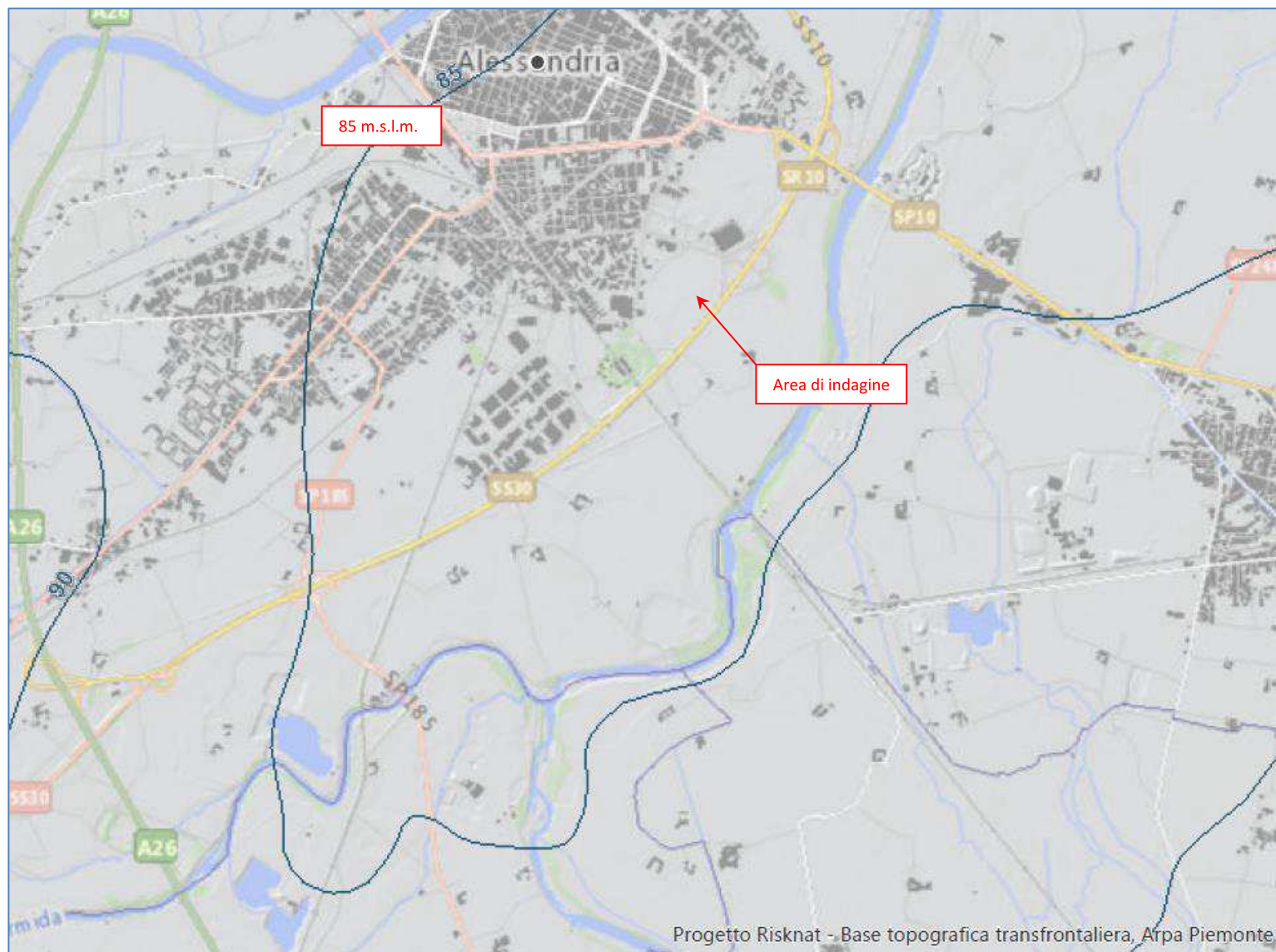
TAVOLA 12 cella CH114



Stralcio Carta Geologica d'Italia in scala 1.100000 Foglio N.70 Alessandria

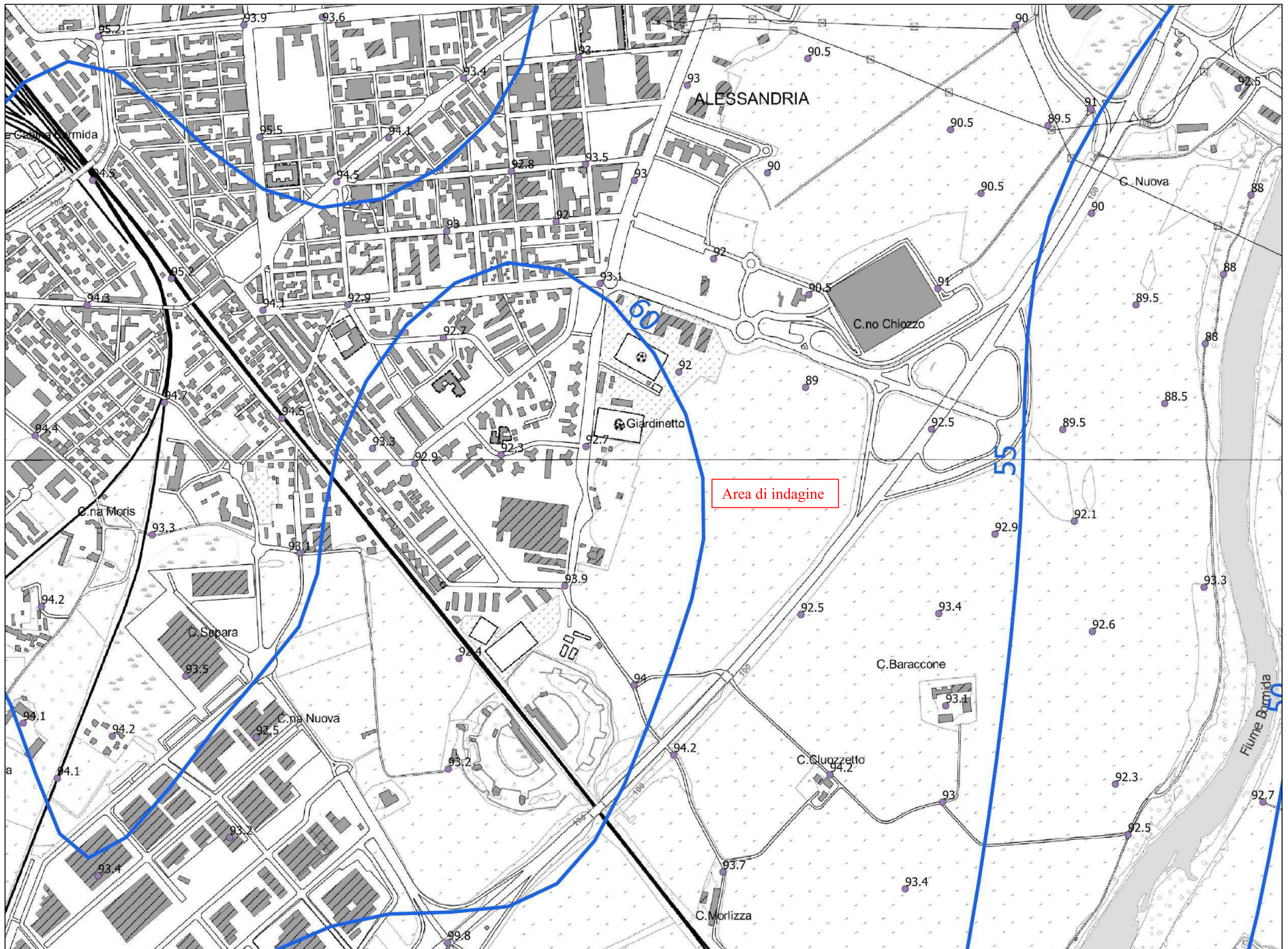


Stralcio Legenda Foglio N.70 Alessandria



Stralcio carta isopiezometriche acquifero superficiale

(Isolinee m.s.l.m.)



Stralcio Carta Base dell'Acquifero Superficiale (D.D. n.900 del 3/12/2012 – Regione Piemonte) isolinee riferite a m.s.l.m.

CAPITOLO 3.0

Caratterizzazione geomorfologica dell'area

La “Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica dell'idoneità all'utilizzo urbanistico dell'area di pianura” (N.d.A. PRGC - aprile 2017 -), inserisce l'area oggetto di intervento nella **classe III (Aree di pianura)** caratterizzata da una **PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA ALTA** e definita come: “Porzioni di territorio nelle quali gli elementi di pericolosità geomorfologica e di rischio, derivanti questi ultimi dalla urbanizzazione dell'area, sono tali da impedirne l'utilizzo qualora inedificate, richiedono viceversa, **la previsione di interventi di riassetto territoriale e tutela del patrimonio esistente**”.

L'area rientra nella **classe IIIb α** definita come: “Aree ubicate all'interno della Fascia C e/o a retro della Fascia B di progetto e nelle Frazioni di Spinetta Marengo e Litta (N.d. A. art. 51)”.

Di seguito si riporta uno stralcio delle prescrizioni geologiche di cui all'art. 51 delle Norme di Attuazione del PRGC (aggiornato al 2017) ove si evince che “In seguito all'avvenuta realizzazione delle opere di difesa e/o di riassetto territoriale che L'amministrazione Comunale riterrà sufficienti alla minimizzazione del rischio esistente, potranno essere consentite nuove edificazioni....”.

In riferimento alla TABELLA A di cui all'art. 51 delle N.d.A. del P.R.G.C. (inerente alle **quote minime di abitabilità** nelle aree di pianura relative alle classi geomorfologiche di tipo II e III) nell'area oggetto d'intervento la **quota minima di calpestio** dovrà corrispondere a **93,5 m.s.l.m.** (**Sinistra Bormida, dal ponte della ferrovia AL-GE al ponte della strada statale Padana inferiore (SR10)**).

Classe IIIb α

Aree ubicate all'interno della Fascia C e/o a retro della Fascia B di Progetto e nelle Frazioni di Spinetta Marengo e Litta.

Alle aree in Fascia C si intendono estese le norme della fascia B fino al completamento delle opere di difesa idraulica e/o riassetto territoriale. In tali ambiti la fruibilità urbanistica avverrà in conformità ai disposti dell'art. 28, secondo le modalità precisate dal relativo "Regolamento di Attuazione" (adottato con D.C.I. n. 11 del 5/04/2006), e del comma 5 dell'art. 31 delle Norme di Attuazione del PAI, nonché, per quanto concerne il Ponte Cittadella, alla verifica della "Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B (adottata con D.C.I. n. 2 dell'11/05/1999, aggiornata con D.C.I. n. 10 del 5/04/2006).

In seguito all'avvenuta realizzazione delle opere di difesa e/o di riassetto territoriale che l'Amministrazione Comunale riterrà sufficienti alla minimizzazione del rischio esistente, potranno essere consentite nuove edificazioni alle seguenti condizioni:


1. accertamento geotecnico nel rispetto del D.M.L.P. 11/3/1988 e del D.M. 14/01/2008 e s.m.i., volto a determinare la quota di imposta delle fondazioni;
2. esecuzione preventiva di una corretta regimazione delle acque superficiali e di falda, previa relazione geologica;
3. l'edificazione finalizzata a destinazioni d'uso che comportano la presenza continuativa di persone dovranno essere realizzate in ambienti aventi il piano di calpestio ad una quota di sicurezza come riportato indicativamente nell'allegata Tabella A e/o da valutazioni idrauliche puntuali. Tale valutazione può essere redatta a cura del soggetto attuatore dell'opera o, tramite iniziativa pubblica;
4. è consentita la realizzazione di locali al piano terra, purché adibiti esclusivamente ad autorimessa, cantine o depositi, che non si approfondiscano oltre 0,30 m dal piano strada;
5. le sistemazioni esterne relative alle recinzioni di proprietà ad eccezione del centro storico, sia su fronte stradale (pubblica o privata) sia sui confini laterali, devono essere formate con siepi vive di altezza non superiore a m. 2 con interposta eventuale rete metallica plastificata oppure con cancellata a giorno, con zoccolatura (minore o uguale a cm 20) provvista di idonei scoli per le acque;
6. in queste aree è ammessa la costruzione di piani seminterrati o interrati (il cui accesso avvenga comunque attraverso vie d'ingresso che si sviluppino a partire da quote superiori o uguali a quelle indicate in tab. A), a una quota più bassa di quella di riferimento (Tabella A) o a quella della massima escursione della falda, purché

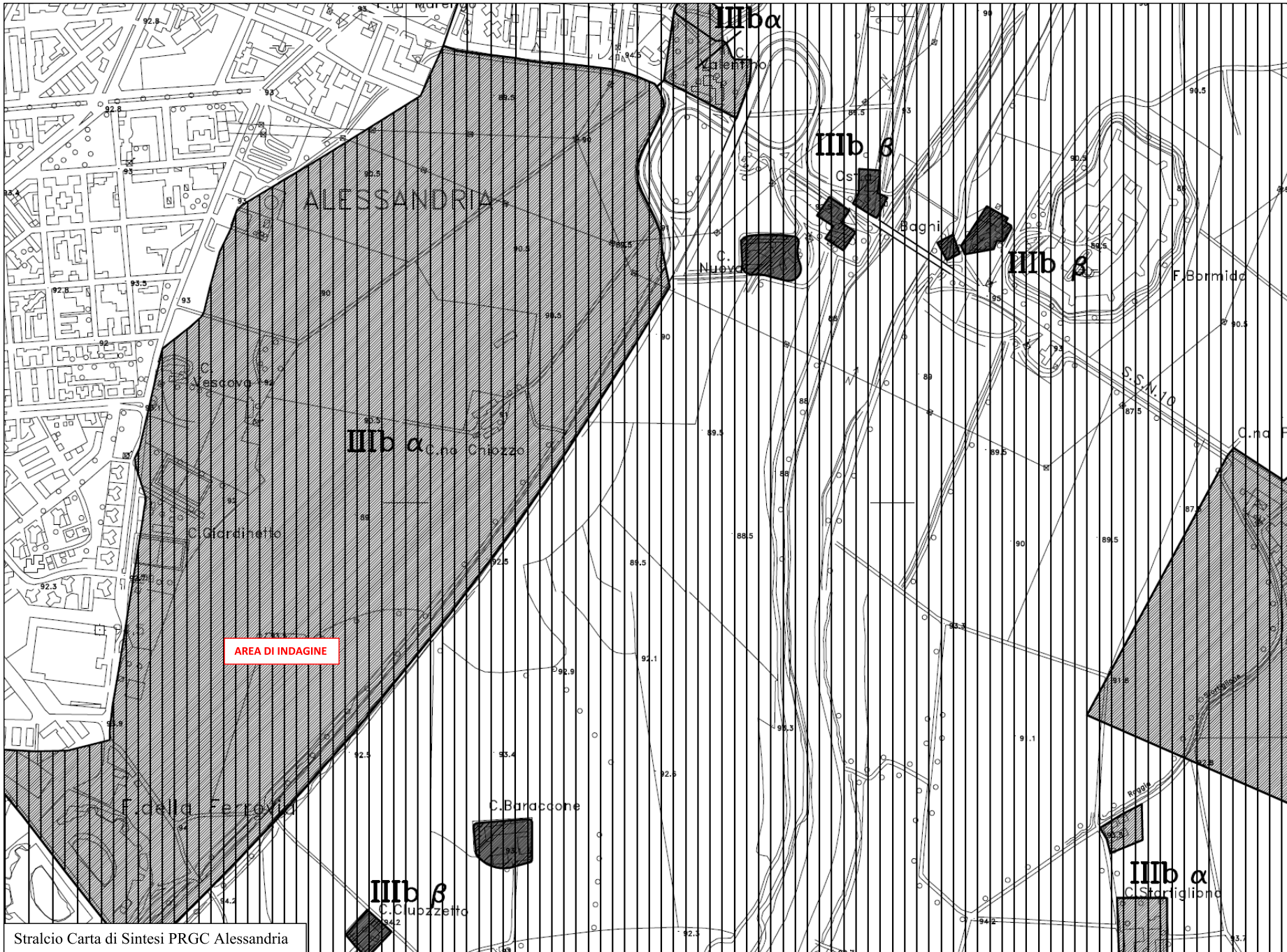
adibiti esclusivamente ad autorimessa, cantine, depositi senza presenza continuativa di persone, previa esecuzione delle specifiche indagini di cui alla lettera H del D.M. 11 marzo 1988, il cui accesso avvenga comunque attraverso vie d'ingresso che si sviluppino a partire da quote superiori o uguali alla quota di riferimento (Tabella A); la realizzazione di piani seminterrati o interrati non dovrà interferire con il regime della falda idrica e sarà pertanto subordinata ai risultati di preventive indagini volte alla verifica della soggiacenza della falda e della relativa escursione massima annuale e storica, dalla quale dovrà essere garantito un franco di almeno 50 cm. I locali seminterrati o interrati dovranno essere realizzati adottando gli accorgimenti tecnici atti a impedirne l'allagamento e a garantirne la fruizione in condizioni di sicurezza. Il ricorso all'innalzamento artificiale del piano campagna è permesso qualora sia accertato che tale intervento non provochi innalzamenti anomali del livello idrico, nel corso di fenomeni di allagamento, tali da provocare maggiori danni nelle aree adiacenti. Gli interventi devono assicurare il mantenimento e il miglioramento delle condizioni di drenaggio superficiale dell'area, l'assenza di interferenze negative con il regime delle falde freatiche presenti e con la sicurezza delle opere di difesa esistenti. Come previsto dal comma 7 dell'art. 18 delle NTA del PAI, all'interno delle aree comprese in Fascia C il soggetto attuatore è tenuto a sottoscrivere un atto liberatorio che escluda ogni responsabilità dell'amministrazione pubblica in ordine a eventuali futuri danni a cose e a persone comunque derivanti da fenomeni di allagamento dei locali interrati.

7.Come previsto dal comma 7 dell'art. 18 delle NTA del PAI il soggetto attuatore è tenuto a sottoscrivere un atto liberatorio che escluda ogni responsabilità dell'amministrazione pubblica in ordine a eventuali futuri danni a cose e a persone comunque derivanti da fenomeni di allagamento dei locali interrati.

8.in queste aree sono vietati lo stoccaggio e la realizzazione di discariche di ogni tipo di rifiuti.

5 TABELLA A
 QUOTE MINIME DI ABITABILITA' NELLE AREE DI PIANURA
 INTERESSATE DALLE CLASSI GEOMORFOLOGICHE DI TIPO II E III.

Posizione	Denominazione zona	Quota minima (m.s.l.m.)
Sx Tanaro	Sponda sinistra del Tanaro fino alla ferrovia TO-AL	96,00
	A nord della ferrovia TO-AL fino all'Autostrada dei Trafori	95,50
	San Michele (tra l'Autostrada dei Trafori e la linea ferroviaria MI-AL)	94,50
	Tra la linea ferroviaria MI-AL ed il sanatorio T. Borsalino	93,50
	Tra sanatorio T. Borsalino e Ponte Tanaro / Autostrada dei Trafori	92,00
Dx Tanaro	Casalbagliano – C.na Guazzati	97,00
	C.na De Vercelli	95,50
	C.na Martini / Chiapponi	95,00
	Alessandria centro storico fino a v. Teresa Michel	94,00
	Quartiere Orti da v. Teresa Michel	93,00
	Interfluvio Tanaro / Bormida (C.na Mezzano)	92,00
	Sx Bormida	C.na Clara / C.na Bona / Ponte della Maranzana
Dal Ponte della Maranzana al ponte della Ferrovia AL-GE		96,00
 Dal Ponte della Ferrovia AL-GE al ponte della S.S. Padana Inferiore		93,50
Area a nord della Tangenziale e centro urbano di Alessandria ("Alessandria 2000")		93,50
Dx Bormida	Dal ponte della Ferrovia AL-GE alla C.na Granera	95,50
	Dalla C.na Granera alla C.na Stortigliona (compresa)	94,00
	Da nord della C.na Stortigliona alla S.S. Padana Inferiore (Area Zuccherificio)	92,50
	A nord della S.S. Padana Inferiore fino a C.na Falamera / Barbotto (includere)	92,00
	Da C.na Barbotto fino all'Autostrada dei Trafori	91,00
	Area C.na Garrone – Casalino	87,00



Stralcio Carta di Sintesi PRGC Alessandria

LEGENDA

ZONIZZAZIONE IN CLASSI DI PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA
(circ. Presidente G.R. Piemonte 8.05.1996 n7/LAP)

SIMBOLOGIA
i limiti sono individuati dal limite esterno del segno grafico

DESCRIZIONE DELLE AREE E IDONEITA' ALLA UTILIZZAZIONE URBANISTICA

PIANURA

CLASSE I: PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA BASSA O NULLA

Porzioni di territorio dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre limiti alle scelte urbanistiche: gli interventi sia pubblici, sia privati, sono di norma consentiti nel rispetto delle prescrizioni del D.M.L.P. 11/3/1988.



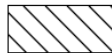
I

Aree dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre limitazioni alle scelte urbanistiche.

CLASSE II: PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA MEDIA

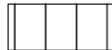
Aree nelle quali le condizioni di moderata pericolosità geomorfologica possono essere agevolmente superate attraverso l'adozione ed il rispetto di modesti accorgimenti tecnici esplicitati a livello di norme di attuazione ispirate al D.M. 11 marzo 1988 e realizzati a livello di progetto esecutivo esclusivamente nell'ambito del singolo lotto edificatorio o dell'intorno significativo circostante.

(Aree edificabili previo accertamento geotecnico per la quota d'imposta delle fondazioni e/o valutazione della quota limite di abitabilità).



II

Aree interessate prevalentemente da problemi legati alla presenza della falda a debole profondità dal piano di campagna e dalla presenza del reticolo idrografico minore

II α

Aree interessate prevalentemente da problemi legati alla presenza della falda a debole profondità dal piano di campagna, dalla presenza del reticolo idrografico minore e da potenziale esondabilità, seppure con presenza d'acqua a bassa energia e con battente limitato o da fenomeni di erosione al piede dei principali terrazzi fluviali.

II β

Aree soggette ad esondazione per insufficienza del sistema di canalizzazione.

CLASSE III: PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA ALTA

Porzioni di territorio nelle quali gli elementi di pericolosità geomorfologica e di rischio, derivanti questi ultimi dalla urbanizzazione dell'area, sono tali da impedirne l'utilizzo qualora inedificate, richiedono viceversa, la previsione di interventi di riassetto territoriale a tutela del patrimonio esistente.

(Aree inedificabili o con edificabilità vincolata).

a Aree inedificate



IIIa

Porzioni di territorio inedificate che presentano caratteri geomorfologici o idrogeologici che le rendono inadatte a nuovi insediamenti. (Circ. 7/LAP).

b Aree edificate

IIIb α

Aree ubicate all'interno della Fascia C e/o a retro della Fascia B di Progetto e nelle Frazioni di Spinetta Marengo e Litta (N.d.A. art. 51).

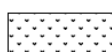
IIIb β

Aree a destinazione agricola ubicate all'interno della Fascia A e/o B del Piano Stralcio Fasce Fluviali (N.d.A. art. 51)

IIIb γ

Aree che hanno subito un peggioramento delle proprietà geotecniche dei terreni a seguito dell'evento alluvionale del novembre 1994 (N.d.A. art. 51).

C Aree edificate



IIIc

Porzioni di territorio edificate ad alta pericolosità geomorfologica e ad alto rischio, per le quali non è proponibile una ulteriore utilizzazione urbanistica neppure per il patrimonio esistente (Circ. 7/LAP)



LIMITE AREA DI PIANURA / AREA DI COLLINA

CAPITOLO 4.0

Pericolosità sismica del sito

Per il Piemonte, l'elenco delle zone sismiche è stato in un primo momento aggiornato con la DGR n. 11-13058 del 19/01/2010, successivamente con la DGR n. 65-7656 del 21/05/2014 e per ultimo la DGR 30 dicembre 2019, n. 6-887 OPCM 3519/2006 (Preso d'atto e approvazione dell'aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte, di cui alla D.G.R. del 21 maggio 2014, n. 65-7656).

Tale ultima normativa delibera:

“di approvare in sostituzione di quella approvata dalla D.G.R. del 21 maggio 2014, n. 65-7656, l'aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte, allegata al presente atto quale sua parte integrante e sostanziale, che si compone di: i. Allegato 1 - Mappa di pericolosità sismica del territorio regionale per valori medi di PGA, per un periodo di ritorno di 475 anni, espressi in termini di massima componente in termini di massima componente orizzontale, (ag con probabilità di superamento del 10% in 50 anni), derivante dall'analisi di pericolosità condotta dal DISTAV dell'UNIGE; ii. Allegato 2 - Mappa di zonazione sismica del territorio della Regione Piemonte iii. Allegato 3 - Elenco dei Comuni sismici”.

L'area oggetto d'indagine è classificata in ZONA SISMICA 3.

La magnitudo (M) dell'area d'indagine ottenuta con il processo di disaggregazione desunto dal sito internet dell'INGV (Istituto nazionale di Geofisica e Vulcanologia) relativa agli eventi sismici attesi per il **Comune di Alessandria** con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, è risultata pari a 5.00.

Il contributo percentuale maggiore alla pericolosità è dato dalla coppia M-R (Magnitudo-Distanza epicentrale).

In questo caso:

$$M = 4.5-5.0 \text{ (15.10\%)}$$

$$R = 10-20 \text{ Km.}$$

Seppure il valore medio M sia pari a 4.94, si assume M=5 limite superiore di Magnitudo alla coppia di valori di M-R che OFFRE il contributo maggiore alla pericolosità: in questo caso il valore medio di magnitudo pari a 4,94 risulta poco cautelativo, quindi si assume $M = 5$.

In base alle prove sismiche MASW effettuate nell'area oggetto d'indagine, i terreni appartengono alla **Categoria B**.

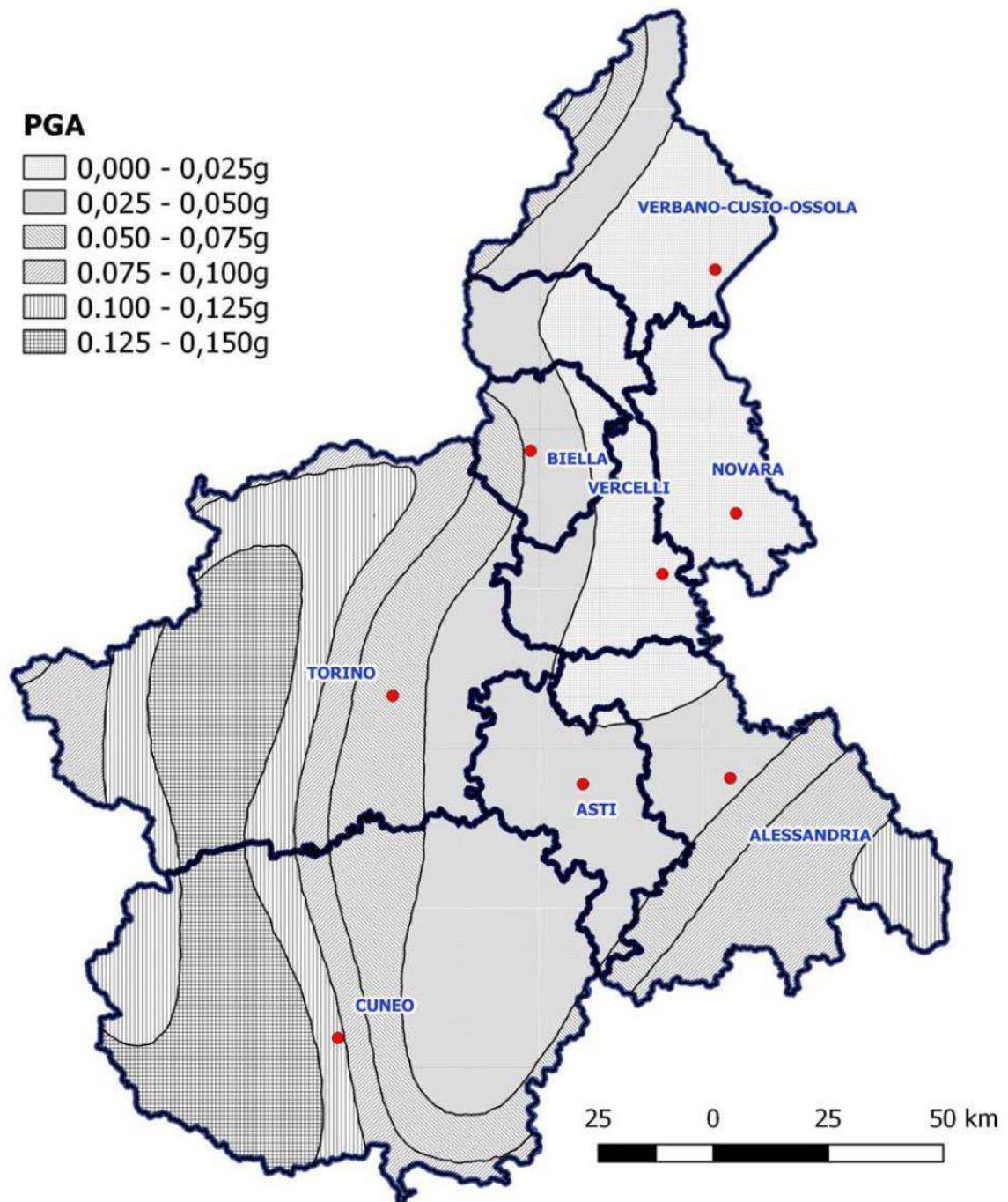
Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>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.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente 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 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

ALLEGATO 1

MAPPA DI PERICOLOSITA' SISMICA

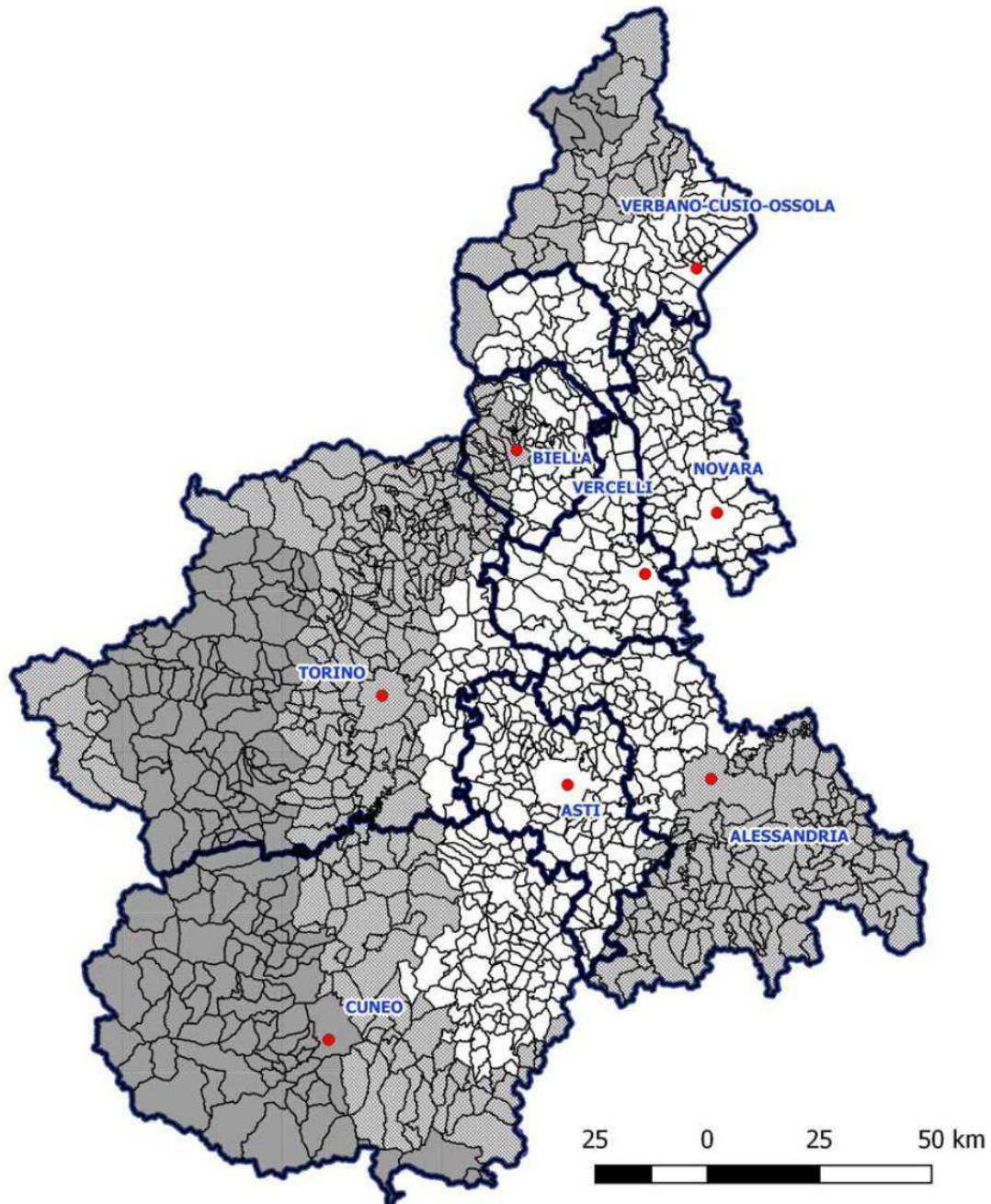
*DISTAV- Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e della Vita
Università degli Studi di Genova*



ALLEGATO 2

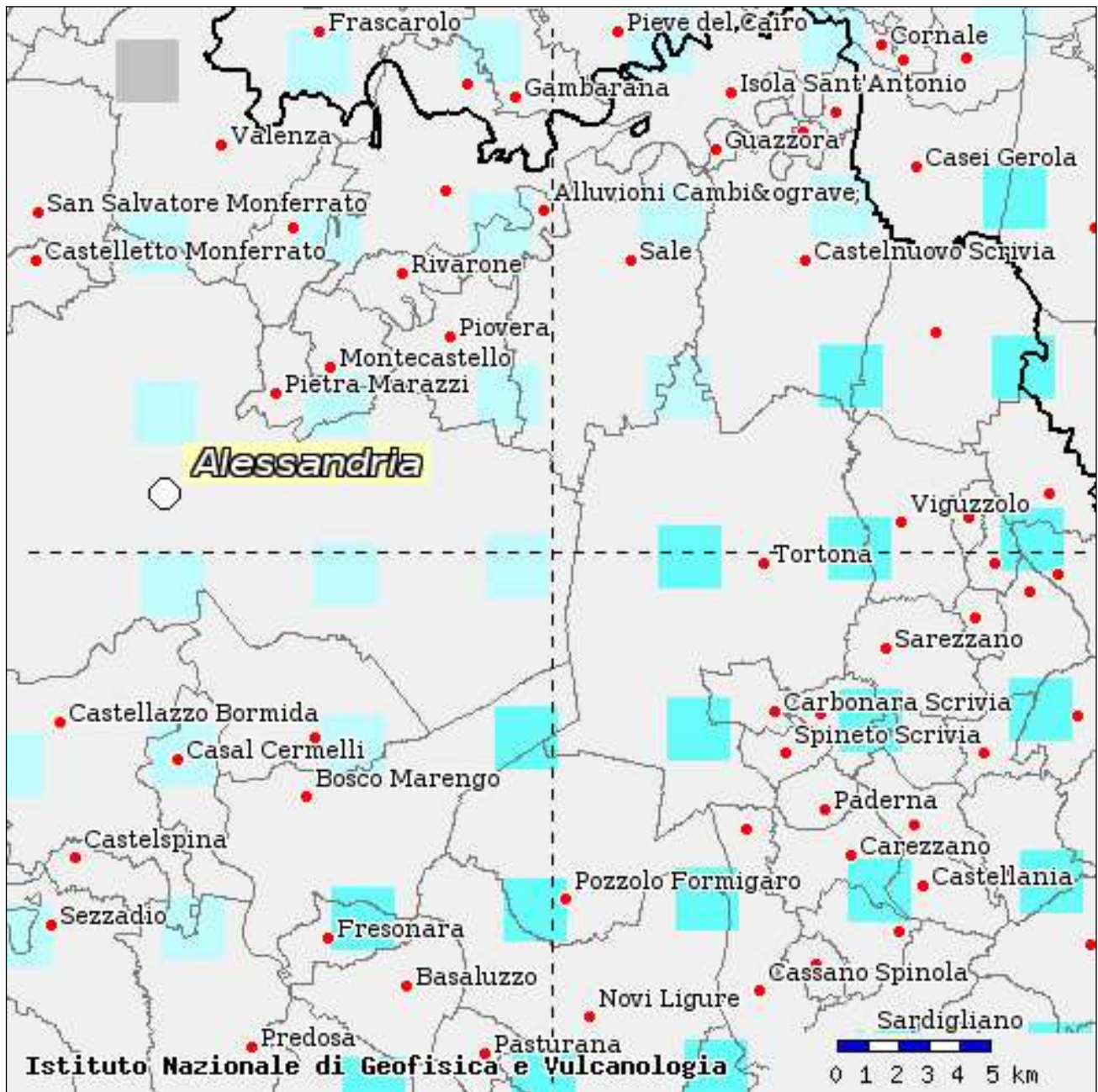
MAPPA DI ZONAZIONE SISMICA

La mappa è aggiornata alla situazione amministrativa esistente alla data del 6 febbraio 2019

**Comuni [1181]**

-  zona 3 [431]
-  zona 3s [165]
-  zona 4 [585]

BDTRE - Ambiti amministrativi



40-50	0.000	1.060	2.880	2.360	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.296	1.270	1.330	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.020	0.509	0.770	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.129	0.389	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.020	0.301	0.258	0.256	0.046	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.031	0.536	0.725	0.629	0.068	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.031	0.642	1.080	0.918	0.050	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.002	0.450	1.060	1.010	0.038	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.264	0.972	1.070	0.030	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.122	0.786	0.996	0.030	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.040	0.577	0.801	0.028	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.002	0.165	0.214	0.027	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.084	0.130	0.025	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.043	0.097	0.021	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.021	0.072	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.052	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.940	40.100	1.230

CAPITOLO 4.1

Prove sismiche MASW (M01-M02)

Alla data del mese di maggio 2021 in corrispondenza dell'area oggetto d'indagine sono state effettuate n.2 prospezioni sismiche MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), al fine di determinare velocità delle onde sismiche di taglio $V_{\text{Sequivalente}}$ da cui ricavare la categoria di suolo in riferimento al D.M. 17-01-2018 (Norme Tecniche delle Costruzioni).

L'indagine MASW consiste nella registrazione delle onde superficiali di Rayleigh o delle onde superficiali di Love; l'analisi della dispersione di tali onde, e delle sue componenti, permette di ricostruire le V_r (velocità delle onde di Rayleigh) e gli spessori dei materiali presenti in profondità. La correlazione tra V_r e V_s è espressa secondo la formula: $V_s = V_r * 1.1$. Il valore di V_{s30} è il valore medio ponderato della V_s nei primi trenta metri di profondità.

Per lo stendimento sismico sono stati utilizzati n.12 geofoni verticali a 4,5 Hz infissi nel terreno, con distanza intergeofonica di 2,00 m per una lunghezza totale di 24,00 metri, mentre come energizzazione è stata utilizzata una mazza battente di 8 Kg. L'impatto è stato effettuato ad una distanza di 4,0 metri dal primo geofono.

La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

- 1- acquisizione dei dati di campo;
- 2- estrazione della curva di dispersione;
- 3- inversione della curva di dispersione o modellazione diretta per ottenere il profilo delle V_s .

Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. La velocità delle onde S (V_s) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.

Di seguito sono riportati i grafici relativi al modello del terreno, sotto forma di stratificazione V_s . Per il calcolo del modulo di taglio è stata usata una formula approssimata per la valutazione della densità, non nota. La formula utilizzata è la seguente:

$$\text{Densità} = 1,5 + V_s/1000$$

Poiché il valore del modulo di taglio G in Mega-Pascal si ottiene dalla formula

$$G = V_s \times V_s \times \text{Densità} / 10^3$$

Il parametro $V_{\text{Sequivalente}}$ è stato calcolato utilizzando la stratigrafia V_s e la formula

$$V_{\text{Sequivalente}} = \frac{H(30)}{\sum_{i=1, N} h_i / V_i}$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (m/s) dello strato i – esimo, per un totale di N strati presenti nei 30,00 m metri.

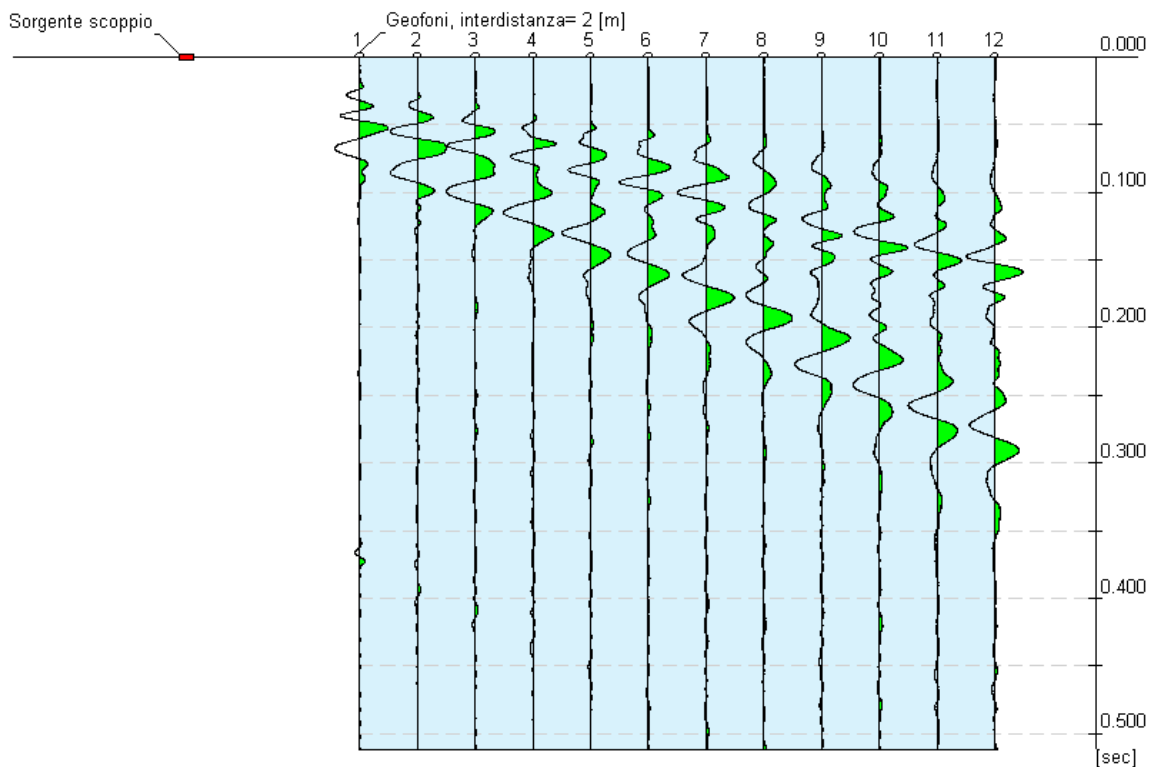


Stendimento prova sismica MASW 1

Tracce MASW 1

N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	512.0
Interdistanza geofoni [m]	2.0
Periodo di campionamento [msec]	0.125

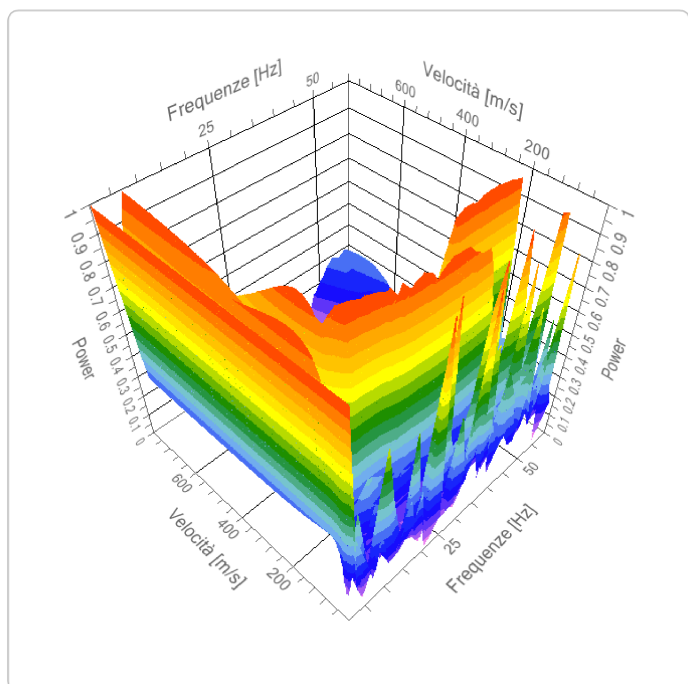
Operatore: STUDIO CAVALLI ANDREA
Responsabile: ANDREA CAVALLI
Data: 07/05/2021



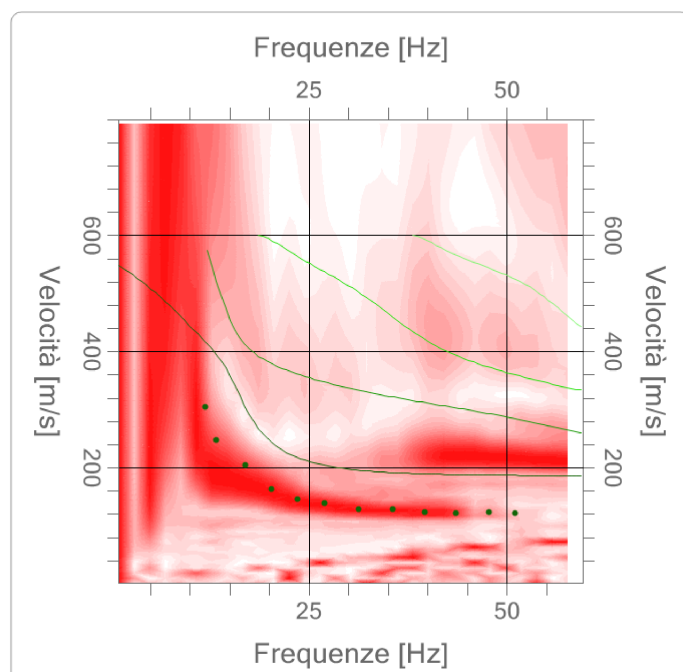
Analisi spettrale MASW 1

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1

Spettro Velocità di fase - Frequenze



Spettro Velocità di fase - Frequenze



Inversione

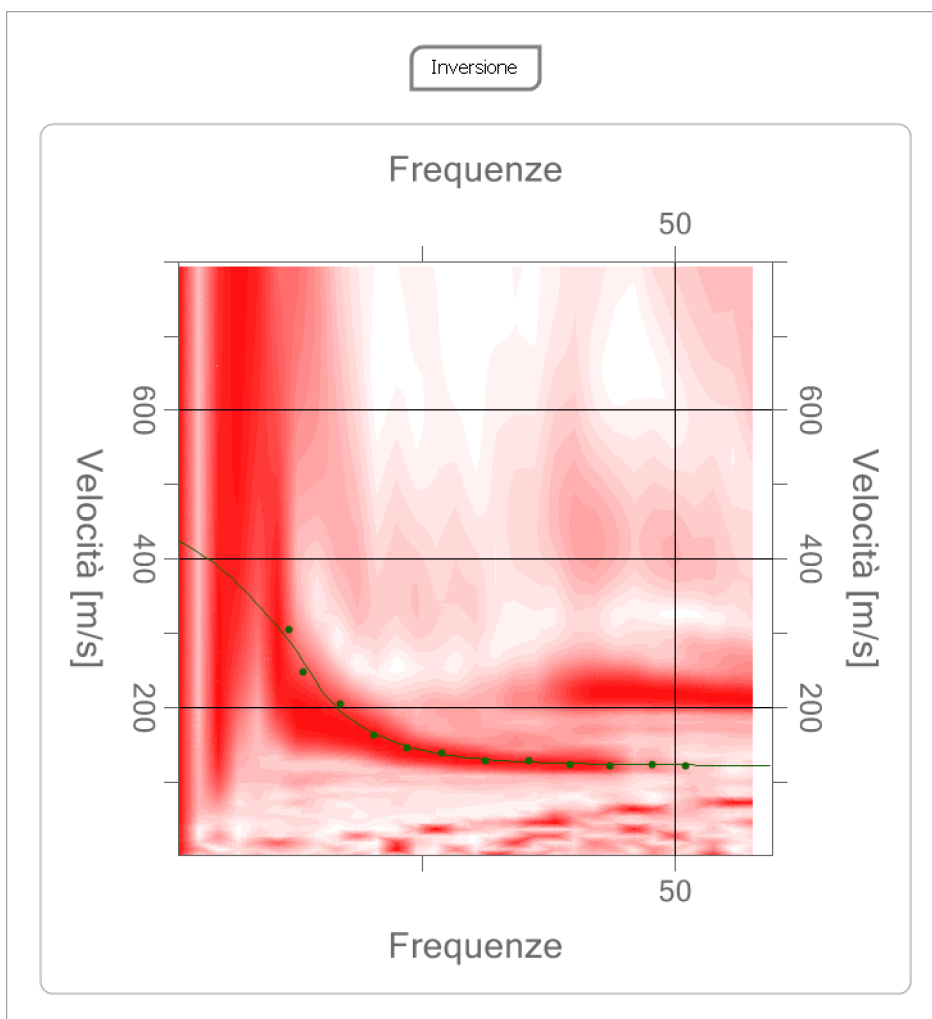
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vip [m/sec]	Vs [m/sec]
1	strato	2.49	2.49	1800.0	0.3	No	245.6	131.3
2	strato	6.49	4.00	1800.0	0.3	No	439.5	234.9
3	strato	oo	oo	1800.0	0.3	No	870.5	465.3

Percentuale di errore

0.162 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.028



Risultati prova sismica MASW 1

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs_equiv [m/sec]	401,32
Categoria del suolo	B

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]
1	2.49	2.49	131.28	245.61	1800.00	0.40	31.02	108.58	67.22	80.66
2	6.49	4.00	234.91	439.47	1800.00	0.30	99.33	347.64	215.21	258.25
3	oo	oo	465.29	870.47	1800.00	0.30	389.69	1363.90	844.32	1013.18

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

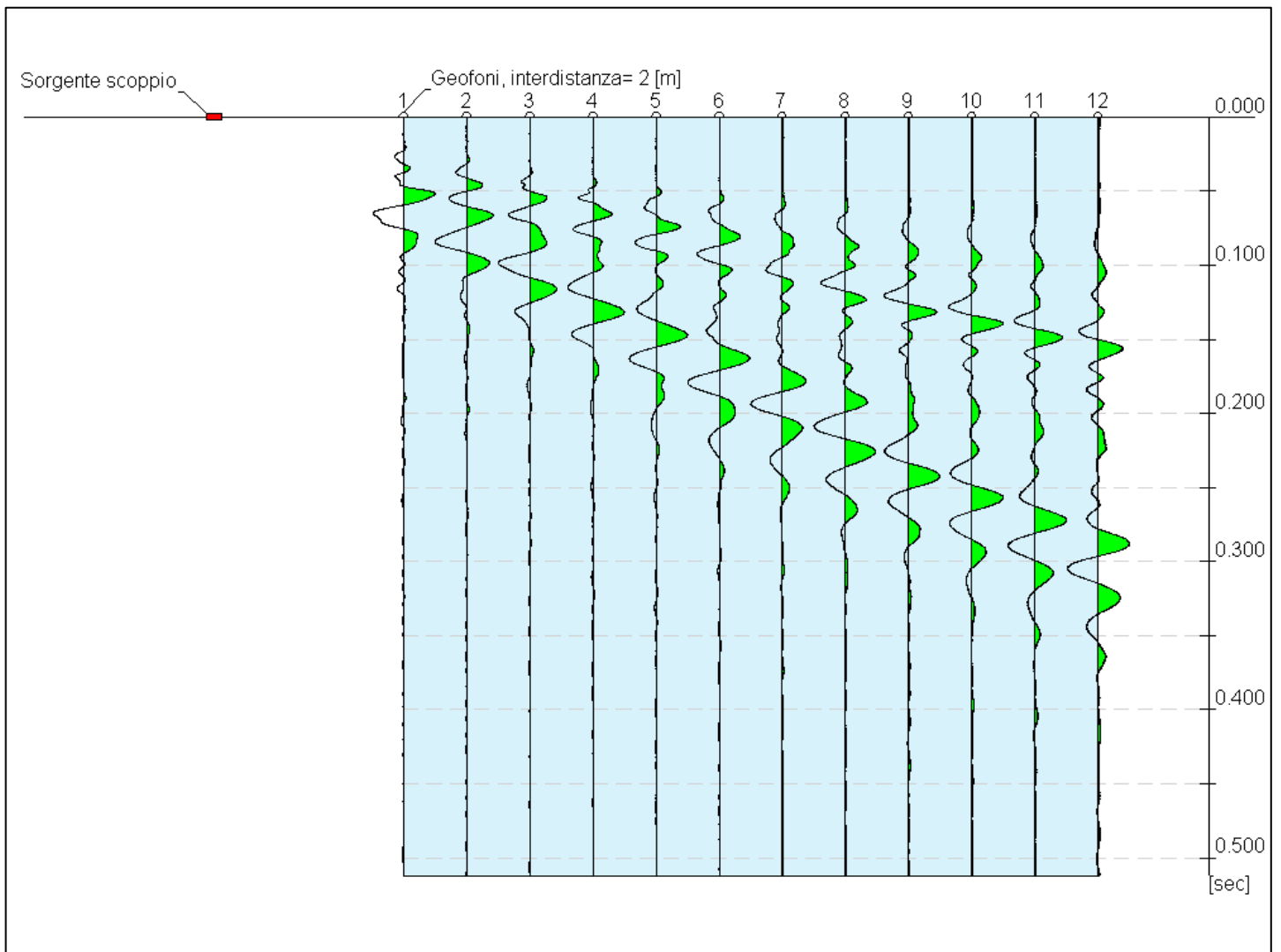
Ey: Modulo di Young;



Stendimento prova sismica MASW 2

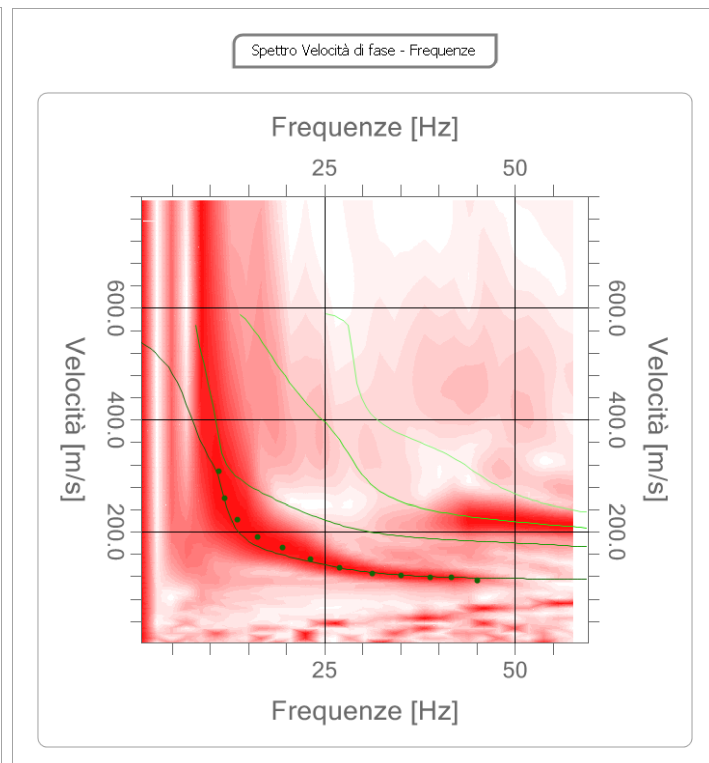
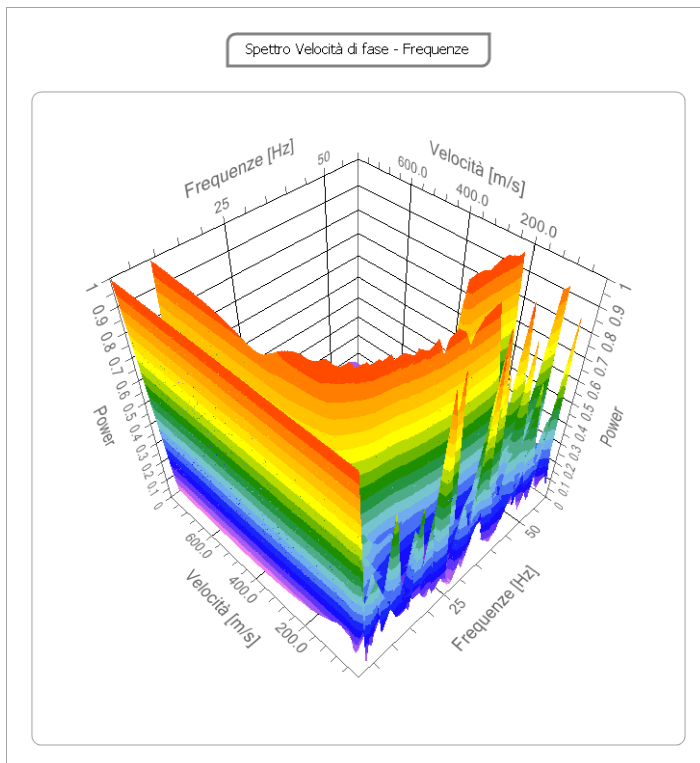
Tracce MASW 2

N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	512.0
Interdistanza geofoni [m]	2.0
Periodo di campionamento [msec]	0.125



Analisi spettrale MASW 2

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1



Inversione

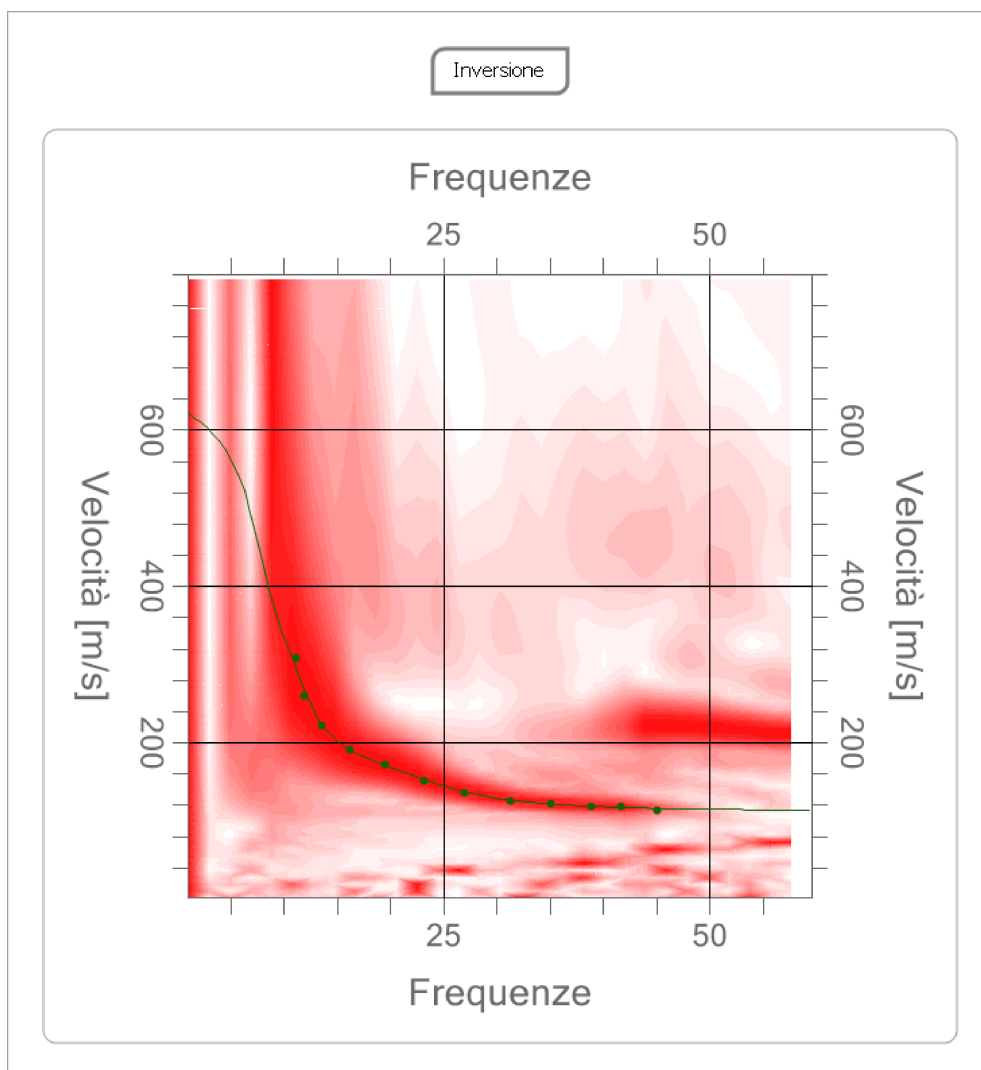
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		2.03	2.03	1800.0	0.3	No	227.2	121.4
2		7.02	4.99	1800.0	0.2	No	368.7	225.8
3		oo	oo	1800.0	0.3	No	1272.2	680.0

Percentuale di errore

0.077 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.019



Risultati MASW 2

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs-equiv [m/sec]	410.93
Categoria del suolo	B

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]
1	2.03	2.03	121.42	227.16	1800.00	0.40	26.54	92.88	57.50	69.00
2	7.02	4.99	225.79	368.71	1800.00	0.20	91.77	244.71	122.35	220.24
3	oo	oo	580.00	1072.16	1800.00	0.30	432.32	1713.12	943.36	1064.03

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii/fondazioni

Sito in esame.

latitudine: 44,899463

longitudine: 8,630455

Classe: 2

Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 14694 Lat: 44,8859 Lon: 8,6227 Distanza: 1625,837

Sito 2 ID: 14695 Lat: 44,8887 Lon: 8,6932 Distanza: 5085,018

Sito 3 ID: 14473 Lat: 44,9387 Lon: 8,6892 Distanza: 6353,240

Sito 4 ID: 14472 Lat: 44,9358 Lon: 8,6187 Distanza: 4147,124

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50anni

Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %

Tr: 30 [anni]

ag: 0,019 g

Fo: 2,529

Tc*: 0,161 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %

Tr: 50 [anni]

ag: 0,025 g

Fo: 2,529

Tc*: 0,196 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %

Tr: 475 [anni]

ag: 0,060 g

Fo: 2,552

Tc*: 0,277 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %

Tr: 975 [anni]

ag: 0,079 g

Fo: 2,546

Tc*: 0,282 [s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:

Ss: 1,200

Cc: 1,590

St: 1,000

Kh: 0,004

Kv: 0,002

Amax: 0,219

Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,200
Cc: 1,520
St: 1,000
Kh: 0,006
Kv: 0,003
Amax: 0,291
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,200
Cc: 1,420
St: 1,000
Kh: 0,014
Kv: 0,007
Amax: 0,709
Beta: 0,200

SLC:

Ss: 1,200
Cc: 1,420
St: 1,000
Kh: 0,019
Kv: 0,009
Amax: 0,926
Beta: 0,200

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Geostru

Coordinate WGS84

latitudine: 44.898509

longitudine: 8.629394

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

DATI INSERITI

H_{faldia} = 7

a_{max}/g = 0,072

R = 10

Mw = 5



TEORIE DI CALCOLO

[ANDRUS E STOKOE \(2000\)](#)

STRATIGRAFIA TERRENO

S_{TOT.} N.C.

PRIMO STRATO		H ₁ = 2,49	SECONDO STRATO		H ₂ = 6,49
Parametri		Parametri calcolati		Parametri calcolati	
H ₁	= 2,49	γ_{H_2O}	= 1,00	H ₂	= 6,49
γ	= 1,8	σ_{vo}	= 0,45	γ	= 1,8
V _S	= 131,28	σ_{vo}'	= 0,45	V _S	= 234,91
V _{S1C}	= 215	P.neutra	= 0,00	V _{S1C}	= 215
S ₁	= 2,49	r _d	= 0,98	S ₂	= 4
FC	= 2	K _C	= 0,75	FC	= 2
V _{S1}	= 160,45			V _{S1}	= 225,96

TERZO STRATO		H ₃ = 30	
Parametri		Parametri calcolati	
H ₃	= 30	γ_{H_2O}	= 1,00
γ	= 1,8	σ_{vo}	= 5,40
V _S	= 465,29	σ_{vo}'	= 3,10
V _{S1C}	= 215	P.neutra	= 2,30
S ₃	= 23,51	r _d	= 0,38
FC	= 2	K _C	= 1,63
V _{S1}	= 350,66		

Committente: SOC CI CIEFFE SRL

Riferimento: FABBRICATI LOGISTICI IN PROGETTO

Località: ALESSANDRIA Prov.: AL

Oggetto: Verifica liquefazione terreni fondali

MENU PRINCIPALE

ANALISI
METODO

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(da prove sismiche)

Metodo di Andrus e Stokoe (2000)



RISULTATI:

FORMULE:

$$V_{s1} = V_s \cdot \left(\frac{1}{\sigma'_{vo}} \right)^{0,25}$$

	1° Strato	2° Strato	3° Strato
Spessore	2,49	4	23,51

V_{s1}	160,447	225,955	350,658
----------	---------	---------	---------

$CRR = 0,022 \cdot \left(\frac{K_c \cdot V_{s1}}{100} \right)^2 + \frac{2,8}{(V_{s1C} - K_c \cdot V_{s1})} - \frac{2,8}{V_{s1C}}$	CRR	0,048	-0,014	0,699
--	------------	-------	--------	-------

$CSR = \frac{\tau_{av}}{\sigma'_{vo}} = 0,65 \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \cdot r_d \cdot \frac{1}{MSF}$	Mw = 5	CSR	0,012	0,012	0,008
--	--------	------------	-------	-------	-------

r_d	0,98	0,95	0,38
-------	------	------	------

1	< $F_s = CRR/CSR$	Mw = 5	F_s	3,851	-1,127	83,446
				Assenza di Falda	Assenza di Falda	Verificato

1,25	< $F_s = CRR/CSR$	Mw = 5	$F_s (NTC08)$	3,851	-1,127	83,446
				Assenza di Falda	Assenza di Falda	Verificato

RISCHIO di Liquefazione (Iwasaki et al., 1978)	Nulla		
PROBABILITA' di Liquefazione (Juang et al., 2001) [P _L (%)]	0,00	0,00	0,00
SUSCETTIBILITA' di Liquefazione (Juang et al., 2001)	Liquef. incerta	Liquef. incerta	Liquef. incerta

Committente: SOC CI CIEFFE SRL
Riferimento: FABBRICATI LOGISTICI IN PROGETTO
Località: ALESSANDRIA **Prov.:** AL
Oggetto: Verifica liquefazione terreni fondali

STRATIGRAFIA 3

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

DATI INSERITI

$H_{falda} = 7$ $a_{max/g} = 0,072$

$R = 10$
 $Mw = 5$



TEORIE DI CALCOLO

[ANDRUS E STOKOE \(2000\)](#)

STRATIGRAFIA TERRENO

S_{TOT.} N.C.

PRIMO STRATO			H ₁ = 2,03	SECONDO STRATO			H ₂ = 7,02				
Parametri			Parametri calcolati	Parametri			Parametri calcolati				
H ₁	=	2,03	γ_{H_2O}	=	1,00	H ₂	=	7,02	γ_{H_2O}	=	1,00
γ	=	1,8	σ_{vo}	=	0,37	γ	=	1,8	σ_{vo}	=	1,26
V _S	=	121,42	$\sigma_{vo'}$	=	0,37	V _S	=	225,79	$\sigma_{vo'}$	=	1,26
V _{S1C}	=	215	P.neutra	=	0,00	V _{S1C}	=	215	P.neutra	=	0,00
S ₁	=	2,03	r _d	=	0,98	S ₂	=	4,99	r _d	=	0,95
FC	=	2	K _C	=	0,73	FC	=	2	K _C	=	0,99
V _{S1}	=	156,17									
V _{S1}	=	156,17									

TERZO STRATO			H ₃ = 30		
Parametri			Parametri calcolati		
H ₃	=	30	γ_{H_2O}	=	1,00
γ	=	1,8	σ_{vo}	=	5,40
V _S	=	580	$\sigma_{vo'}$	=	3,10
V _{S1C}	=	215	P.neutra	=	2,30
S ₃	=	22,98	r _d	=	0,38
FC	=	2	K _C	=	2,03
V _{S1}	=	437,11			

Committente:

Riferimento:

Località: Prov.:

Oggetto:

[MENU PRINCIPALE](#)

[ANALISI
METODO](#)

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(da prove sismiche)

Metodo di Andrus e Stokoe (2000)



FORMULE:

RISULTATI:

		1° Strato	2° Strato	3° Strato		
		Spessore	2,03	4,99	22,98	
$V_{s1} = V_s \cdot \left(\frac{1}{\sigma'_{vo}} \right)^{0,25}$		V_{SI}	156,170	213,046	437,107	
$CRR = 0,022 \cdot \left(\frac{K_c \cdot V_{SI}}{100} \right)^2 + \frac{2,8}{(V_{SIC} - K_c \cdot V_{SI})} - \frac{2,8}{V_{SIC}}$		CRR	0,043	0,805	1,720	
$CSR = \frac{\tau_{av}}{\sigma'_{vo}} = 0,65 \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \cdot r_d \cdot \frac{1}{MSF}$		Mw = 5	CSR	0,012	0,012	0,008
r_d			0,98	0,95	0,38	
1	$< F_s = CRR/CSR$	Mw = 5	F_s	3,432	66,962	205,442
				Assenza di Falda	Verificato	Verificato
1,25	$< F_s = CRR/CSR$	Mw = 5	F_s (NTC08)	3,432	66,962	205,442
				Assenza di Falda	Verificato	Verificato
RISCHIO di Liquefazione (Iwasaki et.al., 1978)		Nulla				
PROBABILITA' di Liquefazione (Juang et. al., 2001) [P _L (%)]		0,00	0,00	0,00		
SUSCETTIBILITA' di Liquefazione (Juang et. al., 2001)		Liquef. incerta	Liquef. incerta	Liquef. incerta		

Committente: SOC CI CIEFFE SRL
Riferimento: FABBRICATI LOGISTICI IN PROGETTO
Località: ALESSANDRIA **Prov.:** AL
Oggetto: Verifica liquefazione terreni fondali

STRATIGRAFIA 3

CAPITOLO 5.0

Prove penetrometriche (P01-P012)

Utilizzando un penetrometro super-pesante dinamico-statico PAGANI TG 63 da 100 KN tipo “EMILIA” conforme alle norme di misurazione AGI (Associazione Geotecnica Italiana - 1977), con il quale si determinano i principali parametri geotecnici del terreno suddividendolo in strati omogenei ad ugual capacità di carico, alla data mese di MAGGIO 2021, in corrispondenza dell’area oggetto di intervento, sono state effettuate n.12 prove penetrometriche (di cui n.8 prove dinamiche e n. 4 prove statiche mediante punta meccanica BEGEMANN).

Attraverso i dati di campagna ottenuti dalle prove penetrometriche dinamiche, mediante apposito programma di calcolo, sono stati ricavati relativamente ad ogni strato di terreno: il peso specifico del terreno (γ), il peso specifico del terreno sotto-falda (γ'), la pressione litostatica ($\Sigma'V$) e la resistenza al taglio in condizioni non drenate (C_u) delle argille sabbiose, l’angolo di attrito interno (ϕ), il coefficiente di compressibilità di volume (M_v), il modulo di reazione orizzontale (K_{orizz}), il coefficiente di permeabilità ($Perm$).

1) Peso specifico naturale ed efficace (γ): il peso specifico indicativo per ogni strato è stato calcolato, partendo dal valore R_p medio di ogni strato ed applicando relazioni ottenute sperimentalmente sui litotipi della pianura veneta (valori statistici) pubblicati nel “Corso di perfezionamento in Geotecnica A. A. 82-83 Università di Padova. Noto il peso specifico del terreno naturale (γ) per il terreno sottofalda (γ'), è stata applicata la seguente relazione: $\gamma' = (\gamma - 1)$.

2) Pressione litostatica efficace ($\Sigma'V$): il calcolo della pressione litostatica efficace ($\Sigma'V$) è stato ottenuto in modo automatico applicando la seguente relazione:

$$\Sigma'V = \sum \gamma' \cdot h'_{i,m} + \sum \gamma \cdot h_{i,m}$$

riferendosi alla pressione relativa al punto medio di ogni strato essendo $h_{i,m}$ le quote relative a tale punto;

3) Coesione non drenata (C_u): per quanto riguarda i terreni coerenti, caratterizzati da un valore di resistenza al taglio espressi in termini di angolo di attrito interno (ϕ) pari a zero, è stata adottata la relazione di De Beer (da Castelli Guidi – geotecnica e tecnica delle fondazioni 1° Hoepli Milano 1987 – e Righi – di geotecnica “Istituto di Strade Università di Bologna” 1980):

Argille $C_u = R_p/20$

Limi $C_u = R_p/20;$

4) Angolo di attrito interno (ϕ): la determinazione dell'angolo di attrito interno (ϕ) dei terreni incoerenti, aventi parametri di resistenza al taglio espressi per valori di coesione non drenata (C_u) pari a zero e costituiti quindi da specifici valori di ϕ , è stata impiegata una metodologia proposta da Durgunoglu e Mitchell (1975) rappresentata dal diagramma di "Gambini": manuale dei piloti – SCAC (Milano).

Da tale diagramma è stata ricavata un'equazione in funzione di R_p e ϕ

$$\Sigma'V: \phi = \phi(R_p; (\Sigma'V))$$

5) Coefficiente di compressibilità di volume (M_v): è stata impiegata la relazione derivata dalle correlazioni di Buisman e riprese da Sanglerat ed altri, che collega il parametro al valore R_p della resistenza alla punta: $M_v = 1/(\alpha \cdot R_p)$. I valori di α che il programma di calcolo assegna in automatico derivano dalle seguenti pubblicazioni: Buisman – Grondmechanica – Bandoeng 1941 Sanglerat ed altri – Le pènetromètrè statique et la compressibilité des sols – A.I.T.B.T.P. n°298 Paris –1972;

6) Modulo di reazione orizzontale ($K_{orizz.}$) necessario per il calcolo dei cedimenti:

$$K_{orizz.} = Ch \times R_p / C_k \text{ (da manuale Geo-Tec A 2.0, Interstudio s.r.l., 1992)}$$

dove:

R_p = valore di resistenza statica alla punta Begemann ricavata da N30;

$$Ch = 0,2$$

$C_k = 1$ per terreni argillosi;

$C_k = 4$ per terreni sabbiosi e ghiaiosi;

legenda parametri geotecnici ottenuti attraverso discretizzazione dati medi prove pemetrometriche

γ = peso di volume	$K_{orizz.}$ = moulo reaz. orizz.						
γ' = peso di volume	Φ = angolo attrito						
Σ = pressione litostatica	M_v = coefficiente di compressibilità di volume						
C_u = coesione non drenata	K Winkler (formula di Bowles capacità portante)						
D_r = densità relativa (%)							

PROVA PENETROMETRICA P01

**EDIFICIO DESTINATO AD ATTIVITA' LOGISTICA/DEPOSITO IN ALESSANDRIA.
TERRENI DI PROPRIETA' DELLA SOC. CI CIEFFE SRL
PROVA PENETROMETRICA STATICA P1**

Data: 19 maggio 2021

Falda idrica: NON RISCONTRATA

penetrometro statico Pagani da 100 KN

punta meccanica Begemann - Rp = resistenza alla punta; FRICTION RI = resistenza manicotto laterale
spinta in infissione 10.000 kg

spinta in estrazione 11.000 Kg

sezione punta 10,00 cmq

Piano di posa del penetrometro: piano campagna

Rp - Kg/cmq - resistenza punta Begemann

Friction RI - Kg/cmq - resistenza laterale punta Begemann

Esecuzione prova: Dott. Cavalli Andrea

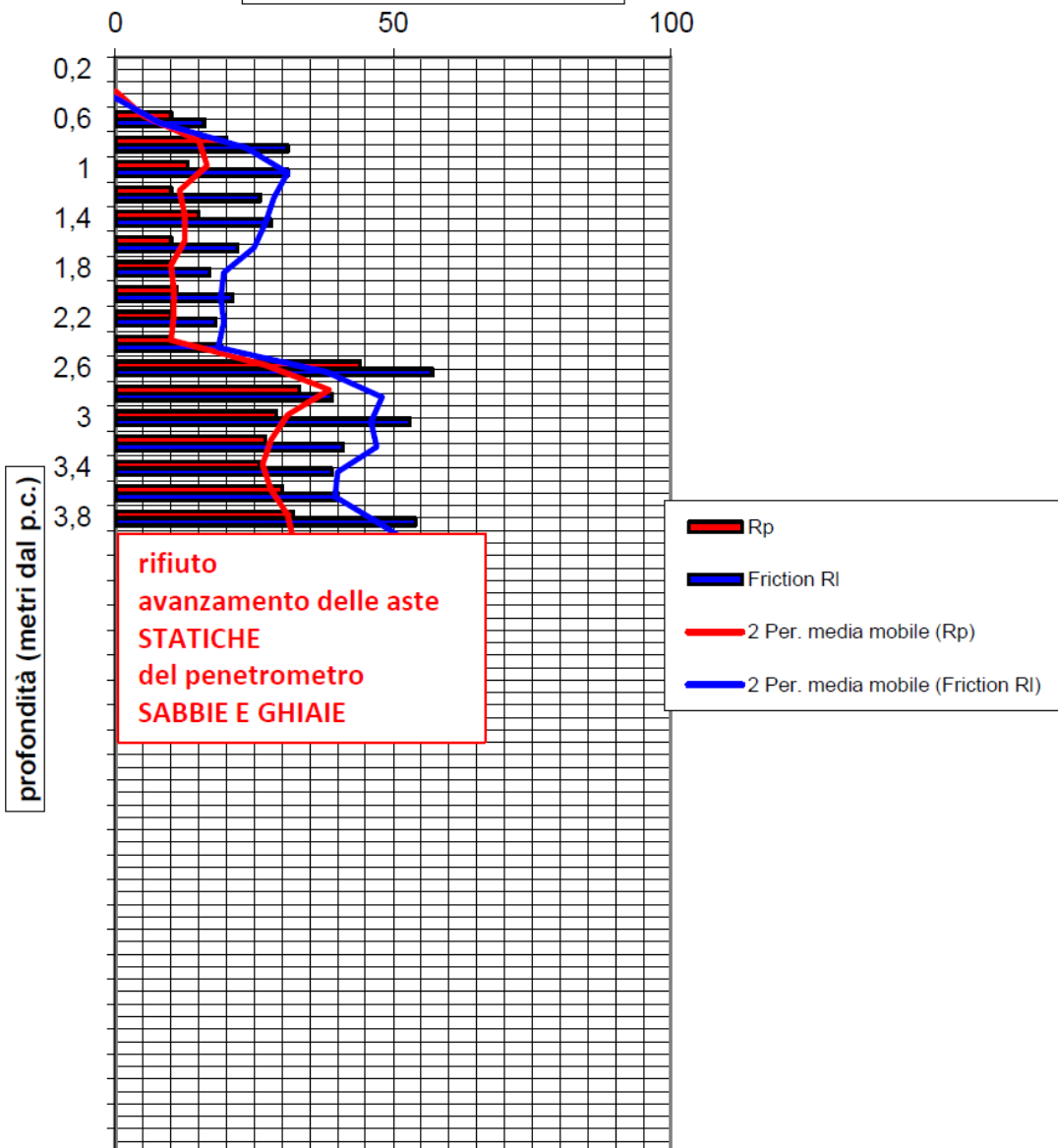
**PROVA
STATICA P1**

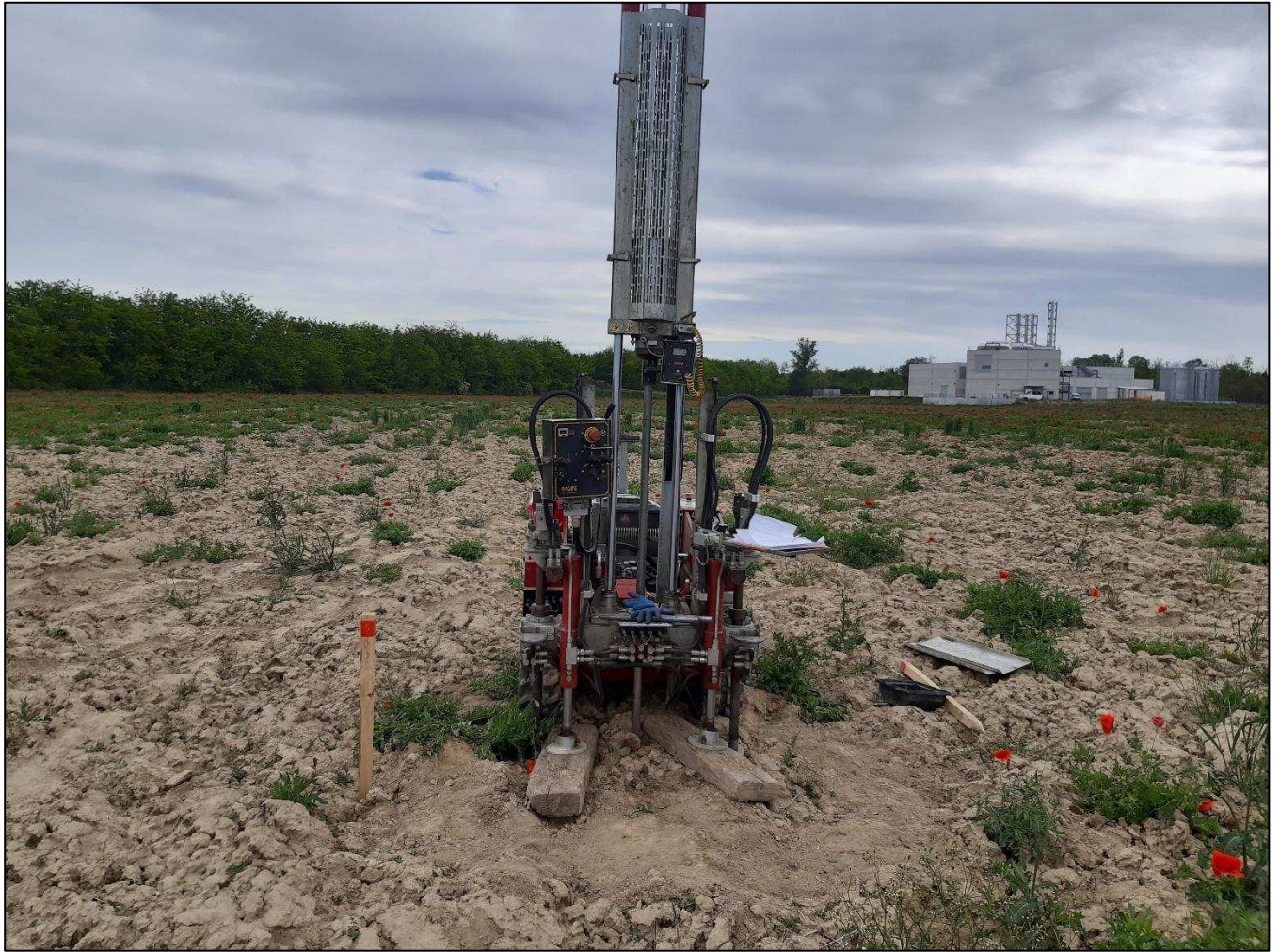
metri dal p.c.	Rp	Friction RI
0,2	0	0
0,4	0	0
0,6	10	16
0,8	20	31
1	13	31
1,2	10	26
1,4	15	28
1,6	10	22
1,8	10	17
2	11	21
2,2	10	18
2,4	10	19
2,6	44	57
2,8	33	39
3	29	53
3,2	27	41
3,4	26	39
3,6	30	40
3,8	32	54

rifiuto
avanzamento delle aste
STATICHE
del penetrometro
SABBIE E GHIAIE

diagramma campagna prova statica P1

Rp - FRICTION RI (Kg/cmq)



PROVA PENETROMETRICA P02

**EDIFICIO DESTINATO AD ATTIVITA' LOGISTICA/DEPOSITO IN ALESSANDRIA.
TERRENI DI PROPRIETA' DELLA SOC. CI CIEFFE SRL
PROVA PENETROMETRICA STATICA P2**

Data: 18 maggio 2021

Falda idrica: NON RISCONTRATA

penetrometro statico Pagani da 100 KN

punta meccanica Begemann - Rp = resistenza alla punta; FRICTION RI = resistenza manicotto laterale
spinta in infissione 10.000 kg

spinta in estrazione 11.000 Kg

sezione punta 10,00 cmq

Piano di posa del penetrometro: piano campagna

Rp - Kg/cmq - resistenza punta Begemann

Friction RI - Kg/cmq - resistenza laterale punta Begemann

Esecuzione prova: Dott. Cavalli Andrea

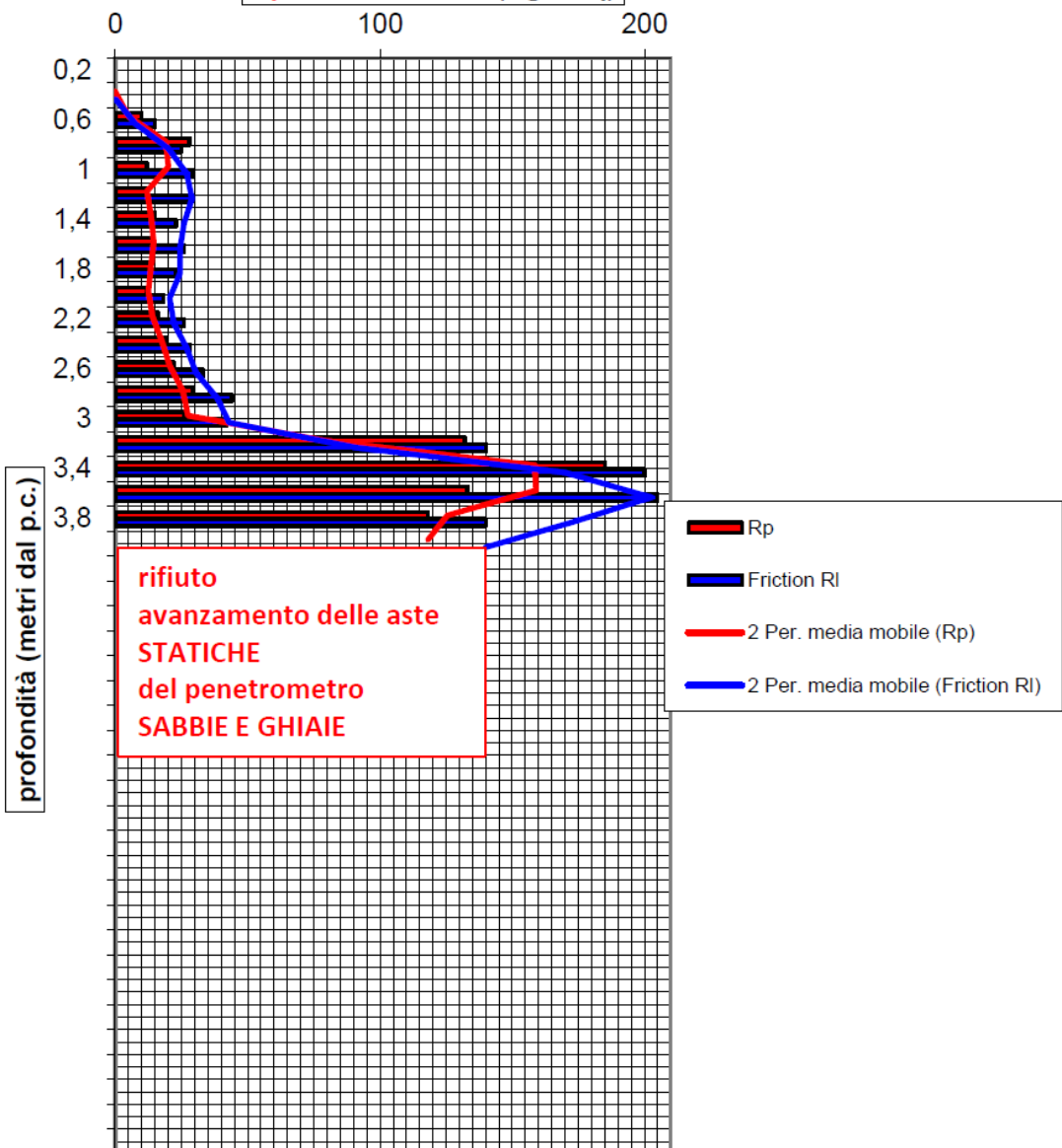
**PROVA
STATICA P2**

metri dal p.c.	Rp	Friction RI
0,2	0	0
0,4	0	0
0,6	10	15
0,8	28	25
1	12	29
1,2	12	29
1,4	15	23
1,6	14	26
1,8	13	23
2	12	18
2,2	16	26
2,4	19	28
2,6	22	33
2,8	29	44
3	26	42
3,2	132	140
3,4	185	200
3,6	133	205
3,8	118	140

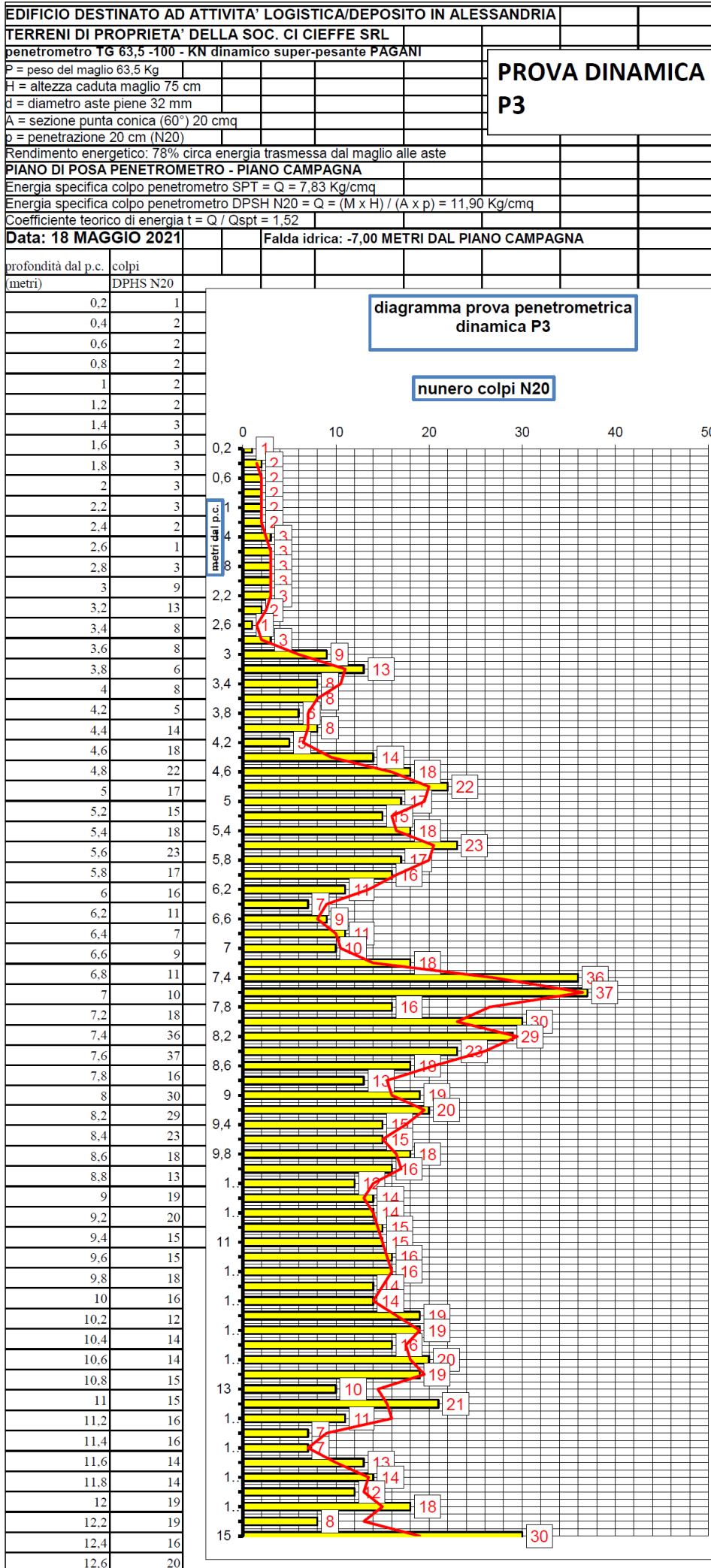
rifiuto
avanzamento delle aste
STATICHE
del penetrometro
SABBIE E GHIAIE

diagramma campagna prova statica P2

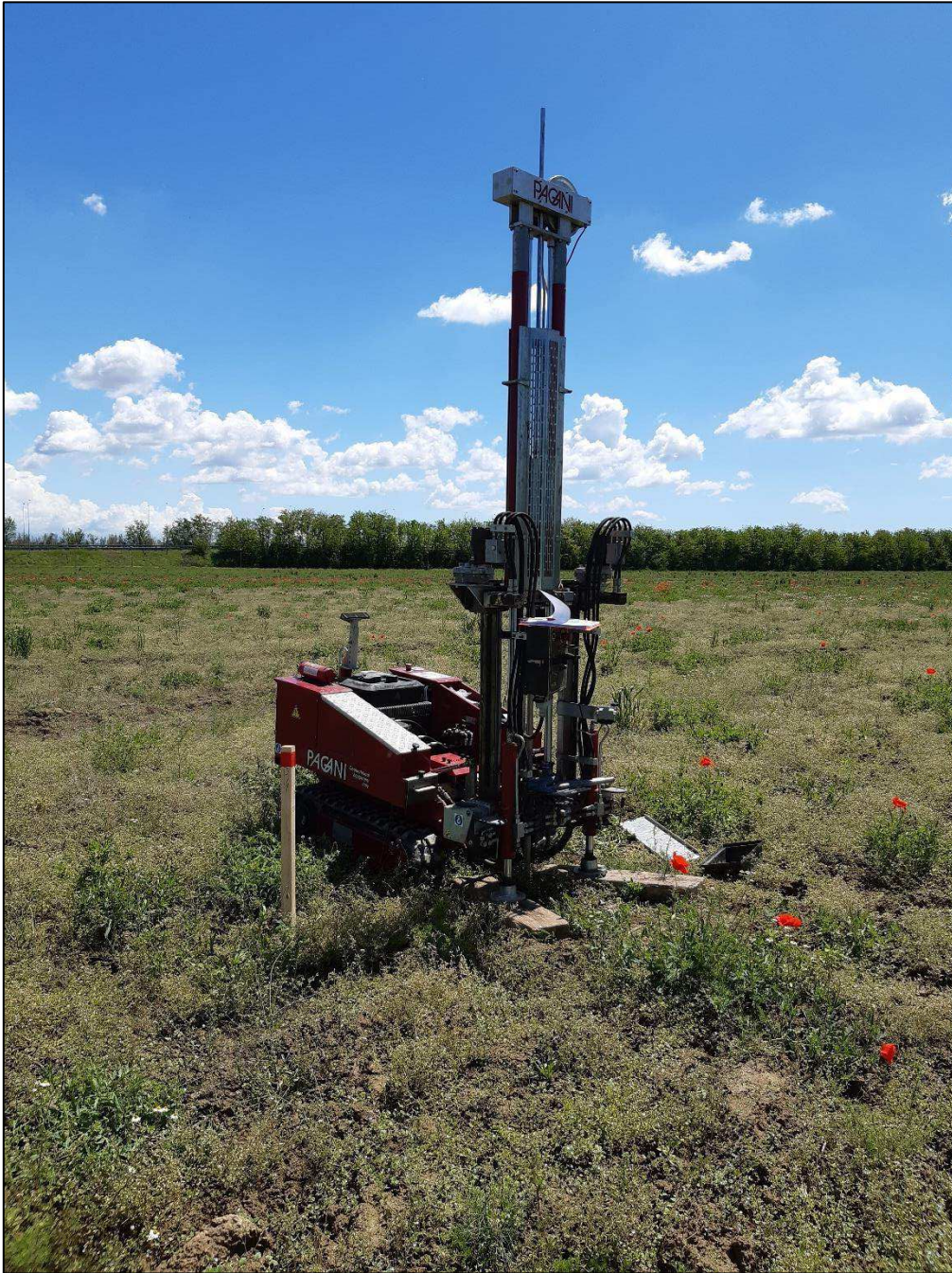
Rp - FRICTION RL (Kg/cmq)



PROVA PENETROMETRICA P03



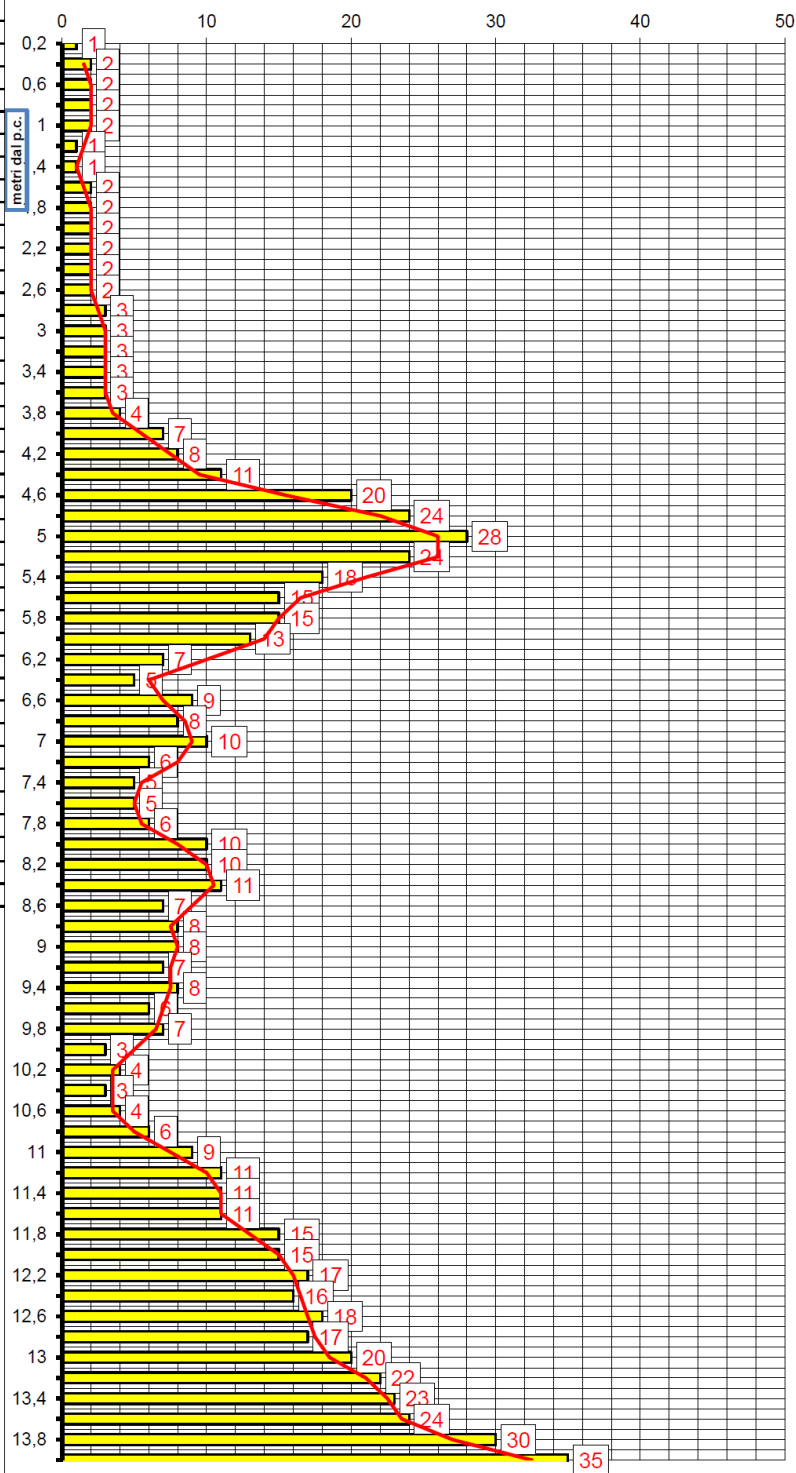
12,8	19
13	10
13,2	21
13,4	11
13,6	7
13,8	7
14	13
14,2	14
14,4	12
14,6	18
14,8	8
15	30

PROVA PENETROMETRICA P04

COMUNE DI ALESSANDRIA VIA DEL CONIGLIO				
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P4				
penetrometro TG 63,5 -100 - KN dinamico super-pesante PAGANI				
P = peso del maglio 63,5 Kg				
H = altezza caduta maglio 75 cm				
d = diametro aste piene 32 mm				PROVA DINAMICA P4
A = sezione punta conica (60°) 20 cmq				
p = penetrazione 20 cm (N20)				
Rendimento energetico: 78% circa energia trasmessa dal maglio alle aste				
PIANO DI POSA PENETROMETRO - PIANO CAMPAGNA				
Energia specifica colpo penetrometro SPT = $Q = 7,83 \text{ Kg/cmq}$				
Energia specifica colpo penetrometro DPSH N20 = $Q = (M \times H) / (A \times p) = 11,90 \text{ Kg/cmq}$				
Coefficiente teorico di energia $t = Q / Q_{spt} = 1,52$				
Data: 13 MAGGIO 2021		Falda idrica: -7,00 METRI DAL PIANO CAMPAGNA		
profondità dal p.c. (metri)	colpi DPHS N20			

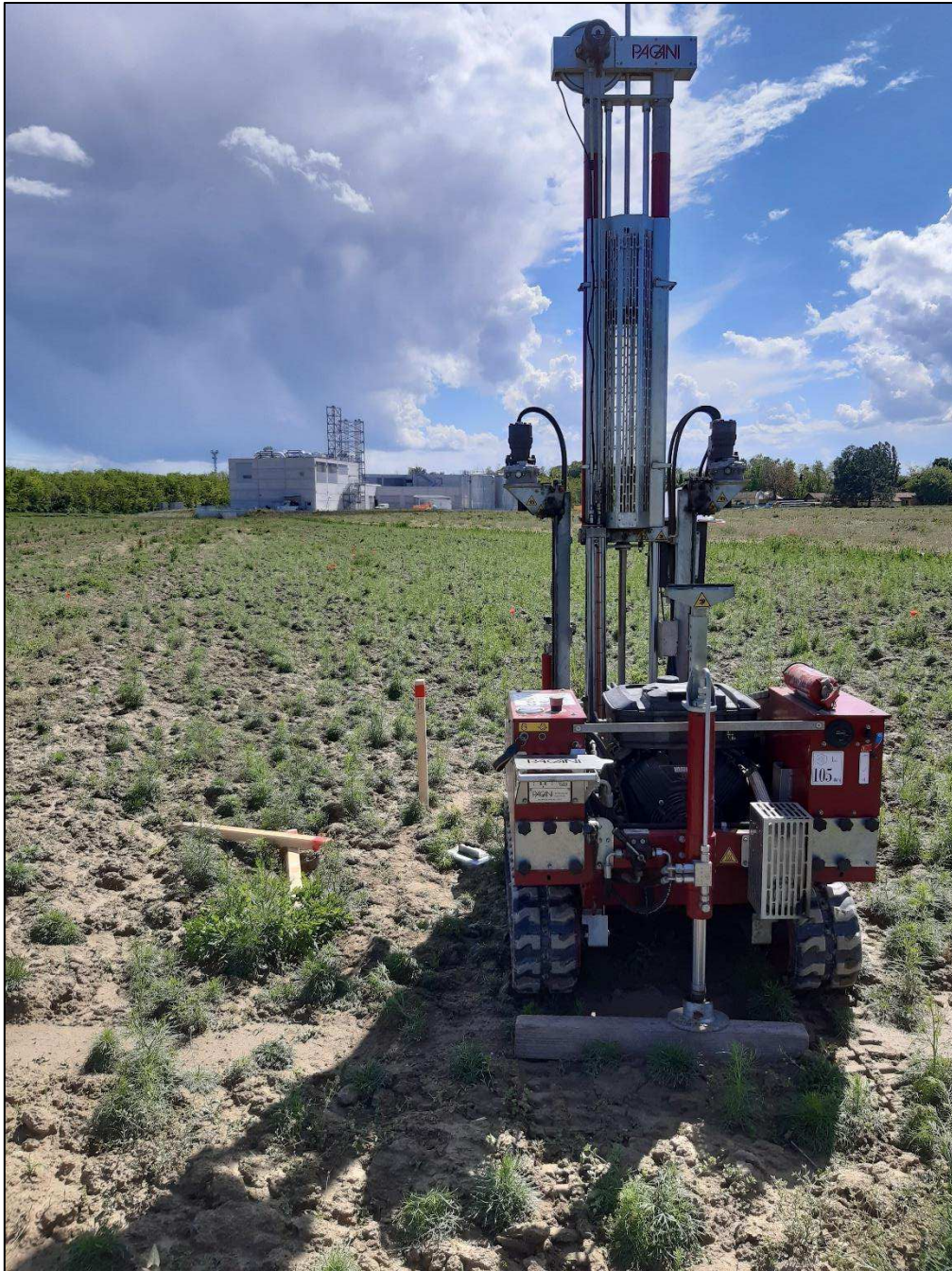
diagramma prova penetrometrica dinamica P4

numero colpi N20

Rifiuto avanzamento
aste del penetrometro

COMUNE DI ALESSANDRIA												
STRATIGRAFIA PROVA PENETROMETRICA P4												
Data: 13 MAGGIO 2021												
prof	strati	tipologia	γ	γ'	Σ	Cu	Mv	ϕ	Dr	K orizz	K Winkle	Perm
metri	0,00	piano campagna	Kg/mc	Kg/mc	Kg/cmq	Kg/cmq	cmq/Kg	°	%	Kg/cmq	Kg/cmq	cm/sec
		Limi sabbiosi poco compatti	1685	1685	0,61	0,29	0,02152	26	0	0,63	0,58	1,13E-02
3,60		Sabbie e ghiaie mediamente addensate e costipate	1800	1800	1,04	0,00	0,01085	34	50	3,07	2,84	5,35E-02
6,60		Sabbie e ghiaie meno addensate a matrice limosa	1800	800	1,41	0,00	0,02442	29	16	1,36	1,39	5,79E-02
10,60		Ghiaie e sabbie con intercalazioni di limi e sabbie,	1800	800	1,68	0,00	0,00944	32	46	3,52	3,56	5,75E-02
14,00		con rifiuto avanzamento delle aste del										

superficie libera della falda freatica rilevata nel foro penetrometrico alla quota di -7,00 metri dal p.c. alla data del 13/5/2021

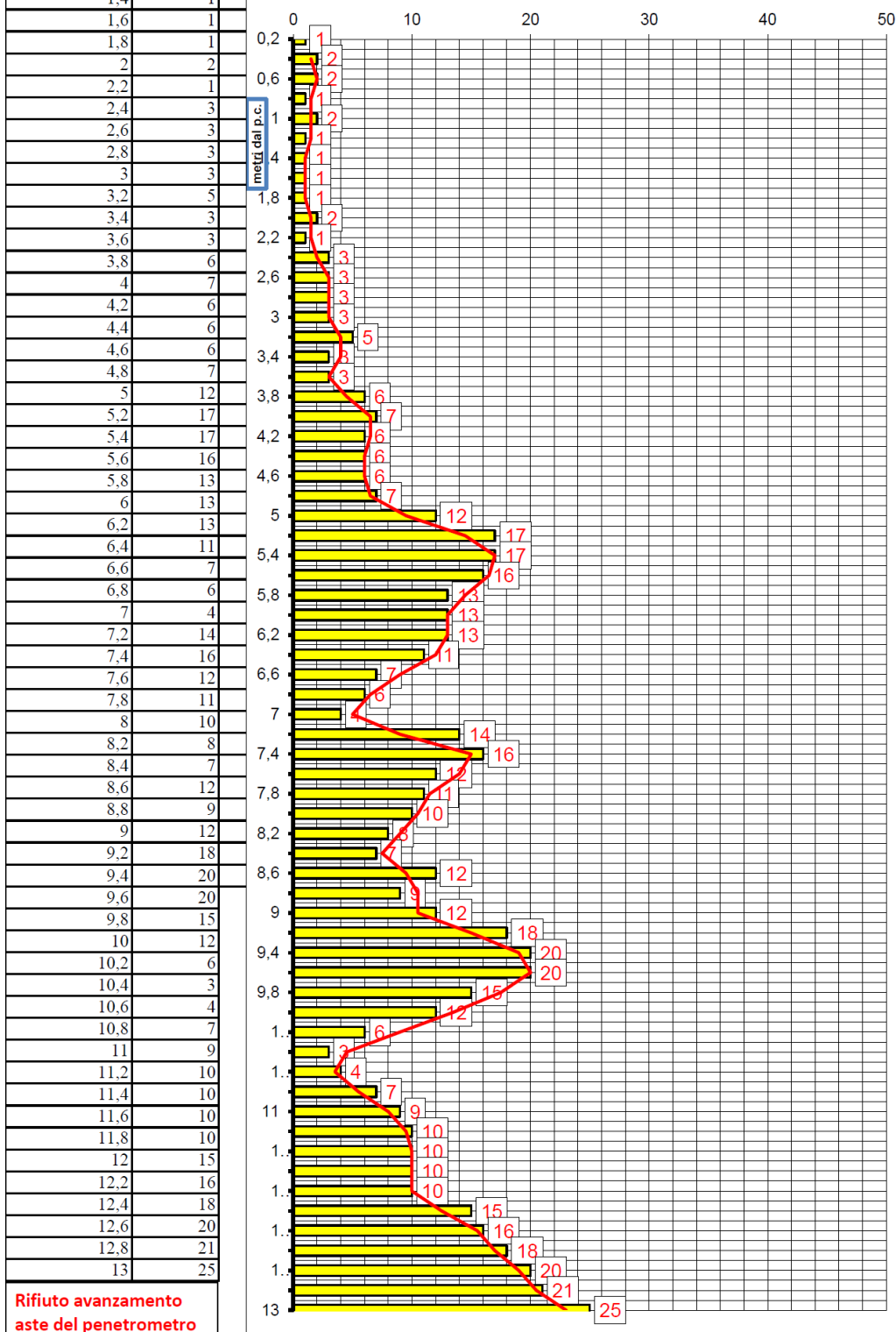
PROVA PENETROMETRICA P05

COMUNE DI ALESSANDRIA VIA DEL CONIGLIO	
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P5	
penetrometro TG 63,5 -100 - KN dinamico super-pesante PAGANI	
P = peso del maglio 63,5 Kg	
H = altezza caduta maglio 75 cm	
d = diametro aste piene 32 mm	
A = sezione punta conica (60°) 20 cmq	
p = penetrazione 20 cm (N20)	
Rendimento energetico: 78% circa energia trasmessa dal maglio alle aste	
PIANO DI POSA PENETROMETRO - PIANO CAMPAGNA	
Energia specifica colpo penetrometro SPT = $Q = 7,83 \text{ Kg/cmq}$	
Energia specifica colpo penetrometro DPHS N20 = $Q = (M \times H) / (A \times p) = 11,90 \text{ Kg/cmq}$	
Coefficiente teorico di energia $t = Q / Q_{spt} = 1,52$	
Data: 13 MAGGIO 2021	Falda idrica: -7,00 METRI DAL PIANO CAMPAGNA
profondità dal p.c. (metri)	colpi DPHS N20

PROVA DINAMICA P5

diagramma prova penetrometrica
dinamica P5

numero colpi N20



COMUNE DI ALESSANDRIA												
STRATIGRAFIA PROVA PENETROMETRICA P5												
Data: 13 MAGGIO 2021												
prof	strati	tipologia	γ	γ'	Σ	Cu	Mv	ϕ	Dr	K orizz	K Winkle	Perm
metri	0,00	piano campagna	Kg/mc	Kg/mc	Kg/cm ^q	Kg/cm ^q	cm ^q /Kg	°	%	Kg/cm ^q	Kg/cm ^q	cm/sec
		Limi sabbiosi poco compatti	1620	1620	0,36	0,19	0,02897	26	0	0,41	0,38	1,14E-02
2,20		Limi sabbiosi più compatti	1751	1751	0,6	0,46	0,01548	27	0	0,67	0,95	1,12E-02
3,60		Sabbie e ghiaie mediamente addensate e costipate	1800	1800	1,11	0,00	0,01712	32	33	1,95	2,20	4,38E-02
6,40		Ghiaie e sabbie con intercalazioni di limi e sabbie, con rifiuto avanzamento delle aste del penetrometro	1800	800	1,63	0,00	0,01381	31	33	2,41	2,47	5,77E-02
13,00												

superficie libera della falda freatica rilevata nel foro penetrometrico alla quota di -7,00 metri dal p.c. alla data del 13/5/2021

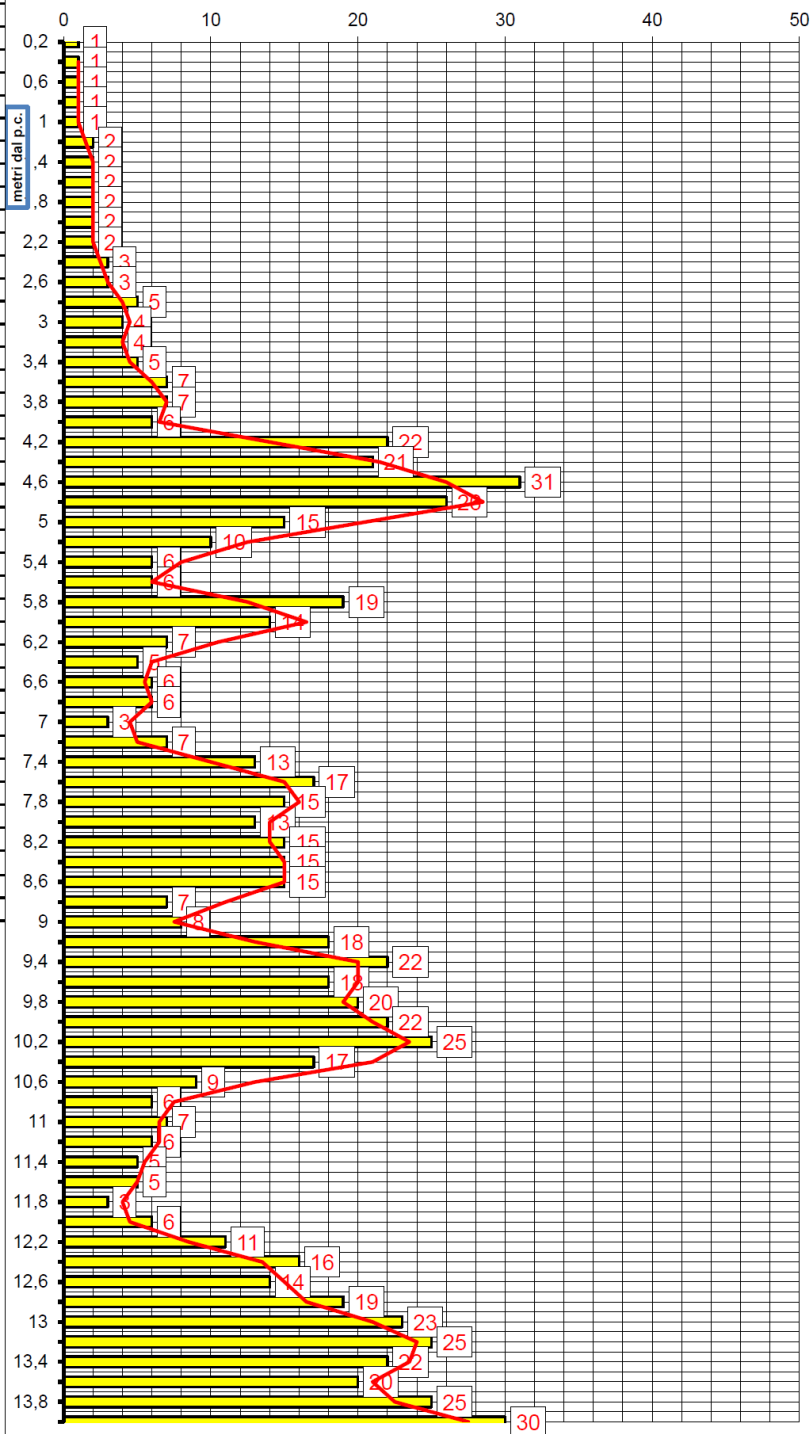
PROVA PENETROMETRICA P06

COMUNE DI ALESSANDRIA VIA DEL CONIGLIO					
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P6					
penetrometro TG 63,5 -100 - KN dinamico super-pesante PAGANI					
P = peso del maglio 63,5 Kg					
H = altezza caduta maglio 75 cm					
d = diametro aste piene 32 mm					PROVA DINAMICA P6
A = sezione punta conica (60°) 20 cmq					
p = penetrazione 20 cm (N20)					
Rendimento energetico: 78% circa energia trasmessa dal maglio alle aste					
PIANO DI POSA PENETROMETRO - PIANO CAMPAGNA					
Energia specifica colpo penetrometro SPT = $Q = 7,83 \text{ Kg/cmq}$					
Energia specifica colpo penetrometro DPSH N20 = $Q = (M \times H) / (A \times p) = 11,90 \text{ Kg/cmq}$					
Coefficiente teorico di energia $t = Q / Qspt = 1,52$					
Data: 18 MAGGIO 2021		Falda idrica: -7,00 METRI DAL PIANO CAMPAGNA			
profondità dal p.c.	colpi				
(metri)	DPHS N20				

0,2	1
0,4	1
0,6	1
0,8	1
1	1
1,2	2
1,4	2
1,6	2
1,8	2
2	2
2,2	2
2,4	3
2,6	3
2,8	5
3	4
3,2	4
3,4	5
3,6	7
3,8	7
4	6
4,2	22
4,4	21
4,6	31
4,8	26
5	15
5,2	10
5,4	6
5,6	6
5,8	19
6	14
6,2	7
6,4	5
6,6	6
6,8	6
7	3
7,2	7
7,4	13
7,6	17
7,8	15
8	13
8,2	15
8,4	15
8,6	15
8,8	7
9	8
9,2	18
9,4	22
9,6	18
9,8	20
10	22
10,2	25
10,4	17
10,6	9
10,8	6
11	7
11,2	6
11,4	5
11,6	5
11,8	3
12	6
12,2	11
12,4	16
12,6	14
12,8	19
13	23
13,2	25
13,4	22
13,6	20
13,8	25
14	30

diagramma prova penetrometrica dinamica P6

numero colpi N20

Rifiuto avanzamento
aste del penetrometro

PROVA PENETROMETRICA P07

**EDIFICIO DESTINATO AD ATTIVITA' LOGISTICA/DEPOSITO IN ALESSANDRIA.
TERRENI DI PROPRIETA' DELLA SOC. CI CIEFFE SRL
PROVA PENETROMETRICA STATICA P7**

Data: 18 maggio 2021

Falda idrica: NON RISCONTRATA

penetrometro statico Pagani da 100 KN

punta meccanica Begemann - Rp = resistenza alla punta; FRICTION Rl = resistenza manicotto laterale

spinta in infissione 10.000 kg

spinta in estrazione 11.000 Kg

sezione punta 10,00 cmq

Piano di posa del penetrometro: piano campagna

Rp - Kg/cm² - resistenza punta Begemann

Friction Rl - Kg/cm² - resistenza laterale punta Begemann

Esecuzione prova: Dott. Cavalli Andrea

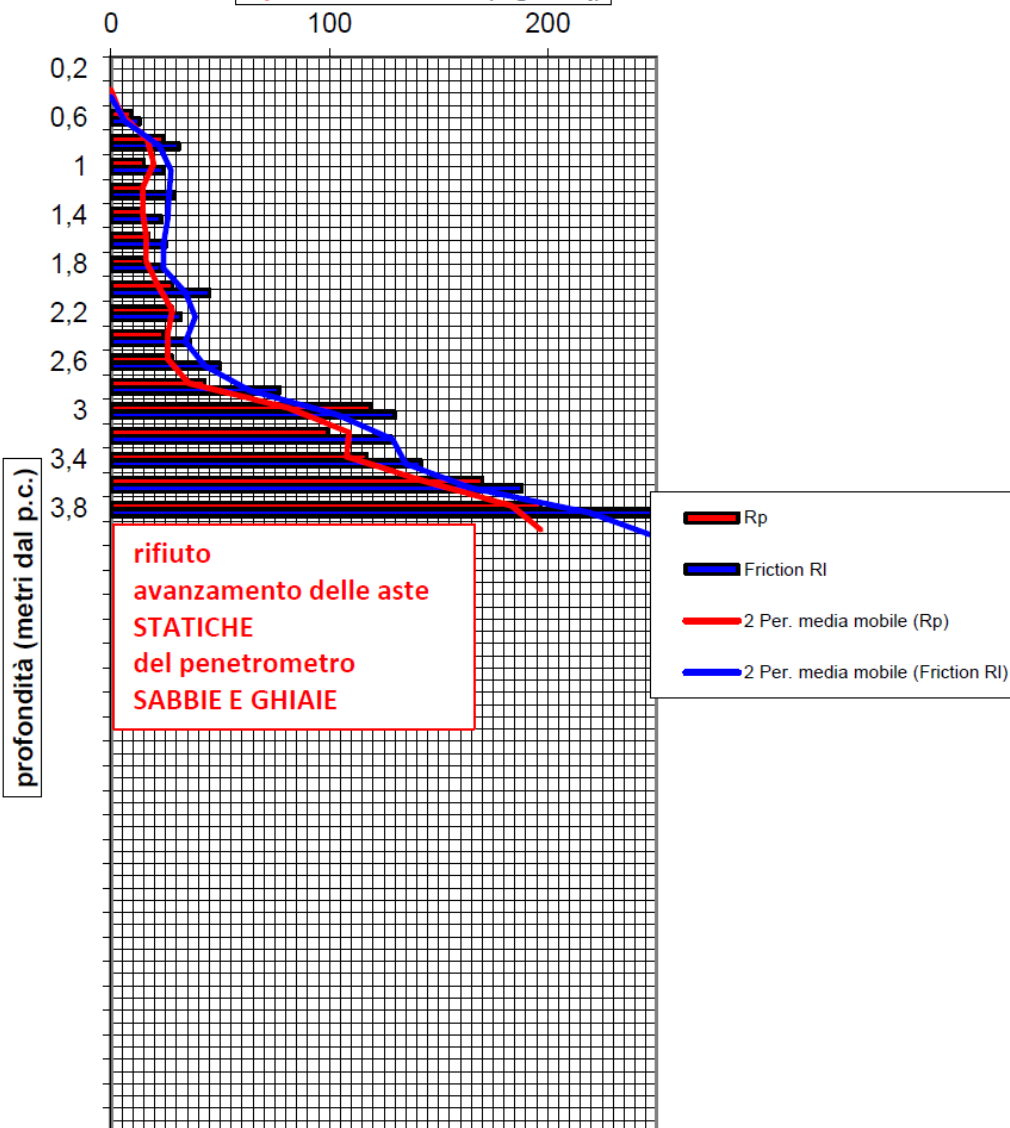
**PROVA
STATICA P7**

metri dal p.c.	Rp	Friction Rl
0,2	0	0
0,4	0	0
0,6	9	13
0,8	24	31
1	15	24
1,2	14	29
1,4	15	23
1,6	17	25
1,8	15	23
2	28	45
2,2	28	32
2,4	24	36
2,6	28	50
2,8	43	77
3	119	130
3,2	99	128
3,4	117	142
3,6	170	188
3,8	197	250

infissione punta Begemann
infissione punta Begemann

diagramma campagna prova statica P7

Rp - FRICTION Rl (Kg/cm²)



rifiuto
avanzamento delle aste
STATICHE
del penetrometro
SABBIE E GHIAIE

rifiuto
avanzamento delle aste
STATICHE
del penetrometro
SABBIE E GHIAIE

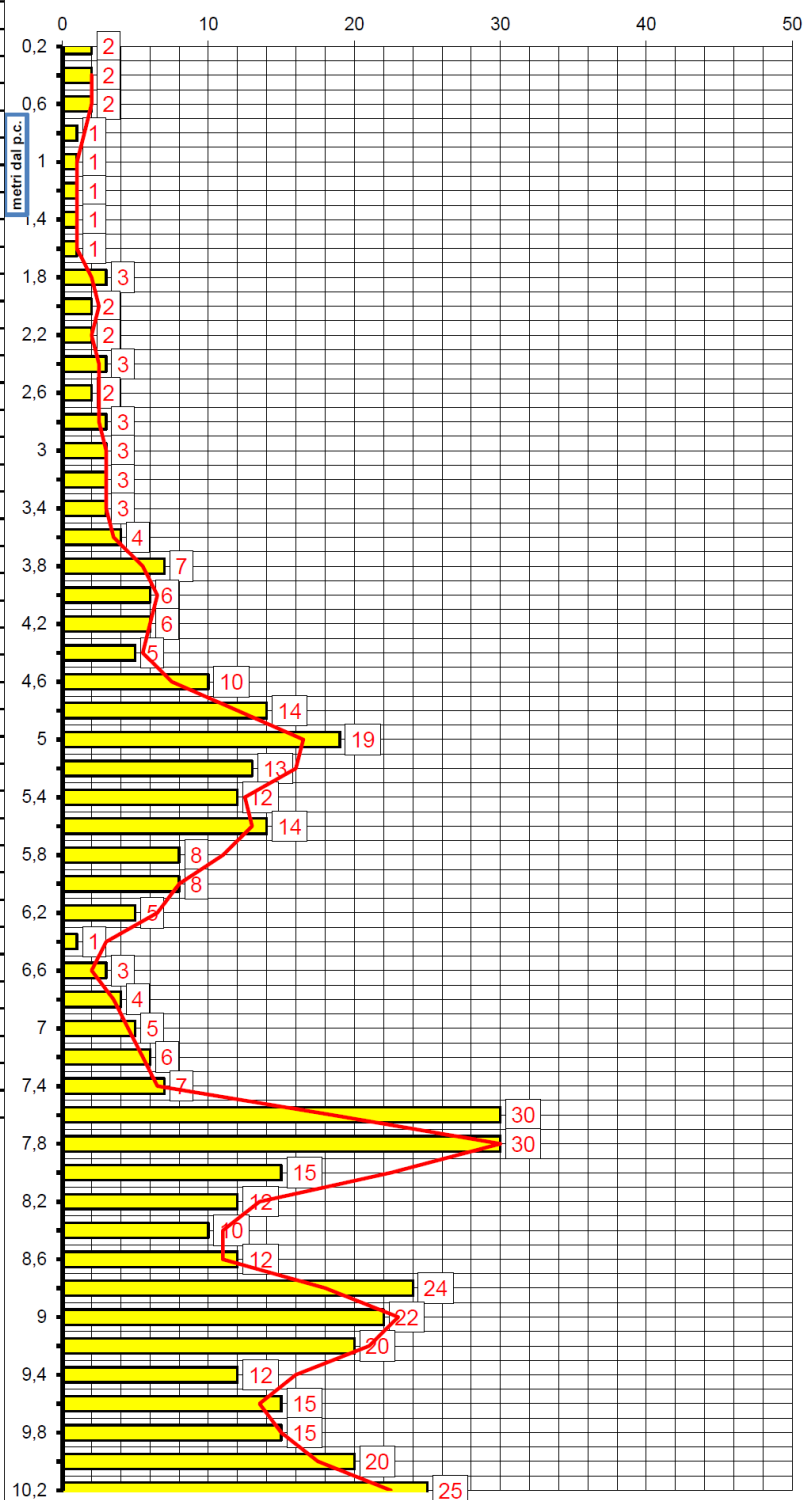
PROVA PENETROMETRICA P08

COMUNE DI ALESSANDRIA VIA DEL CONIGLIO	
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P8	
penetrometro TG 63,5 -100 - KN dinamico super-pesante PAGANI	
P = peso del maglio 63,5 Kg	
H = altezza caduta maglio 75 cm	
d = diametro aste piene 32 mm	
A = sezione punta conica (60°) 20 cmq	
p = penetrazione 20 cm (N20)	
Rendimento energetico: 78% circa energia trasmessa dal maglio alle aste	
PIANO DI POSA PENETROMETRO - PIANO CAMPAGNA	
Energia specifica colpo penetrometro SPT = $Q = 7,83 \text{ Kg/cmq}$	
Energia specifica colpo penetrometro DPHS N20 = $Q = (M \times H) / (A \times p) = 11,90 \text{ Kg/cmq}$	
Coefficiente teorico di energia $t = Q / Q_{spt} = 1,52$	
Data: 6 MAGGIO 2021	Falda idrica: -7,00 METRI DAL PIANO CAMPAGNA
profondità dal p.c. (metri)	colpi DPHS N20

PROVA DINAMICA P8

diagramma prova penetrometrica
dinamica P8

numero colpi N20



**Rifiuto avanzamento
aste del penetrometro**

COMUNE DI ALESSANDRIA												
STRATIGRAFIA PROVA PENETROMETRICA P8												
Data: 6 MAGGIO 2021												
prof	strati	tipologia	γ	γ'	Σ	Cu	Mv	ϕ	Dr	K orizz	K Winkle	Perm
metri	0,00	piano campagna	Kg/mc	Kg/mc	Kg/cm ^q	Kg/cm ^q	cm ^q /Kg	°	%	Kg/cm ^q	Kg/cm ^q	cm/sec
		Limi sabbiosi poco compatti	1621	1621	0,26	0,19	0,02875	26	0	0,41	0,38	1,14E-02
1,60		Limi sabbiosi più compatti	1720	1720	0,59	0,37	0,0173	26	0	0,53	0,76	1,12E-02
3,40		Limi sabbiosi più compatti	1831	1831	0,75	0,80	0,014444	27	0	1,12	1,64	1,12E-02
4,40		Sabbie e ghiaie mediamente addensate e costipate	1800	1800	1,08	0,00	0,0145	32	39	2,28	2,35	5,77E-02
6,20		superficie libera della falda freatica rilevata nel foro penetrometrico alla quota di -7,00 metri dal p.c. alla data del 6/5/2021										
7,20		Sabbie più fini meno addensate	1650	650	1,14	0,00	0,03289	28	15	0,76	0,78	5,80E-02
10,20		Ghiaie e sabbie con intercalazioni di limi e sabbie, mediamente addensate con rifiuto avanzamento delle aste del penetrometro	1800	800	1,38	0,00	0,00928	33	50	3,58	3,68	5,75E-02

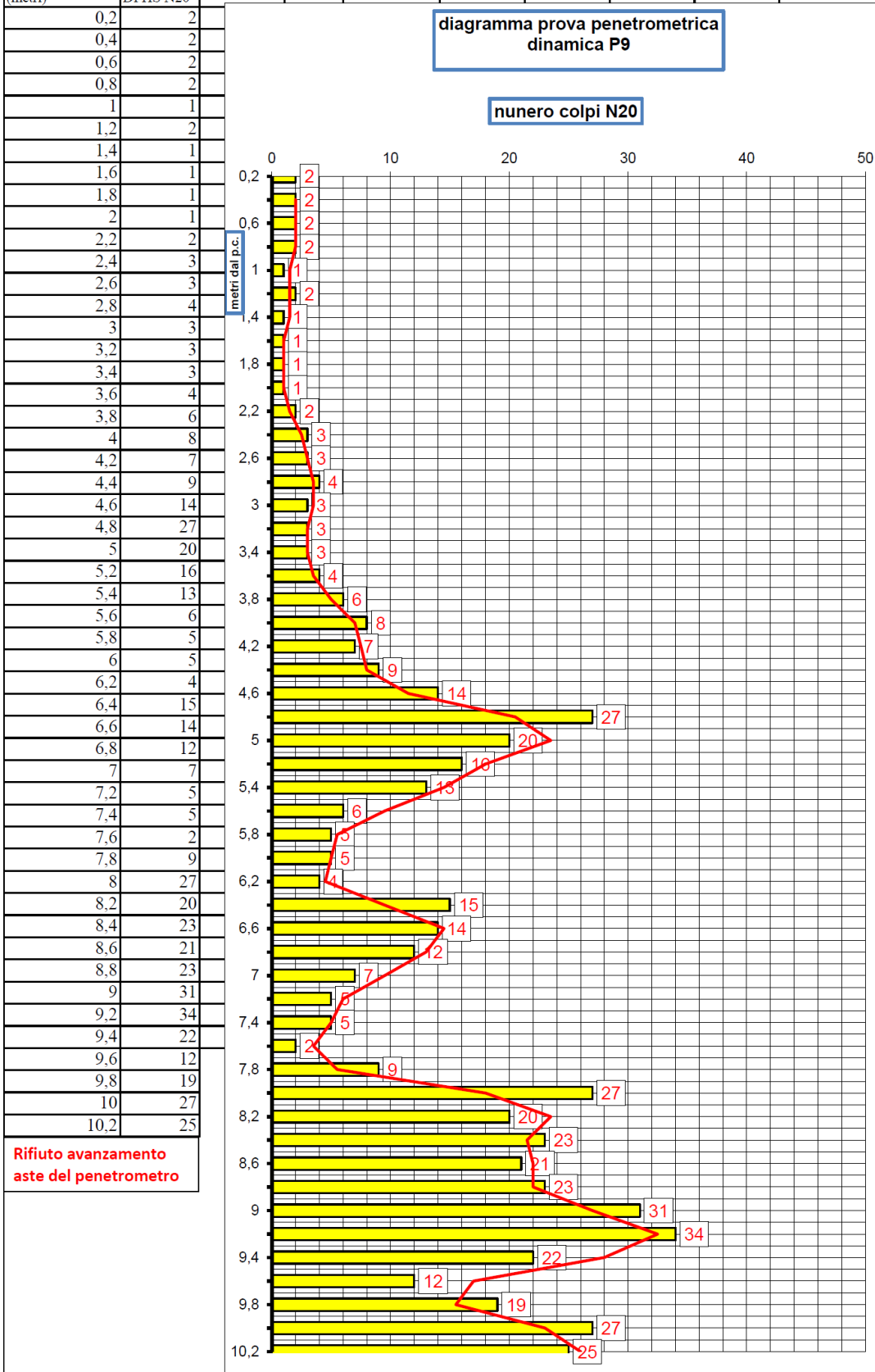
PROVA PENETROMETRICA P09

COMUNE DI ALESSANDRIA VIA DEL CONIGLIO	
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P9	
penetrometro TG 63,5 -100 - KN dinamico super-pesante PAGANI	
P = peso del maglio 63,5 Kg	
H = altezza caduta maglio 75 cm	
d = diametro aste piene 32 mm	
A = sezione punta conica (60°) 20 cmq	
p = penetrazione 20 cm (N20)	
Rendimento energetico: 78% circa energia trasmessa dal maglio alle aste	
PIANO DI POSA PENETROMETRO - PIANO CAMPAGNA	
Energia specifica colpo penetrometro SPT = $Q = 7,83 \text{ Kg/cmq}$	
Energia specifica colpo penetrometro DPSH N20 = $Q = (M \times H) / (A \times p) = 11,90 \text{ Kg/cmq}$	
Coefficiente teorico di energia $t = Q / Q_{spt} = 1,52$	
Data: 10 MAGGIO 2021	Falda idrica: -7,00 METRI DAL PIANO CAMPAGNA
profondità dal p.c. (metri)	colpi DPHS N20

PROVA DINAMICA P9

diagramma prova penetrometrica
dinamica P9

numero colpi N20



PROVA PENETROMETRICA P010

COMUNE DI ALESSANDRIA VIA DEL CONIGLIO

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P10

penetrometro TG 63,5 -100 - KN dinamico super-pesante PAGANI

P = peso del maglio 63,5 Kg

H = altezza caduta maglio 75 cm

d = diametro aste piene 32 mm

A = sezione punta conica (60°) 20 cmq

p = penetrazione 20 cm (N20)

Rendimento energetico: 78% circa energia trasmessa dal maglio alle aste

PIANO DI POSA PENETROMETRO - PIANO CAMPAGNA

Energia specifica colpo penetrometro SPT = $Q = 7,83 \text{ Kg/cmq}$ Energia specifica colpo penetrometro DPSH N20 = $Q = (M \times H) / (A \times p) = 11,90 \text{ Kg/cmq}$ Coefficiente teorico di energia $t = Q / Q_{spt} = 1,52$

Data: 10 MAGGIO 2021

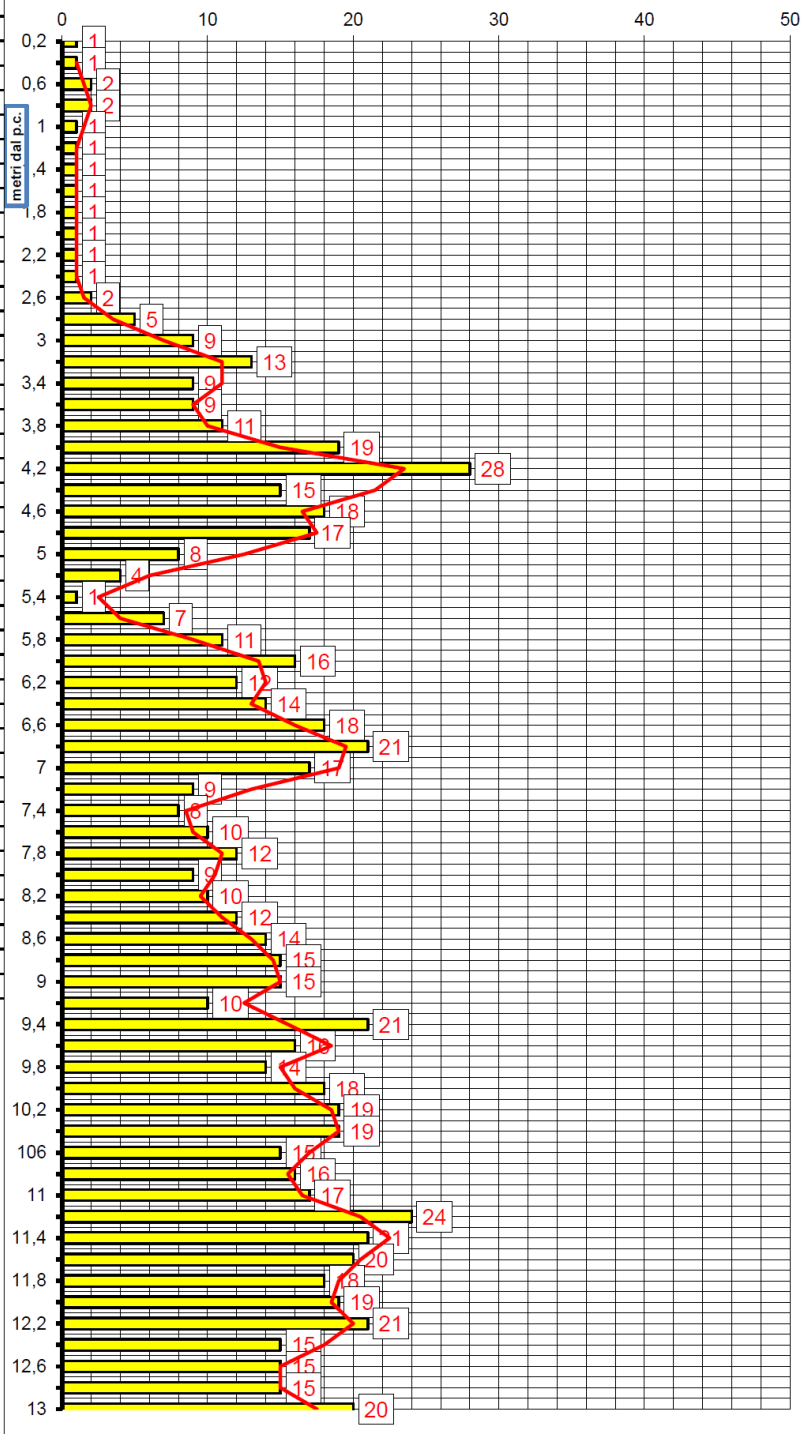
Falda idrica: -7,00 METRI DAL PIANO CAMPAGNA

PROVA DINAMICA
P10

profondità dal p.c. (metri)	colpi DPHS N20
0,2	1
0,4	1
0,6	2
0,8	2
1	1
1,2	1
1,4	1
1,6	1
1,8	1
2	1
2,2	1
2,4	1
2,6	2
2,8	5
3	9
3,2	13
3,4	9
3,6	9
3,8	11
4	19
4,2	28
4,4	15
4,6	18
4,8	17
5	8
5,2	4
5,4	1
5,6	7
5,8	11
6	16
6,2	12
6,4	14
6,6	18
6,8	21
7	17
7,2	9
7,4	8
7,6	10
7,8	12
8	9
8,2	10
8,4	12
8,6	14
8,8	15
9	15
9,2	10
9,4	21
9,6	16
9,8	14
10	18
10,2	19
10,4	19
10,6	15
10,8	16
11	17
11,2	24
11,4	21
11,6	20
11,8	18
12	19
12,2	21
12,4	15
12,6	15
12,8	15
13	20

diagramma prova penetrometrica
dinamica P10

numero colpi N20

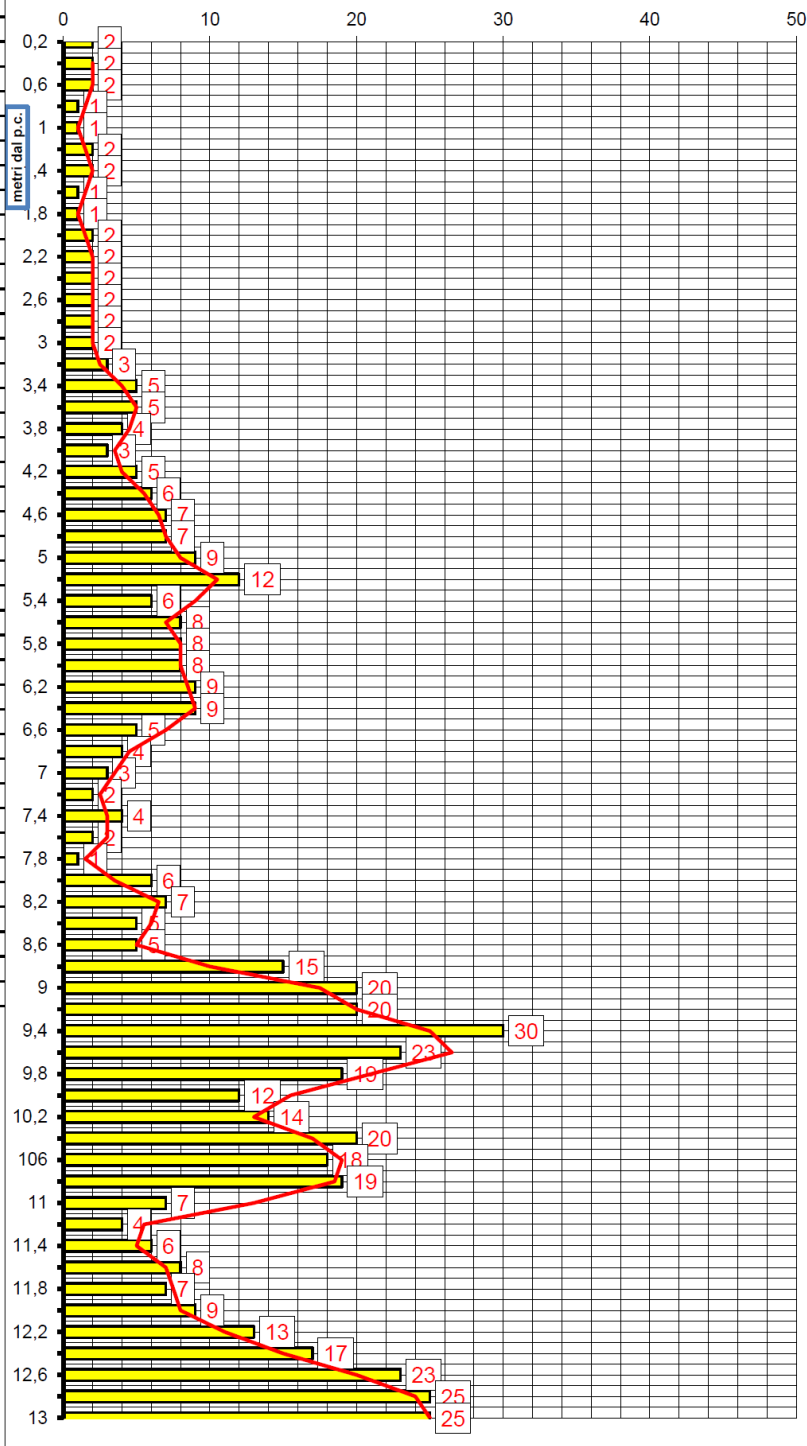
Rifiuto avanzamento
aste del penetrometro

PROVA PENETROMETRICA P011

COMUNE DI ALESSANDRIA VIA DEL CONIGLIO					
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P11					
penetrometro TG 63,5 -100 - KN dinamico super-pesante PAGANI					
P = peso del maglio 63,5 Kg					
H = altezza caduta maglio 75 cm					
d = diametro aste piene 32 mm					PROVA DINAMICA P11
A = sezione punta conica (60°) 20 cmq					
p = penetrazione 20 cm (N20)					
Rendimento energetico: 78% circa energia trasmessa dal maglio alle aste					
PIANO DI POSA PENETROMETRO - PIANO CAMPAGNA					
Energia specifica colpo penetrometro SPT = Q = 7,83 Kg/cmq					
Energia specifica colpo penetrometro DPSH N20 = Q = (M x H) / (A x p) = 11,90 Kg/cmq					
Coefficiente teorico di energia t = Q / Qspt = 1,52					
Data: 6 MAGGIO 2021		Falda idrica: -7,00 METRI DAL PIANO CAMPAGNA			
profondità dal p.c.	colpi				
(metri)	DPSH N20				

diagramma prova penetrometrica
dinamica P11

numero colpi N20



Rifiuto avanzamento
aste del penetrometro

PROVA PENETROMETRICA P012

**EDIFICIO DESTINATO AD ATTIVITA' LOGISTICA/DEPOSITO IN ALESSANDRIA.
TERRENI DI PROPRIETA' DELLA SOC. CI CIEFFE SRL
PROVA PENETROMETRICA STATICA P12**

Data: 19 maggio 2021

Falda idrica: NON RISCONTRATA

penetrometro statico Pagani da 100 KN

punta meccanica Begemann - Rp = resistenza alla punta; FRICTION RI = resistenza manicotto laterale

spinta in infissione 10.000 kg

spinta in estrazione 11.000 Kg

sezione punta 10,00 cmq

Piano di posa del penetrometro: piano campagna

Rp - Kg/cm² - resistenza punta Begemann

Friction RI - Kg/cm² - resistenza laterale punta Begemann

Esecuzione prova: Dott. Cavalli Andrea

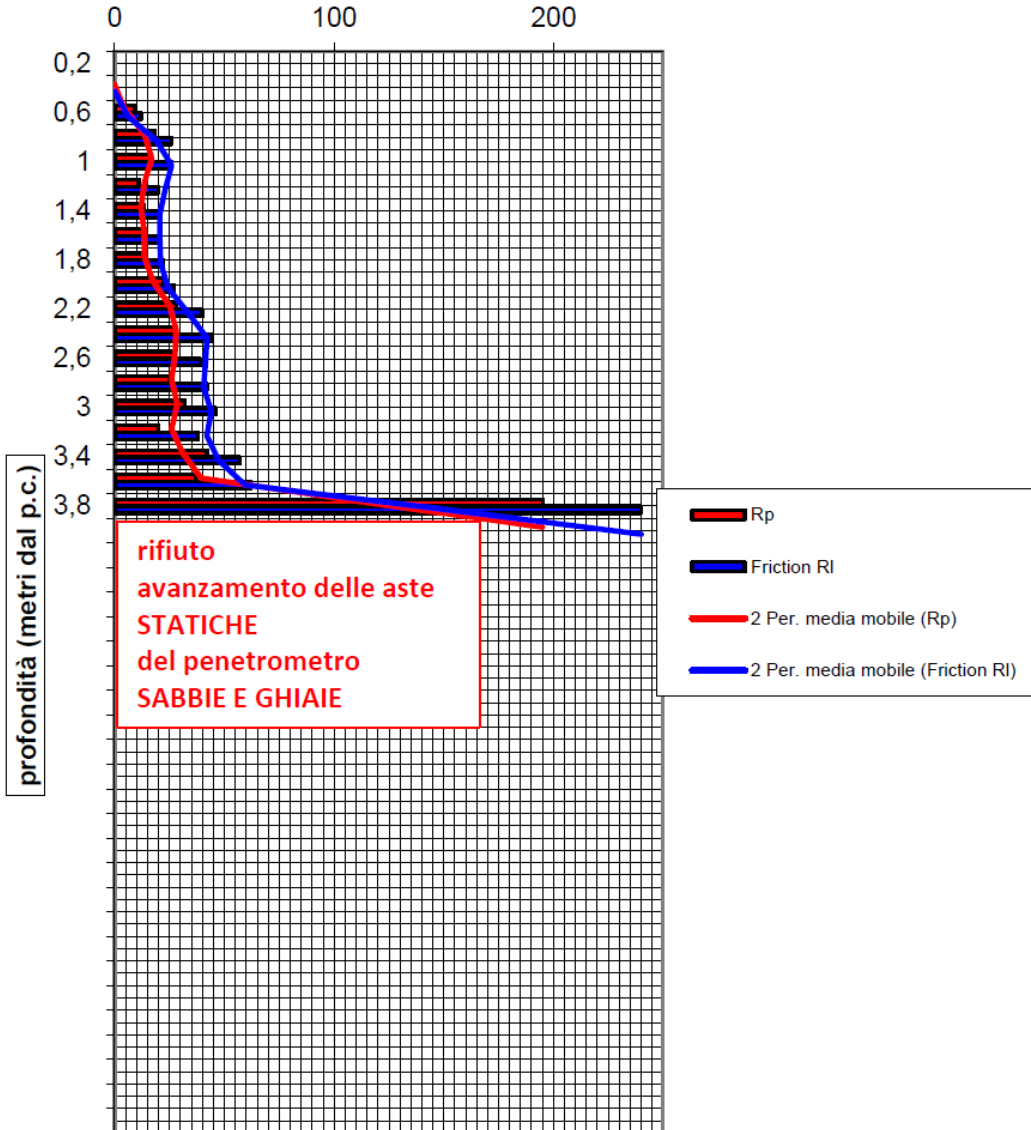
**PROVA
STATICA P12**

metri dal p.c.	Rp	Friction RI
0,2	0	0
0,4	0	0
0,6	9	12
0,8	18	26
1	16	26
1,2	11	20
1,4	13	21
1,6	14	20
1,8	13	22
2	22	27
2,2	28	40
2,4	28	44
2,6	27	39
2,8	25	42
3	32	46
3,2	20	38
3,4	42	57
3,6	37	62
3,8	195	240

rifiuto
avanzamento delle aste
STATICHE
del penetrometro
SABBIE E GHIAIE

diagramma campagna prova statica P12

Rp - FRICTION RI (Kg/cm²)



CAPITOLO 6.0

Caratterizzazione idrogeologica del terreno – Prove di permeabilità a carico variabile- L01-L05

Utilizzando la stessa sonda penetrometrica, mediante la perforazione del terreno con aste elicoidali infisse a rotazione e l'installazione nel foro di un rivestimento in acciaio avente un diametro di 3,50 cm, nell'area sono state effettuate n.5 **prove di permeabilità in foro (L01-L05)** a quote comprese tra -1,50 e -3,50 metri dal piano campagna.

La prova di permeabilità (anche detta di percolazione) consiste nel riempire il permeametro (a terreno saturo) e misurare gli abbassamenti di livello a tempi prestabiliti.

La formula di calcolo utilizzata è la seguente (dal sito FORMULA GEO manuale operativo).

$$K = A / CL \times (t^2 - t^1) \times \ln(h^1/h^2)$$

Dove:

A = area di base elemento drenante (rivestimento acciaio diametro 3,50 cm);

h1 e h2 = altezze idrauliche rivestimento rispetto i tempi t1 e t2

Cl = costante di forma: $2\pi D + L = 0,2548$ (metri)

h1 e h2 = altezze dell'acqua nel pozzetto, misurate dalla base del pozzetto, all'inizio e alla fine della prova a carico variabile;

t2-t1 = durata della prova a carico variabile;

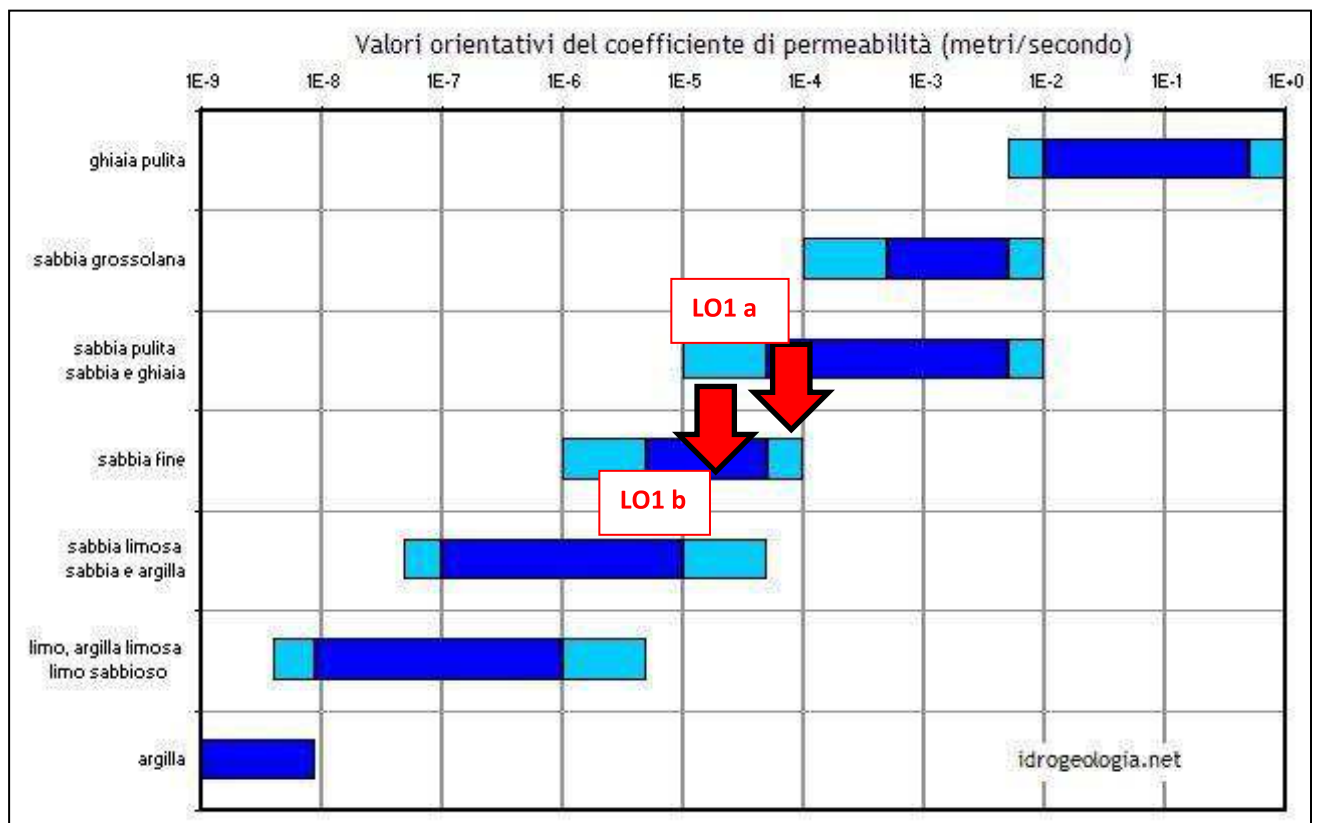
Nelle formule tutte le distanze sono espresse in metri, i tempi in secondi e le portate in mc/sec.

Il valore risultante della permeabilità è espresso quindi in metri/sec.

DATI MISURE PROVE PERMEABILITA'**PROVA L01 - 20/05/2021**

PERMEABILITA' L01 a			
PROFONDITA' 1,00 METRI			
TERRENI SABBIOSI E LIMOSI			
TEMPI (sec)	ABBASSAMENTI (cm)		
	CARICO IDRAULICO INIZIALE 150 cm		
300	10	Permeabilità K (m/sec)	1.82 x 10 ⁻⁴
600	15	Permeabilità K (m/sec)	6.29 x 10 ⁻⁵
900	20	Permeabilità K (m/sec)	2.99 x 10 ⁻⁵
		Perm medio K (m/sec)	9.16 x 10⁻⁵

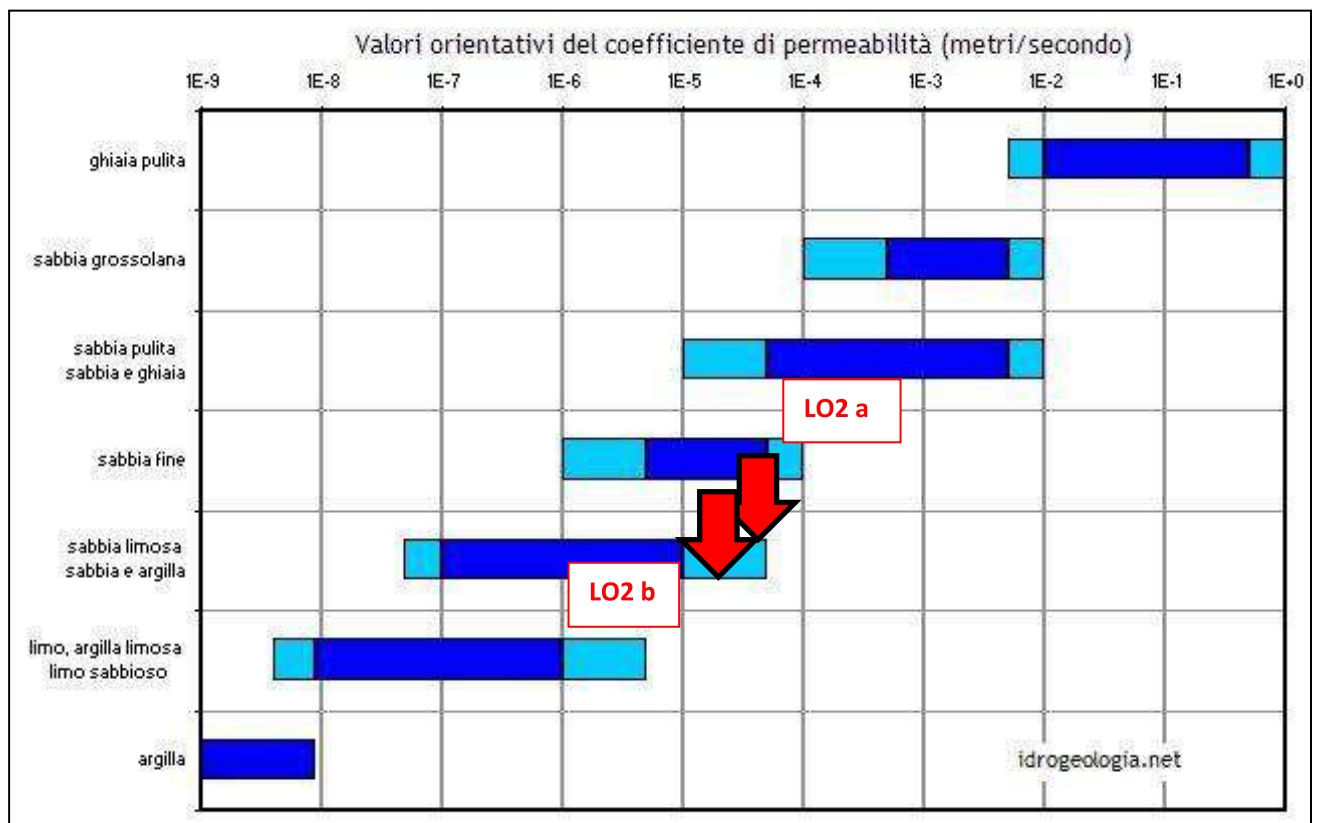
PERMEABILITA' L01 b			
PROFONDITA' 4,00 METRI			
TERRENI SABBIOSI			
TEMPI (sec)	ABBASSAMENTI (cm)		
	CARICO IDRAULICO INIZIALE 400 cm		
300	50	Permeabilità K (m/sec)	9.42 x 10 ⁻⁵
600	100	Permeabilità K (m/sec)	2.18 x 10 ⁻⁵
900	170	Permeabilità K (m/sec)	4.90 x 10 ⁻⁶
		Perm medio K (m/sec)	4.03 x 10⁻⁵



DATI MISURE PROVE PERMEABILITA'**PROVA L02 -19/05/2021**

PERMEABILITA' L02 a			
PROFONDITA' 1,50 METRI			
TERRENI LIMOSI SABBIOSI E ARGILLOSI			
TEMPI (sec)	ABBASSAMENTI (cm)		
	CARICO IDRAULICO INIZIALE 150 cm		
300	10	Permeabilità K (m/sec)	1.82 x 10 ⁻⁴
600	19	Permeabilità K (m/sec)	4.64 x 10 ⁻⁵
900	24	Permeabilità K (m/sec)	2.40 x 10 ⁻⁵
		Perm medio K (m/sec)	8.41 x 10⁻⁵

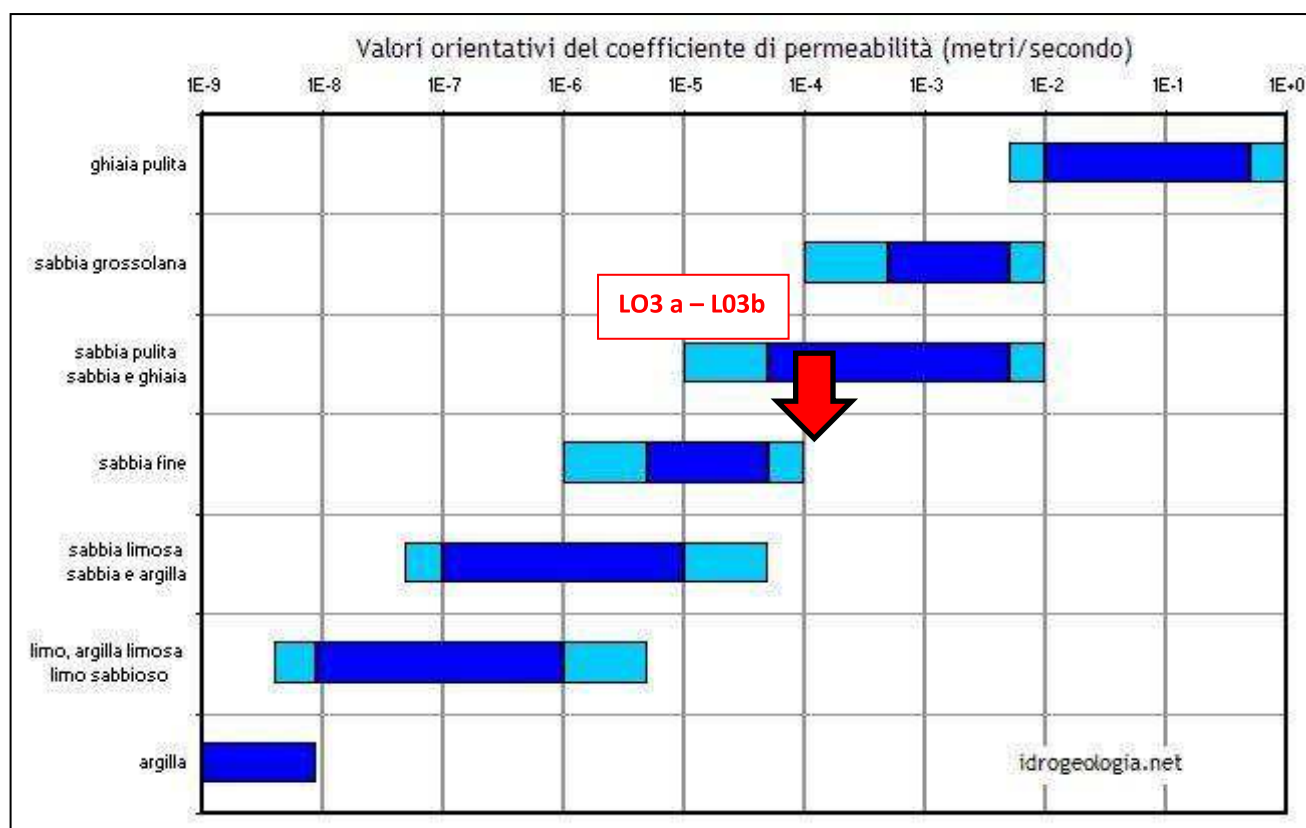
PERMEABILITA' L02 b			
PROFONDITA' 2,50 METRI			
TERRENI SABBIOSI LIMOSI			
TEMPI (sec)	ABBASSAMENTI (cm) CARICO IDRAULICO INIZIALE 300 cm		
300	61	Permeabilità K (m/sec)	1.27×10^{-4}
600	101	Permeabilità K (m/sec)	3.52×10^{-5}
900	180	Permeabilità K (m/sec)	4.57×10^{-6}
		Perm medio K (m/sec)	5.56×10^{-5}

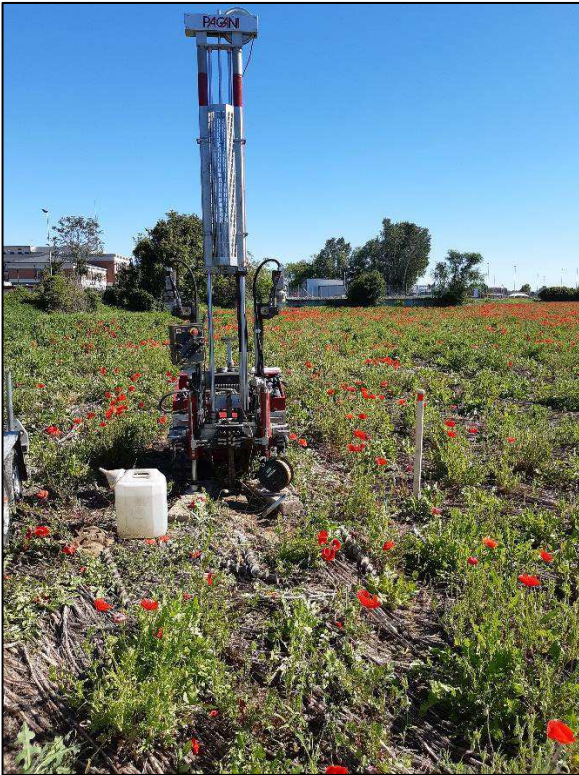


DATI MISURE PROVE PERMEABILITA'**PROVA L03 - 20/05/2021**

PERMEABILITA' L03 a			
PROFONDITA' 1,50 METRI			
TERRENI SABBIOSI E LIMOSI			
TEMPI (sec)	ABBASSAMENTI (cm) CARICO IDRAULICO INIZIALE 200 cm		
300	3	Permeabilità K (m/sec)	8.33 x 10-4
600	7	Permeabilità K (m/sec)	4.5 x 10-5
900	10	Permeabilità K (m/sec)	8.17 x 10-5
		Perm medio K (m/sec)	3.19 x 10-4

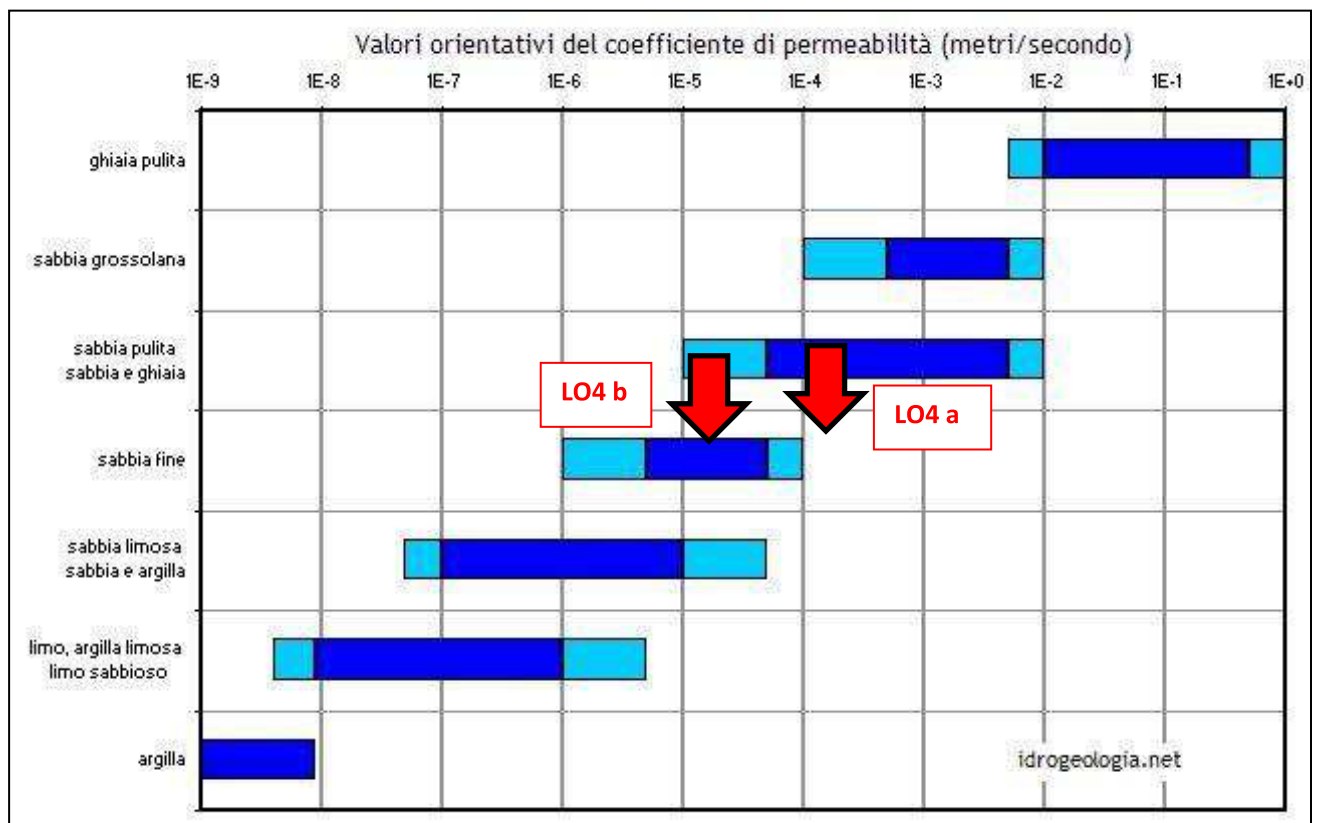
PERMEABILITA' L03 b			
PROFONDITA' 2,80 METRI			
TERRENI SABBIOSI			
TEMPI (sec)	ABBASSAMENTI (cm)		
	CARICO IDRAULICO INIZIALE 400 cm		
300	15	Permeabilità K (m/sec)	3.29×10^{-4}
600	37	Permeabilità K (m/sec)	6.47×10^{-4}
900	52	Permeabilità K (m/sec)	3.01×10^{-5}
1200	60	Permeabilità K (m/sec)	1.93×10^{-5}
		Perm medio K (m/sec)	2.56×10^{-4}



DATI MISURE PROVE PERMEABILITA'**PROVA L04 – 20/05/2021**

PERMEABILITA' L04 a			
PROFONDITA' 0,80 METRI			
TERRENI LIMOSI ARGILLOSI			
TEMPI (sec)	ABBASSAMENTI (cm) CARICO IDRAULICO INIZIALE 100 cm		
300	2	Permeabilità K (m/sec)	6.22 x 10 ⁻⁴
600	3	Permeabilità K (m/sec)	2.06 x 10 ⁻⁴
900	10	Permeabilità K (m/sec)	3.97 x 10 ⁻⁵
1800	15	Permeabilità K (m/sec)	1.93 x 10 ⁻⁵
		Perm medio K (m/sec)	2.21 x 10 ⁻⁴

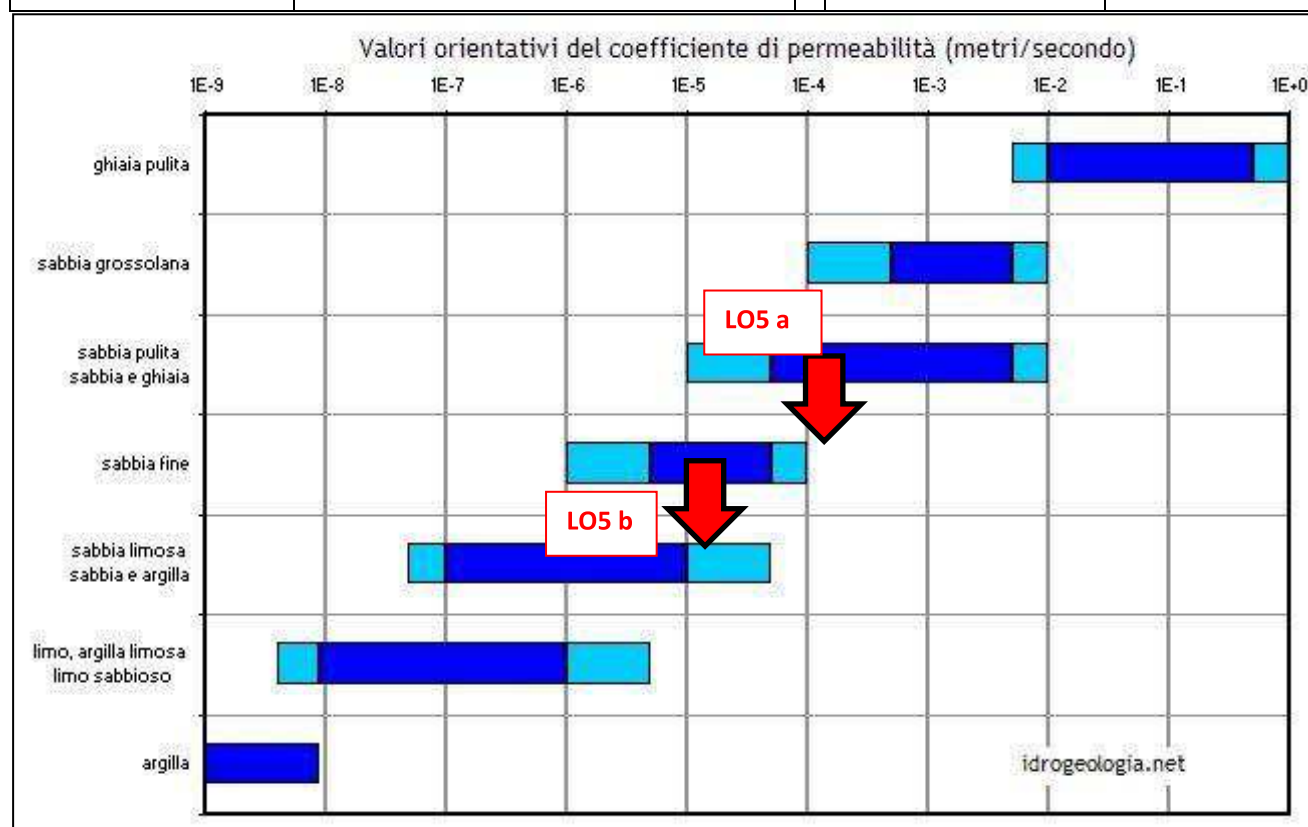
PERMEABILITA' L04 b			
PROFONDITA' 1,30 METRI			
TERRENI SABBIOSI			
TEMPI (sec)	ABBASSAMENTI (cm)		
	CARICO IDRAULICO INIZIALE 200 cm		
300	30	Permeabilità K (m/sec)	7.74×10^{-5}
600	56	Permeabilità K (m/sec)	1.91×10^{-5}
900	73	Permeabilità K (m/sec)	9.23×10^{-6}
		Perm medio K (m/sec)	3.52×10^{-5}



DATI MISURE PROVE PERMEABILITA'**PROVA L05 - 20/05/2021**

PERMEABILITA' L05 a			
PROFONDITA' 1,50 METRI			
TERRENI LIMOSI ARGILLOSI			
TEMPI (sec)	ABBASSAMENTI (cm) CARICO IDRAULICO INIZIALE 200 cm		
300	5	Permeabilità K (m/sec)	4.97 x 10 ⁻⁴
600	7	Permeabilità K (m/sec)	1.76 x 10 ⁻⁴
900	15	Permeabilità K (m/sec)	5.37 x 10 ⁻⁵
		Perm medio K (m/sec)	2.42 x 10⁻⁴

PERMEABILITA' L05 b			
PROFONDITA' 3,50 METRI			
TERRENI SABBIOSI			
TEMPI (sec)	ABBASSAMENTI (cm)		
	CARICO IDRAULICO INIZIALE 400 cm		
300	90	Permeabilità K (m/sec)	5.91×10^{-5}
600	120	Permeabilità K (m/sec)	2.11×10^{-5}
900	132	Permeabilità K (m/sec)	1.27×10^{-5}
1200	150	Permeabilità K (m/sec)	8.18×10^{-8}
		Perm medio K (m/sec)	2.52×10^{-5}



CAPITOLLO. 7.0

Carotaggi stratigrafici (S01-S02)

Tra la data del 25 e 27 maggio 2021 in corrispondenza dell'area oggetto d'indagine sono stati effettuati n.2 carotaggi stratigrafici continui (S01 e S02 di cui alla planimetria allegata) spinti ad una profondità di 15,00 metri dal piano campagna, al fine di acquisire le peculiarità litostratigrafiche del sottosuolo.

Nel foro del carotaggio S02 è stato installato un piezometro micro fessurato in PVC (diam. 60 cm) per la misura del livello della falda, con chiusino in acciaio munito di lucchetto.

Attrezzatura utilizzata per esecuzione carotaggi:

- * sonda rotativa cingolata;
- * utensile di perforazione:
 - * carotiere semplice T1, lunghezza utile 150 cm e diametro esterno 101 mm;
 - * aste di rivestimento esterne, lunghezza utile 150 cm e diametro esterno 127 mm;
 - * aste di perforazione: con filettatura tronco-conica, diametro esterno 70 mm;
 - * corone di perforazione: in widia;

I campioni estratti sono stati depositati entro le cassette in pvc di dimensioni 1,00x0,50x0,10 metri e depositate presso l'edificio Panorama, mentre tutte le quote di cui alle stratigrafie di seguito allegate, sono riferite al piano campagna.

In ogni foro di sondaggio sono state effettuate n.4 prove S.P.T. (Standard Penetration Test).

La prova S.P.T. consiste nell'infliggere nel terreno, all'interno delle aste di rivestimento del foro del sondaggio, una punta conica mediante una batteria di aste, per tratti consecutivi di cui un primo corrispondente a 150 mm (N1), un secondo corrispondente a 300 mm (N2) ed un terzo corrispondente a 450 mm (N3) totali, annotando il numero di colpi necessario alla penetrazione.

Attrezzatura prova S.P.T.:

- aste in acciaio diametro esterno 50 mm;
- dispositivo di sollevamento automatico con peso della massa battente pari a 63,50 Kg ed altezza di caduta pari a 75 cm;
- PUNTA CHIUSA

Normalizzazione del valore N_{SPT} per le procedure esecutive

La correzione tiene conto dei differenti dispositivi di infissione utilizzati e delle procedure esecutive. Il valore di N_{SPT} , corretto secondo la formula proposta da Skempton, assume il valore

$$N_{60} = C_{ER} C_B C_S C_R N_{SPT}$$

in cui

N_{60} = valore corretto per le procedure esecutive

C_{ER} = fattore di correzione per il rapporto di energia

C_B = fattore di correzione per il diametro del foro

C_S = fattore di correzione per il tipo di campionatore

C_R = fattore di correzione per la lunghezza della fune

N_{SPT} = valore misurato

I valori dei fattori di correzione proposti da Skempton sono elencati nella tabella seguente.

Fattori di correzione per le procedure esecutive (da Skempton)

Fattore	Procedure-strumentazione	Termine	Valore
Rapporto di energia	Safety hammer	C_{ER}	0.9
	Donut hammer	C_{ER}	0.75
Diametro del foro	65÷115 mm	C_B	1.0
	115÷150 mm	C_B	1.05
	150÷200 mm	C_B	1.15
Tipo di campionatore	Standard sampler	C_S	1.0
	Sampler without liner	C_S	1.2
Lunghezza della fune	> 10 m	C_R	1.0
	6÷10 m	C_R	0.95
	4÷6 m	C_R	0.85
	3÷4 m	C_R	0.75

Correzione del valore di N_{SPT} per le tensioni litostatiche

Viene utilizzata la seguente correzione proposta in letteratura

$$(N_i)_{60} = C_N N_{60}$$

in cui

$(N_i)_{60}$ = valore corretto per le tensioni litostatiche e per le procedure esecutive

N_{60} = valore corretto per le procedure esecutive

C_N = fattore di correzione per la tensione litostatica

Il valore del fattore C_N proposto da Liao e Whitman è

$$C_N = \frac{1}{\sqrt{\bar{\sigma}_{vo}}}$$

in cui

$\bar{\sigma}_{vo}$ = tensione verticale efficace in kg/cm²

Da Ordine Geologi del Lazio (L'interpretazione delle indagini in sito. Criteri e riferimenti per interpretazione delle indagini alla luce delle NTC 2008- Geologo Ing. Massimo Pietrantoni)

PRESSIONI INTERSTIZIALI (falda)

$$N^* = 15 + 0.5 \times (NSPT - 15) \text{ (Terzaghi e Peck, 1948)}$$

Dove:

N = SPT misurati

$N^* = \text{SPT corretto PRESSIONI INTERSTIZIALI (finale)}$

DETERMINAZIONE PARAMETRI GEOTECNICI PROVE SPT

Terreni coerenti

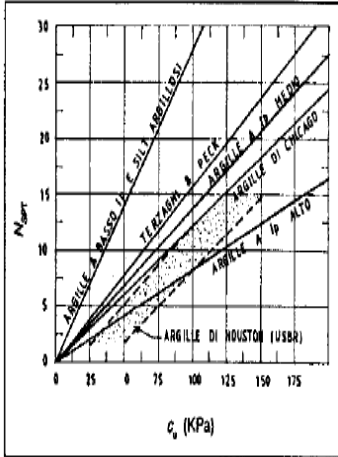


Figura 51. Correlazioni tra N_{SPT} e c_u (Schmertmann, 1975).

Casadio-Elmi -Bologna - 1995

TABELLA 1.3
Parametri geotecnici dei terreni coerenti

Stato di consistenza	Numero dei colpi	Indice di consistenza	Coesione non drenata
Molto soffice	<2	I_c circa 0	C_u <0.1
Soffice	2-4	0-0.25	0.1-0.25
Plastico	4-8	0.25-0.5	0.25-0.5
Compatto	8-15	0.5-0.75	0.5-1.0
Molto compatto	15-30	0.75-1.0	1.0-2.0
Estrem. compatto	>30	>1.0	>2.0

Fonte: F.Cestari, Benevento 1986

Tab. 3.1: Relazione fra N_{SPT} , consistenza e resistenza non drenata (TERZAGHI E PECK 1948)

Consistenza	Molto bassa	Bassa	Media	Elevata	Molto elevata	Argille dure
N_{SPT}	<2	2-4	4-8	8-15	15-30	>30
C_u (kPa)	<12	12-25	25-50	50-100	100-200	>200

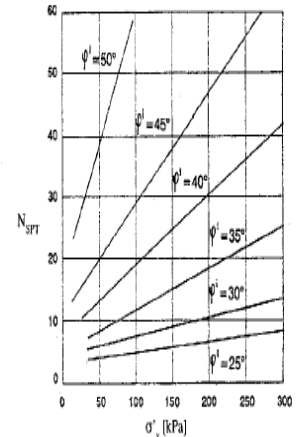
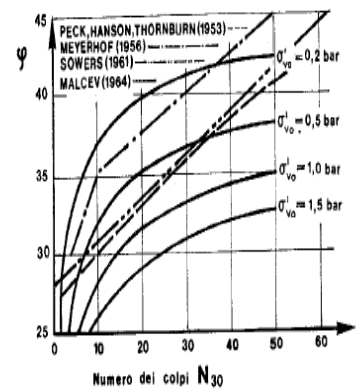


Fig. 4.4.1. Correlazione tra il numero di colpi N_{SPT} e l'angolo di attrito ϕ' (adattata da Viggiani, 1993).



Angolo di attrito di terreni coerenti correlato al numero di colpi dello S.P.T.
Fonte: Cestelli-Guidi 1987

Coesione non drenata

$c_u = \alpha \cdot N_{SPT}$
con α coefficiente che varia a seconda degli autori (tra 3.8 e 12.5, in kPa)

Modulo edometrico

$M = \beta \cdot N_{SPT}$
con β che varia tra 500 e 600, in kPa)

Da Ordine Geologi del Lazio (L'interpretazione delle indagini in sito. Criteri e riferimenti per interpretazione delle indagini alla luce delle NTC 2008- Geologo Ing. Massimo Pietrantoni)

ϕ' = angolo di attrito interno (condizioni drenate)

relazione Gibbs e Holts (1957)

a) $\phi' = (\sqrt{15x N_{60}}) + 15$

relazione Di Mello (1971)

b) $\phi' = 0.3 \times N_{60} + 27$

E' = modulo di deformazione DRENATO

Correlazioni per la stima del modulo di deformabilità

“Manual on estimating soil properties” (Cornell University, 1990)

$E = 10 \cdot N_{60}$ valida per “clean NC sands”

$E = 15 \cdot N_{60}$ valida per “clean OC sands”

(E = modulo di deformabilità in kg/cm²)

D'Appolonia et al. (1970)

$E = 0.756 N_{SPT} + 18.75$ (MPa) per sabbia e ghiaia NC

$E = 1.043 N_{SPT} + 36.79$ (MPa) per sabbia OC

Schultze & Menzenbach (1961)

$E = 0.517 N_{SPT} + 7.46$ in MPa

Pasqualini (Politecnico di Torino, 1983)

Da correlazioni tra SPT e pressiometriche (Tornagli, Franke, Ghionna-Lancellotta-Maniscalco, Albert-Hegg-Manassero.

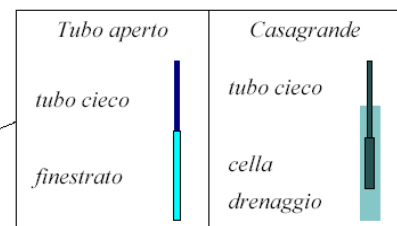
$E = B \sqrt{N_{SPT}}$ con $B = 7 \text{ MPa}$

Da Ordine Geologi del Lazio (L'interpretazione delle indagini in sito. Criteri e riferimenti per interpretazione delle indagini alla luce delle NTC 2008- Geologo Ing. Massimo Pietrantoni)

LEGENDA STRATIGRAFIA

o mm	R r	A s	Pz	metri bat	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	SPT S.P.T.	N	RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

- 1) Diametro del foro / Tipo di carotiere
- 2) Rivestimento
- 3) Profondità dell'acqua (rinvenimento e stabilizzazione)
- 4) Piezometri
- 5) Scala metrica con limiti delle battute (>)
- 6) Simbolo litologico
- 7) Campioni (numero, tipo, profondità testa e scarpa)
- 8) Resistenza alla punta (kg/cm²)
- 9) Vane test (kg/cm²)
- 10) Percentuale di prelievo (1-10, 11-20, ..., 91-100 %)
- 11) Prova S.P.T.
- 12) Valore di N_{spt}
- 13) Percentuale R.Q.D. (1-10, 11-20, ..., 91-100 %)
- 14) Profondità della base dello strato (m)
- 15) Descrizione della litologia dello strato



She = Shelby
Den = Denison
Ost = Osterberg
Maz = Mazier
Crp = Craps
nk3 = NK3
Ind = Indisturbato
Dis = Disturbato
SDi = Semi disturbato
SPT = SPT



Carotaggio stratigrafico S1 (26 maggio 2021)



Carotaggio stratigrafico S1 (26 maggio 2021)

STRATIGRAFIA - S1

SCALA 1 : 50

Pagina 1/2

Riferimento: PROPRIETA' SOC CI CIEFFE SRL	Sondaggio: S1
Località: COMUNE DI ALESSANDRIA AREA TRA CORSO ROMITA E TANGENZIALE	Quota: 93,5 m,s,l,m,
Impresa esecutrice: STUDIO GEOLOGIA CAVALLI	Data: 26 maggio 2021
Coordinate: planimetria georeferenziata planimetria georeferenziata	Redattore: DOTT CAVALLI ANDREA
Perforazione: CAROTAGGIO STRATIGRAFICO CONTINUO	

Ø mm	R v	A r	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
										S.P.T.	N			
				1										SUOLO E LIMI SABBIOSI BRUNO GIALLO
				2									1.7	SABBIE LIMOSE A GRANULOMETRIA FINE CON GHIAIE
				3					21-21-20	41			2.9	SABBIE CON GHIAIETTO E GHIAIE ETEROGENEE (DIAM. CLASTI 1.5/3.0 CM) A MORFOLOGIA POCO ARROTONDATA
				4										
				5									5.0	GHIAIE A GRANULOMETRIA MEDIO GROSSOLANA (DIAM. CLASTI 3/5 CM) A MATRICE SABBIOSA E LIMOSA COLORE GIALLO BRUNO
				6					25-25-27	52				
				7										
				8										
				9					3750/7cm	Rif				
				10										
				11										
				12					50/11cm	Rif				

STRATIGRAFIA - S1

SCALA 1 : 50

Pagina 2/2

Riferimento: PROPRIETA' SOC CI CIEFFE SRL

Sondaggio: S1

Località: COMUNE DI ALESSANDRIA AREA TRA CORSO ROMITA E TANGENZIALE

Quota: 93,5 m,s,l,m,

Impresa esecutrice: STUDIO GEOLOGIA CAVALLI

Data: 26 maggio 2021

Coordinate: planimetria georeferenziata planimetria georeferenziata

Redattore: DOTT CAVALLI ANDREA

Perforazione: CAROTAGGIO STRATIGRAFICO CONTINUO

Ø mm	R v	A r	Pz s	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
										S.P.T.	N			
				13								13.0		GHIAIE A GRANULOMETRIA MEDIO GROSSOLANA (DIAM. CLASTI 3/5 CM) A MATRICE SABBIOSA E LIMOSA COLORE GIALLO BRUNO
				14								14.0		SABBIE A GRANULOMETRIA MEDIO FINE A MATRICE LIMOSA, CON GHIATTO E CIOTTOLI, COLORE GIALLO BRUNO
				15								15.0		GHIAIE A MATRICE SABBIOSA A GRANULOMETRIA MEDIO GROSSOLANA, ETEROMETRICHE ED A MORFOLOGIA POCO ARROTONDATA

PIEZOMETRO ASSENTE



Carotaggio S1

Da 0.00 a 5.00 metri dal p.c.



Carotaggio S1

Da 5.00 a 10.00 metri dal p.c.



Carotaggio S1

Da 10.00 a 15.00 metri dal p.c.

PROVE S.P.T. dati campagna CAROTAGGIO S1

Prove SPT	Profondità (metri dal piano campagna)	N1 numero colpi primi 15 cm affondamento delle aste	N2 numero colpi dopo 30 cm affondamento delle aste	N3 numero colpi dopo 45 cm affondamento delle aste	NSPT N2+N3 (misurato campagna)	N'SPT (corretto falda)	N60
1	3.50	21	22	20	42		26.88
2	6.00	25	25	27	52		33.28
3	9.00	37	50 RIFIUTO 7 cm		50	32.50	20.80
4	12.00	50 RIFIUTO 11 cm			50	32.50	20.80

PARAMETRI GEOTECNICI TERRENI DA PROVE SPT CAROTAGGIO S1

Prove SPT	Profondità (metri)	N60	Cu KPa	E MPa	ϕ' (°)
1	3.50	26.88	102.14	36.29	35.06
2	6.00	33.28		40.38	37.16
3	9.00	20.80		31.92	32.95
4	12.00	20.80		31.92	32.95

Note:

*(1) calcolo ϕ' (°) relazione Gibbs e Holts (1957);

*(2) calcolo Cu relazioni Terzaghi e Peck (1948);

*(4) calcolo E relazione Pasqualini -Politecnico di Torino (1983)

PERMEABILITA' CAROTAGGIO S01			
PROFONDITA' 1,50 METRI			
TERRENI SABBIOSI			
TEMPI (sec)	ABBASSAMENTI (cm) CARICO IDRALICO COLONNA RIVESTIMENTO 200 cm (DIAMETRO RIVESTIMENTO 127 mm)		
15	17	Permeabilità K (m/sec)	1.16 x 10 ⁻²
30	30	Permeabilità K (m/sec)	3.16 x 10 ⁻³
60	31	Permeabilità K (m/sec)	1.52 x 10 ⁻³
180	32.5	Permeabilità K (m/sec)	4.83 x 10 ⁻⁴
300	34	Permeabilità K (m/sec)	2.76 x 10 ⁻⁴
600	39	Permeabilità K (m/sec)	1.18 x 10 ⁻⁴
900	44	Permeabilità K (m/sec)	6.90 x 10 ⁻⁵
1800	53	Permeabilità K (m/sec)	2.78 x 10 ⁻⁵
		Perm medio K (m/sec)	2.15 x 10 ⁻³



Carotaggio stratigrafico S2 (25 maggio 2021)



Carotaggio stratigrafico S2 (25 maggio 2021)

Esecuzione prove SPT in foro



Carotaggio stratigrafico S2 (25 maggio 2021)

Chiusino piezometro

STRATIGRAFIA - S2

SCALA 1 : 50

Pagina 1/2

Riferimento: PROPRIETA' SOC CI CIEFFE SRL	Sondaggio: S2
Località: COMUNE DI ALESSANDRIA AREA TRA CORSO ROMITA E TANGENZIALE	Quota: 93,5 m,s,l,m,
Impresa esecutrice: STUDIO GEOLOGIA CAVALLI	Data: 25 maggio 2021
Coordinate: planimetria georeferenziata planimetria georeferenziata	Redattore: DOTT CAVALLI ANDREA
Perforazione: CAROTAGGIO STRATIGRAFICO CONTINUO	

Ø mm	R v	A r	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
										S.P.T.	N			
														SUOLO E LIMI SABBIOSI COLORE BRUNO GIALLO
				1										
				2										
				2.5										SABBIE LIMOSE A GRANULOMETRIA FINE, COLORE BRUNO GIALLO
				3					7-6-6		12			SABBIE LIMOSE CON GHIAIETTO A GRANULOMETRIA FINE (DIAM. CLASTI 1/7 CM) ETEROMETRICO A MORFOLOGIA POCO ARROTONDATA
				3.0										
				4										
				5										
				5.0										GHIAIE SABBIOSE A GRANULOMETRIA MEDIO FINE (DIAM. 1.5/3.0 CM) ETEROMETRICHE A MORFOLOGIA POCO ARROTONDATA
				6					19-21-21		42			GHIAIE A GRANULOMETRIA MEDIA (DIAM. 2.5/3.5 CM) A MATRICE LIMOSA SABBIOSA COLORE GIALLO BRUNO, A MORFOLOGIA POCO ARROTONDATA
				6.0										
				7										
				8										
				9										
				9					35-50/12cm	Rif				
				10										
				11										
				11.0										LIMO SABBIOSO ED ARGILLOSO COLORE BRUNO GIALLO, PLASTICO E POCO COMPATTO
				12					9.4-5		9			



Carotaggio S2

Da 0.00 a 5.00 metri dal p.c.



Carotaggio S2

Da 5.00 a 10.00 metri dal p.c.



Carotaggio S2

Da 10.00 a 15.00 metri dal p.c.

PROVE S.P.T. dati campagna CAROTAGGIO S2

Prove SPT	Profondità (metri dal piano campagna)	N1 numero colpi primi 15 cm affondamento delle aste	N2 numero colpi dopo 30 cm affondamento delle aste	N3 numero colpi dopo 45 cm affondamento delle aste	NSPT N2+N3 (misurato campagna)	N'SPT (corretto falda)	N60
1	3.50	7	6	6	12		7.68
2	6.00	19	21	21	42		26.88
3	9.00	37	50 RIFIUTO 7 cm		50	32.50	20.80
4	12.00	50 RIFIUTO 11 cm			50	32.50	20.80

PARAMETRI GEOTECNICI TERRENI DA PROVE SPT CAROTAGGIO S1

Prove SPT	Profondità (metri)	N60	Cu KPa	E MPa	ϕ' (°)
1	3.50	7.68	28.18	19.39	
2	6.00	26.88		36.29	35.06
3	9.00	20.80		31.92	32.95
4	12.00	20.80		31.92	32.95

Note:

*(1) calcolo ϕ' (°) relazione Gibbs e Holts (1957);

*(2) calcolo Cu relazioni Terzaghi e Peck (1948);

*(4) calcolo E relazione Pasqualini -Politecnico di Torino (1983)

PERMEABILITA' CAROTAGGIO S01			
PROFONDITA' 1,50 METRI			
TERRENI SABBIOSI			
TEMPI (sec)	ABBASSAMENTI (cm) CARICO IDRALICO COLONNA RIVESTIMENTO 200 cm (DIAMETRO RIVESTIMENTO 127 mm)		
15	20	Permeabilità K (m/sec)	9.76 x 10-3
30	35	Permeabilità K (m/sec)	2.67 x 10-3
60	36	Permeabilità K (m/sec)	1.29 x 10-3
180	36.5	Permeabilità K (m/sec)	4.25 x 10-3
300	38	Permeabilità K (m/sec)	2.44 x 10-4
600	44	Permeabilità K (m/sec)	1.03 x 10-4
900	49	Permeabilità K (m/sec)	6.10 x 10-5
1800	53,5	Permeabilità K (m/sec)	2.78 x 10-5
		Perm medio K (m/sec)	2.30 x 10-3

CAPITOLO 8.0

Unità litotecniche del sottosuolo

L'elaborazione dei dati delle prove penetrometriche, ha permesso di ottenere i parametri geotecnici relativamente ad ogni unità litotecnica del sottosuolo attraverso un'operazione di discretizzazione ed omogeneizzazione dei valori del numero di colpi ogni 20 cm delle aste del penetrometro. I parametri geotecnici sono stati inoltre ricavati sulla base all'esperienza personale.

I valori dei **parametri geotecnici caratteristici** sono stati calcolati, come prescritto dalla Normativa (NTC 2018), a partire dai valori medi ottenuti dalle prove GEOGNOSTICHE e successivamente elaborati secondo appropriate equazioni statistiche e probabilistiche (stabilite dagli Eurocodici EC7), ovvero determinazione del 5 percentile della media di pochi dati per grandi volumi di rottura del terreno con distribuzione log-normale (C_u , con COV del 30%) e distribuzione normale (Φ con COV del 10%) - (foglio di calcolo McCoy, aprile 2007) considerando per le opere in progetto tipologie fondazionali dirette continue in c.a., le quali interessano grandi volumi di terreno con resistenze compensate (parametri geotecnici C_{uk1} e ϕ_{k1}).

I sondaggi geognostici e prove penetrometriche hanno evidenziato le seguenti unità litotecniche del sottosuolo.

UNITA' LITOTECNICA 1

Fino ad una profondità media di 2,40 di metri dal p.c. **limi sabbiosi poco compatti**, dotati di un valore medio di coesione non drenata (C_u) pari a 0,3133 Kg/cmq, un valore medio di angolo di attrito interno (ϕ) pari a 26,92° un valore medio di peso di volume (γ) pari a 1700,33 Kg/mc, ed un valore medio di coefficiente di compressibilità di volume pari a 0,025 cmq/Kg.

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI DI PROGETTO

Coesione non drenata: $C_{uk} = 27.20$ (KPa)

Angolo di attrito: $\phi_k = 25.60^\circ$

UNITA' LITOTECNICA 2

Fino ad una profondità media di 3,40 metri dal p.c. **limi sabbiosi e sabbie più compatte**, dotate di un valore medio di coesione non drenata (C_u) pari a 0,5786 Kg/cmq, un valore medio di angolo di attrito interno (ϕ) pari a 27,14° un valore medio di peso di volume (γ) pari a 1788,28 Kg/mc, ed un valore medio di coefficiente di compressibilità di volume pari a 0,0146 cmq/Kg.

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI DI PROGETTO

Coesione non drenata: $C_{uk} = 48.00$ (KPa)

Angolo di attrito: $\phi_k = 25.50^\circ$

UNITA' LITOTECNICA 3

Fino ad una profondità media di 6,40 metri dal p.c. **sabbie e ghiaie fini eterogenee addensate a matrice limosa (rifiuto avanzamento delle aste statiche/punta Begemann)**, dotati di un valore medio di coesione non drenata (C_u) pari a 1,00 Kg/cmq, un valore medio di angolo di attrito interno (ϕ) pari a 33,77°, un valore medio di densità relativa (D_r) pari al 54,09%, un valore medio di peso di volume (γ) pari a 0,0118 Kg/mc, ed un valore medio di coefficiente di compressibilità di volume pari a 0,0216252 cmq/Kg.

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI DI PROGETTO

Coesione non drenata: $C_{uk} = 70.10$ (KPa)

Angolo di attrito: $\phi_k = 32.20^\circ$

UNITA' LITOTECNICA 4

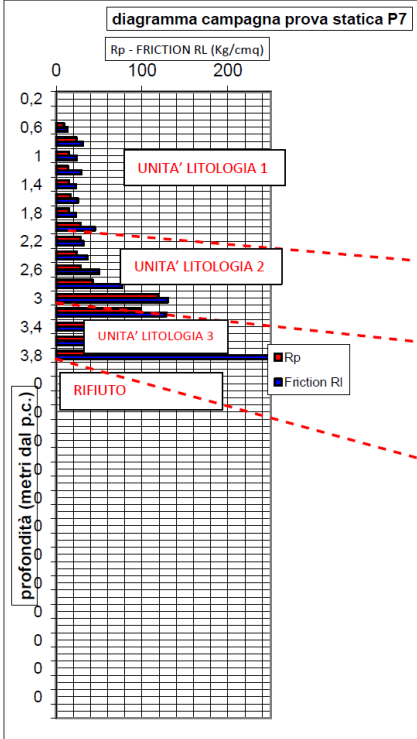
Fino alla massima profondità d'investigazione pari a 15,00 metri dal p.c. **successioni di ghiaie sabbiose eterogenee con intercalazioni di sabbie limose**, dotate di un valore medio di angolo di attrito interno (ϕ) pari a 30,87°, un valore medio di densità relativa (D_r) pari al 33,73 %, un valore medio di peso di volume (γ) pari a 1800 Kg/mc, ed un valore medio di coefficiente di compressibilità di volume pari a 0,0178 cmq/Kg.

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI DI PROGETTO

Angolo di attrito: $\phi_k = 29.60^\circ$

CORRELAZIONE GEOTECNICA SCHEMATICA TRE LE PROVE PENETROMETRICHE P7-P6-P5-P4

Prova
penetrometrica
dinamica
P07



UNITA' LITOLOGIA 1

limi argillosi poco compatti

UNITA' LITOLOGIA 2

limi sabbiosi e sabbie più compatte

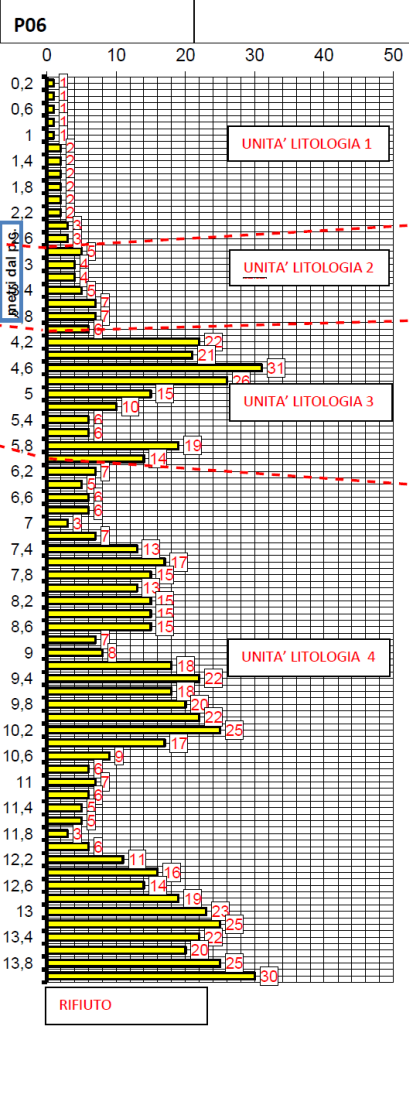
UNITA' LITOLOGIA 3

sabbie e ghiaie fini eterogenee addensate a matrice limosa (rifiuto avanzamento delle aste statiche/punta Begemann)

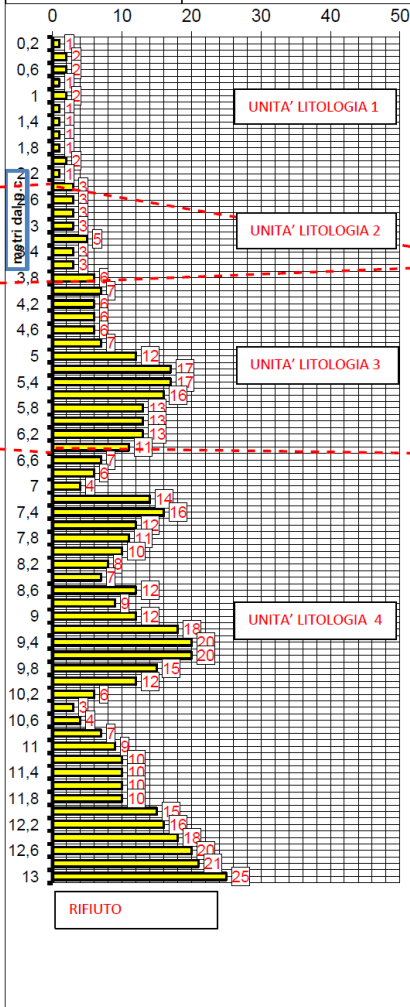
UNITA' LITOLOGIA 4

successioni di ghiaie sabbiose eterogenee con intercalazioni di sabbie limose

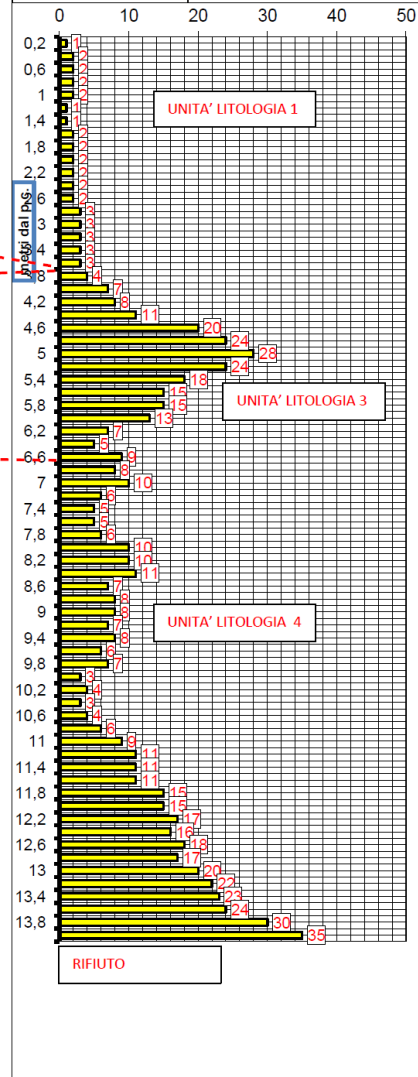
Prova
penetrometrica
dinamica
P06



Prova
penetrometrica
dinamica
P05



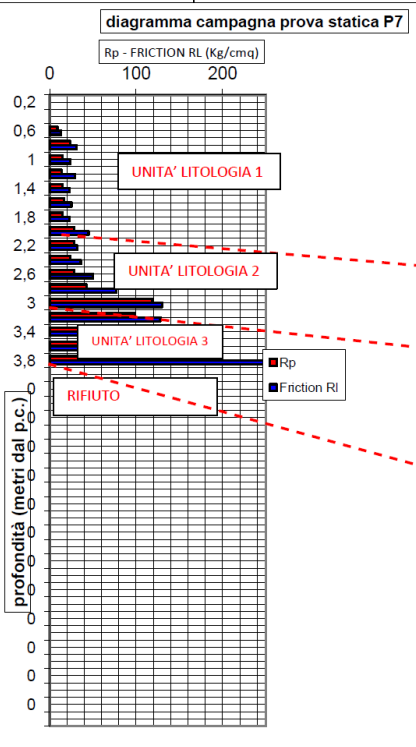
Prova
penetrometrica
dinamica
P04



UNITA' LITOLOGIA 4

CORRELAZIONE GEOTECNICA SCHEMATICA TRE LE PROVE PENETROMETRICHE P7-P6-P5-P4

Prova penetrometrica dinamica P07



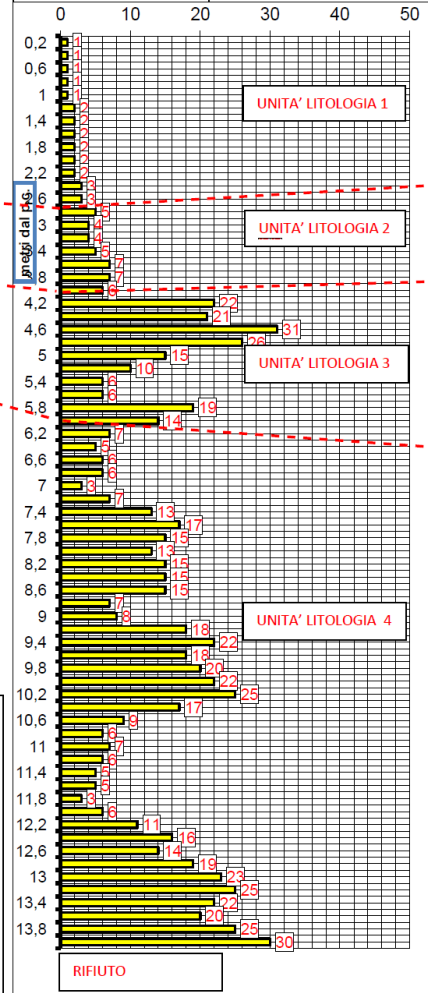
UNITA' LITOLÓGICA 1
limi argillosi poco compatti

UNITA' LITOLÓGICA 2
limi sabbiosi e sabbie più compatte

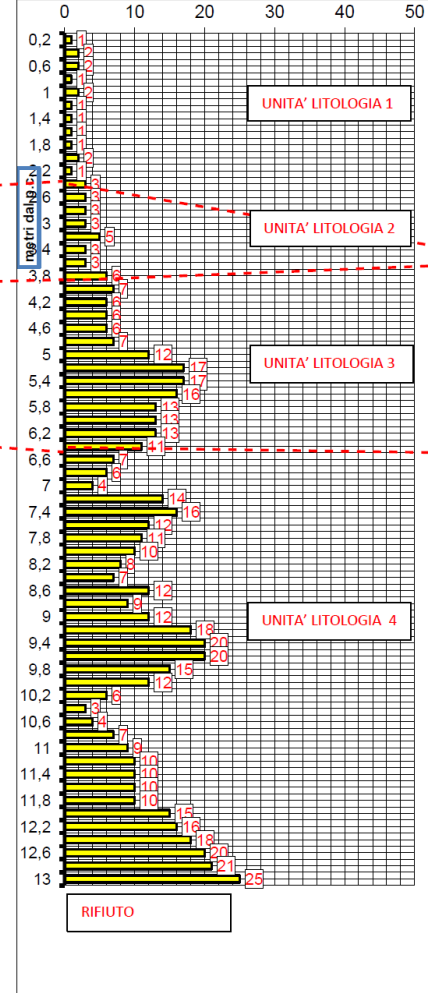
UNITA' LITOLÓGICA 3
sabbie e ghiaie fini eterogenee addensate a matrice limosa (rifiuto avanzamento delle aste statiche/punta Begemann)

UNITA' LITOLÓGICA 4
successioni di ghiaie sabbiose eterogenee con intercalazioni di sabbie limose

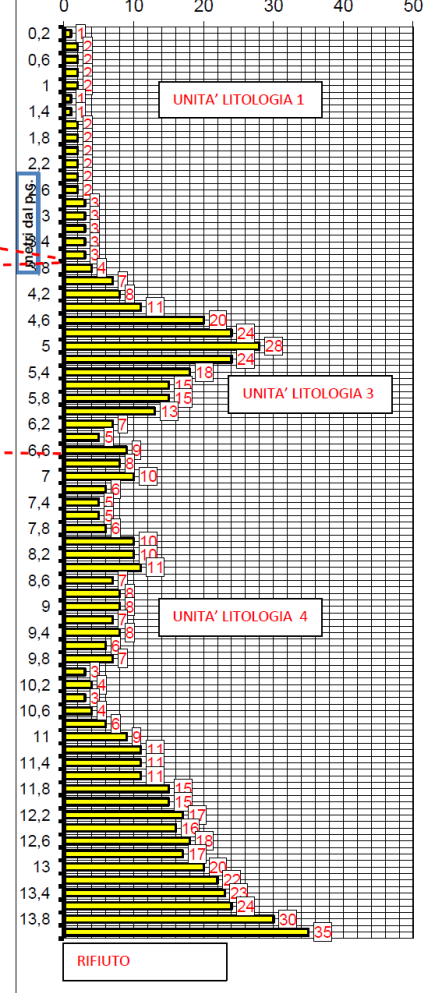
Prova penetrometrica dinamica P06



Prova penetrometrica dinamica P05



Prova penetrometrica dinamica P04



UNITA' LITOLÓGICA 4

CAPITOLO 9.0

Conclusioni

Le indagini geognostiche hanno permesso di acquisire i principali parametri geotecnici del terreno necessari al Progettista al dimensionamento delle strutture di fondazione delle opere previste.

Nell'area oggetto d'indagine sono presenti fino ad una profondità media di 3,00 metri dal p.c. limi sabbiosi e sabbie poco compatte caratterizzate da scadenti parametri geotecnici e da un valore di permeabilità (K) medio pari a $1,37 \times 10^{-4}$ m/sec.

A partire da tale quota fino alla massima profondità d'investigazione pari a 15,00 m dal p.c. sono state riscontrate sabbie ghiaiose e ghiaie eterogenee addensate e costipate con rifiuto all'avanzamento delle aste penetrometriche e prove S.P.T. nei fori di carotaggio, con intercalazioni di limi sabbiosi, caratterizzati da un valore di permeabilità (K) medio pari a $4,92 \times 10^{-4}$ m/sec.

L'area ricade in **ZONA SISMICA 3**, mentre le prove sismiche MASW hanno riscontrato terreni appartenenti alla **Categoria B**, di cui alla tabella del D.M. 17/01/2018.

Il piezometro a tubo aperto installato nel foro del carotaggio S02 (spinto fino alla quota di -15,00 metri dal p.c.) ha permesso di misurare la superficie della falda freatica alla quota di -7,00 metri dal piano campagna alla data del mese di maggio e giugno 2021.

In tale contesto geologico il piano di posa delle fondazioni delle strutture in progetto (continue in c.a.) dovranno superare il primo strato di terreno limoso sabbioso poco compatto ed esse potranno essere appoggiate ad una quota presunta minima di -3,00 metri dal piano campagna (UNITA' LITOTECNICA 2).

Considerando la situazione geotecnica per cui la rottura del terreno avvenga in condizioni non drenate (terreno coerente) e quindi la relativa resistenza possa essere espressa in termine di tensioni totali, il valore di **Q-Lim del terreno** alla profondità d'imposta di -3,00 metri dal p.c corrisponde a:

$$Q_{lim} = (\sigma'V \times Nq) + (C_u \times N_c)$$

$$APPROCCIO 2 (A1+M1+R3)$$

$$Q_{lim} = 297.73 \text{ KPa}$$

$$R_d (SLU) = Q_{lim}/2,3 = 129.44 \text{ KPa}$$

dove:

$\sigma'V$ medio = pressione litostatica alla profondità di 1,00 m dal piano campagna pari a 51.01 KPa;

$Nq = 1,00$ (primo parametro adimensionale equazione binomia di Terzaghi);

Valore medio di coesione tra UNITA' LITOTECNICA 2

Cu: 48.00 KPa;

$N_c = 5,14$ (secondo parametro adimensionale equazione binomia di Terzaghi);

Per quanto riguarda i cedimenti, i valori del modulo di sottofondo (K di Winkler) di cui alle stratigrafie allegate, permetterà di calcolarne i valori in relazione ai carichi agenti in riferimento agli SLE.

Valenza, 12 giugno 2021

In fede

Dott. Cavalli Andrea

