

Relazione geologica

STUDIO DI GEOLOGIA DOTT. CAVALLI ANDREA

Via Raffaello n.9 – 15048 Valenza (AL)

Mail: andrea.cavalli@geologiacavalli.it

Tel.0131950552 - Cell. [REDACTED] FAX:0131952227

PIVA: 02258680061 CF: [REDACTED]

www.geologiacavalli.it

**REGIONE PIEMONTE
PROVINCIA DI ALESSANDRIA
COMUNE DI ALESSANDRIA**

**PIANO ESECUTIVO CONVENZIONATO
AREA EX ALEXANDRIA SRL**

PROPRIETA'

**ALEXANDRIA SRL VIA DON TOMMASO CANESTRI N.35
ALESSANDRIA**

**INDAGINE GEOLOGICA PER LO STUDIO DEL TERRENO
DI FONDAZIONE MEDIANTE ESECUZIONE DI PROVE
PENETROMETRICHE E PROVA SISMICA MASW**

RELAZIONE GEOLOGICA

Premessa ed inquadramento geologico, geomorfologico ed idrogeologico dell'area

A corredo degli atti di progetto relativi alla realizzazione di edifici commerciali di cui al PIANO ESECUTIVO CONVENZIONATO AREA EX ALEXANDRIA SRL - PROPRIETA' Alexandria S.r.l. Via Don Tommaso Canestri n° 35 Alessandria, sito nel Comune di Alessandria in Via Piave, è stato conferito allo scrivente l'incarico di effettuare un'indagine geologica al fine di caratterizzare le peculiarità litologiche del sottosuolo, in ottemperanza alle prescrizioni tecniche di cui la D.M 17-01-2018 (Norme Tecniche delle Costruzioni), Norme di attuazione del P.R.G.C e **Variante PAI - Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po** – di cui al **Decreto n. 121/2022**.

L'indagine si è articolata mediante l'esecuzione di un rilievo geologico dell'area d'indagine e di un'area circostante al fine di acquisire le principali caratteristiche geomorfologiche locali ed è proseguita mediante l'esecuzione di n.5 prospezioni penetrometriche e di una prospezione sismica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) posizionate in corrispondenza dell'area oggetto di intervento, le quali hanno permesso di caratterizzare la stratigrafia del sottosuolo ed principali parametri fisici del terreno.

L'area presenta una morfologia pianeggiante ed interessa il vecchio stabilimento industriale "EX ALEXANDRIA SRL" posizionato ad Est del concentrico di Alessandria, mentre sottostante la coltre di alterazione superficiale affiora la formazione geologica conosciuta con il nome di "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), i quali a loro volta hanno depositato altri sedimenti più recenti.

Fino ad una profondità media di 5 metri circa dal piano campagna la successione stratigrafica locale è costituita da terreni a granulometria fine a composizione prevalentemente limosa e poco permeabili (K medio pari a $1,00 \times e^{-7}$ m/sec) a cui seguono fino ad una profondità di 30,00 m circa dal p.c. sabbie, sabbie ghiaiose e ghiaie con intercalazioni lentiformi di limi ed argille sabbiose più permeabili (K medio pari a $1,00 \times e^{-5}$ m/sec e $1,00 \times e^{-4}$ m/sec). 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 mediamente permeabili.

La falda freatica è alimentata in parte dalle acque d'infiltrazione di superficie ed in parte dalle acque di sub-alveo del fiume Tanaro e fiume Bormida, rispettivamente in sponda orografica destra e 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 oltre 30 metri circa dal p.c. La superficie libera della falda freatica si pone ad una quota media di -8,00/-5,00 m dal piano campagna ed essa risulta soggetta e sensibili escursioni stagionali.

Alla data del mese di febbraio 2018 in corrispondenza dei fori penetrometrici la falda freatica è stata misurata alla quota di -5,00 m dal piano campagna (piano piazzale fabbricati esistenti).

La Carta di sintesi del PRGC di Alessandria individua per l'area in esame una situazione priva di limitazioni, inserendo la stessa area nella Classe I di pericolosità



stralcio della tavola di sintesi del P.R.G.C. e indicazione della zona oggetto di intervento.

PIANURA	
CLASSE I: PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA BASSA O NULLA	
<p>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.</p>	
<div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 15px; display: inline-block;"></div> I	<p>Area dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre limitazioni alle scelte urbanistiche.</p>

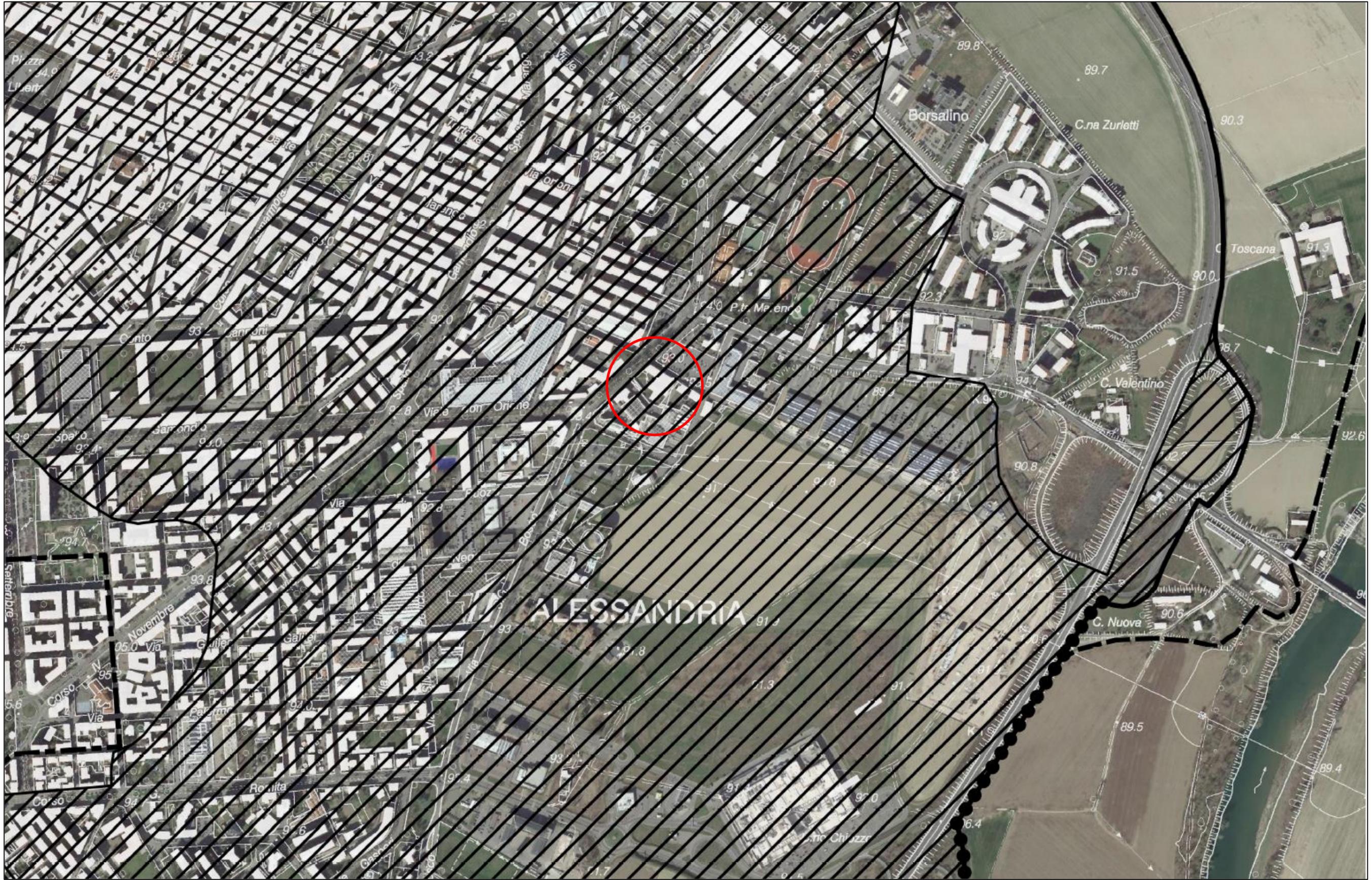
Le mappe relative alla Variante PAI - Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po - cui al Decreto n. 121/2022 - OGGETTO: ART. 68 DEL D. LGS. 3 APRILE 2006, N. 152 E S.M.I., ART. 57, COMMA 4 DELLE NORME DI ATTUAZIONE DEL PAI-PO E ART. 9 DELLA DELIBERAZIONE C. I. N. 4 DEL 17 DICEMBRE 2015 E S.M.I. - APPROVAZIONE DI UN AGGIORNAMENTO DEL PIANO DI BACINO DISTRETTUALE DEL FIUME PO: "AGGIORNAMENTO DEGLI ELABORATI N. 3 E N. 8 DEL PAI-PO E DELLE MAPPE DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO DI ALLUVIONE DEL PGRA DISTRETTUALE: FIUME TANARO NEI COMUNI DI ALESSANDRIA, ALLUVIONI PIOVERA, OVIGLIO E SOLERO" (vedi stralcio carta allegata), hanno aggiornato lo studio idraulico dei fiumi Tanaro e Bormida, rivedendo gli scenari di pericolosità con l'individuazione di nuove aree esondabili ed in particolare, il profilo di piena per il fiume Tanaro è stato aggiornato rispetto a quello contenuto nel PGRA.

A seguito di tali variazioni del grado di pericolosità, e facendo riferimento al DGR REGIONALE 23 novembre 2018, n.17-7911, punto 2.1.5.2. punto b), ove sono state individuate aree inondabili con prescrizioni, i permessi di costruire dovranno essere preceduti da una valutazione di compatibilità dell'intervento con le nuove condizioni di esondazione segnalate dalle mappe PGRA, eventualmente con l'adeguamento delle quote del piano terreno in relazione ai livelli idrici previsti al fine di garantire un franco di sicurezza.

Nell'area in esame lo studio dell'Autorità di Bacino ha individuato una situazione idrogeologica definita come **AREE ALLAGABILI - P1L – ALLUVIONI POCO FREQUENTI-MEDIA PROBABILITA'** e le altezze idriche calcolate per il tempo di ritorno di 200 anni derivanti da simulazioni idrauliche effettuate per la definizione dell'assetto di progetto del tratto Asti Montecastello, per le sezioni di riferimento sul fiume Tanaro più prossime all'area di indagine indicano altezze idrologiche variabili da 89,00 a 90,28 m s.l.m. allo stato attuale e da 89,00 a 89,91 m s.l.m. in progetto.

Le quote topografiche dell'area ove sorge lo stabilimento ex Alexandria risultano pari a 93,00 m s.l.m. con un franco idraulico di circa 3,00 m sul livello della piena di riferimento, anche se occorre ricordare che il progetto di cui alla presente relazione riguarda un **intervento AVENTE UNA DESTINAZIONE D'USO COMMERCIALE E NON RESIDENZIALE** con assenza continuativa di persone, per cui l'edificabilità è consentita sulla base delle Norme di Attuazione del P.R.G.C (Art.51).

SEZ. PAI	progr. PAI (km)	SEZ coord. PAI	SEZ UNIGE	T200 h (m s.m.)		SEZ. PAI	progr. PAI (km)	SEZ coord. PAI	SEZ UNIGE	T200 h (SDF) (m s.m.)	T200 h (P) (m s.m.)
		93_1m	103fm	246.41				17_2	14n	95.16	94.59
		93_1v	103iv	245.50				17_1	13n	94.19	93.81
93	104.44 2	93m	102im	245.02		17 Al. Cittadella	227.74	17m	12nfm	94.38	93.92
		93v	102fv	243.31				16_6	10n	94.36	93.91
92 Farigliano	105.50 3	92m	101im	241.06				16_5	9n	94.00	93.55
		92v	101fv	240.04				16_4	8n	93.82	93.40
91	106.56 4	91	100	238.48				16_3	7n	93.58	93.17
90	108.28 1	90	99	235.48				16_2	6n	93.61	93.20
89	110.63 0	89	98	230.77				16_1	5n	93.50	93.12
88	111.36 5	88m	97im	230.24		16	229.25	16	20	93.50	93.08
		88v	97fv	228.82				15_5	4n	93.38	92.97
		87_1m	26nfm	228.98				15_4	3n	93.14	92.73
		87_1v	26nfv	227.04				15_3	2nfm	92.93	92.55
87	113.12 8	87m	96im	224.05				15_2	1nfv	92.65	92.28
		87v	96iv	222.42				15_1m	19im	92.56	92.22
86	114.55 7	86	95	221.13		15	230.40	15	18	92.07	91.72
		85_1m	94im	220.41				14_1	17	91.45	91.07
		85_1v	94iv	219.46		14	233.03	14	16	91.27	90.84
84	117.09 2	84	93	217.16		13	234.15	13	14	91.16	90.73
83	119.38 6	83m	92im	213.28				12_1m	13fm	90.93	90.51
		83v	92fv	213.64				12_1v	13fv	90.39	90.00
		82_1m	25nfm	212.51		12	235.31	12	12	90.28	89.91
		82_1v	25nfv	212.36				11_1	11	90.10	89.71
82	120.35 5	82	91	210.48		11 Montecast.	236.89	11	10	89.00	89.00
80	122.50 4	80	89	206.00		9	238.78	9	8	87.58	87.58
		79_1m	88fm	205.90		8	241.11	8	7	86.84	86.84
		79_1v	88iv	205.30		7	242.99	7	6	85.92	85.92
79	123.96 7	79	87	203.77		6	244.71	6	5	84.99	84.99
78	125.91 6	78	86	199.95		5	245.40	5	4	84.71	84.71
77	127.18 3	77m	85im	199.39		4	247.25	4	3	84.25	84.25



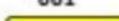
LEGENDA

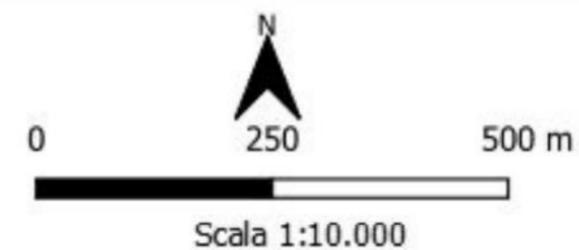
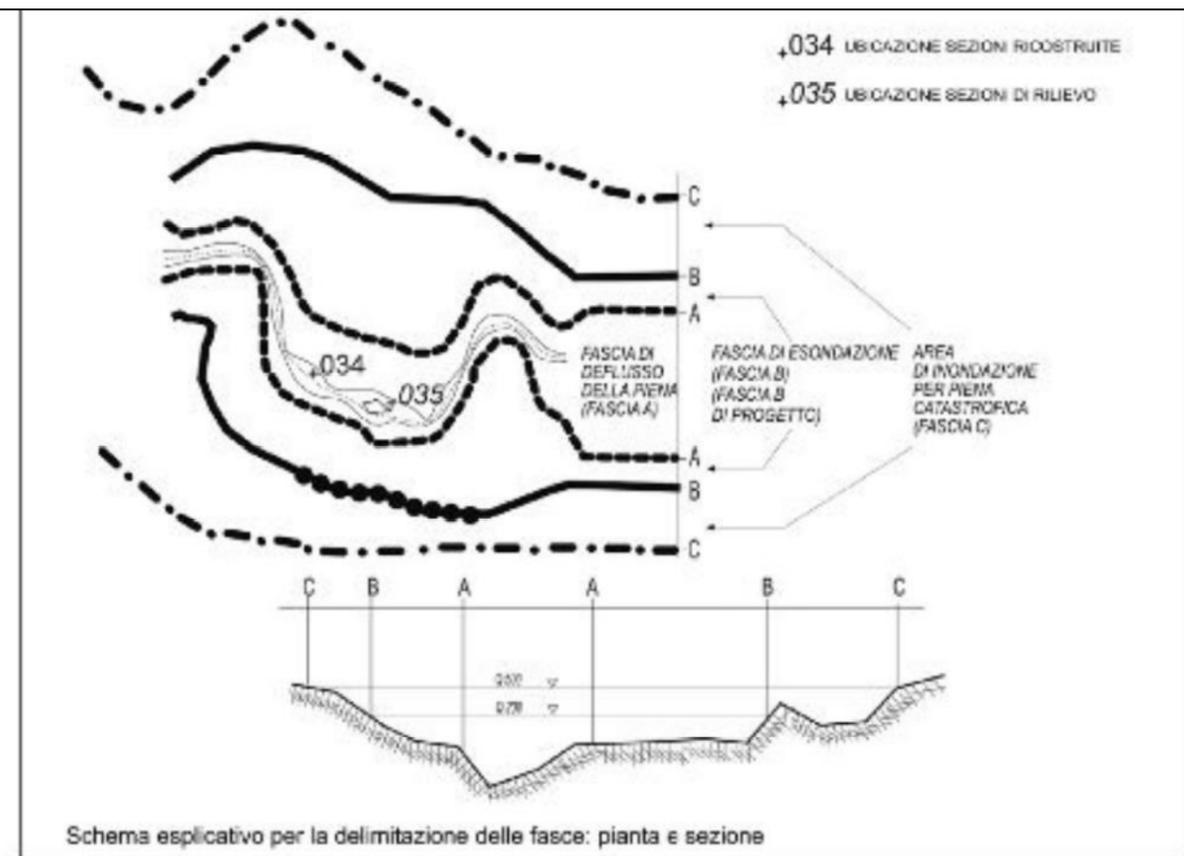
	limite (*) tra la fascia A e la Fascia B
	limite (*) tra la fascia B e la Fascia C
	limite (*) esterno della Fascia C
	limite (*) di progetto tra la Fascia B e la Fascia C

(*) Il limite è individuato dal bordo interno del graficismo

Elementi conoscitivi

 Area inondabile per eventi della piena di riferimento in assenza dell'intervento di realizzazione del limite di progetto

 001 Sezioni idrauliche

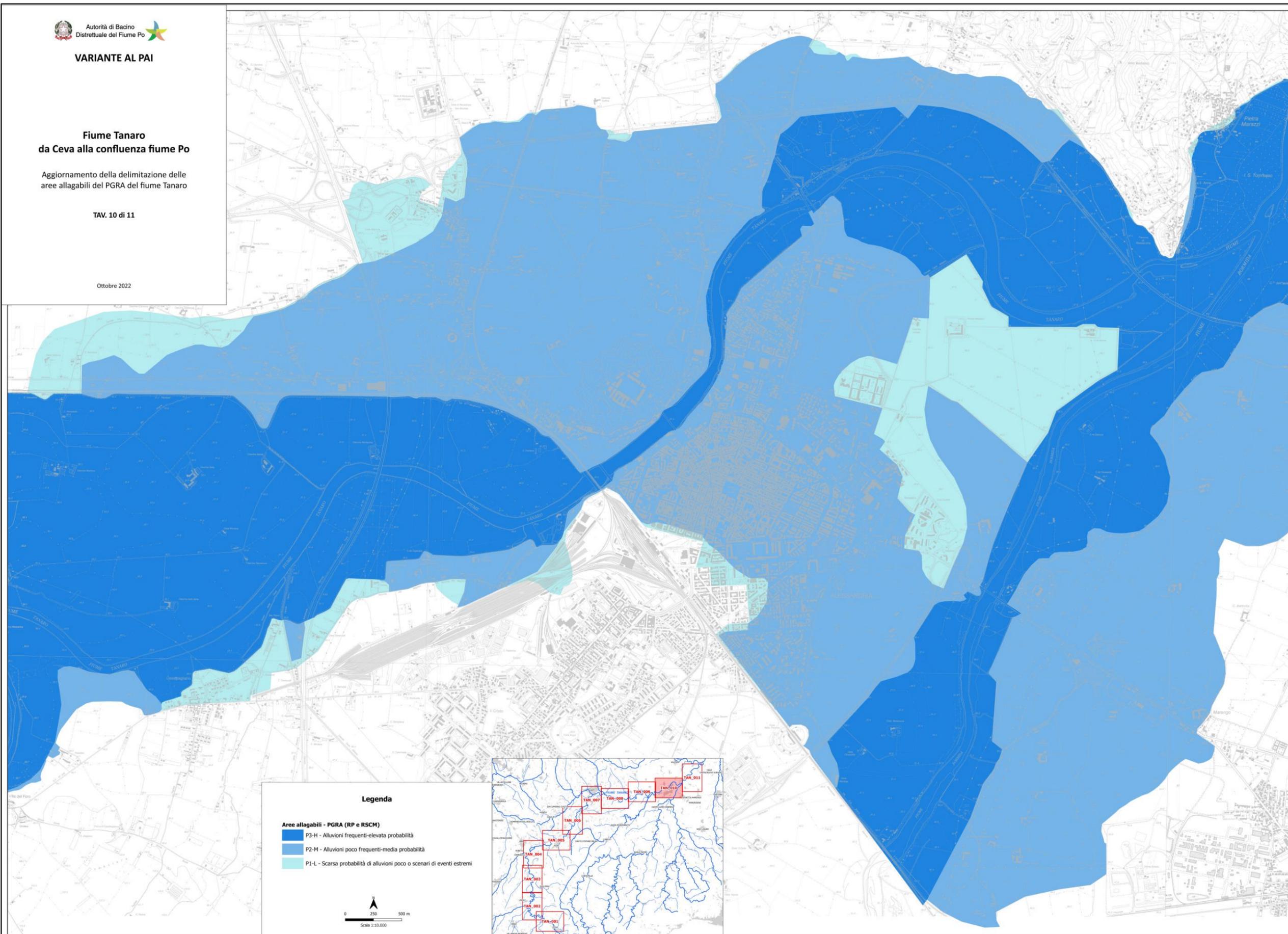


**Fiume Tanaro
da Ceva alla confluenza fiume Po**

Aggiornamento della delimitazione delle
aree allagabili del PGRA del fiume Tanaro

TAV. 10 di 11

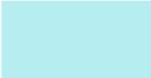
Ottobre 2022

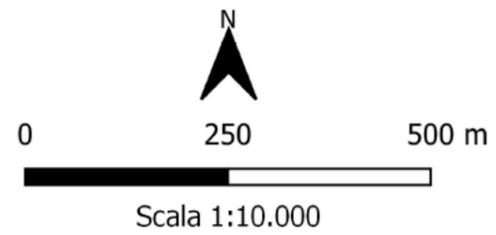




Legenda

Aree allagabili - PGRA (RP e RSCM)

-  P3-H - Alluvioni frequenti-elevata probabilità
-  P2-M - Alluvioni poco frequenti-media probabilità
-  P1-L - Scarsa probabilità di alluvioni poco o scenari di eventi estremi



Nell'ambito dell'analisi idrogeologica, 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);

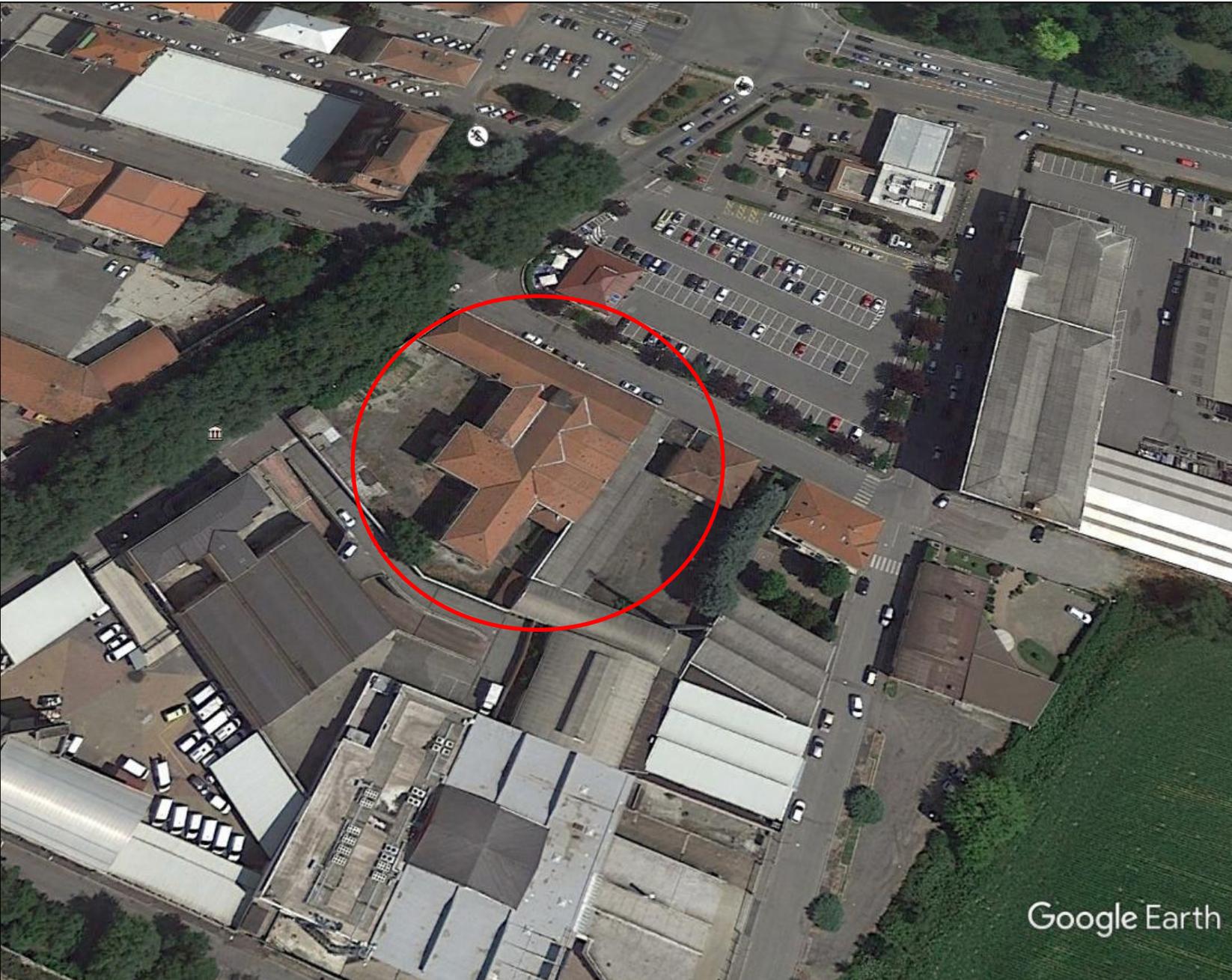
Nel calcolo effettuato sono stati considerati tempi di ritorno rispettivamente di 20, 100, 200 e 500 anni. Ai sensi della Direttiva citata, è possibile desumere dall'Allegato n.3 *“Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense – Celle del reticolo chilometrico di riferimento scala 1 : 250.000”* 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>Tr 20 anni</u>	<u>Tr 100 anni</u>	<u>Tr 200 anni</u>	<u>Tr 500 anni</u>
<u>(ore)</u>	<u>Altezza pioggia</u>	<u>Altezza pioggia</u>	<u>Altezza pioggia</u>	<u>Altezza pioggia</u>
	<u>(mm)</u>	<u>(mm)</u>	<u>(mm)</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>





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

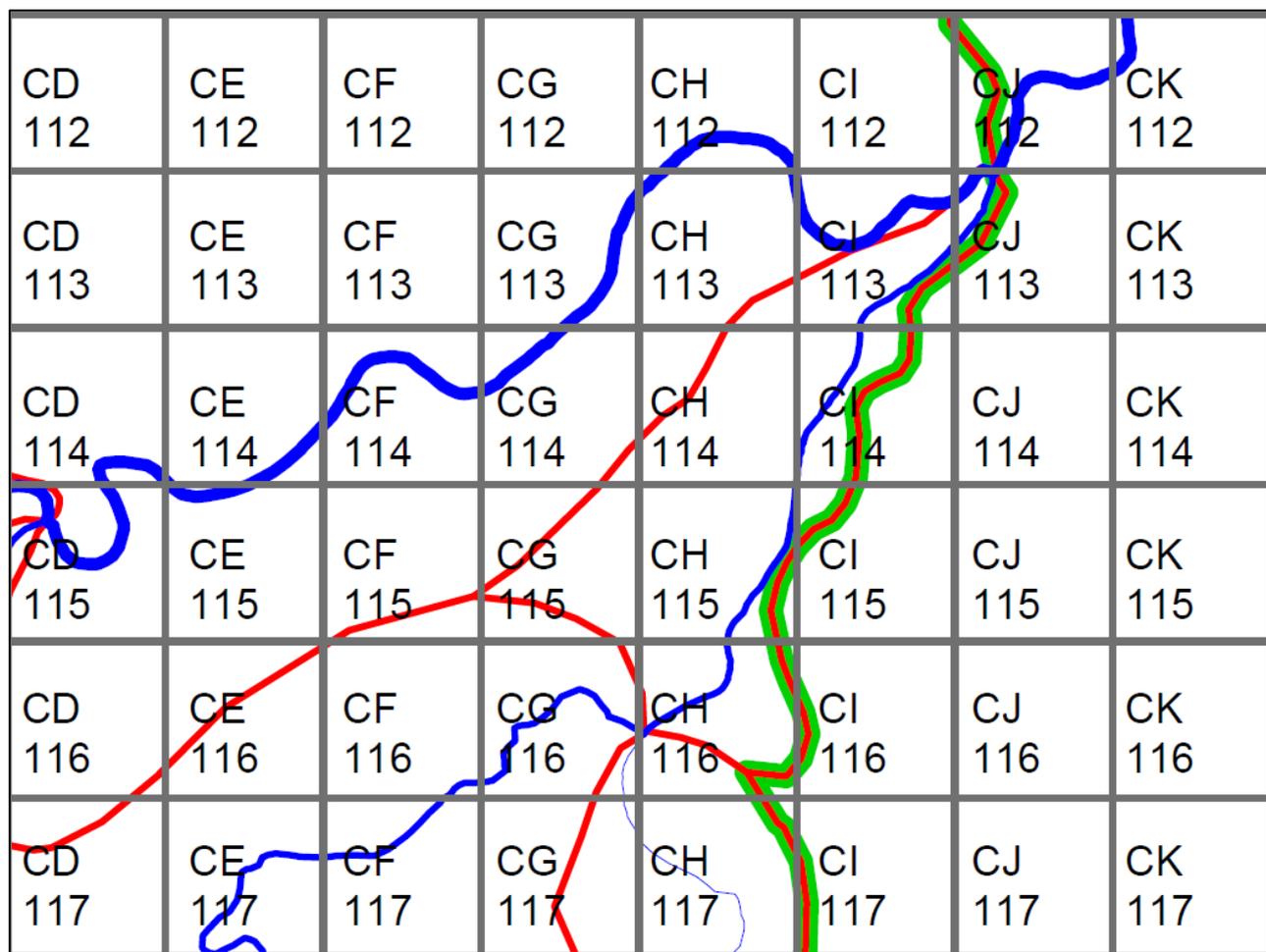
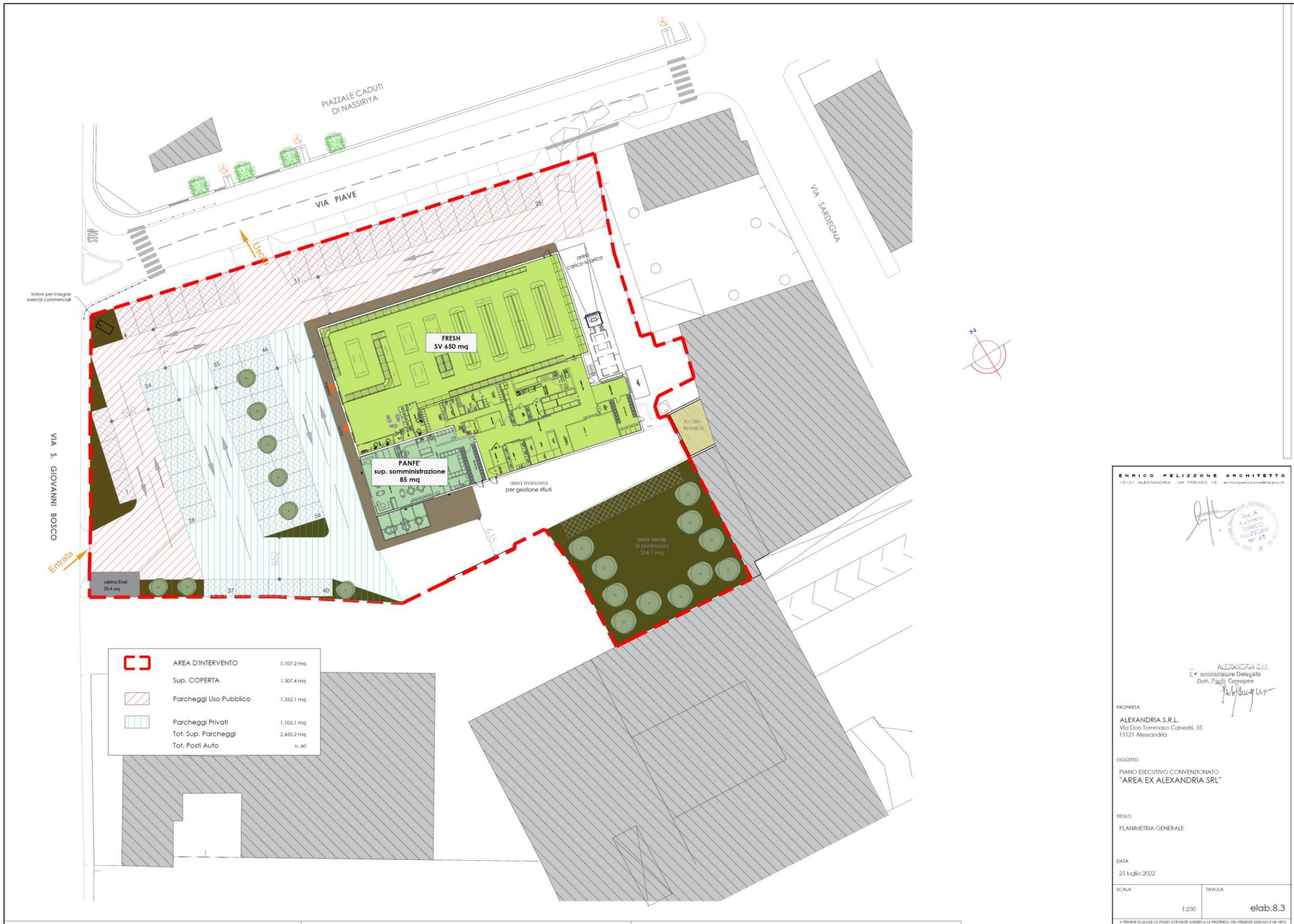


TAVOLA 12 cella CH114



ENRICO PELIZZONE ARCHITETTO
 15121 ALESSANDRIA VIA TREVISO 19 enriconpelizzone@libero.it

Enrico Pelizzone
 Sez. A
 Architetto
 ENRICO PELIZZONE
 N° 89

ALEXANDRIA S.R.L.
 L. nministratore Delegato
 Dott. Paolo Comagna
Paolo Comagna

PROPRIETA'
 ALEXANDRIA S.R.L.
 Via Don Tommaso Canestri, 35
 15121 Alessandria

OGGETTO
 PIANO ESECUTIVO CONVENZIONATO
 "AREA EX ALEXANDRIA SRL"

TITOLO
 PLANIMETRIA GENERALE

DATA
 25 luglio 2022

SCALA
 1:250

TAVOLA
 elab.8.3

A TERMINI DI LEGGE LO STUDIO SCRIVENTE SI PRESERVA LA PROPRIETA' DEL PRESENTE DISEGNO E NE VIETA LA RIPRODUZIONE O LA COMUNICAZIONE A TERZI SENZA IL PROPRIO CONSENTO

Stralcio di progetto planimetria area di indagine



Stralcio Carta Geologica d'Italia Foglio N. 70 Alessandria

Pericolosità sismica dell'area e prospezione MASW

L'AREA RICADE IN CLASSE SISMICA 3.

Normativa (da sito Regione Piemonte)
La classificazione sismica del territorio è stata per lungo tempo competenza dello Stato che ha provveduto negli anni '80 alla classificazione per Decreto dell'intero territorio nazionale, e per il Piemonte con DM 4 febbraio 1982. Secondo l' attuale legislazione, la classificazione sismica del territorio spetta alle regioni, sulla base dei criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche stabiliti dallo Stato, attualmente rappresentati dall'OPCM 3519/06.
Per il Piemonte, l'elenco delle zone sismiche è stato in un primo momento aggiornato con la DGR n. 61-11017 del 17.11.2003 (in recepimento dell'OPCM 3274/2003), con la DGR n. 11-13058 del 19.01.2010, meglio precisata dalla DGR n. 65-7656 del 21.05.2014.
La classificazione al momento vigente è stata approvata con la DGR n. 6 - 887 del 30.12.2019, pubblicata sul B.U. n. 4 del 23 gennaio 2020.

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 4,94.

In base alla prova sismica MASW effettuata 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>



Modello di pericolosità sismica MPS04-S1

Selezione Mappa

Visualizza punti della griglia riferita a:



Parametro dello scuotimento: PGA

Probabilità in 50 anni: 10%

Percentile: 50°

Periodo spettrale (sec.): --

Ridisegna mappa

Navigazione

Scala:
(Valori consentiti: 50.000 - 5.000.000)

Scala: 75000

Coordinate del centro della mappa

Lat.: 44.913

Long.: 8.615

Cambia scala/centro

Ricerca Comune

Il nome contiene:

Ricerca

Comune Evidenziato:

Alessandria

Nascondi



Legenda

< 0.025g
0.025-0.050
0.050-0.075
0.075-0.100
0.100-0.125
0.125-0.150
0.150-0.175
0.175-0.200
0.200-0.225
0.225-0.250
0.250-0.275
0.275-0.300
0.300-0.350
0.350-0.400
0.400-0.450
0.450-0.500
0.500-0.600
0.600-0.700
0.700-0.800
0.800-0.900
0.900-1.000
1.000-1.250
1.250-1.500
1.500-1.750
1.750-2.000

Prova sismica MASW

In data 14 febbraio 2018 in corrispondenza dell'area oggetto di intervento è stato effettuato uno stendimento sismico MASW delle onde Rayleigh (Multichannel Analysis of Surface Waves), per la determinazione nei primi 30 metri della colonna stratigrafica, della velocità delle onde sismiche di taglio Vs30 da cui ricavare la categoria di suolo in riferimento al D.M. 14-01-2008 (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 Vr (velocità delle onde di Rayleigh) e gli spessori dei materiali presenti in profondità. La correlazione tra Vr e Vs è espressa secondo la formula: $V_s = V_r * 1.1$ Il valore di Vs30 è il valore medio ponderato della Vs 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, gli impatti sono stati effettuati ad una distanza di 4,00 - 8,00 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 Vs.

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 (Vs) 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 Vs. 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 Vs30 è stato calcolato utilizzando la stratigrafia Vs e la formula

$$VS30 = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_i}}$$

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 superiori

FREQUENZA DI AMPLIFICAZIONE E PROFILO HVSR (Horizontal to Vertical Spectra Ratio)

Attraverso le onde superficiali Rayleigh e Love è possibile calcolare e modellare il rapporto spettrale H/V (Lune dei e Albarello 2009) per determinare la “Frequenza di risonanza del sito” ed il “Periodo proprio di sito”; la frequenza di risonanza viene determinata dal picco della curva dello spettro mentre il periodo è dato dalla formula $T = 4H/V_s$ dove per V_s si intende la V_s media fino al bedrock e H è lo spessore dei sedimenti sovrastanti il bedrock.

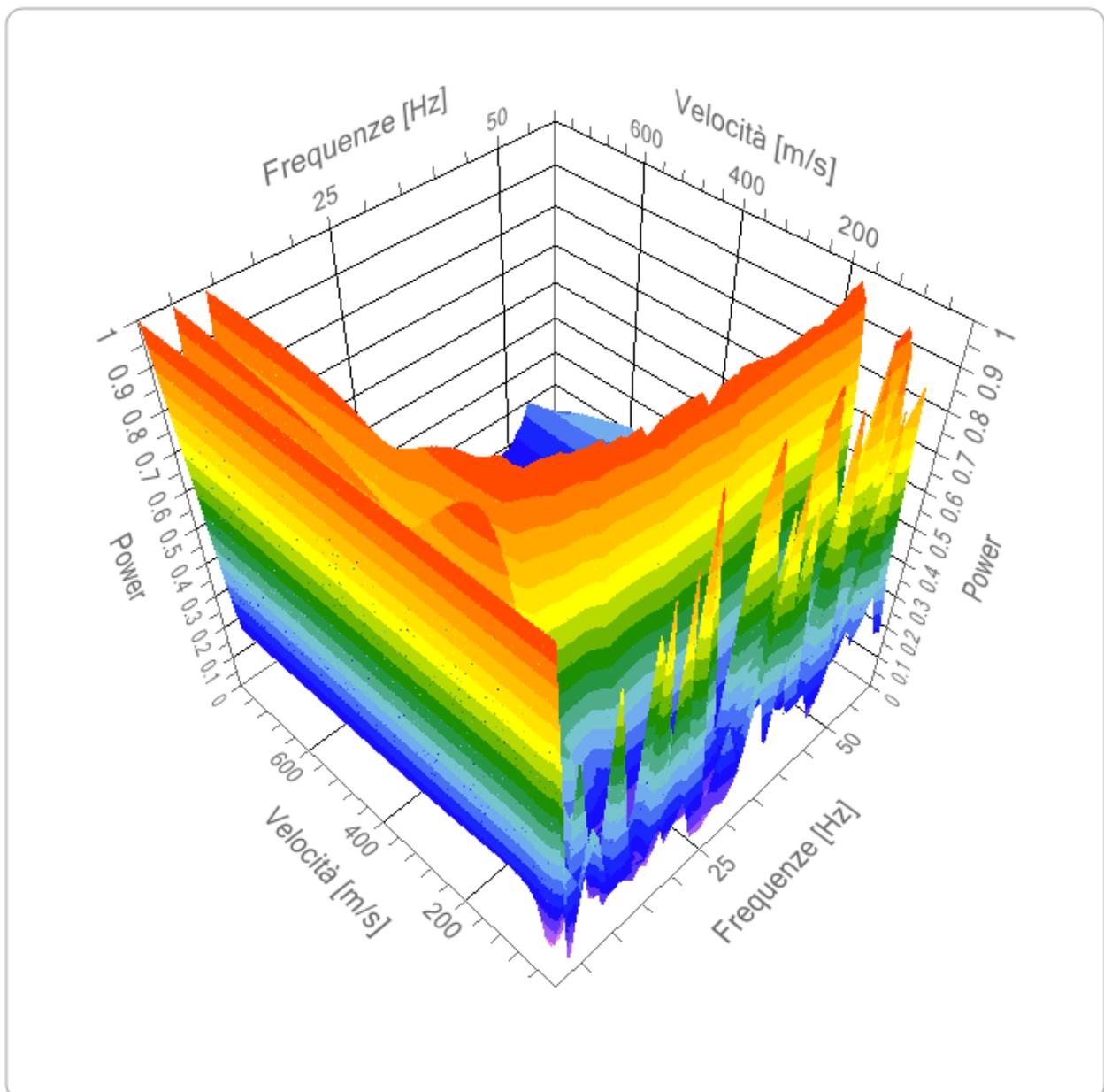
ELABORAZIONE

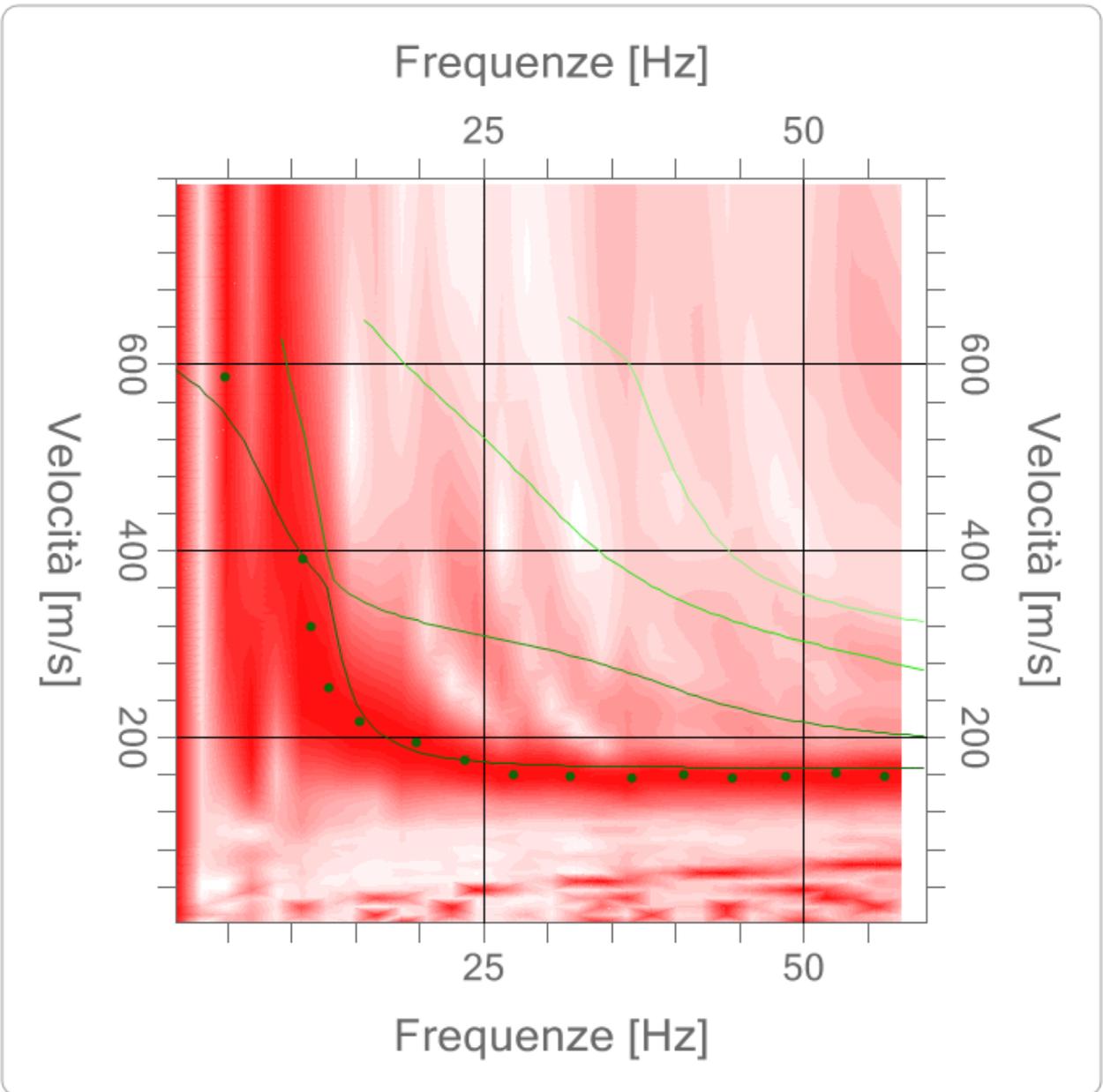
I dati MASW sono stati elaborati con il software Easy Masw (Geostru) Professional utilizzando sia il metodo dell’”inversione” sia il metodo della “modellazione diretta” per poi utilizzare il modello matematico che rappresenta in modo più fedele le condizioni simo-stratigrafiche locali.

Analisi spettrale PROVA SISMICA MASW

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





Inversione DATI

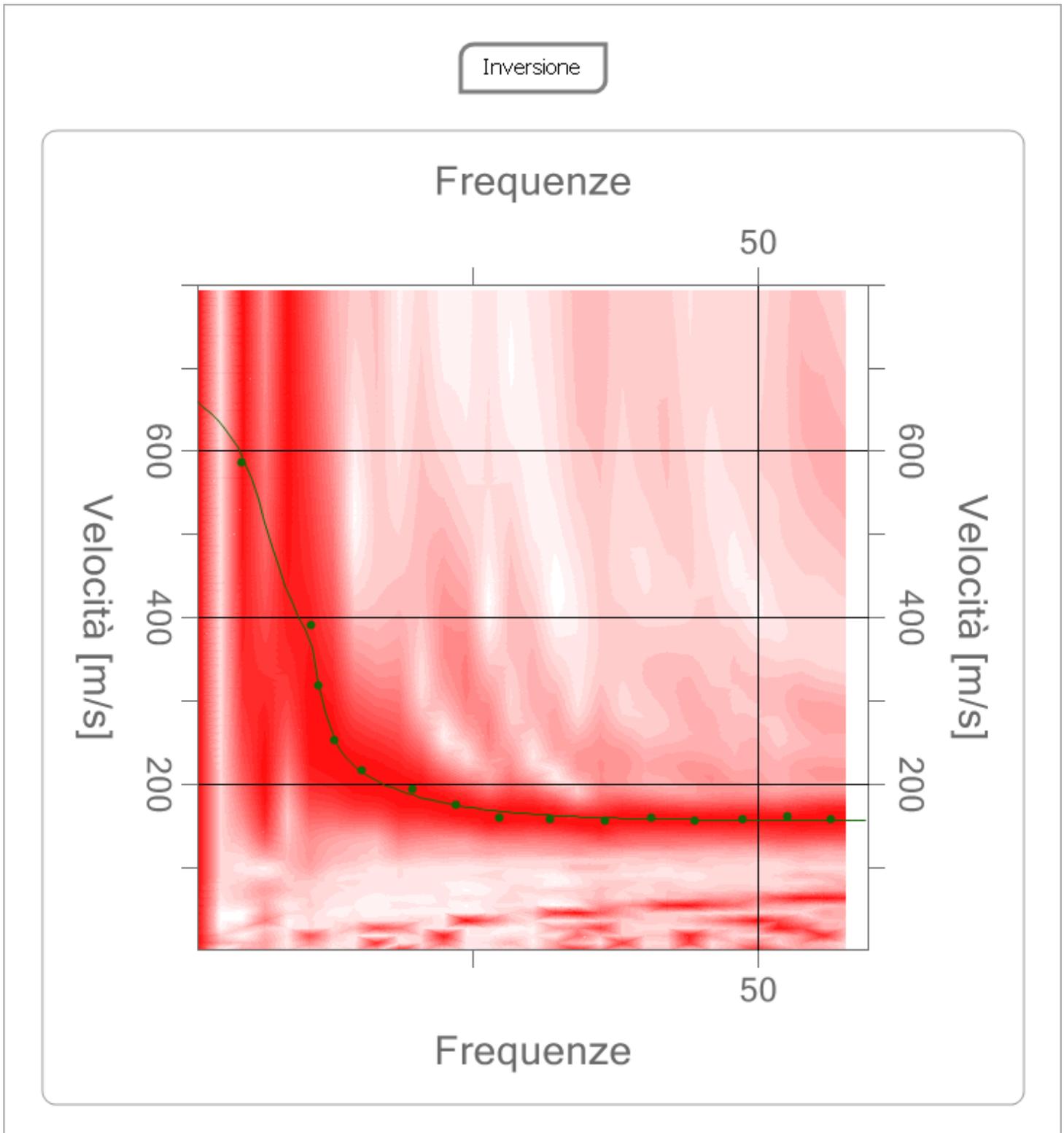
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	strato	3.27	3.27	1800.0	0.3	No	313.6	167.6
2	strato	8.84	5.57	1800.0	0.3	No	455.0	243.2
3	strato	30.00	21.16	1800.0	0.3	No	1351.4	722.4

Percentuale di errore

0.088 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.027



Risultati prova MASW

Vs30 [m/sec]	418.36
Categoria del suolo	B

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

Tabella 1- Valori utilizzati per il calcolo della categoria di sottosuolo (§ 3.2.2 alle NTC 2018).

Nr.	H (m)	hi (m)	Vs (m/s)	H _{calc} (m)	hi _{calc} (m)	hi _{calc} /Vs (s)
1	3,27	3,27	167,60	3,27	3,27	0,019511
2	8,84	5,57	243,18	8,84	5,57	0,022905
3	30,00	21,16	722,38	30,00	21,16	0,029292

Vs,eq = 418,37 m/s **Categoria di sottosuolo: B**

Descrizione: 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.

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	3.27	3.27	167.60	313.55	1700.00	0.30	47.75	167.13	103.46	124.16
2	8.84	5.57	243.18	454.95	1780.00	0.30	105.27	368.43	228.07	273.69
3	30	21.16	722.38	1351.45	1800.00	0.30	939.30	3287.54	2035.15	2442.18

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;



Stendimento sismico PROVA MASW (piazzale fabbricato esistente, 2018)



Stendimento sismico PROVA MASW (piazzale fabbricato esistente, 2018)

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

DATI INSERITI

H_{falda} = 5

a_{max}/g = 0,073

R =

Mw = 5



TEORIE DI CALCOLO

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

STRATIGRAFIA TERRENO

S_{TOT.} N.C.

PRIMO STRATO		H ₁	=	3,27
Parametri		Parametri calcolati		
H ₁	=	3,27		
γ	=	1,7		
V _S	=	167,6		
V _{S1C}	=	215		
S ₁	=	3,27		
FC	=	2		
V _{S1}	=	194,10		
		γ_{H2O}	=	1,00
		σ_{vo}	=	0,56
		$\sigma_{vo'}$	=	0,56
		P.neutra	=	0,00
		r _d	=	0,97
		K _C	=	0,80

SECONDO STRATO		H ₂	=	8,84
Parametri		Parametri calcolati		
H ₂	=	8,84		
γ	=	1,78		
V _S	=	243,18		
V _{S1C}	=	215		
S ₂	=	5,57		
FC	=	2		
V _{S1}	=	234,15		
		γ_{H2O}	=	1,00
		σ_{vo}	=	1,55
		$\sigma_{vo'}$	=	1,16
		P.neutra	=	0,38
		r _d	=	0,93
		K _C	=	0,80

TERZO STRATO		H ₃	=	30
Parametri		Parametri calcolati		
H ₃	=	30		
γ	=	1,8		
V _S	=	722,38		
V _{S1C}	=	215		
S ₃	=	21,16		
FC	=	2		
V _{S1}	=	555,67		
		γ_{H2O}	=	1,00
		σ_{vo}	=	5,36
		$\sigma_{vo'}$	=	2,86
		P.neutra	=	2,50
		r _d	=	0,38
		K _C	=	0,8

Committente: BVA MANAGEMENT DIVISIONE ITALIA

Riferimento: EX ALEXANDRIA SRL

Località: ALESSANDRIA VIA PIAVE Prov.: AL

Oggetto: Studio Geologico

MENU PRINCIPALE

ANALISI
METODO

Verifica liquefazione da prova MASW

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(da prove sismiche)



Metodo di Andrus e Stokoe (2000)

RISULTATI:

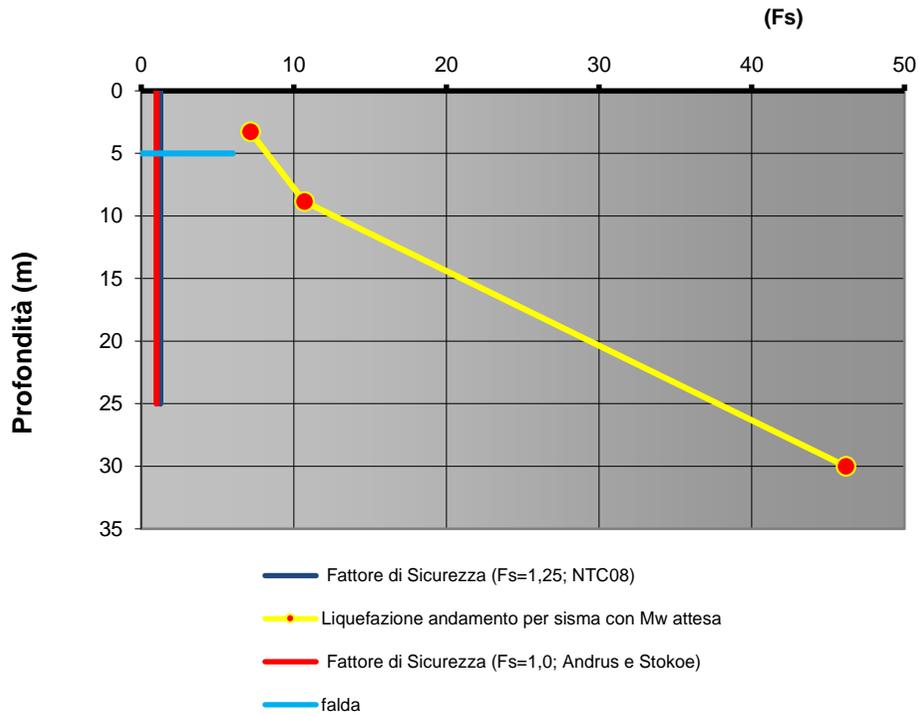
FORMULE:

			1° Strato	2° Strato	3° Strato	
		Spessore	3,27	5,57	21,16	
$V_{s1} = V_s \cdot \left(\frac{1}{\sigma'_{vo}} \right)^{0,25}$		V_{s1}	194,100	234,153	555,674	
$CRR = 0,022 \cdot \left(\frac{K_c \cdot V_{s1}}{100} \right)^2 + \frac{2,8}{(V_{s1C} - K_c \cdot V_{s1})} - \frac{2,8}{V_{s1C}}$		CRR	0,087	0,165	0,410	
$CSR = \frac{\tau_{av}}{\sigma'_{vo}} = 0,65 \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \cdot r_d \cdot \frac{1}{MSF}$		Mw = 5	CSR	0,012	0,015	0,009
r_d			0,97	0,93	0,38	
1	< $F_s = CRR/CSR$	Mw = 5	F_s	7,141	10,680	46,159
				Assenza di Falda	Verificato	Verificato
1,25	< $F_s = CRR/CSR$	Mw = 5	$F_s (NTC08)$	7,141	10,680	46,159
				Assenza di Falda	Verificato	Verificato
RISCHIO di Liquefazione (Iwasaki et al., 1978)			Molto Basso			
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	

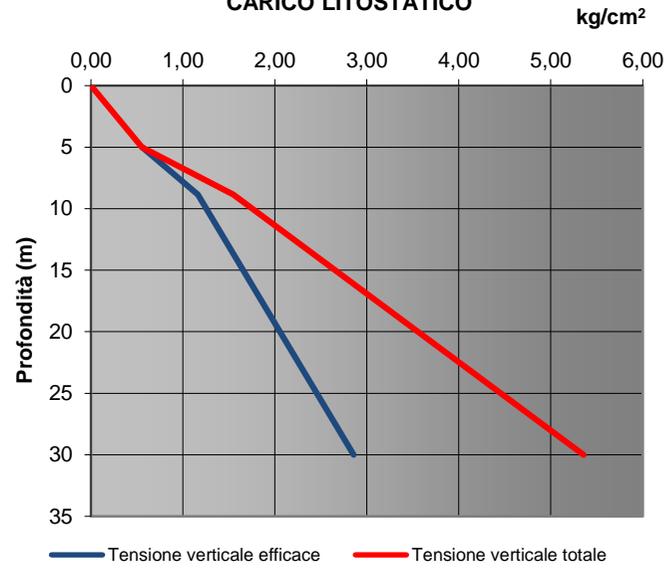
Committente: BVA MANAGEMENT DIVISIONE ITALIA
Riferimento: EX ALEXANDRIA SRL
Località: ALESSANDRIA VIA PIAVE **Prov.:** AL
Oggetto: Studio Geologico

STRATIGRAFIA 3

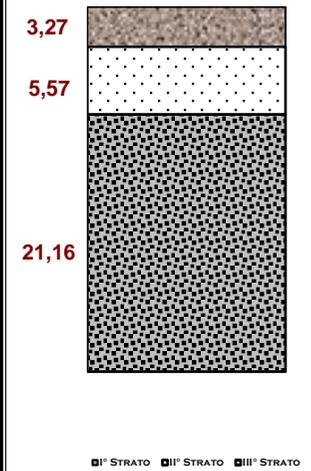
TEORIA DI ANDRUS E STOKOE (2000)



CARICO LITOSTATICO



COLONNA STRATIGRAFICA



PERICOLOSITÀ SISMICA

Data: 16/01/2023

Vita nominale (Vn): 50 [anni]
Classe d'uso: II
Coefficiente d'uso (Cu): 1
Periodo di riferimento (Vr): 50 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975 [anni]

Tipo di interpolazione: Superficie rigata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 44,9085045 [°]
Longitudine (WGS84): 8,6302423 [°]
Latitudine (ED50): 44,9094582 [°]
Longitudine (ED50): 8,6313038 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]
1	14694	44,885900	8,622745
2	14695	44,888740	8,693209
3	14473	44,938660	8,689162
4	14472	44,935820	8,618711

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,019	2,531	0,161
SLD	50	0,025	2,532	0,196
	72	0,029	2,509	0,211
	101	0,034	2,525	0,226
	140	0,038	2,543	0,246
	201	0,044	2,502	0,262
SLV	475	0,061	2,554	0,277
SLC	975	0,080	2,546	0,281
	2475	0,112	2,495	0,289

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,020	2,529	0,161
SLD	50	0,026	2,513	0,200
	72	0,031	2,503	0,216
	101	0,036	2,525	0,228
	140	0,041	2,530	0,250
	201	0,048	2,483	0,267
SLV	475	0,068	2,498	0,276
SLC	975	0,090	2,486	0,279
	2475	0,128	2,478	0,283

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,019	2,524	0,161
SLD	50	0,025	2,528	0,198
	72	0,030	2,501	0,214
	101	0,034	2,524	0,227
	140	0,039	2,541	0,246
	201	0,045	2,496	0,268
SLV	475	0,061	2,556	0,277
SLC	975	0,079	2,553	0,281
	2475	0,111	2,505	0,290

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,018	2,527	0,161
SLD	50	0,024	2,528	0,195
	72	0,028	2,528	0,209
	101	0,032	2,533	0,223
	140	0,036	2,551	0,234
	201	0,041	2,549	0,258
SLV	475	0,056	2,566	0,278
SLC	975	0,071	2,568	0,287
	2475	0,097	2,566	0,294

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,019	2,528	0,161
SLD	50	0,025	2,529	0,196
SLV	475	0,059	2,555	0,278
SLC	975	0,077	2,551	0,283

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta=[10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1,000

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica:

T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

Muri di sostegno NTC 2008

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,004	0,005	0,013	0,017
kv	0,002	0,003	0,006	0,008
amax [m/s ²]	0,218	0,289	0,699	0,909
Beta	0,180	0,180	0,180	0,180

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,022	0,029	0,071	0,093
kv	0,011	0,015	0,036	0,046
amax [m/s ²]	0,218	0,289	0,699	0,909
Beta	1,000	1,000	1,000	1,000

Paratie NTC 2008

Altezza paratia (H): 3,0 [m]

Spostamento ammissibile us: 0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,014	0,019	0,046	0,060
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0,218	0,289	0,699	0,909
Beta	0,650	0,650	0,650	0,650

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,004	0,006	0,014	0,019
kv	0,002	0,003	0,007	0,009
amax [m/s ²]	0,218	0,289	0,699	0,909
Beta	0,200	0,200	0,200	0,200

Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,014	0,027	--
kv	--	0,007	0,014	--
amax [m/s ²]	0,218	0,289	0,699	0,909
Beta	--	0,470	0,380	--

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,014	0,027	--
kv	--	0,007	0,014	--
amax [m/s ²]	0,218	0,289	0,699	0,909
Beta	--	0,470	0,380	--

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(T B) [g]
SLO	1,0	0,019	2,528	0,161	1,200	1,590	1,000	1,200	1,000	0,085	0,256	1,674	0,022	0,056
SLD	1,0	0,025	2,529	0,196	1,200	1,520	1,000	1,200	1,000	0,099	0,298	1,698	0,029	0,075
SLV	1,0	0,059	2,555	0,278	1,200	1,420	1,000	1,200	1,000	0,131	0,394	1,838	0,071	0,182
SLC	1,0	0,077	2,551	0,283	1,200	1,420	1,000	1,200	1,000	0,134	0,402	1,909	0,093	0,236

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10 / (5 + \xi)]^{(1/2)}$: 1,000



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(T B) [g]
SLO	1,0	0,019	2,528	0,161	1	1,590	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,003	0,009
SLD	1,0	0,025	2,529	0,196	1	1,520	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,005	0,013
SLV	1,0	0,059	2,555	0,278	1	1,420	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,020	0,050
SLC	1,0	0,077	2,551	0,283	1	1,420	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,029	0,074

Prove penetrometriche

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 del 14 febbraio 2018** in corrispondenza dell’area oggetto d’intervento, sono state effettuate n.5 prove penetrometriche dinamiche come indicato nella planimetria e nella documentazione fotografica allegata.

Prova dinamica (metodologia ed attrezzatura)

La prova penetrometrica dinamica consiste nell’infissione di una punta conica montata su una batteria di aste per tratti consecutivi di 30 cm, misurando il numero di colpi N30 necessari all’avanzamento delle aste.

Attrezzatura prova penetrometrica dinamica:

Batteria di aste aventi \varnothing 32 x 1.000 mm con peso pari a 6,4 Kg

Punta conica collegata alla base delle aste, con:

angolo di apertura $\alpha = 60^\circ$;
diametro di base $d = 50,50$ mm;
superficie punta conica da 20 cmq;

Dispositivo di infissione con sollevamento e sganciamento automatico con le seguenti caratteristiche:

massa battente: 63,5 Kg (AGI);
altezza di caduta: 750 mm;
Interpretazione dati penetrometrici parametri geotecnici dei terreni

L’interpretazione dei parametri è stata supportata mediante le seguenti correlazioni, riferite al numero di colpi N_{spt} (Standard Penetrometion Test in foro):

$$1) N_{Spt} = (1,00-2,00) \times N_{20}$$

dove:

2,00 = costante di calcolo moltiplicatrice, per terreni argillosi e limosi poco compatti superficiali;

1,00 = costante di calcolo moltiplicatrice, per terreni argillosi e marnosi compatti;

N₂₀ = numero di colpi misurato all’affondamento ogni 20,00 cm delle aste penetrometriche;

$$2) R_p = A \times N_{spt} \text{ (Robertson 1982)}$$

Dove

A (coefficiente Robertson, 1982) risulta pari a:

2,00 per terreni coerenti, tipo argille e limi sabbiosi;

4,00 per terreni incoerenti tipo sabbie e ghiaie;

Rp = resistenza statica alla punta Begemann;

$$3) Rl = R_p / (C_1 \times K_2 + C_2)$$

dove:

K = coefficiente di Robertson;

C1 = 3,00;

C2 = 10,00;

Rl = resistenza statica laterale Begemann

I dati misurati in campagna sono stati elaborati mediante il programma di calcolo, il quale ha estrapolato i valori di resistenza del terreno riferito alla punta meccanica Begemann.

Attraverso tali valori ed in funzione al rapporto Rp/Rl (resistenza alla punta/attrito laterale punta Begemann), ad ogni strato è stata attribuita una definizione litologica secondo la classificazione standard BEGEMANN (da De Simone: FONDAZIONI – Liguori Editore Napoli 1981 -):

Rp/Rl ≤ 15 Torbe ed argille organiche;
15 < Rp/Rl ≤ 30 Limi ed argille;
30 < Rp/Rl ≤ 60 Limi sabbiosi e sabbie limose;
60 > Rp/Rl Sabbie e sabbie con ghiaie;

I valori di (Rd) ricavati alle varie quote della colonna stratigrafica rappresentano la media di successioni di terreni aventi le caratteristiche più omogenee possibili, mentre le quote dei vari strati sono riferite al piano campagna ove è stato posizionato il penetrometro.

Il programma di calcolo ha permesso inoltre di calcolare: il peso specifico del terreno (γ), il peso specifico del terreno sottofalda (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 Rp 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 sotto falda (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:

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

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

- 3) **Coesione non drenata (Cu):** 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):

$$\text{Argille } C_u = R_p/20$$

$$\text{Limi } C_u = R_p/20;$$

- 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: $M_v = 1 / (\alpha * R_p)$. 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;

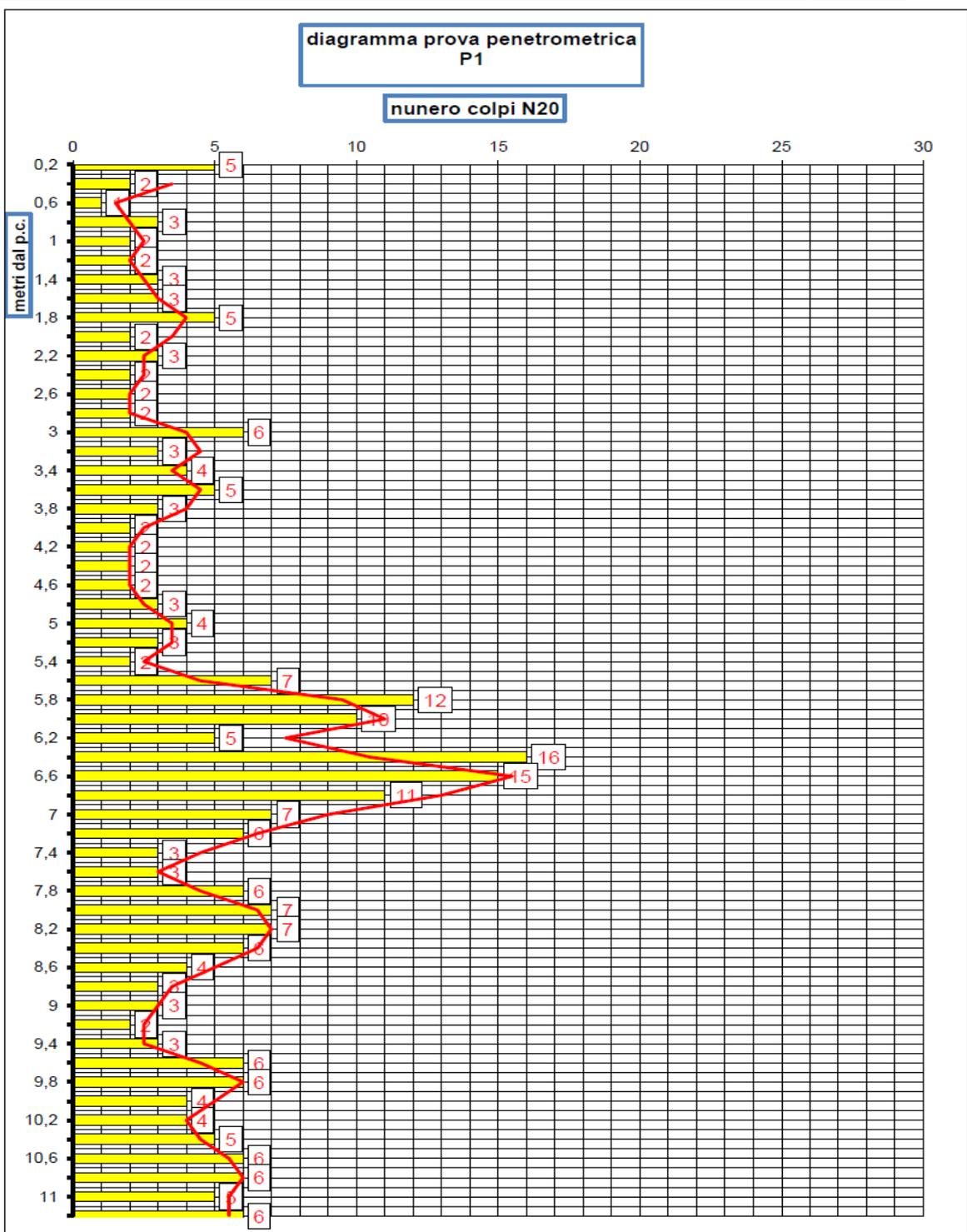
$C_k = 4$ per terreni sabbiosi e ghiaiosi;

Prova penetrometrica P1



COMUNE DI ALESSANDRIA VIA PIAVE PEC AREA EX ALEXANDRIA SRL					
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P1					
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					
Energia specifica colpo penetrometro SPT = $Q = 7,83 \text{ Kg/cm}^2$					
Energia specifica colpo penetrometro DPSH N20 = $Q = (M \times H) / (A \times p) = 11,90 \text{ Kg/cm}^2$					
Coefficiente teorico di energia $t = Q / Q_{spt} = 1,52$					
Data: 14 febbraio 2018					
profondità dal p.colpi		Falda idrica: -5,00 METRI DAL P.C.			
(metri)	DPHS N20	piano campagna (posa penetrometro): PIANO PIAZZALE			

0,2	5
0,4	2
0,6	1
0,8	3
1	2
1,2	2
1,4	3
1,6	3
1,8	5
2	2
2,2	3
2,4	2
2,6	2
2,8	2
3	6
3,2	3
3,4	4
3,6	5
3,8	3
4	2
4,2	2
4,4	2
4,6	2
4,8	3
5	4
5,2	3
5,4	2
5,6	7
5,8	12
6	10
6,2	5
6,4	16
6,6	15
6,8	11
7	7
7,2	6
7,4	3
7,6	3
7,8	6
8	7
8,2	7
8,4	6
8,6	4
8,8	3
9	3
9,2	2
9,4	3
9,6	6
9,8	6
10,2	6
10	4
10,2	4
10,4	5
10,6	6
10,8	6
11	5
11,2	6



COMUNE DI ALESSANDRIA VIA PIAVE PEC AREA EX ALEXANDRIA SRL											
STRATIGRAFIA PROVA PENETROMETRICA P1											
prof	strati	tipologia	γ	γ'	Σ	Cu	Mv	ϕ	Dr	K orizz	K Winkler
metri	0,00	piano campagna	Kg/mc	Kg/mc	Kg/cmq	Kg/cm	cmq/Kg	°	°	Kg/cmq	Kg/cmc
0,60		Coltre superficiale									
		Limi sabbiosi ed argillosi poco compatti	1733	1733	0,935	0,39	0,01647	27		0,58	0,80
		<div style="border: 1px solid blue; padding: 5px; display: inline-block;"> livello falda freatica misurato nel foro penetrometrico alla quota di -5,00 metri dal p.c., alla data del 14 febbraio 2018 </div>									
5,40		Sabbie limose e ghiaiose mediamente addensate e costipate	1800	800	1,063		0,01606	32	36	2,075	3,19
7,00		Sabbie limose meno addensate e costipate	1650	650	1,336		0,02599	28	15	0,9619	1,48
11,20											
legenda parametri geotecnici ottenuti attraverso discretizzazione dati medi prove pemetrometriche											
γ = peso di volume		Korizz = moulo reaz. orizz.									
γ' = peso di volume		Φ = angolo attrito									
Σ = pressione litostatica		Mv = coefficiente di compressibilità di volume									
Cu = coesione non drenata		K Winkler (formula di Bowles capacità portante)									
Dr = densità relativa (%)											

Prova penetrometrica P2



COMUNE DI ALESSANDRIA VIA PIAVE PEC AREA EX ALEXANDRIA SRL

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P2

penetrometro IG 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

Energia specifica colpo penetrometro SPT = $Q = 7,83 \text{ Kg/cm}^2$

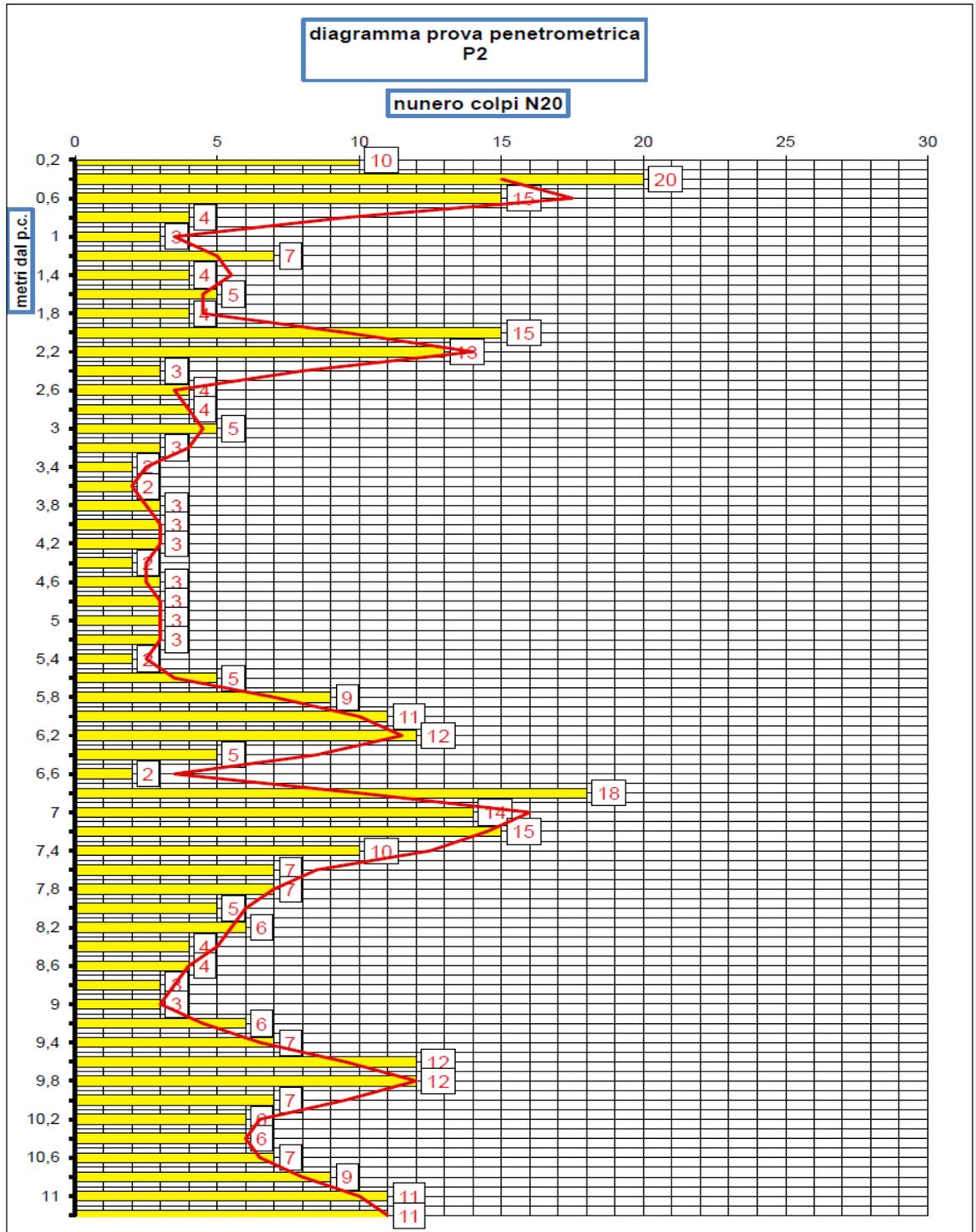
Energia specifica colpo penetrometro DPSH N20 = $Q = (M \times H) / (A \times p) = 11,90 \text{ Kg/cm}^2$

Coefficiente teorico di energia $t = Q / Q_{spt} = 1,52$

Data: 14 febbraio 2018

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

Falda idrica: -5,00 METRI DAL P.C.
piano campagna (posa penetrometro): PIANO PIAZZALE



COMUNE DI ALESSANDRIA VIA PIAVE PEC AREA EX ALEXANDRIA SRL

STRATIGRAFIA PROVA PENETROMETRICA P2

prof metri	strati	tipologia	γ Kg/mc	γ' Kg/mc	Σ Kg/cm ^q	Cu Kg/cm	Mv cmq/Kg	ϕ °	Dr	K orizz Kg/cm ^q	K Winkler Kg/cm ^c
0,00		piano campagna									
2,20		Coltre superficiale e terreno rimaneggiato incoerente	1861	1861	0,388	1,01	0,01616	28		1,38	2,08
5,40		Limi sabbiosi ed argillosi poco compatti	1737	737	0,624	0,42	0,01622	27		0,60	0,86
5,40		Sabbie limose e ghiaiose mediamente addensate e costipate	1800	800	0,784		0,01519	34	43	2,195	3,11
7,40		Sabbie limose meno addensate e costipate	1800	800	1,088		0,02381	30	22	1,4	2,15
11,20											

livello falda freatica misurato nel foro penetrometrico alla quota di -5,00 metri dal p.c., alla data del 14 febbraio 2018

legenda parametri geotecnici ottenuti attraverso discretizzazione dati medi prove pemetrometriche

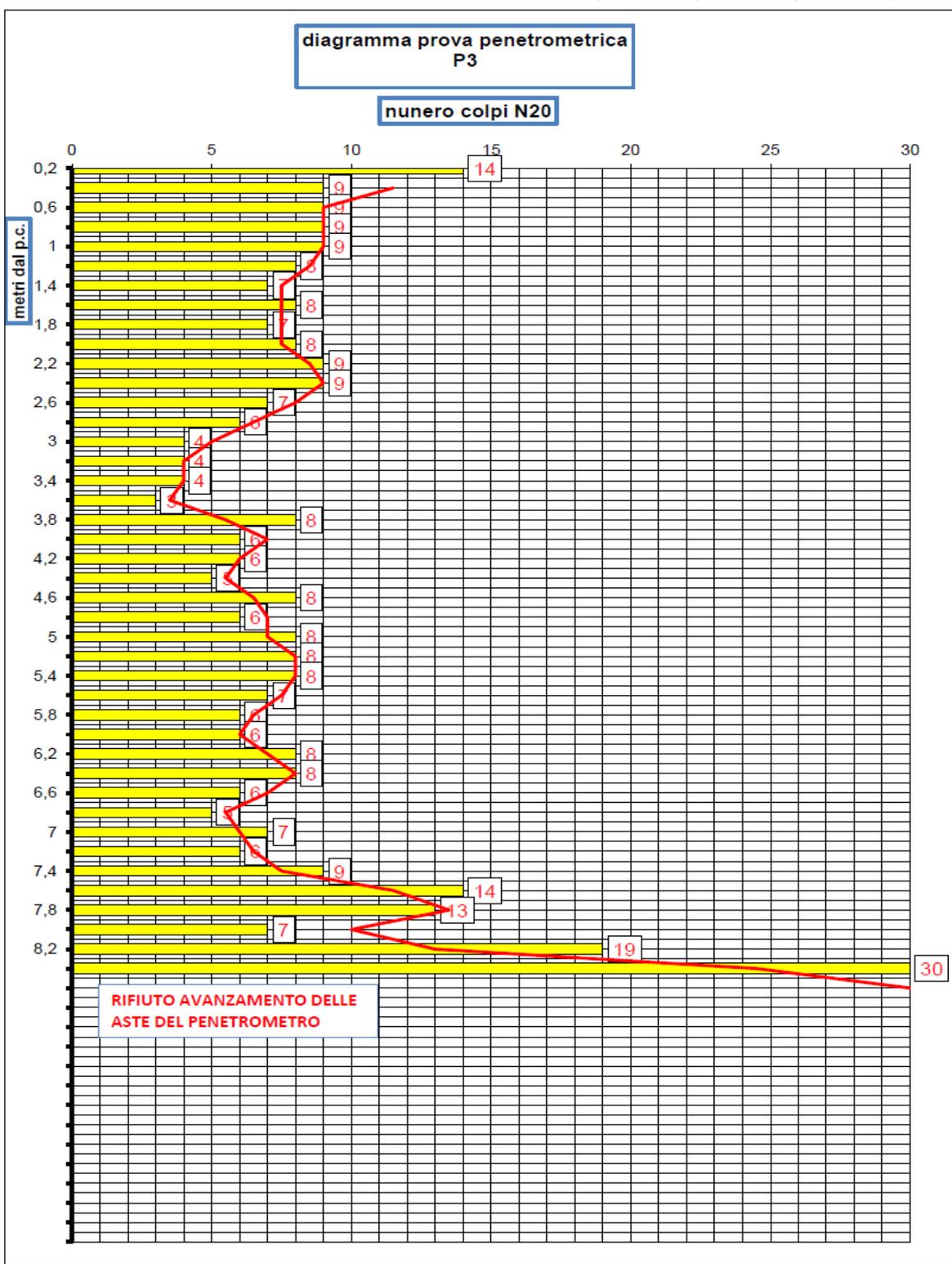
γ = peso di volume	Korizz = moulo reaz. orizz.
γ' = peso di volume	Φ = angolo attrito
Σ = pressione litostatica	Mv = coefficiente di compressibilità di volume
Cu = coesione non drenata	K Winkler (formula di Bowles capacità portante)
Dr = densità relativa (%)	

Prova penetrometrica P3



COMUNE DI ALESSANDRIA VIA PIAVE PEC AREA EX ALEXANDRIA SRL									
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P3									
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									
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: 14 febbraio 2018									
profondità dal p.colpi		Falda idrica: -5,00 METRI DAL P.C.							
(metri)	DPHS N20	piano campagna (posa penetrometro): PIANO PIAZZALE							

0,2	14
0,4	9
0,6	9
0,8	9
1	9
1,2	8
1,4	7
1,6	8
1,8	7
2	8
2,2	9
2,4	9
2,6	7
2,8	6
3	4
3,2	4
3,4	4
3,6	3
3,8	8
4	6
4,2	6
4,4	5
4,6	8
4,8	6
5	8
5,2	8
5,4	8
5,6	7
5,8	6
6	6
6,2	8
6,4	8
6,6	6
6,8	5
7	7
7,2	6
7,4	9
7,6	14
7,8	13
8	7
8,2	19
8,4	30



COMUNE DI ALESSANDRIA VIA PIAVE PEC AREA EX ALEXANDRIA SRL

STRATIGRAFIA PROVA PENETROMETRICA P3

prof	strati	tipologia	γ	γ'	Σ	Cu	Mv	ϕ	Dr	K orizz	K Winkler
metri	0,00	piano campagna	Kg/mc	Kg/mc	Kg/cm ^q	Kg/cm	cmq/Kg	°	°	Kg/cm ^q	Kg/cm ^c
		Coltre superficiale e terreno rimaneggiato incoerente	1500	1500	0,36		0,01887	35	40	1,77	2,62
2,40											
		Limi sabbiosi mediamente compatti	1848	848	0,767	0,91	0,01561	28		1,2583	1,87
7,20											
		Sabbie e ghiaie addensate con rifiuto avanzamento delle aste del penetrometro	1800	800	0,879		0,00926	35	58	3,6	4,83
8,60											

↓ livello falda freatica misurato nel foro penetrometrico alla quota di -5,00 metri dal p.c., alla data del 14 febbraio 2018

legenda parametri geotecnici ottenuti attraverso discretizzazione dati medi prove pemetrometriche

γ = peso di volume	Korizz = moulo reaz. orizz.
γ' = peso di volume	Φ = angolo attrito
Σ = pressione litostatica	Mv = coefficiente di compressibilità di volume
Cu = coesione non drenata	K Winkler (formula di Bowles capacità portante)
Dr = densità relativa (%)	

Prova penetrometrica P4



COMUNE DI ALESSANDRIA VIA PIAVE PEC AREA EX ALEXANDRIA SRL

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

A = sezione punta conica (60°) 20 cmq

p = penetrazione 20 cm (N20)

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

Energia specifica colpo penetrometro SPT = $Q = 7,83 \text{ Kg/cmq}$

Energia specifica colpo penetrometro DPSH N20 = $Q = (M \times H) / (A \times p) = 11,90 \text{ Kg/cmq}$

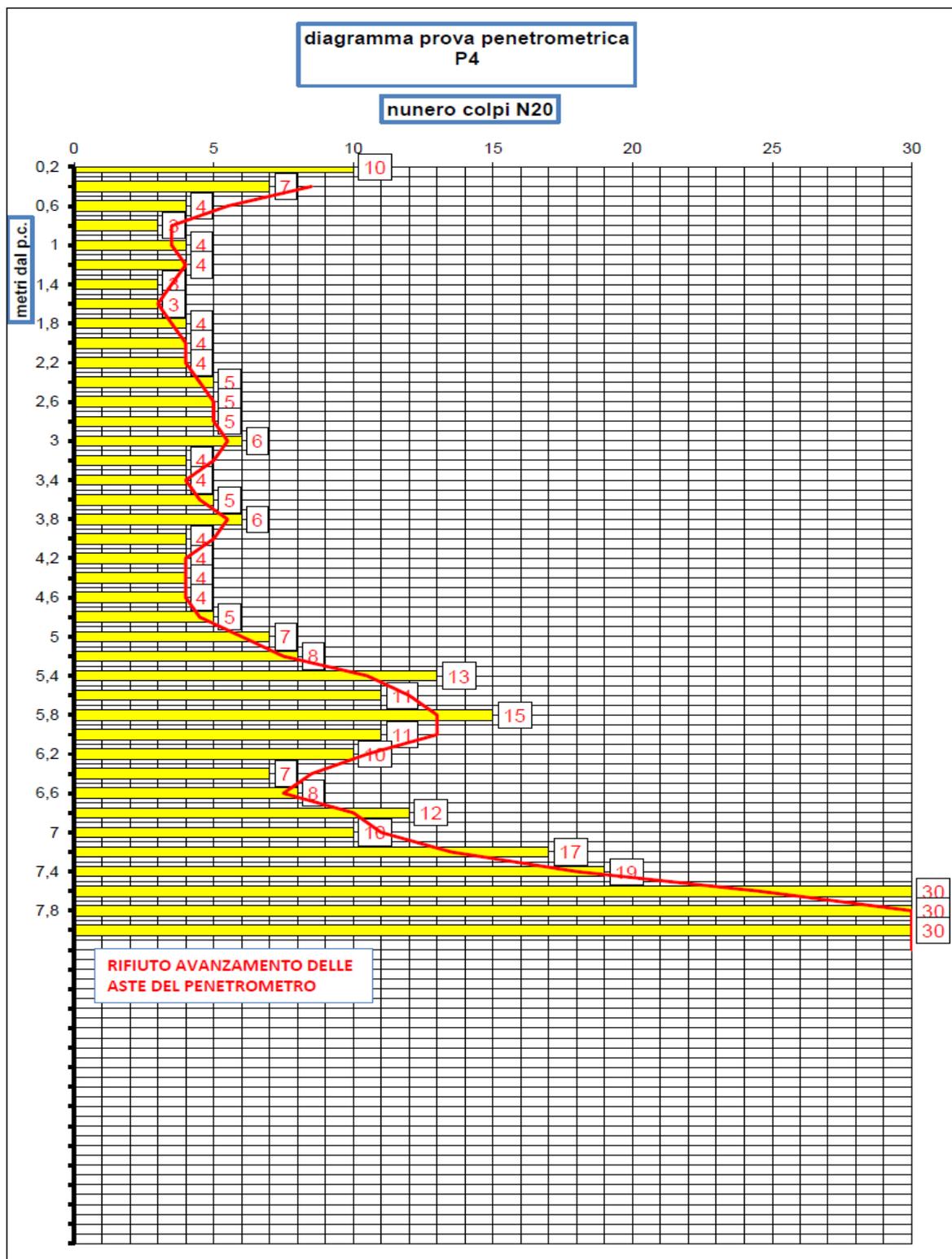
Coefficiente teorico di energia $t = Q / Q_{spt} = 1,52$

Data: 14 febbraio 2018

profondità dal p.c.
(metri)

Falda idrica: -5,00 METRI DAL P.C.
piano campagna (posa penetrometro): PIANO PIAZZALE

0,2	10
0,4	7
0,6	4
0,8	3
1	4
1,2	4
1,4	3
1,6	3
1,8	4
2	4
2,2	4
2,4	5
2,6	5
2,8	5
3	6
3,2	4
3,4	4
3,6	5
3,8	6
4	4
4,2	4
4,4	4
4,6	4
4,8	5
5	7
5,2	8
5,4	13
5,6	11
5,8	15
6	11
6,2	10
6,4	7
6,6	8
6,8	12
7	10
7,2	17
7,4	19
7,6	30
7,8	30
8	30



COMUNE DI ALESSANDRIA VIA PIAVE PEC AREA EX ALEXANDRIA SRL

STRATIGRAFIA PROVA PENETROMETRICA P4

prof	strati	tipologia	γ	γ'	Σ	Cu	Mv	ϕ	Dr	K orizz	K Winkler
metri	0,00	piano campagna	Kg/mc	Kg/mc	Kg/cmq	Kg/cm	cmq/Kg	°	°	Kg/cmq	Kg/cm
0,40		Coltre superficiale (sottofondo piazzale)									
		Limi sabbiosi poco compatti	1794	1794	0,901	0,61	0,01409	27		0,87	1,25
		<div style="border: 1px solid blue; padding: 5px; display: inline-block;"> livello falda freatica misurato nel foro penetrometrico alla quota di -5,00 metri dal p.c., alla data del 14 febbraio 2018 </div>									
5,00		Sabbie limose più addensate	1800	800	1,061		0,01618	32	35	2,06	3,23
7,00		Sabbie e ghiaie addensate con rifiuto avanzamento delle aste del penetrometro	1800	800	1,157		0,00667	36	65	5,00	5,19
8,60											

legenda parametri geotecnici ottenuti attraverso discretizzazione dati medi prove pemetrometriche

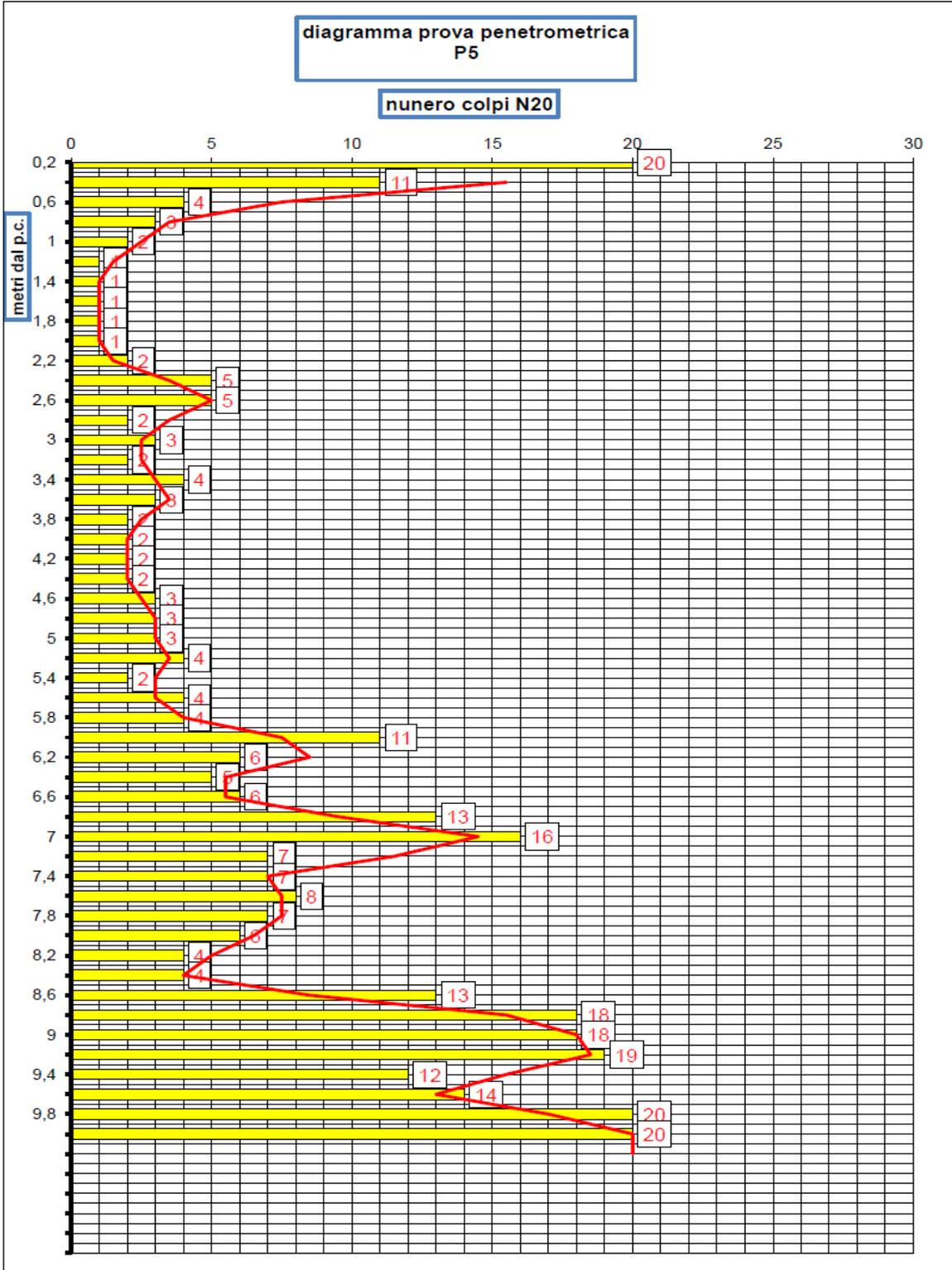
γ = peso di volume		Korizz = moulo reaz. orizz.									
γ' = peso di volume		Φ = angolo attrito									
Σ = pressione litostatica		Mv = coefficiente di compressibilità di volume									
Cu = coesione non drenata		K Winkler (formula di Bowles capacità portante)									
Dr = densità relativa (%)											

Prova penetrometrica P5



COMUNE DI ALESSANDRIA VIA PIAVE PEC AREA EX ALEXANDRIA SRL					
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					
Energia specifica colpo penetrometro SPT = Q = 7,83 Kg/cmq					
Energia specifica colpo penetrometro DPHS N20 = Q = (M x H) / (A x p) = 11,90 Kg/cmq					
Coefficiente teorico di energia t = Q / Qspt = 1,52					
Data: 14 febbraio 2018					
profondità dal p	colpi	Falda idrica: -5,00 METRI DAL P.C.			
(metri)	DPHS N20	piano campagna (posa penetrometro): PIANO PIAZZALE			

0,2	20
0,4	11
0,6	4
0,8	3
1	2
1,2	1
1,4	1
1,6	1
1,8	1
2	1
2,2	2
2,4	5
2,6	5
2,8	2
3	3
3,2	2
3,4	4
3,6	3
3,8	2
4	2
4,2	2
4,4	2
4,6	3
4,8	3
5	3
5,2	4
5,4	2
5,6	4
5,8	4
6	11
6,2	6
6,4	5
6,6	6
6,8	13
7	16
7,2	7
7,4	7
7,6	8
7,8	7
8	6
8,2	4
8,4	4
8,6	13
8,8	18
9	18
9,2	19
9,4	12
9,6	14
9,8	20
10	20



COMUNE DI ALESSANDRIA VIA PIAVE PEC AREA EX ALEXANDRIA SRL

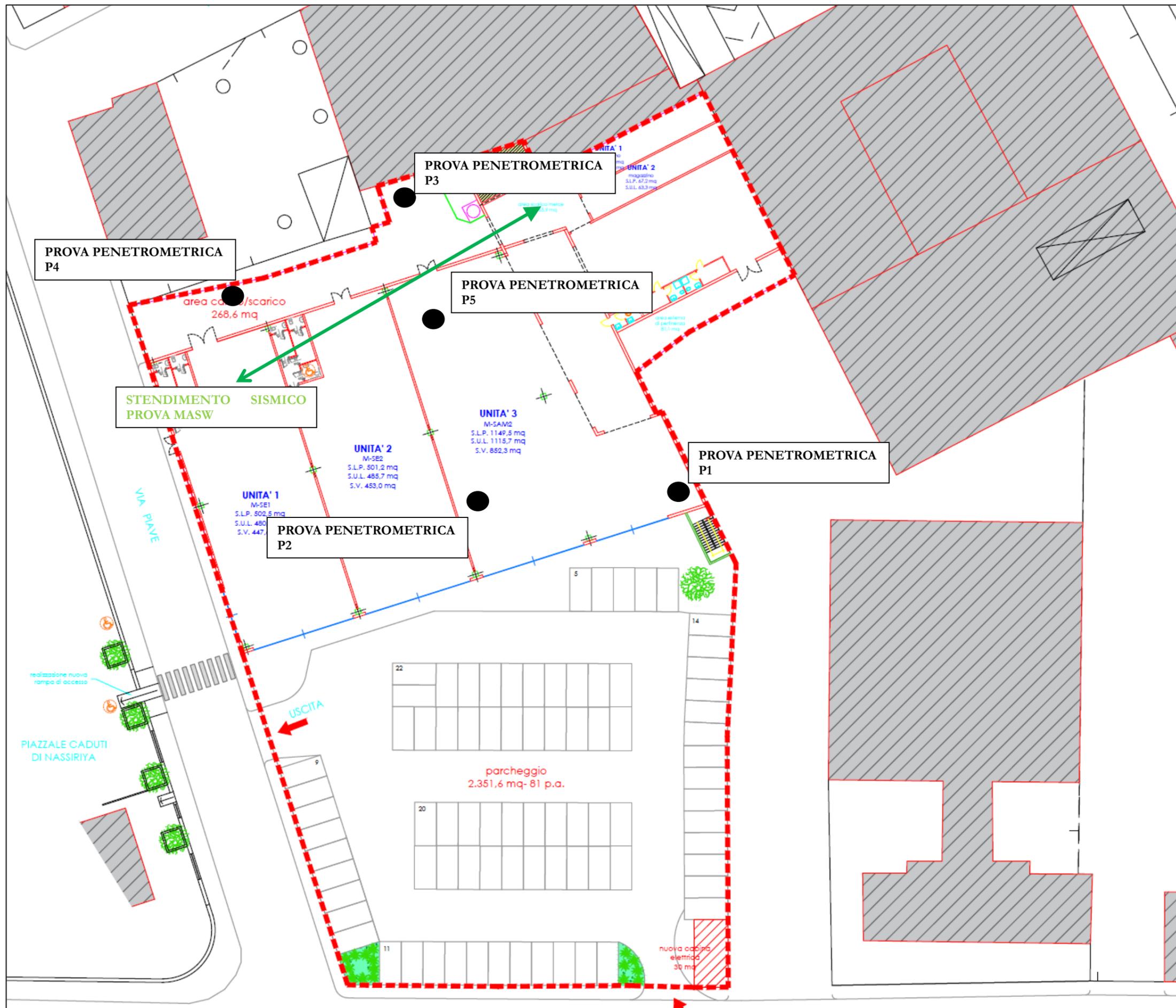
STRATIGRAFIA PROVA PENETROMETRICA P5

prof metri	strati 0,00	tipologia piano campagna	γ Kg/mc	γ' Kg/mc	Σ Kg/cmq	Cu Kg/cm	Mv cmq/Kg	ϕ °	Dr °	K orizz Kg/cmq	K Winkler Kg/cmc
		Coltre superficiale e terreno rimaneggiato incoerente (Inconsistente)	1627	1627	0,318	0,2	0,02792	26		0,43	0,40
2,00		Limi sabbiosi ed argillosi poco compatti	1737	737	0,598	0,42	0,01622	27		0,60	0,86
5,80		Sabbie limose e ghiaiose mediamente addensate e costipate	1800	800	0,806		0,02167	32	30	1,5395	2,39
8,40		Sabbie limose più addensate e costipate	1800	800	0,95		0,00974	35	55	3,4222	5,16
10,20											

livello falda freatica misurato nel foro penetrometrico alla quota di -5,00 metri dal p.c., alla data del 14 febbraio 2018

legenda parametri geotecnici ottenuti attraverso discretizzazione dati medi prove pemetrometriche

γ = peso di volume	Korizz = moulo reaz. orizz.
γ' = peso di volume	Φ = angolo attrito
Σ = pressione litostatica	Mv = coefficiente di compressibilità di volume
Cu = coesione non drenata	K Winkler (formula di Bowles capacità portante)
Dr = densità relativa (%)	



Stralcio planimetria con ubicazione prove penetrometriche e prova sismica MASW

Conclusioni

Le prove penetrometriche hanno riscontrato un terreno rimaneggiato ed una coltre di alterazione sottostante al piazzale, fino ad una quota variabile da -0,60 a +2,40 metri dal piano piazzale stesso (piano posa penetrometro), a cui seguono terreni limosi e sabbiosi **poco compatti fino ad una profondità media di 6,30 metri dal p.c.** A partire da tali quote sono stati individuati terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi, mediamente addensati, con rifiuto all'avanzamento delle aste del penetrometro in corrispondenza delle prove P3 e P4. La falda freatica è stata rilevata nei fori penetrometrici alla data del mese di febbraio 2018 ad una profondità di 5,00 metri dal piano campagna

La prospezione sismica MASW ha caratterizzato un terreno con un valore di Vs30 pari a 418.36 m/sec a cui corrisponde un SUOLO IN CLASSE B (NTC 2018).

L'elaborazione dei dati delle prove penetrometriche ha permesso di ottenere i parametri geotecnici relativamente ad ogni unità litotecnica attraverso un'operazione di discretizzazione dei singoli valori del numero di colpi ogni 20 cm di avanzamento delle aste del penetrometro.

I valori dei parametri geotecnici caratteristici sono stati calcolati come prescritto dalla Normativa (NTC 2018), a partire dai valori medi ottenuti dalle prove penetrometriche sopra indicati, successivamente elaborati secondo appropriate equazioni statistiche e probabilistiche (stabilite dagli Eurocodici EC7), a seconda del tipo di fondazioni che verranno scelte dal Progettista per la realizzazione delle strutture previste:

- 1) 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) per tipologie fondazionali dirette in c.a. le quali interessano grandi volumi di terreno con resistenze compensate (parametri geotecnici C_{uk1} e ϕ_{k1});
- 2) 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) per tipologie fondazionali indirette profonde in c.a. le quali interessano piccoli volumi di terreno con resistenze non compensate (parametri geotecnici C_{uk2} e ϕ_{k2});

UNITA' LITOTECNICA 1

Fino ad una profondità variabile da 0,60 a 2,40 m dal p.c. coltre superficiale e terreno rimaneggiato poco compatto dotato di un valore medio di coesione non drenata (C_u) pari a 0,605 Kg/cmq, un valore medio di angolo di attrito interno (ϕ) pari a 29,67 °, un valore medio di peso di volume (γ) pari a 1662,66 Kg/mc ed un valore medio di coefficiente di compressibilità di volume pari a 0,209833 cmq/Kg.

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI

Coesione non drenata:	C_{uk1}	= 42.40 (KPa)
Angolo di attrito:	ϕ_{k1}	= 26.80°
Coesione non drenata:	C_{uk2}	= 35.80 (KPa)
Angolo di attrito:	ϕ_{k2}	= 24.80°

UNITA' LITOTECNICA 2

Fino ad una profondità variabile da 5,40 a 7,20 m dal p.c. limi sabbiosi poco compatti dotati di un valore medio di coesione non drenata (C_u) pari a 0,550 Kg/cmq, un valore medio di angolo di attrito interno (ϕ) pari a 27,20 °, un valore medio di peso di volume (γ) pari a 1763,80 Kg/mc ed un valore medio di coefficiente di compressibilità di volume pari a 0,015714 cmq/Kg.

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI

Coesione non drenata: C_{uk1} = 44.10 (KPa)
Angolo di attrito: ϕ_{k1} = 25.20°

Coesione non drenata: C_{uk2} = 32.50 (KPa)
Angolo di attrito: ϕ_{k2} = 22.70°

UNITA' LITOTECNICA 3

Fino alla massima profondità d'investigazione pari a 11,20 m dal p.c. successioni di sabbie limose e ghiaie mediamente addensate con rifiuto avanzamento delle aste del penetrometro dotate di un valore medio di angolo di attrito interno (ϕ) pari a 33,22°, un valore di densità relativa (D_r) pari al 36,33% un valore medio di peso di volume (γ) pari a 1783,33 Kg/mc ed un valore medio di coefficiente di compressibilità di volume pari a 0,0160633 cmq/Kg.

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI

Angolo di attrito: ϕ_{k1} = 31.40°

Angolo di attrito: ϕ_{k2} = 27.80°

Valenza, 9 febbraio 2023

In Fede

Dott. Cavalli Andrea



Relazione geologica

STUDIO DI GEOLOGIA DOTT. CAVALLI ANDREA

Via Raffaello n.9 – 15048 Valenza (AL)

Mail: andrea.cavalli@geologiacavalli.it

Tel.0131950552 - Cell.3397226825 – 3474415525 FAX:0131952227

PIVA: 02258680061 CF: CVLNDR67D04A1820

www.geologiacavalli.it

**REGIONE PIEMONTE
PROVINCIA DI ALESSANDRIA
COMUNE DI ALESSANDRIA**

**PIANO ESECUTIVO CONVENZIONATO
AREA EX ALEXANDRIA SRL**

PROPRIETA'

**ALEXANDRIA SRL VIA DON TOMMASO CANESTRI N.35
ALESSANDRIA**

RELAZIONE INTEGRATIVA

Ad integrazione della relazione geologica elaborata dallo scrivente alla data del 16 gennaio 2023, per lo studio dell'area interessata dalla realizzazione di edifici commerciali di cui al PIANO ESECUTIVO CONVENZIONATO AREA EX ALEXANDRIA SRL - PROPRIETA' **Alexandria S.r.l. Via Don Tommaso Canestri n° 35 Alessandria** sito nel Comune di Alessandria in Via Piave, si precisa quanto segue:

- le mappe relative **alla Variante PAI - Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po** - cui al **Decreto n. 121/2022** - *OGGETTO: ART. 68 DEL D. LGS. 3 APRILE 2006, N. 152 E S.M.I., ART. 57, COMMA 4 DELLE NORME DI ATTUAZIONE DEL PAI-PO E ART. 9 DELLA DELIBERAZIONE C. I. N. 4 DEL 17 DICEMBRE 2015 E S.M.I. - APPROVAZIONE DI UN AGGIORNAMENTO DEL PIANO DI BACINO DISTRETTUALE DEL FIUME PO: "AGGIORNAMENTO DEGLI ELABORATI N. 3 E N. 8 DEL PAI-PO E DELLE MAPPE DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO DI ALLUVIONE DEL PGRA DISTRETTUALE: FIUME TANARO NEI COMUNI DI ALESSANDRIA, ALLUVIONI PIOVERA, OVIGLIO E SOLERO"* (vedi stralcio carta allegata), individuano nell'area oggetto una situazione idrogeologica definita come **AREE ALLAGABILI - P1L – ALLUVIONI POCO FREQUENTI-MEDIA PROBABILITA'** ;-.
- lo studio ha quindi preso in esame gli effetti della piena di riferimento partendo dalle altezze idriche derivanti da simulazioni idrauliche effettuate per la definizione dell'assetto di progetto del tratto Asti Montecastello, per le sezioni di riferimento sul fiume Tanaro più prossime all'area di indagine le quali indicano altezze idrologiche variabili da 89,00 a 90,28 m s.l.m. allo stato attuale e da 89,00 a 89,91 m s.l.m. in progetto e confrontando le stesse con le quote topografiche dell'area ove sorge lo stabilimento ex Alexandria le quali risultano pari a 93,00 m s.l.m. con un franco idraulico di circa 3,00 m sul livello della piena di riferimento;

Alla luce di tali considerazioni non si è ritenuto necessario effettuare una verifica dell'esondabilità di tale corso d'acqua, ribadendo e confermando le valutazioni di carattere idrogeologico-idraulico espresse nella relazione del 16/01/2023, ricordando che il progetto di cui alla presente relazione riguarda un intervento AVENTE UNA DESTINAZIONE D'USO COMMERCIALE E NON RESIDENZIALE con assenza continuativa di persone, per cui l'edificabilità è consentita sulla base delle Norme di Attuazione del P.R.G.C (Art.51).

Valenza, 10 MARZO 2023



In Fede

Dott. Cavalli Andrea

LEGENDA

	limite (*) tra la fascia A e la Fascia B
	limite (*) tra la fascia B e la Fascia C
	limite (*) esterno della Fascia C
	limite (*) di progetto tra la Fascia B e la Fascia C

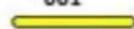
(*) Il limite è individuato dal bordo interno del graficismo

Elementi conoscitivi

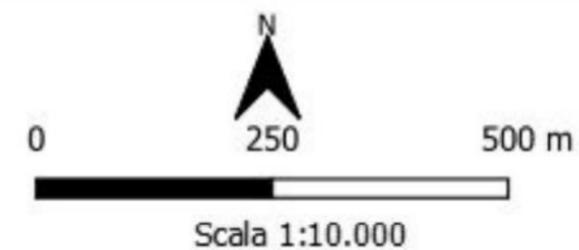
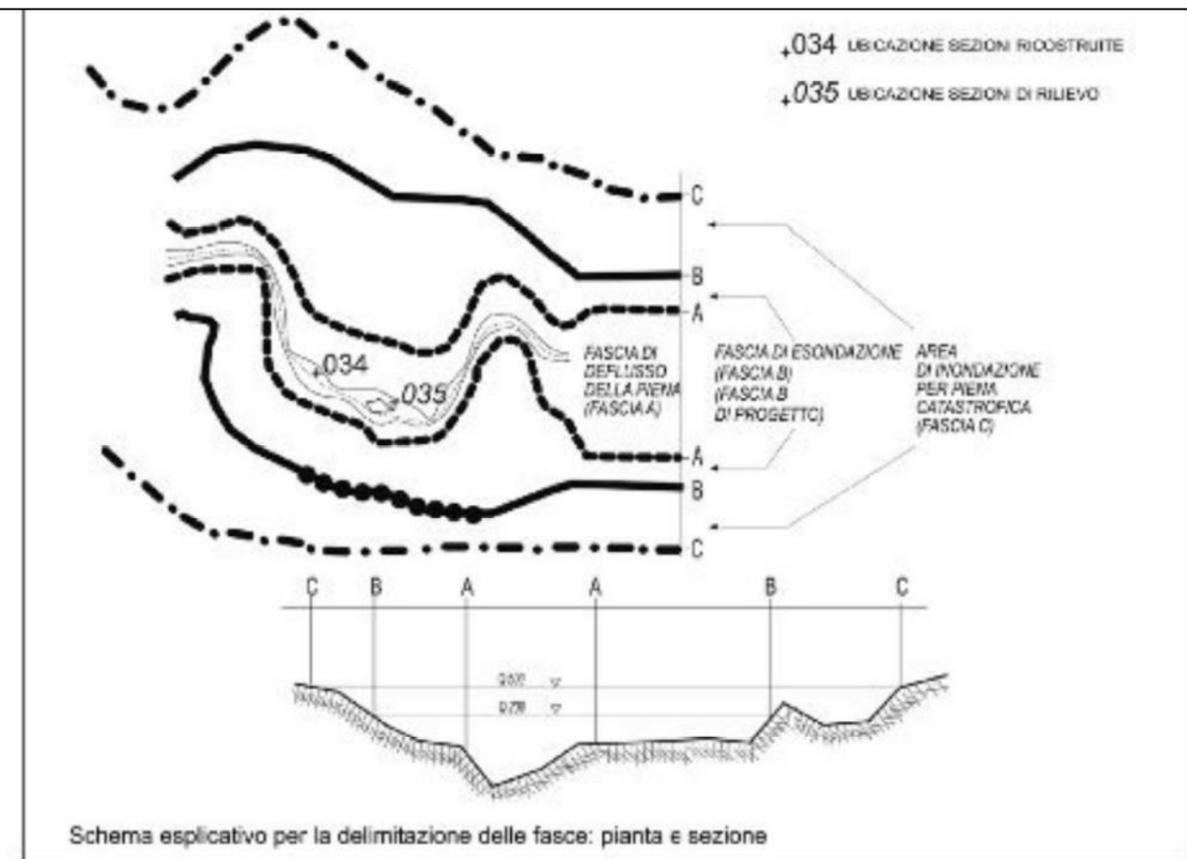


Area inondabile per eventi della piena di riferimento in assenza dell'intervento di realizzazione del limite di progetto

001



Sezioni idrauliche

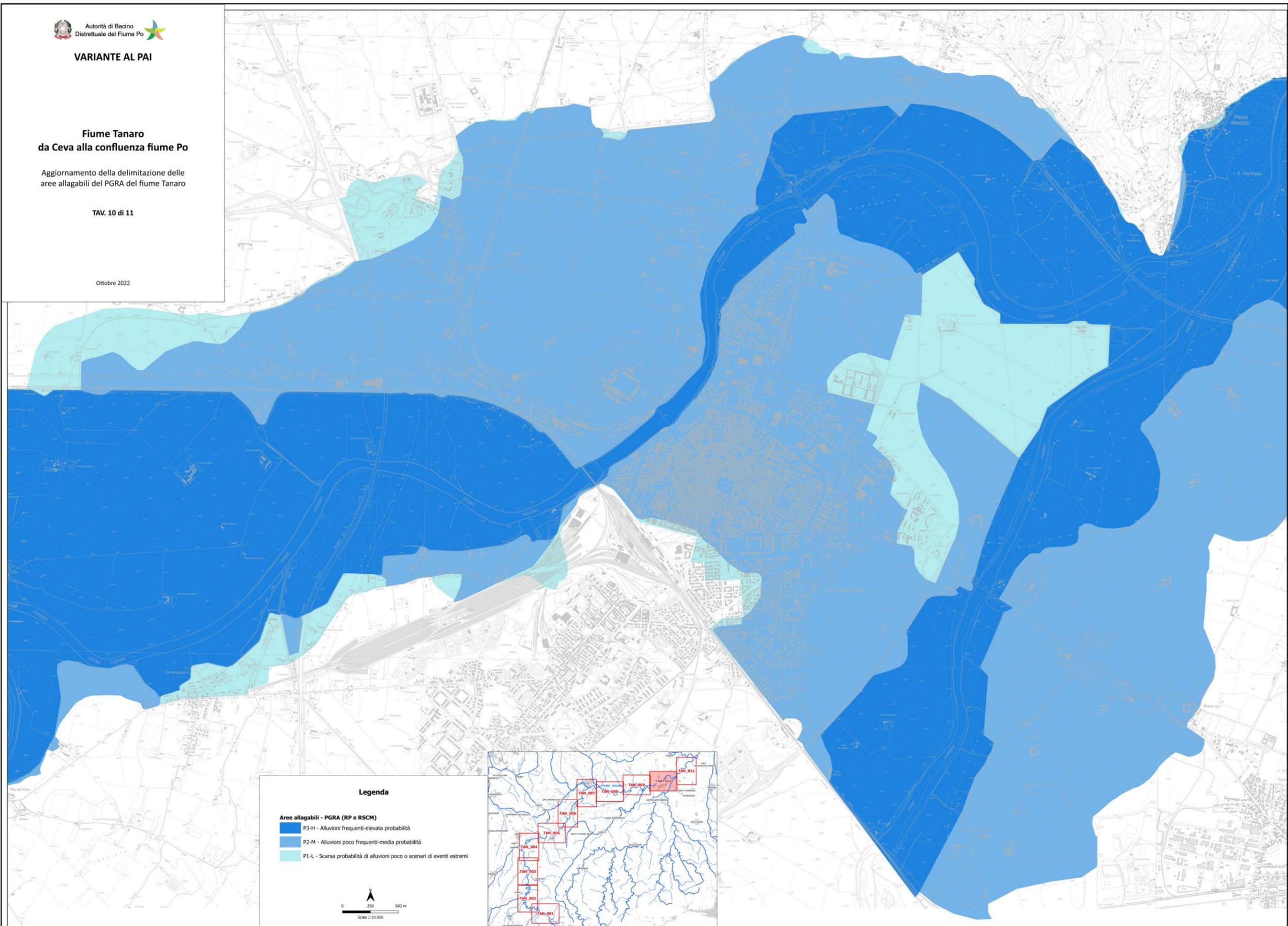


Fiume Tanaro
da Ceva alla confluenza fiume Po

Aggiornamento della delimitazione delle
aree allagabili del PGRA del fiume Tanaro

TAV. 10 di 11

Ottobre 2022





Legenda

Aree allagabili - PGRA (RP e RSCM)

-  P3-H - Alluvioni frequenti-elevata probabilità
-  P2-M - Alluvioni poco frequenti-media probabilità
-  P1-L - Scarsa probabilità di alluvioni poco o scenari di eventi estremi

