

TELENERGIA
ALESSANDRIA  TELERISCALDAMENTO

PROVINCIA DI
ALESSANDRIA
COMUNE DI
ALESSANDRIA

COMPLETAMENTO DEL SISTEMA DI TELERISCALDAMENTO DELLA CITTÀ DI ALESSANDRIA

PROGETTO DELLE OPERE *CENTRALE NORD*

Elaborato GEO V001

Professionisti:

RELAZIONE GEOLOGICA
Studio del terreno mediante n.7 prove
penetrometriche e n.1 prova sismica MASW



Codifica elaborato: B2 GEO V001
Versione: A – Emissione: Giugno 2017
File: B2_GEO_V001.A.PDF



1.0 Premessa ed inquadramento geologico

A integrazione degli atti di progetto relativi alla realizzazione di una centrale di cogenerazione inerente l'impianto di teleriscaldamento a servizio della Città di Alessandria, è stata richiesta allo scrivente la redazione della relazione geologica in ossequio dal D.M. 14 gennaio 2008 N.T.C. (Norme Tecniche delle Costruzioni).

L'area è ubicata a Nord Nord-Est del centro abitato di Alessandria, presenta una morfologia pianeggiante ed è posta in corrispondenza del piazzale retrostante al deposito A.M.A.G. (ex AMIU) in adiacenza al campo sportivo sito in Via Monteverde e Via Pasino. Il lotto di terreno interessato dalla realizzazione della centrale occupa una superficie di circa 10000 mq.

L'indagine si è caratterizzata mediante l'esecuzione di n.7 prove penetrometriche posizionate in corrispondenza dell'area oggetto di edificazione della centrale di cogenerazione in progetto, le quali hanno permesso di caratterizzare le peculiarità litologiche e geotecniche del sottosuolo, mentre per quanto concerne gli aspetti sismici nella stessa area d'indagine è stata effettuata una prospezione sismica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) per la misura delle Vs30.

Sottostante a terreno di riporto e rimaneggiato avente nell'area oggetto di edificazione uno spessore variabile da 0,60 a 2,40 metri circa, è presente il substrato della formazione geologica locale 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 10/15 m, successivamente erosi dagli attuali corsi d'acqua (fiume Bormida e fiume Tanaro), i quali a loro volta hanno depositato altri sedimenti più recenti, a cui seguono fino ad una profondità di oltre 20,00 sabbie ghiaiose e ghiaie caratterizzanti la parte sommitale della formazione geologica affiorante. 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.

Per quanto riguarda gli aspetti litotecnici sono presenti, fino ad una profondità media di 6,00 m dal p.c., terreni limosi sabbioso a caratterizzati da mediocri parametri di resistenza al taglio con valori di "coesione non drenata" (Cu) variabili da 0,40 a 0,60 Kg/cmq, a cui seguono fino alla profondità media di 15,00 metri dal p.c. successioni di ghiaie e sabbie addensate e resistenti con valori medi di angolo di attrito interno (ϕ) variabile da 32° a 36° e densità relativa (Dr) variabili dal 40% a 70%, con intercalazioni di limi argillosi meno compatti, come riscontrato attraverso le prove penetrometriche effettuate nell'area oggetto d'indagine.

I terreni sono caratterizzati da medio alti valori di permeabilità ($0,005 < K > 0,0005$ m/sec), per cui l'assetto idrogeologico del sottosuolo è rappresentato da una falda di tipo freatica superficiale alimentata in parte dalle acque di sub alveo del F. Bormida e F. Tanaro rispettivamente in sponda orografica sinistra e destra ed in parte dalle acque d'infiltrazione di superficie, contenuta nelle sabbie e ghiaie sottostanti alle argille limose superficiali. La superficie libera della falda freatica, soggetta a sensibili escursioni stagionali in periodi caratterizzati da intense piogge, si pone mediamente ad una quota variabile da -7,00 a -9,00 metri dal p.c. Il deflusso idrico sotterraneo è orientato verso Nord, mentre alla data del 20 e 23 novembre 2015 nei fori penetrometrici il livello della falda freatica è stato riscontrato alla quota media di -9,00 m dal p.c.

La Carta di Sintesi del P.R.G.C. di cui allo stralcio allegato (III Variante Strutturale al PRGC, dicembre 2010), inserisce l'area oggetto d'indagine nella CLASSE II α (PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA MODERATA) definita come *“Aree interessate prevalentemente da problemi legati alla presenza della falda a debole profondità dal piano 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.”*

Norme di Attuazione del P.R.G.C. (art. 51 prescrizioni geologiche):

1. accertamento geotecnico nel rispetto del D.M. 11/3/1988 e del D.M. 14/01/2008 a s.m.i., volto a determinare la quota di imposta e la tipologia delle fondazioni nonché le necessarie verifiche di stabilità relativamente gli orli di terrazzo fluviale;

2. esecuzione preventiva di una corretta regimazione delle acque superficiali, previa relazione geologica;

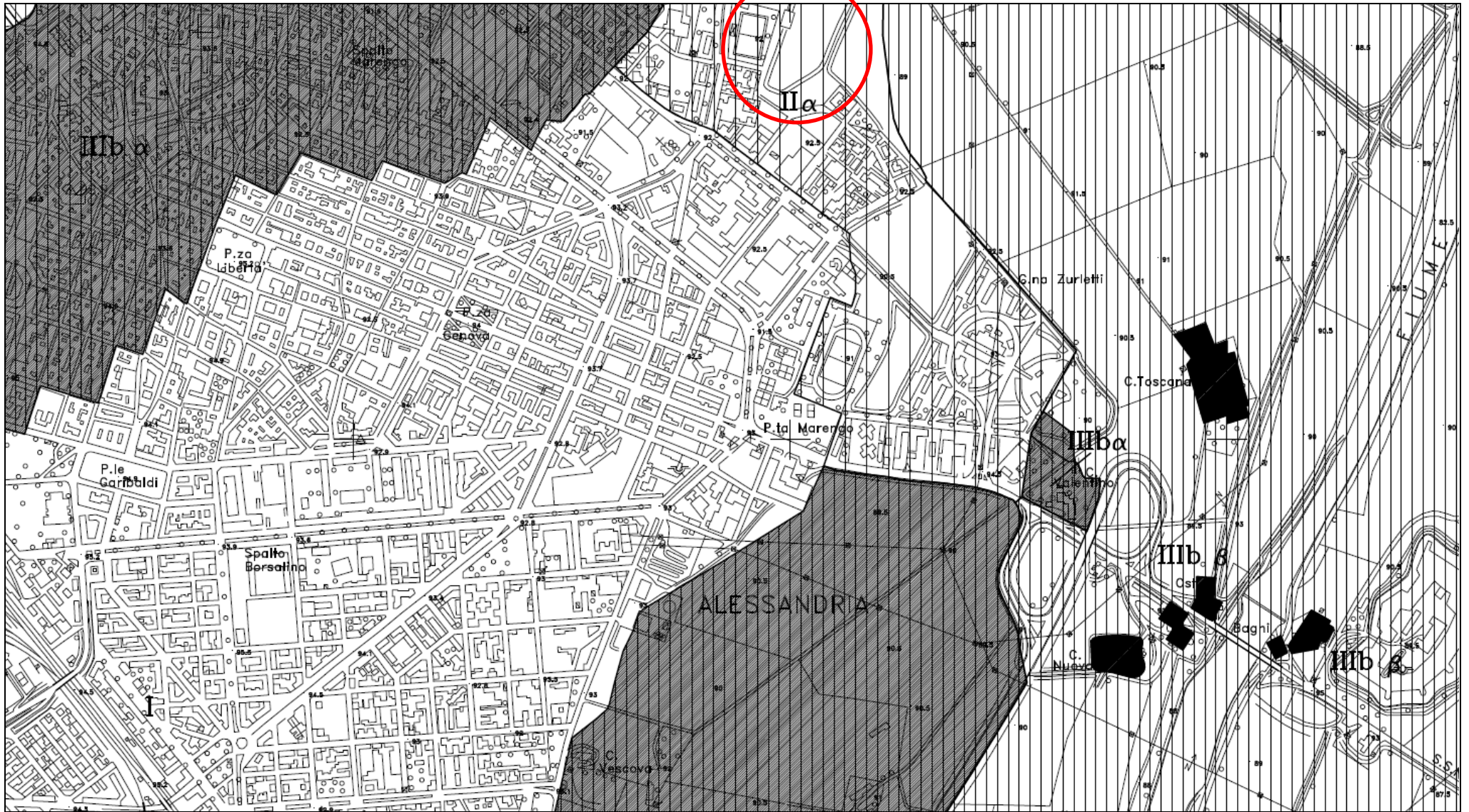
3. l'edificazione finalizzata a destinazioni d'uso che comportano la presenza continuativa di persone dovranno essere realizzate in ambienti aventi il piano di calpestio ad una quota di sicurezza come riportato indicativamente nell'allegata Tabella A. Gli interventi dovranno comunque essere preceduti da una valutazione del rischio idraulico, che definisca puntualmente la quota di riferimento. Tale valutazione può essere redatta a cura del soggetto attuatore dell'opera o, tramite iniziativa pubblica;

4. la realizzazione di piani seminterrati, purché adibiti esclusivamente ad autorimessa, cantine, depositi, senza presenza continuativa di persone, 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. Tali piani seminterrati, dovranno essere 91 comunque realizzati adottando gli accorgimenti tecnici, definiti a livello di progetto esecutivo, atti a impedirne l'allagamento e a garantirne la fruizione in condizioni di sicurezza, anche in riferimento agli esiti della valutazione del rischio idraulico effettuata (che avrà definito puntualmente la quota minima di abitabilità come già prescritto nelle NTA del P.R.G.C. vigente). 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;

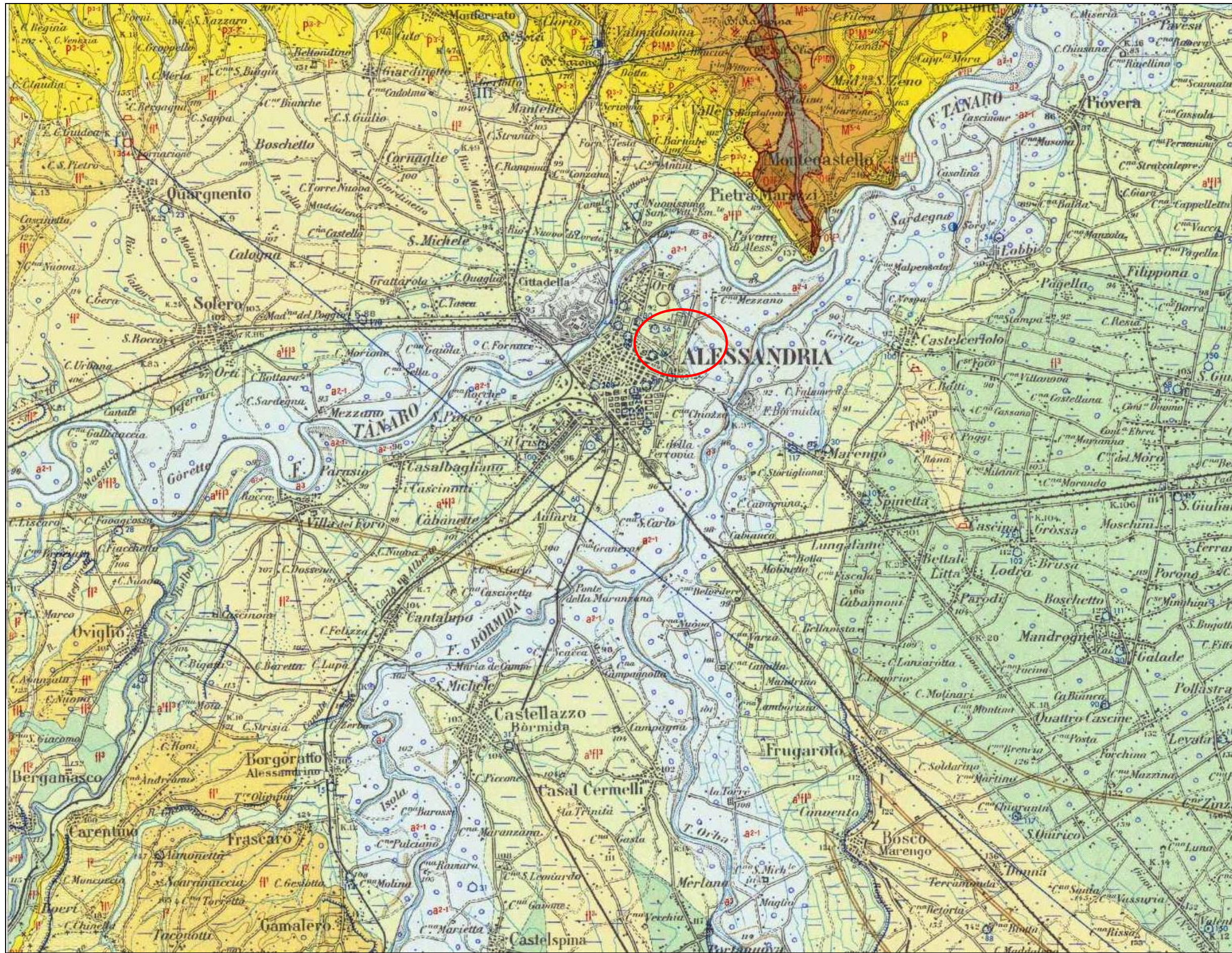
5. in queste aree sono vietati lo stoccaggio e la realizzazione di discariche di ogni tipo di rifiuti.



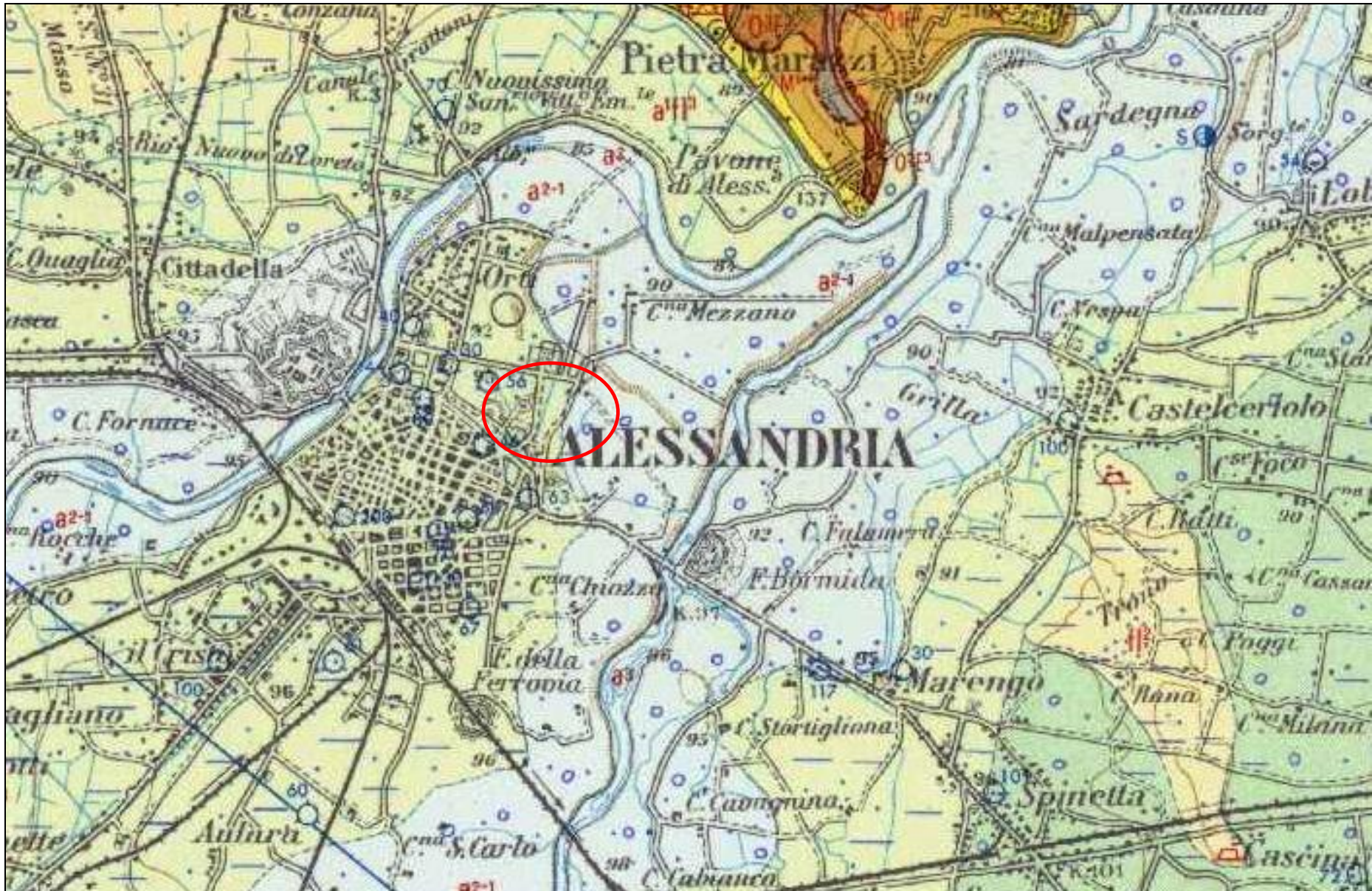




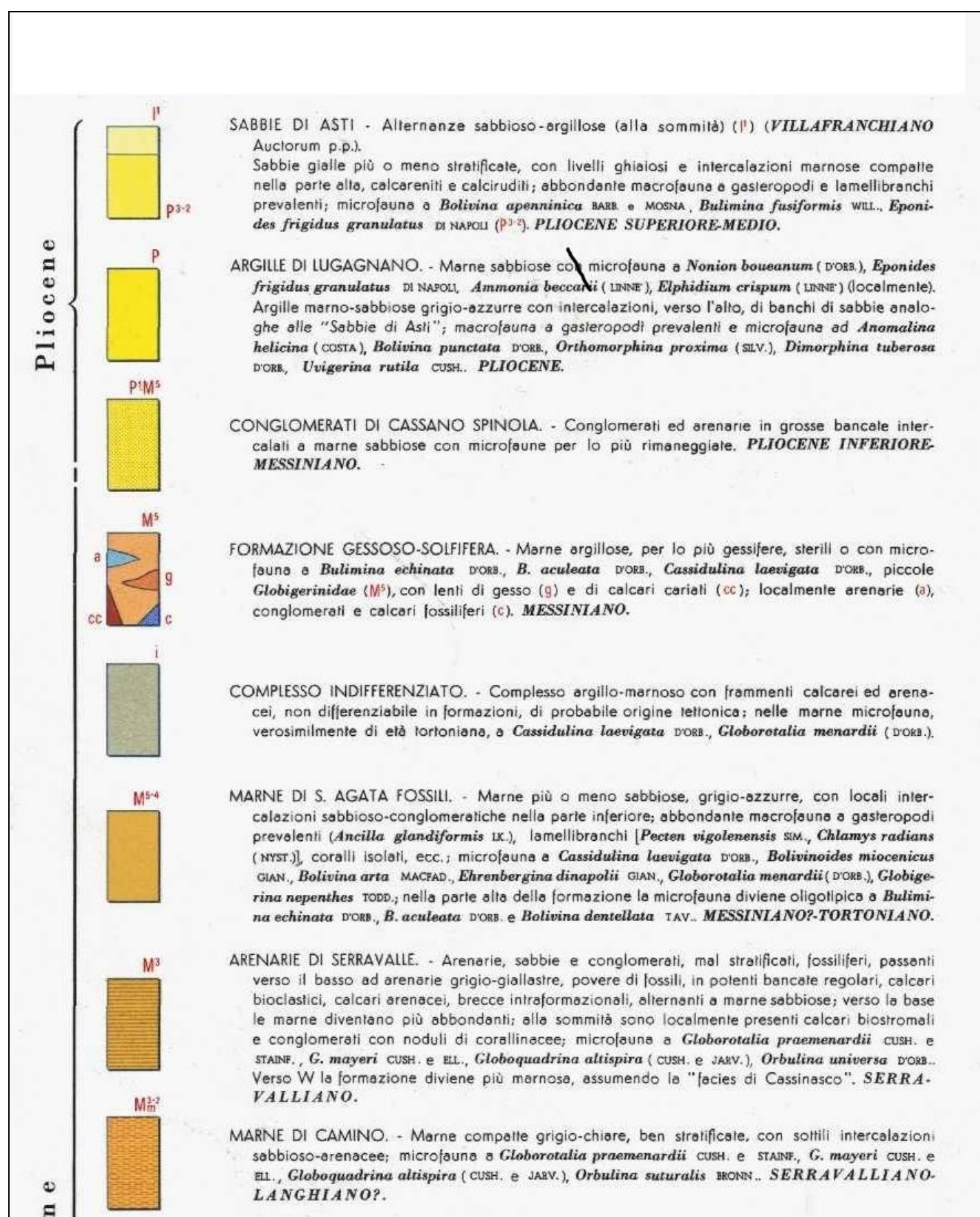
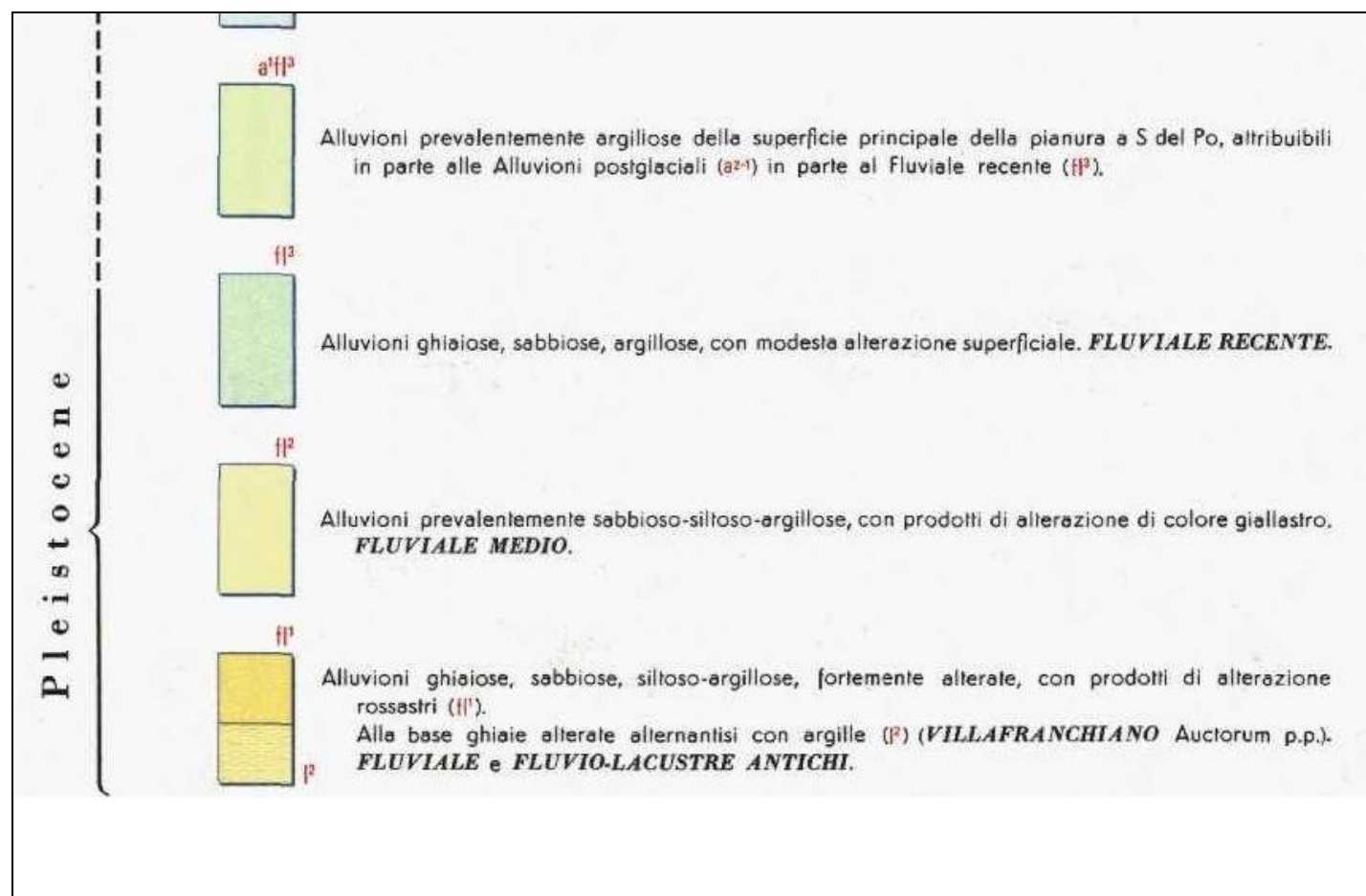
Stralcio Carta di Sintesi del P.R.G.C. area d'indagine

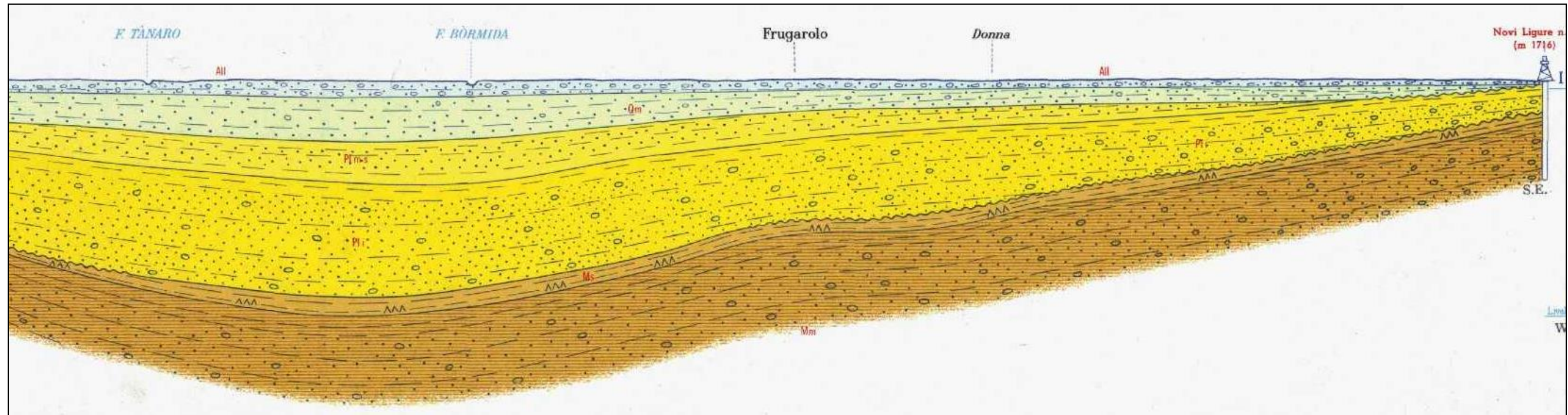


Stralcio Carta Geologica d'Italia Foglio N. 70 Alessandria



Area d'indagine





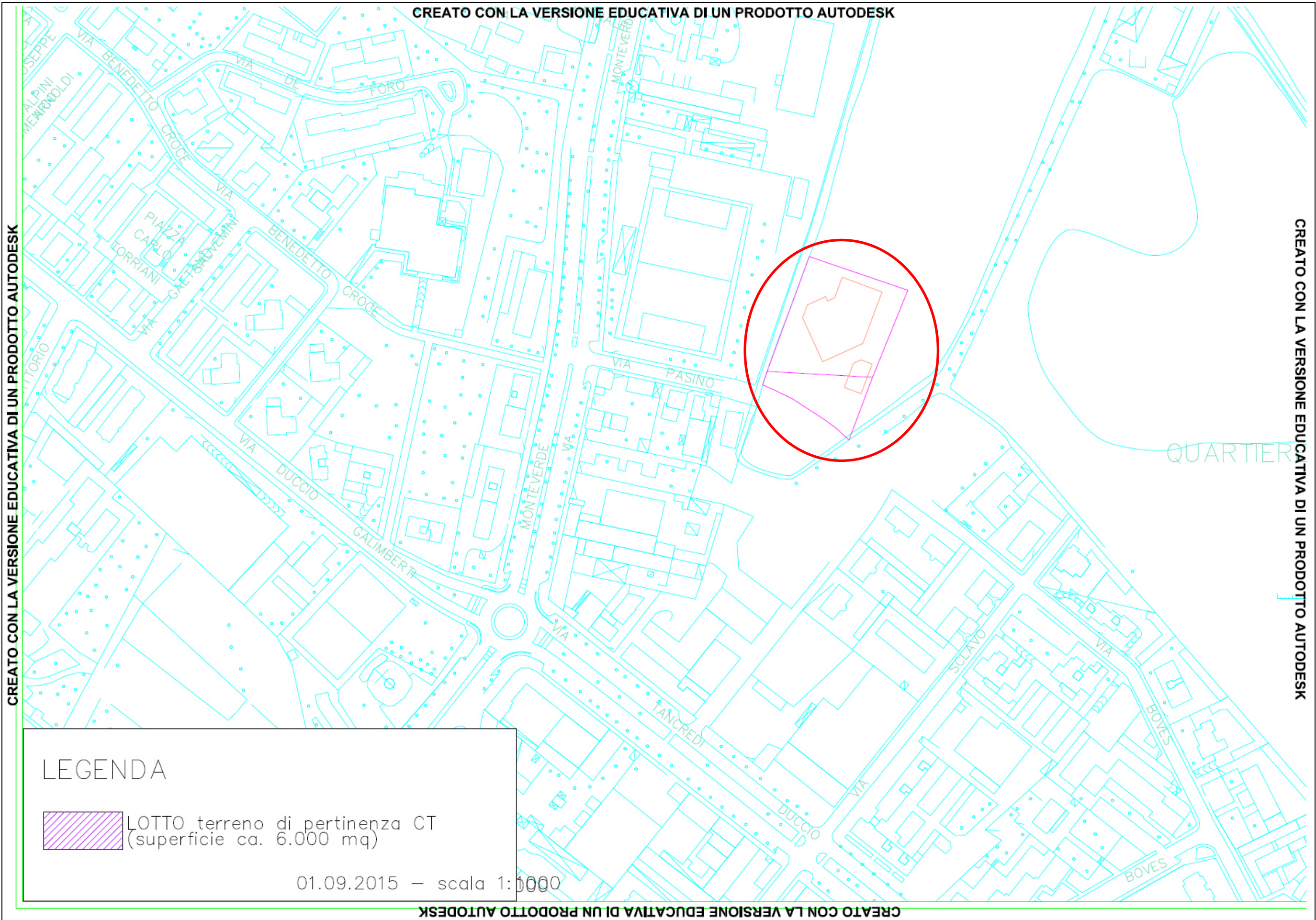
Stralcio sezione geologica Foglio N. 70 Alessandria



CREATO CON LA VERSIONE EDUCATIVA DI UN PRODOTTO AUTODESK

CREATO CON LA VERSIONE EDUCATIVA DI UN PRODOTTO AUTODESK

CREATO CON LA VERSIONE EDUCATIVA DI UN PRODOTTO AUTODESK



LEGENDA

 LOTTO terreno di pertinenza CT
(superficie ca. 6.000 mq)

01.09.2015 — scala 1:1000

CREATO CON LA VERSIONE EDUCATIVA DI UN PRODOTTO AUTODESK

2.0 Pericolosità sismica del sito e parametri sismici

Ottemperando alle disposizioni normative in ambito sismico di cui all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20/03/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" nonché alle prescrizioni di D.M. 14/01/2008 Norme Tecniche delle Costruzioni e dalla Deliberazione della Giunta Regionale 19 gennaio 2010 n. 11-13058 "Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003 e O.P.C.M. 3519/2006), nonché alla **DGR n.11 -13058 del 19 gennaio 2010, DGR n.4 -3084 del 12-12-2011 e DGR n.64-7417 del 07/04/2014 e DGR n.065-7656 del 21 maggio 2014**, l'area oggetto d'indagine è classificata in **ZONA SISMICA 3** a cui corrisponde un MEDIO BASSO grado di pericolosità sismica (accelerazione massima al suolo A_g compresa tra 0.05 e 0,075 g con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi $V_s < 800$ m/sec).

Il pregevole lavoro inerente la *ZONAZIONE SISMOGENETICA Z69 – APP.2 AL RAPPORTO CONCLUSIVO (Gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica – ORDINANZA PCM 20.03.03 N.3274 – ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA (a cura di C. Meletti e G. Valensise, marzo 2004)*, non individua l'area d'indagine come ampia parte del Piemonte centro meridionale, all'interno di un'area/zona sismo genetica attiva e significativa.

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.

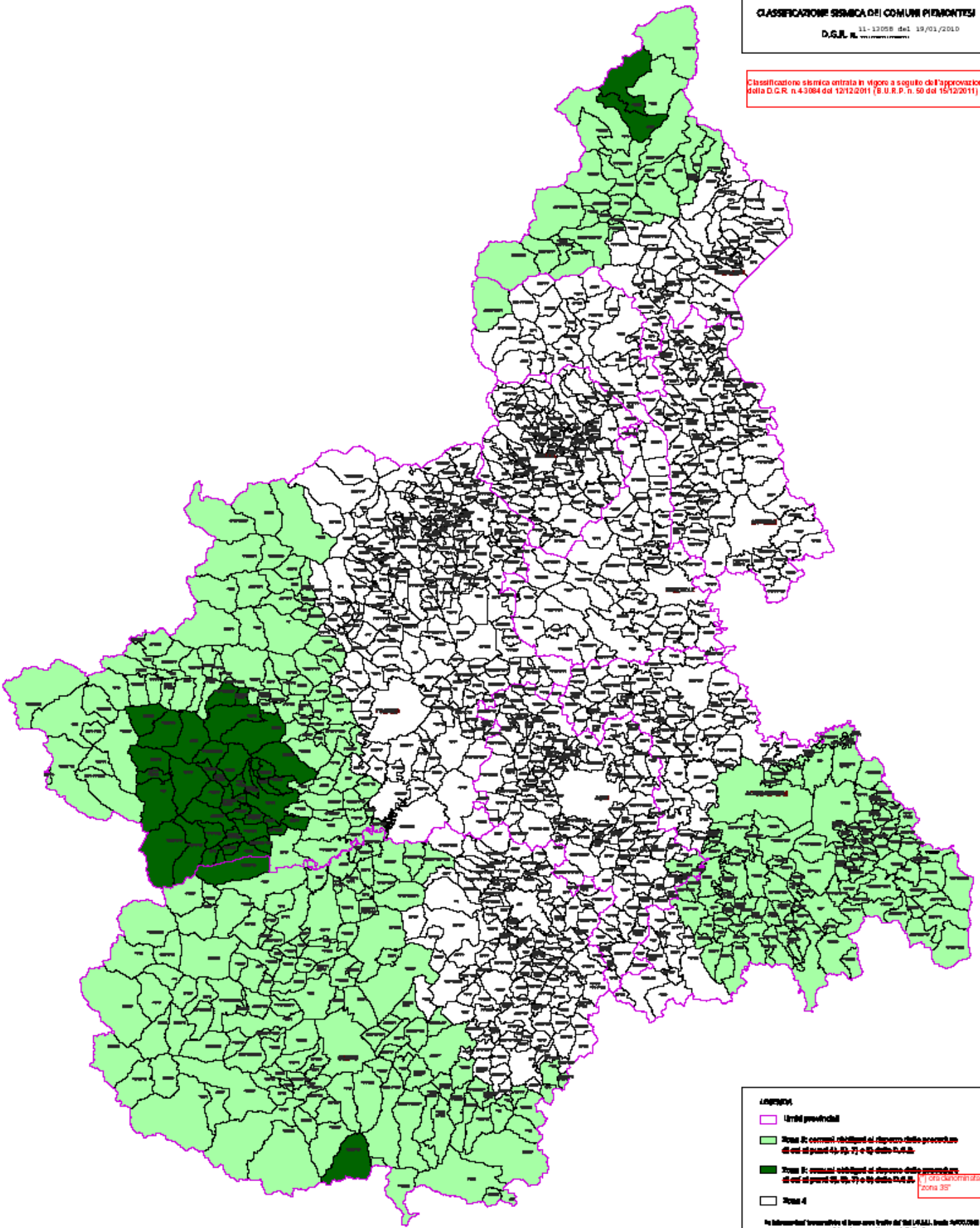
In base alla prova MASW effettuata nell'area oggetto d'intervento, il suolo di fondazione appartiene alla *categoria B* ovvero "**Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e $cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina)**".



REGIONE PIEMONTE
 STATO REGIONALE
 REGIONE PIEMONTE
 STATO REGIONALE

CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI COMUNI PIEMONTESI
 11-12008 del 19/01/2010
 D.S.J.L. n. 1/2010

Classificazione sismica entrata in vigore a seguito dell'approvazione della D.C.R. n.43084 del 12/12/2011 (G.U.R.P. n. 50 del 15/12/2011)



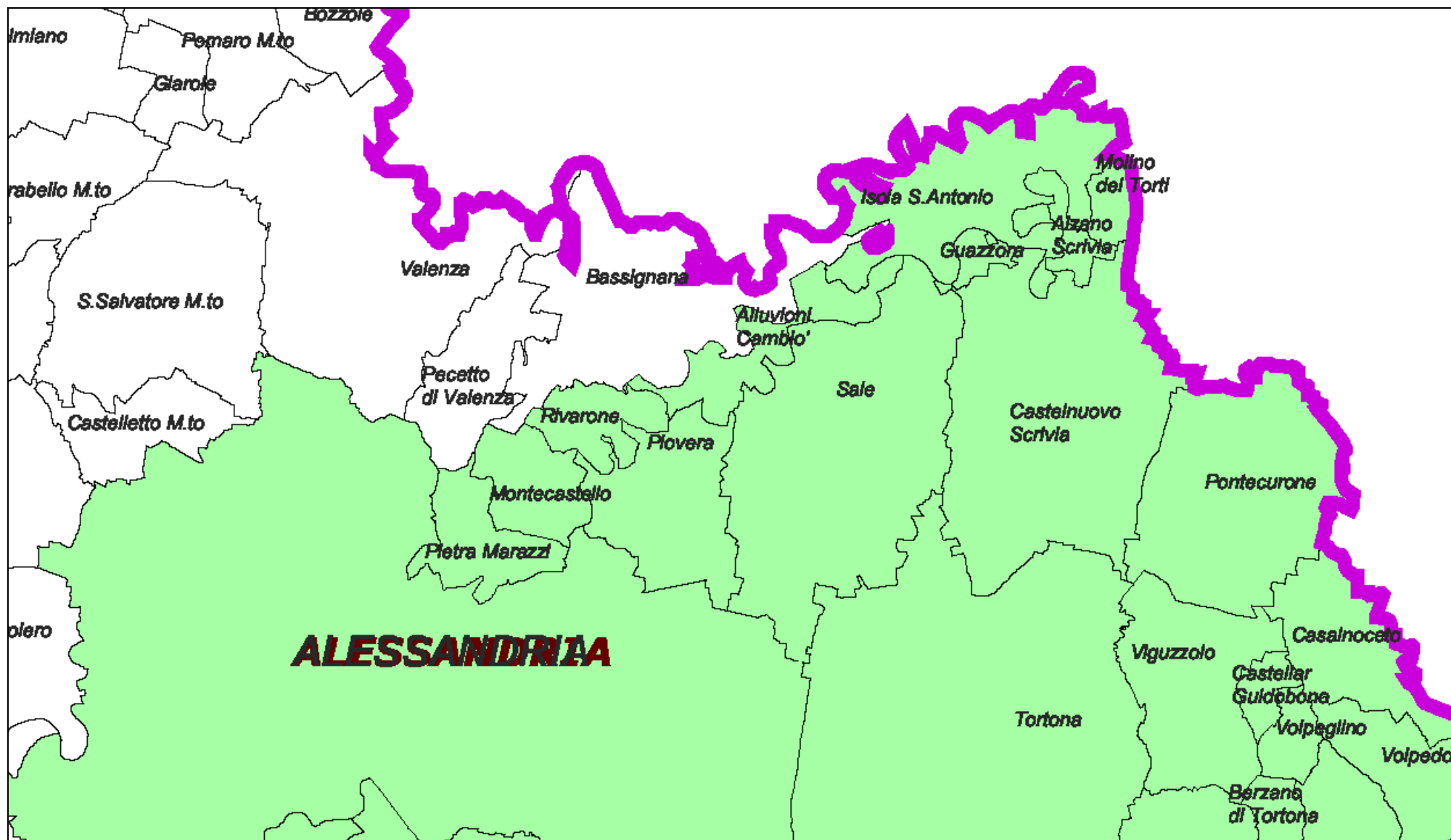
- Legenda**
- Limiti provinciali
 - Zona 2: comuni ricadenti al di fuori delle procedure di cui al paragrafo 4) 4) 7) e 8) della D.C.R.
 - Zona 3: comuni ricadenti al di fuori delle procedure di cui al paragrafo 4) 4) 7) e 8) della D.C.R. (ora denominata zona 3*)
 - Zona 4

In collaborazione con l'Università di Ingegneria delle Strutture, della Politecnica di Torino e con il Dipartimento di Ingegneria delle Strutture, della Politecnica di Torino.

Elaborazione e cartografia: Studio Geografico Italiano - Dipartimento di Ingegneria delle Strutture, della Politecnica di Torino.


Autore: Studio Geografico Italiano - Dipartimento di Ingegneria delle Strutture, della Politecnica di Torino.


Scala: 1:500.000



LEGENDA

 Limiti provinciali

 Zona 3: ~~comuni obbligati al rispetto delle procedure di cui ai punti 4), 5), 7) e 8) della D.G.R.~~

 Zona 3: ~~comuni obbligati al rispetto delle procedure di cui ai punti 3), 5), 7) e 8) della D.G.R.~~

(*) ora denominata
"zona 3S"

 Zona 4

Le informazioni topografiche di base sono tratte dai tiri I.G.M.I. (scala 1:100.000) e successivi aggiornamenti a cura della Regione.

Materiale di esclusiva proprietà della Regione Piemonte.

Riproduzione soggetta ad autorizzazione regionale.

Realizzazione e allestimento cartografico a cura di:

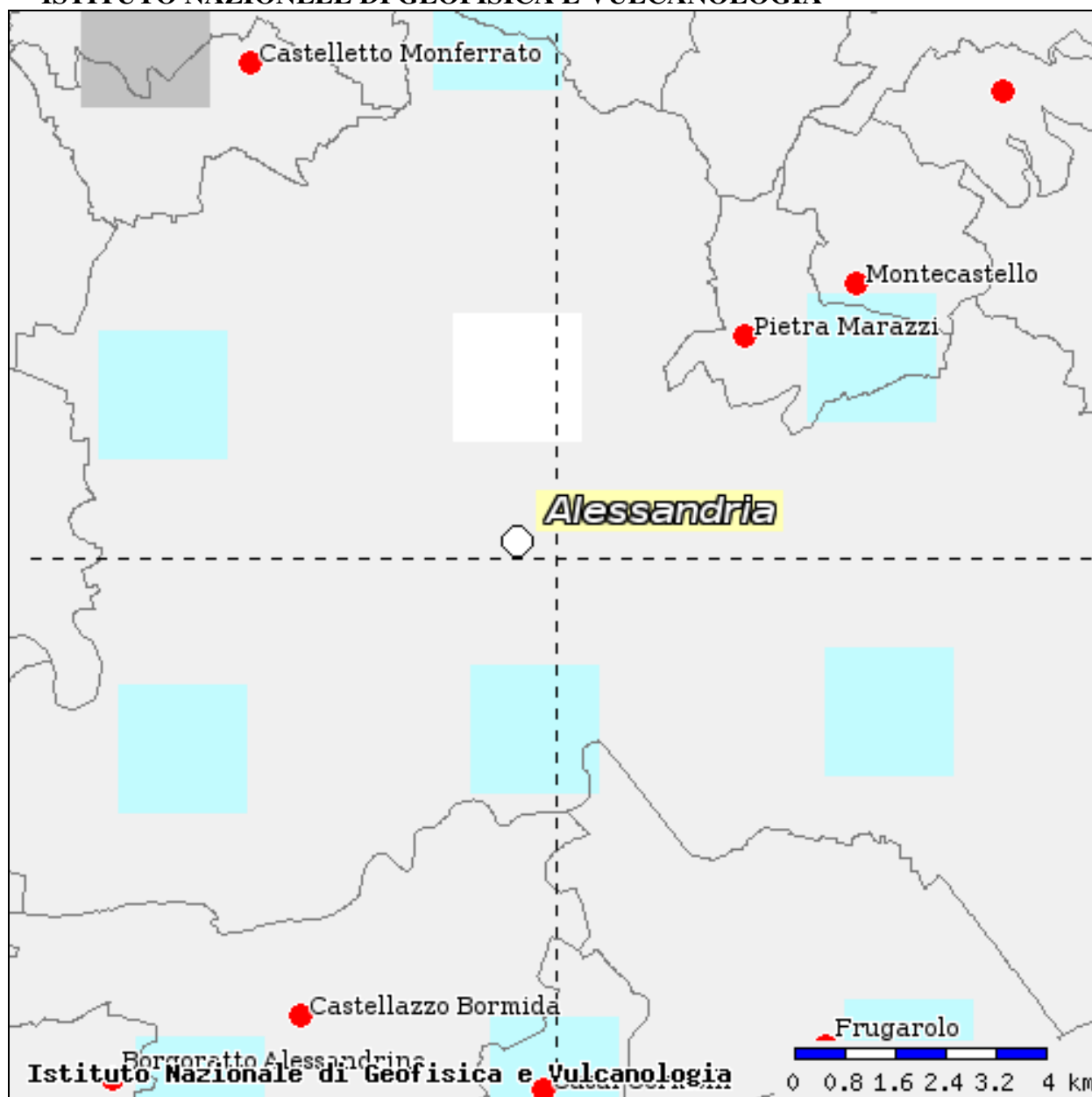
Settore Tecnico Opere Pubbliche

Scala 1:350.000

10 0 10 Kilometri



**MAPPE INETRATTIVE DI PERICOLOSITA' SISMICA
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA**

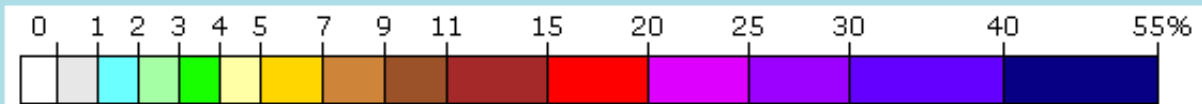
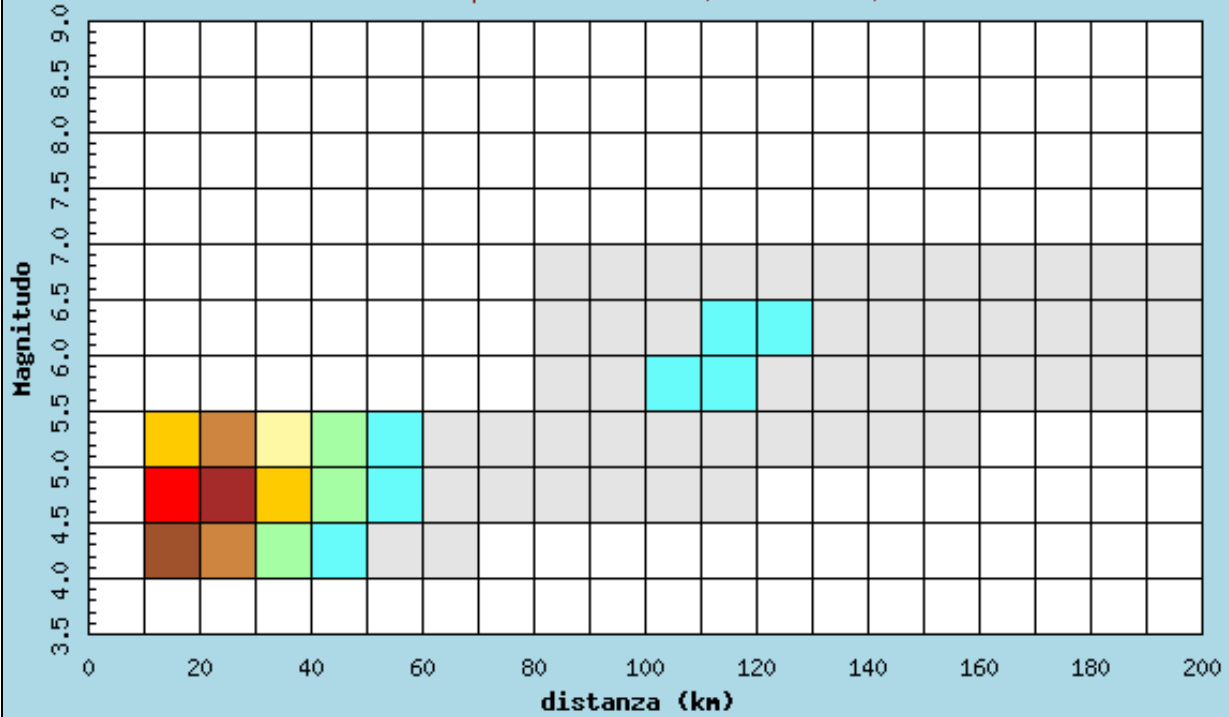


La magnitudo (M) dell'area d'indagine è stata ottenuta con il processo di disaggregazione desunto dal sito internet dell'INGV (Istituto nazionale di Geofisica e Vulcanologia) relativa agli eventi sismici attesi per il Comune di Alessandria con probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni, trattandosi di un fabbricato in Classe II (D.M. 14/01/2008 punto 2.4.2-2.4.3) in cui il tempo di ritorno T_r corrispondente allo Stato limite (SLV) risulta pari a 475 anni.

Il contributo percentuale maggiore alla pericolosità è dato dalla coppia M-R: $M = 4.5-5.0$ (15.10%) $R = 10-20$ Km. Quindi si assume $M=5$ limite superiore di Magnitudo alla coppia di valori di M-R che da il contributo maggiore alla pericolosità: in questo caso il valore medio di magnitudo pari a 4.94 risulta poco cautelativo, quindi si assume $M = 5$.

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
 Disaggregazione del valore di $a(g)$ con probabilita' di eccedenza
 del 10% in 50 anni

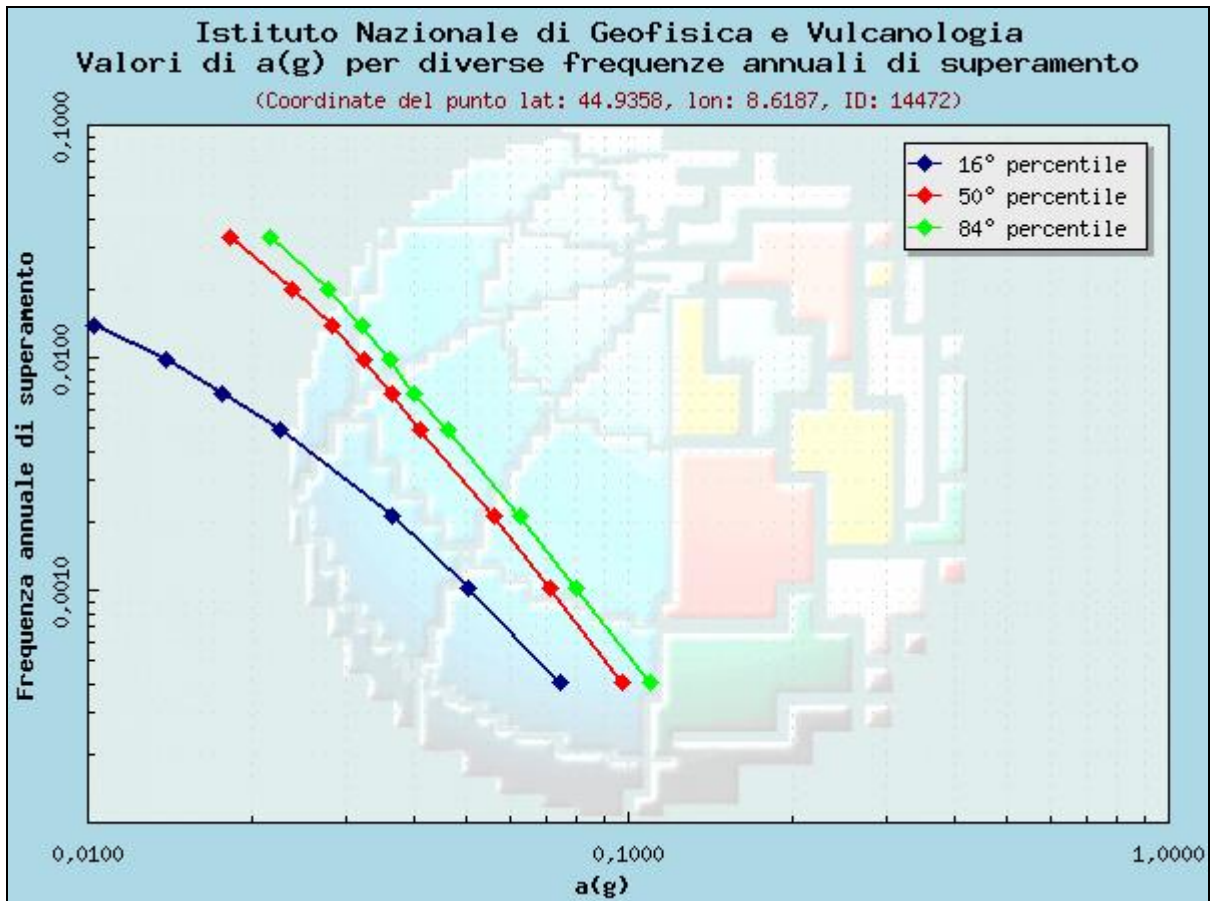
(Coordinate del punto lat: 44.9358, lon: 8.6187, ID: 14472)



Contributo percentuale alla pericolosita'

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.940	40.100	1.230

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 44.9358, lon: 8.6187, ID: 14472)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	10.200	15.100	5.980	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	7.830	14.100	7.320	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	2.940	6.400	4.210	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
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



Frequenza annuale di superamento	A(g) (Coordinate del punto lat: 44.9358, lon: 8.6187, ID: 14472)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.0744	0.0969	0.1092
0.0010	0.0505	0.0714	0.0799
0.0021	0.0363	0.0560	0.0626
0.0050	0.0227	0.0412	0.0464
0.0071	0.0177	0.0364	0.0399
0.0099	0.0139	0.0324	0.0360
0.0139	0.0102	0.0283	0.0320
0.0200	0.0000	0.0239	0.0277
0.0333	0.0000	0.0182	0.0216

Prova sismica MASW

In data 23 novembre 2015 presso l'area oggetto d'indagine ove prevista la nuova centrale di cogenerazione sita nel Comune di Alessandria (piazzale A.M.A.G. ex AMIU) nei pressi di Via Pasino, è stata effettuata una prova sismica 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 :

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

dove hi e Vi 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.

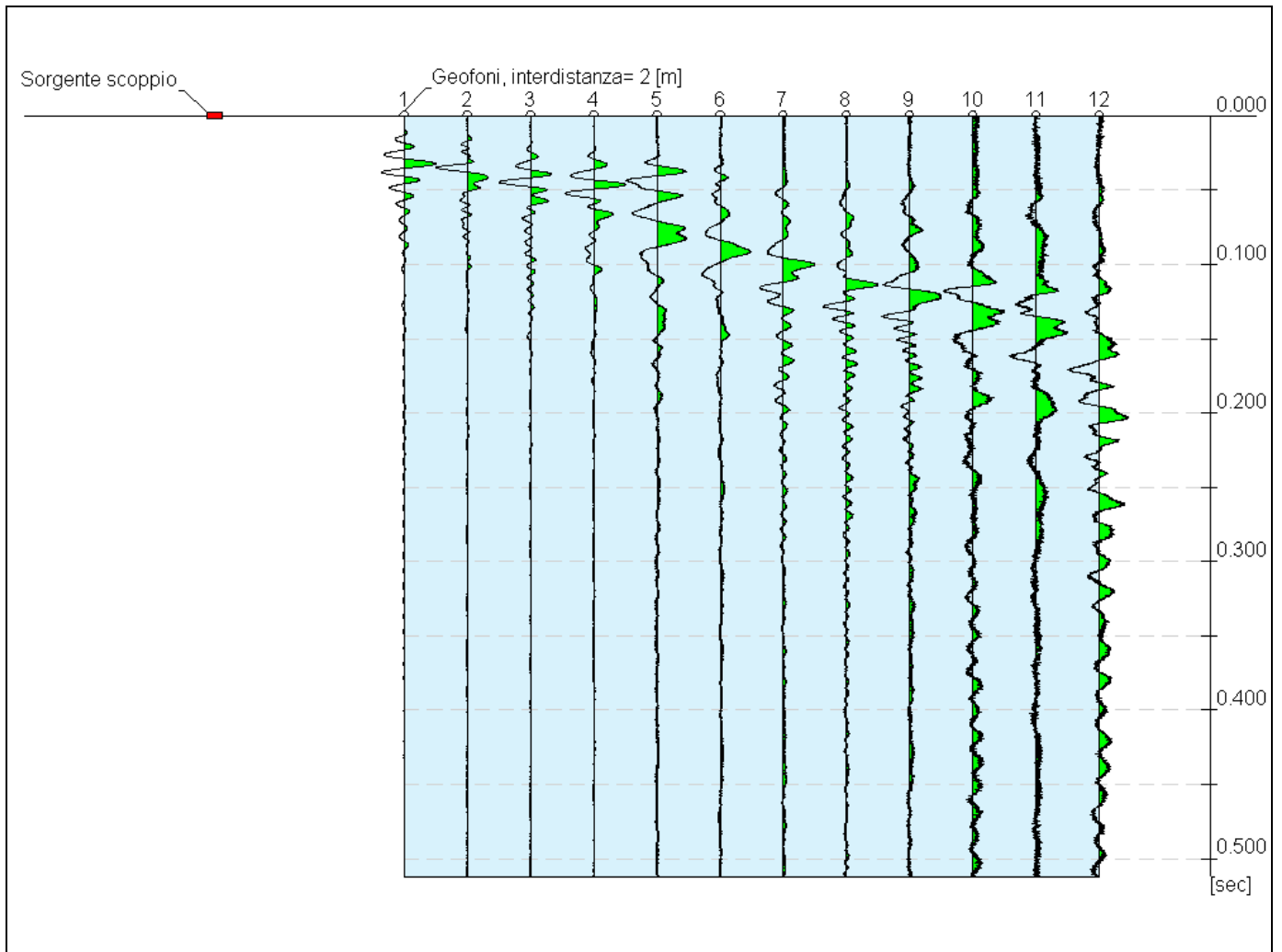
MASW 1 (stendimento A-B)



Infissione nel terreno di geofoni per acquisizione Vs30 (stendimento sismico MASW)

Dati campagna prova sismica MASW

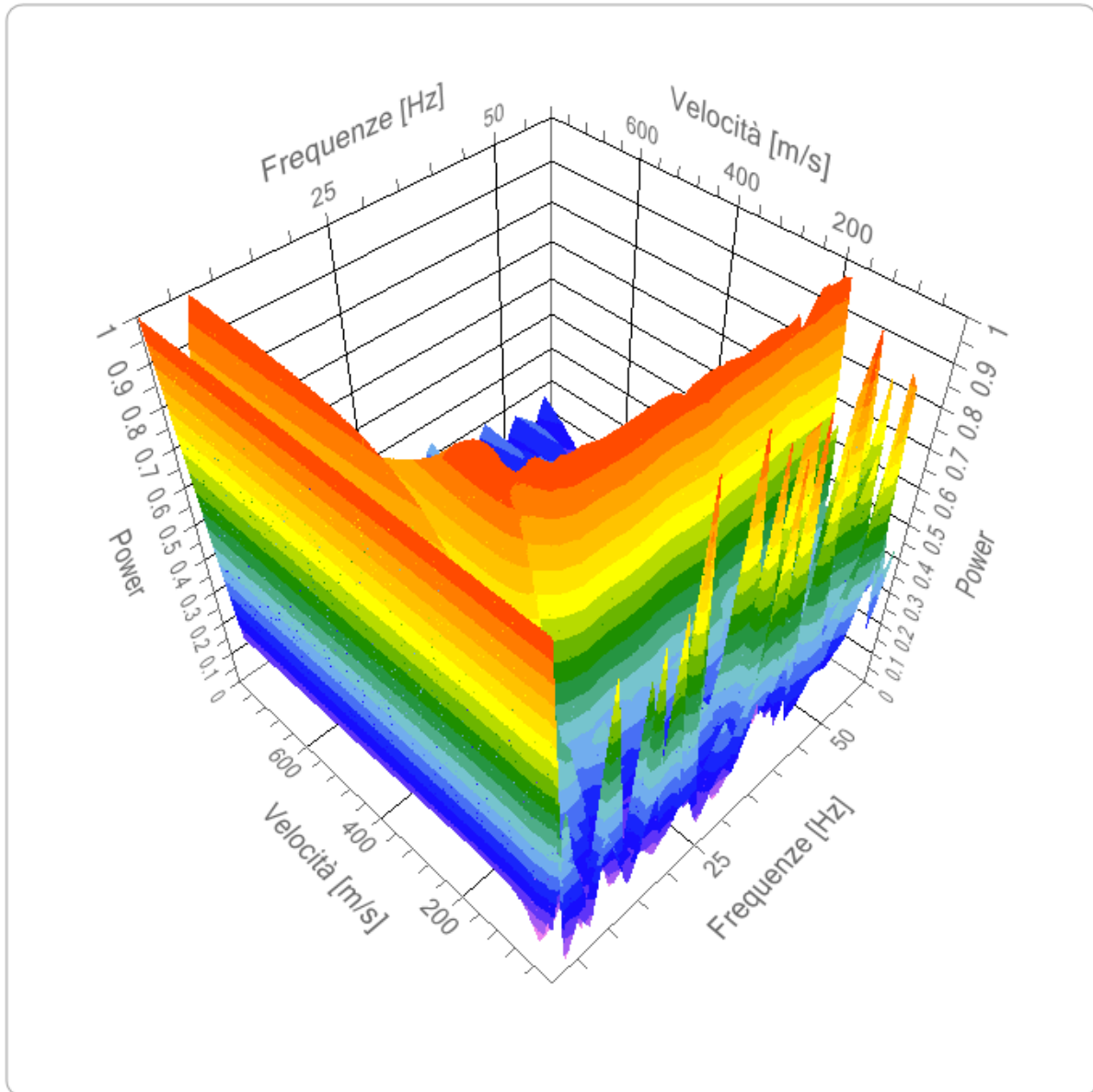
N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	512.0
Interdistanza geofoni [m]	2.0
Periodo di campionamento [msec]	0.125



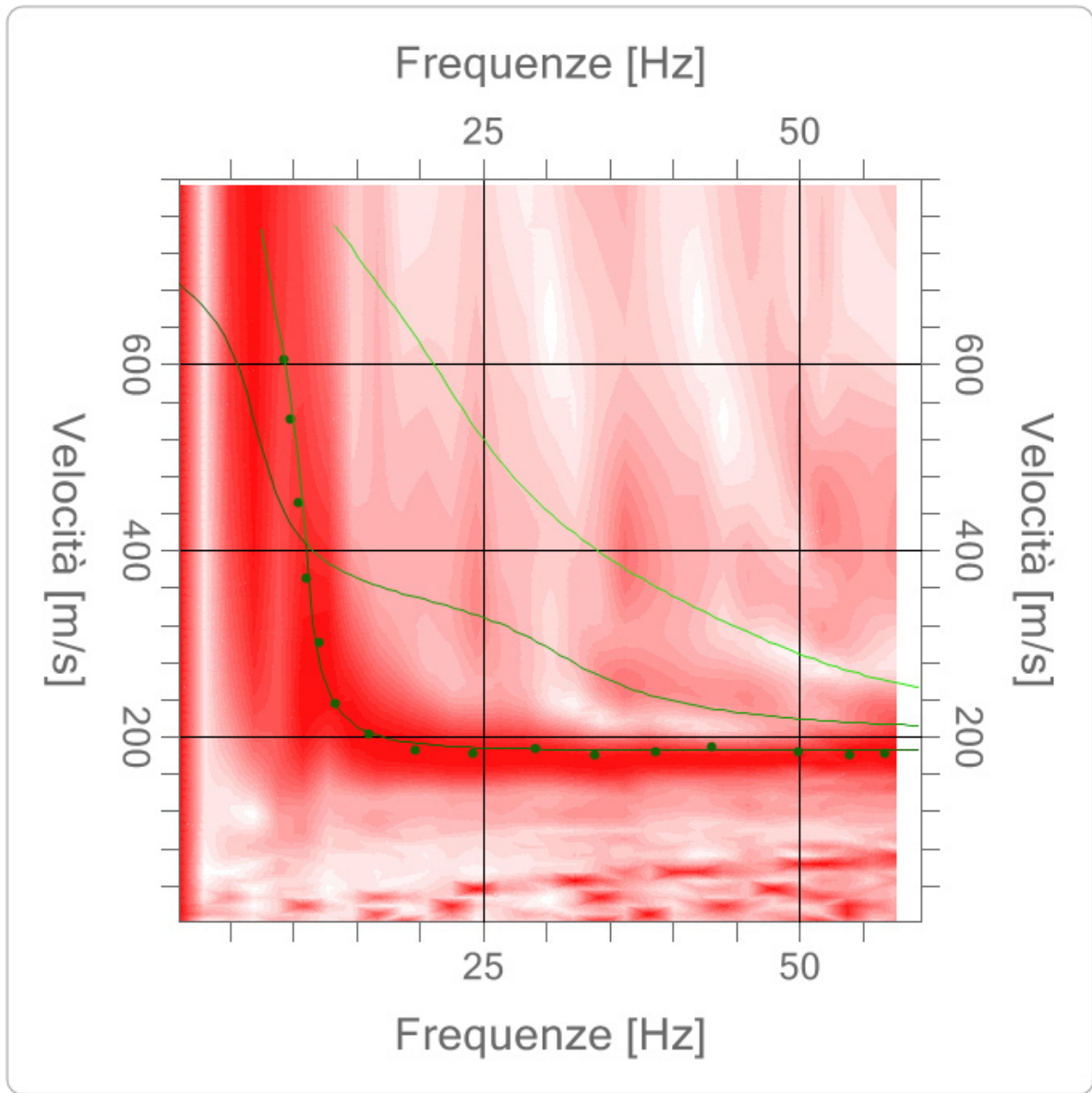
Analisi spettrale

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

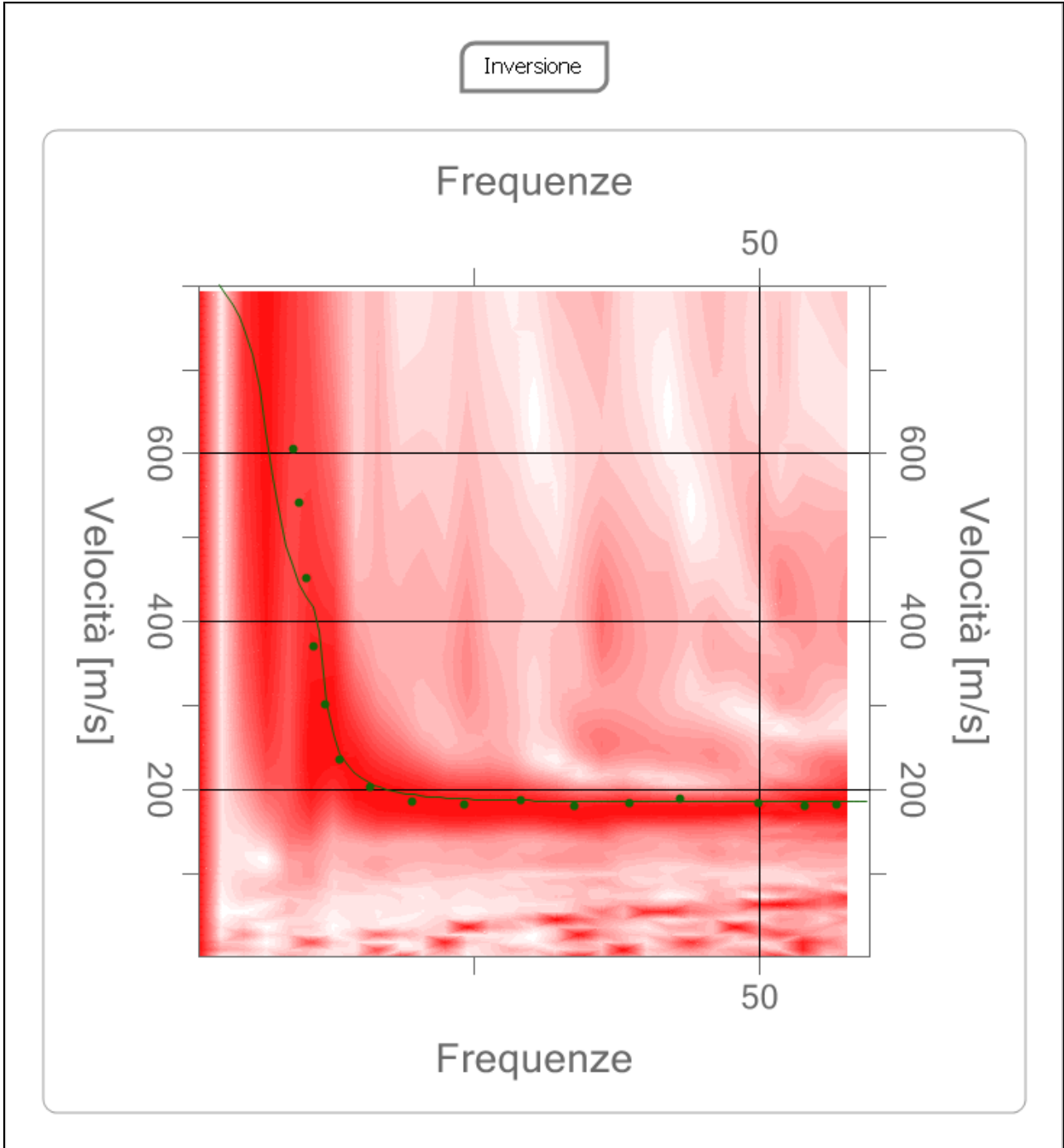


Inversione

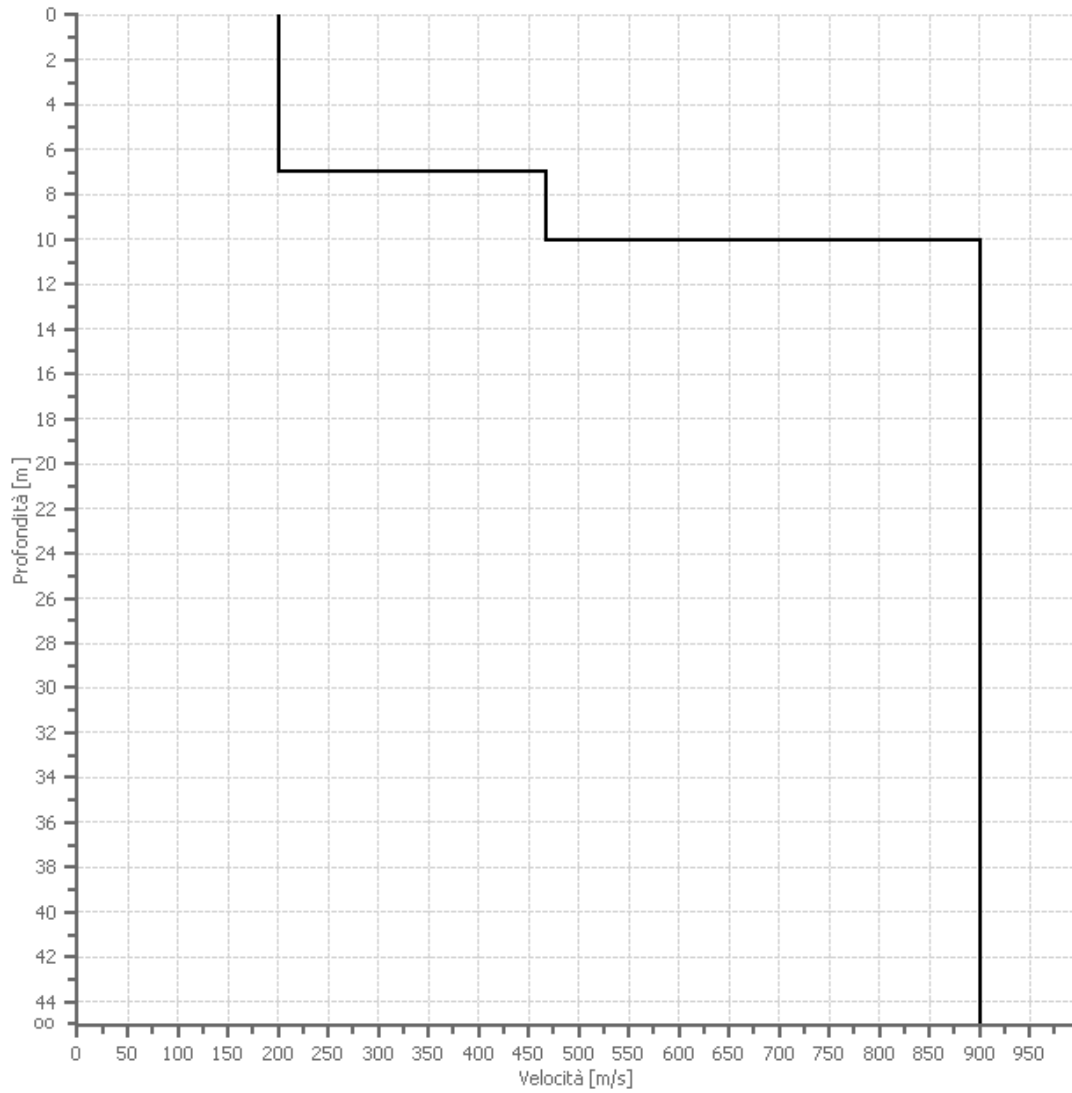
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		7.00	7.00	1700.0	0.3	No	374.2	200.0
2		10.09	3.09	1700.0	0.3	Si	873.1	466.7
3		∞	∞	1800.0	0.3	No	1683.7	900.0

Percentuale di errore 2.085%

Fattore di disadattamento della soluzione 0.083



Profilo di velocità



Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs30 [m/sec]	470.63
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/m ³]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	7.00	7.00	200.00	374.17	1650.00	0.30	66.00	231.00	143.00	171.60	N/A	760.48
2	10.09	3.09	466.67	873.05	1800.00	0.30	392.00	1372.00	849.33	1019.20	N/A	N/A
3	oo	oo	900.00	1683.75	1800.00	0.30	1458.00	5103.00	3159.00	3790.80	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE



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): 44,9175500 [°]

Longitudine (WGS84): 8,6318470 [°]

Latitudine (ED50): 44,9185000 [°]

Longitudine (ED50): 8,6329090 [°]

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

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

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC08, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

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 2

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 3

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 4

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 d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,018	2,528	0,161
SLD	50	0,024	2,528	0,196
SLV	475	0,059	2,557	0,278
SLC	975	0,076	2,555	0,284

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: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 maggiore di 50 nei terreni a grana grossa e c_{u30} maggiore di 250 kPa nei terreni a grana fine).

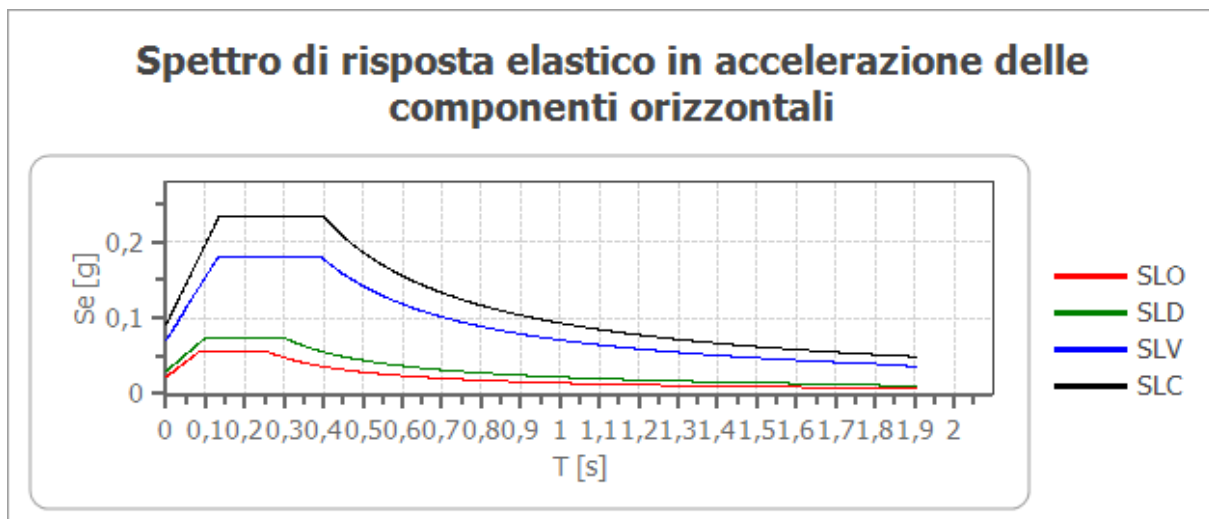
Categoria topografica:

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

Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,004	0,006	0,014	0,018
kv	0,002	0,003	0,007	0,009
amax [m/s ²]	0,218	0,288	0,691	0,894
Beta	0,200	0,200	0,200	0,200

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

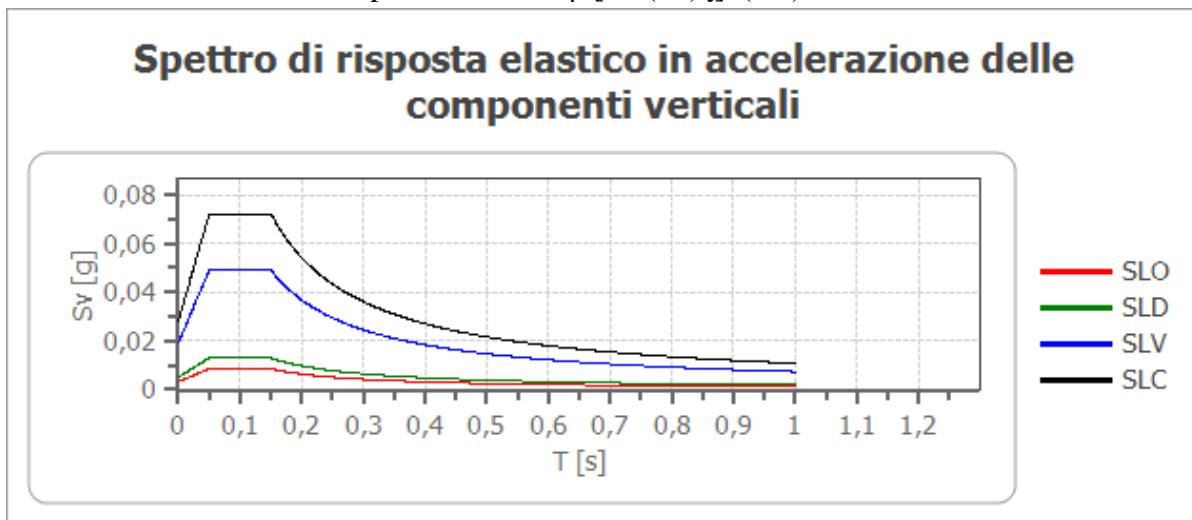


	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(T B) [g]
SLO	1,0	0,018	2,528	0,161	1,200	1,590	1,000	1,200	1,000	0,085	0,256	1,674	0,022	0,056
SLD	1,0	0,024	2,528	0,196	1,200	1,520	1,000	1,200	1,000	0,099	0,298	1,698	0,029	0,074
SLV	1,0	0,059	2,557	0,278	1,200	1,420	1,000	1,200	1,000	0,131	0,394	1,835	0,070	0,180
SLC	1,0	0,076	2,555	0,284	1,200	1,410	1,000	1,200	1,000	0,134	0,401	1,904	0,091	0,233

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso $\xi:5\%$

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	0,018	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	0,024	2,528	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	2,557	0,278	1	1,420	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,019	0,049
SLC	1,0	0,076	2,555	0,284	1	1,410	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,028	0,072

VERIFICA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI AD AZIONE SISMICA

La normativa prevede le seguenti condizioni geologiche che consentano l'esclusione da verifica a liquefazione come da paragrafo 7.11.3.4.2 delle NTC.

7.11.3.4.2 Esclusione della verifica a liquefazione

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

1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di $0,1g$;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{cIN} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{cIN} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

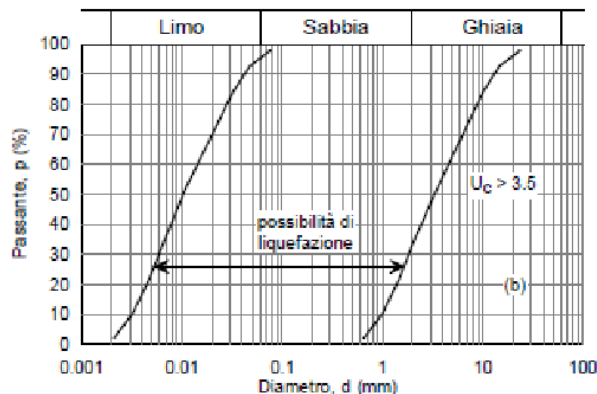
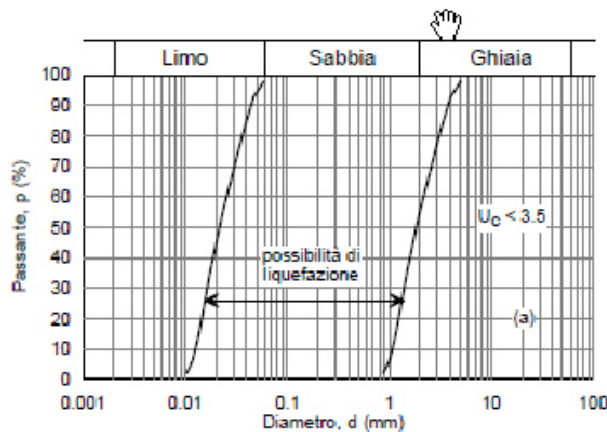


Figura 7.11.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione.

Quando le condizioni 1 e 2 non risultino soddisfatte, le indagini geotecniche devono essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 3, 4 e 5.

Per quanto riguarda gli aspetti sismici **la condizione di cui la punto (1) non risulta soddisfatta**, in quanto la magnitudo (M), 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.

Per quanto riguarda gli aspetti sismici **la condizione di cui la punto (2) risulta soddisfatta**, in quanto le accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) risultano inferiori a 0.1 g.

Per quanto riguarda gli aspetti idrogeologici **la condizione di cui la punto (3) non risulta soddisfatta**, in quanto la soggiacenza media della falda freatica è superiore a 15 metri.

Le verifiche geotecniche alla liquefazione condotte utilizzando sia i dati ottenuti dalla prova MASW sia dalle prove penetrometriche, non hanno riscontrato terreni suscettibili a liquefazione ad azione sismica, come indicato nei diagrammi e tabelle di calcolo di seguito riportati.

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

DATI INSERITI

H_{falda} = 9

a_{max}/g = 0,0885

R =
Mw = 5



TEORIE DI CALCOLO

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

STRATIGRAFIA TERRENO

S_{TOT.} N.C.

PRIMO STRATO		H ₁ = 7	SECONDO STRATO		H ₂ = 10,09
Parametri		Parametri calcolati	Parametri		Parametri calcolati
H ₁	= 7	γ_{H2O}	= 1,00	H ₂	= 10,09
γ	= 1,65	σ_{vo}	= 1,16	γ	= 1,8
V _S	= 200	σ_{vo}'	= 1,16	V _S	= 466,67
V _{S1C}	= 215	P.neutra	= 0,00	V _{S1C}	= 215
S ₁	= 7	Γ_d	= 0,95	S ₂	= 3,09
FC	= 2	K _C	= 0,80	FC	= 2
V _{S1}	= 192,92			V _{S1}	= 414,79
TERZO STRATO		H ₃ = 30			
Parametri		Parametri calcolati			
H ₃	= 30	γ_{H2O}	= 1,00		
γ	= 1,8	σ_{vo}	= 5,30		
V _S	= 900	σ_{vo}'	= 3,20		
V _{S1C}	= 215	P.neutra	= 2,10		
S ₃	= 19,91	Γ_d	= 0,38		
FC	= 2	K _C	= 0,8		
V _{S1}	= 673,17				

Committente: SOC EGEA

Riferimento: PROGETTO CENTRALE COGENERAZIONE AREA NORD

Località: ALESSANDRIA Prov.: AL

Oggetto: STUDIO GEOLOGICO

MENU PRINCIPALE

ANALISI
METODO

Da prova MASW

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(DA PROVE SISMICHE)



METODO DI ANDRUS E STOKOE (2000)

RISULTATI:

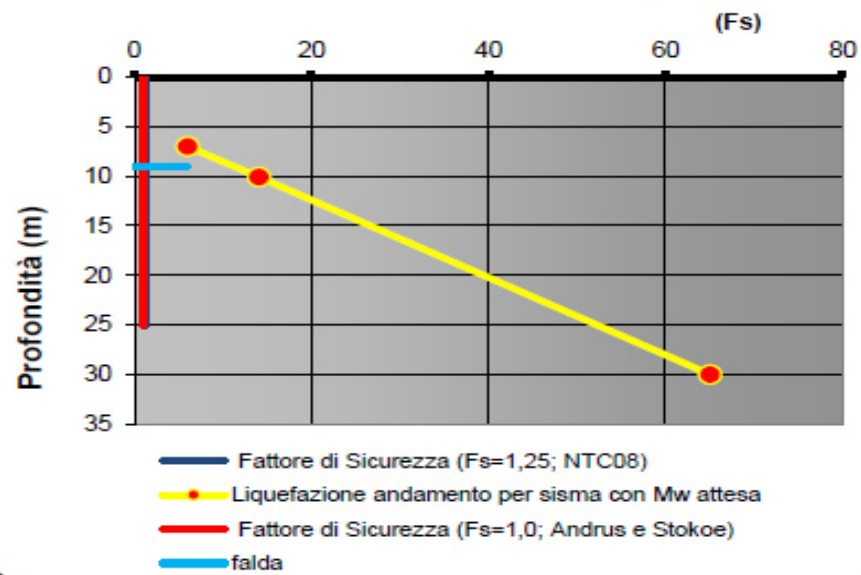
FORMULE:

		RISULTATI:				
		1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO		
$V_{s1} = V_s \cdot \left(\frac{1}{\sigma'_{vd}} \right)^{0,25}$		Spessore	7	3,09	19,91	
		V_{s1}	192,923	414,792	673,170	
$CRR = 0,022 \cdot \left(\frac{K_c \cdot V_{s1}}{100} \right)^2 + \frac{2,8}{(V_{s1c} - K_c \cdot V_{s1})} - \frac{2,8}{V_{s1c}}$		CRR	0,086	0,205	0,616	
$CSR = \frac{\tau_{av}}{\sigma'_{vo}} = 0,65 \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \cdot r_d \cdot \frac{1}{MSF}$	Mw = 5	CSR	0,014	0,015	0,009	
r_d			0,95	0,91	0,38	
1	$< F_s = CRR/CSR$	Mw = 5	F_s	5,988	14,046	65,021
				Assenza di Falda	Verificato	Verificato
1,25	$< F_s = CRR/CSR$	Mw = 5	$F_s (NTC08)$	5,988	14,046	65,021
				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	

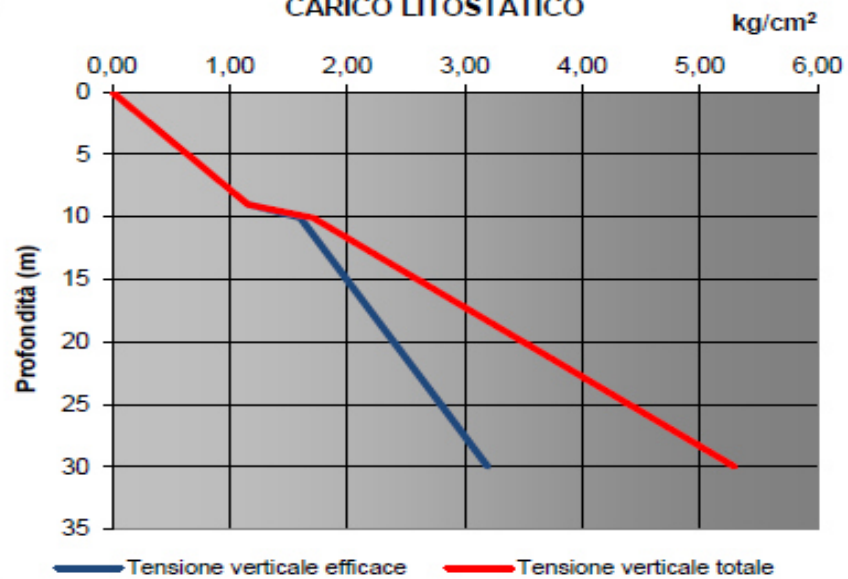
Committente: SOG EGEA
Riferimento: PROGETTO CENTRALE COGENERAZIONE AREA NORD CIM
Località: ALESSANDRIA **Prov.:** AL
Oggetto: STUDIO GEOLOGICO

STRATIGRAFIA 3

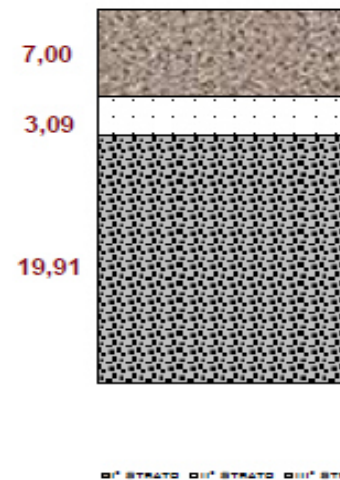
TEORIA DI ANDRUS E STOKOE (2000)



CARICO LITOSTATICO



COLONNA STRATIGRAFICA




Committente: SOC EGEEA
Riferimento: PROGETTO CENTRALE COGENERAZIONE AREA NORD
Località: ALESSANDRIA Prov.: AL
Oggetto: STUDIO GEOLOGICO



ANALISI

Metodi che utilizzano	Fattore di sicurezza		Magnitudo di riferimento (Mw)	Indice del Potenziale di Liquefazione (PL)	Rischio liquefazione Iwasaki et al. (1978)
	Fs (Autore)	NTC08			
Prove Sismiche (Vs)					
Andrus e Stokoe (2000)	> 1,0	>1,25	5	0,000	Molto Basso

STRATIGRAFIA 3

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE			
DATI INSERITI		R = 10	
H _{falda} = 9	a _{max} /g = 0,0885	M _w = 5	
STRATIGRAFIA TERRENO		S _{TOT.} = 14,00	
PRIMO STRATO		SECONDO STRATO	
H ₁ = 2,4		H ₂ = 5,6	
Parametri da inserire	Parametri calcolati	Parametri da inserire	Parametri calcolati
H ₁ = 2,4	γ _{H2O} = 1,00	H ₂ = 5,6	γ _{H2O} = 1,00
γ = 1,742	σ _{vo} = 0,42	γ = 1,717	σ _{vo} = 0,96
N _{SPT} = 4,08	σ _{vo'} = 0,42	N _{SPT} = 2,62	σ _{vo'} = 0,96
d ₅₀ = 0,04	P.neutra = 0,00	d ₅₀ = 0,04	P.neutra = 0,00
S ₁ = 2,4	r _d = 0,98	S ₂ = 3,2	r _d = 0,96
FC = 2	N _i = 0,00	FC = 2	N _i = 0,00
	N _e = 7,5		N _e = 7,5
TERZO STRATO		QUARTO STRATO	
H ₃ = 8,2		H ₄ = 14	
Parametri da inserire	Parametri calcolati	Parametri da inserire	Parametri calcolati
H ₃ = 8,2	γ _{H2O} = 1,00	H ₄ = 14	γ _{H2O} = 1,00
γ = 1,8	σ _{vo} = 1,48	γ = 1,8	σ _{vo} = 2,52
N _{SPT} = 25,07	σ _{vo'} = 1,48	N _{SPT} = 13,27	σ _{vo'} = 2,02
d ₅₀ = 0,04	P.neutra = 0,00	d ₅₀ = 0,04	P.neutra = 0,50
S ₃ = 2,6	r _d = 0,94	S ₃ = 5,8	r _d = 0,80
FC = 2	N _i = 0,00	FC = 2	N _i = 0,00
	N _e = 7,5		N _e = 7,5
TEORIE DI CALCOLO			
Tokimatsu and Yoshimi (1983)			
Boulanger and Idrissi (2004)			
Youd e Idriss (2001)			
Seed et al. (1985)			
Yegian e Whitman (1978)			
Seed e Idriss (1982)			
Rauch (1998)			
Iwasaki et al. (1984)			
Eurocodice 8			
Committente: SOC EGEA			
Riferimento: PROGETTO CENTRALE COGENERAZIONE AREA NORD CIMIT			
Località: ALESSANDRIA		Prov.: AL	
Oggetto: STUDIO GEOLOGICO			
MENU PRINCIPALE		(N1)60	
CONFRONTO METODI			

Da prova penetrometrica dinamica (P1)

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(DA PROVE DINAMICHE SPT)

METODO DI SEED ET AL. (1985)



FORMULE:

$$CRR = \frac{a + c \cdot N + e \cdot N^2 + g \cdot N^3}{1 + b \cdot N + d \cdot N^2 + f \cdot N^3 + h \cdot N^4}$$

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

RISULTATI:

	1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO	4° STRATO
Spessore	2,4	3,2	2,6	5,8

CRR	0,062	0,053	0,191	0,093
-----	-------	-------	-------	-------

M = 5	CSR	0,015	0,014	0,014	0,015
-------	-----	-------	-------	-------	-------

r_d	0,98	0,96	0,94	0,80
-------	------	------	------	------

1	< $F_s = CRR/CSR$	M = 5	F_s	4,164	3,646	13,504	6,185
				Verificato	Verificato	Verificato	Verificato

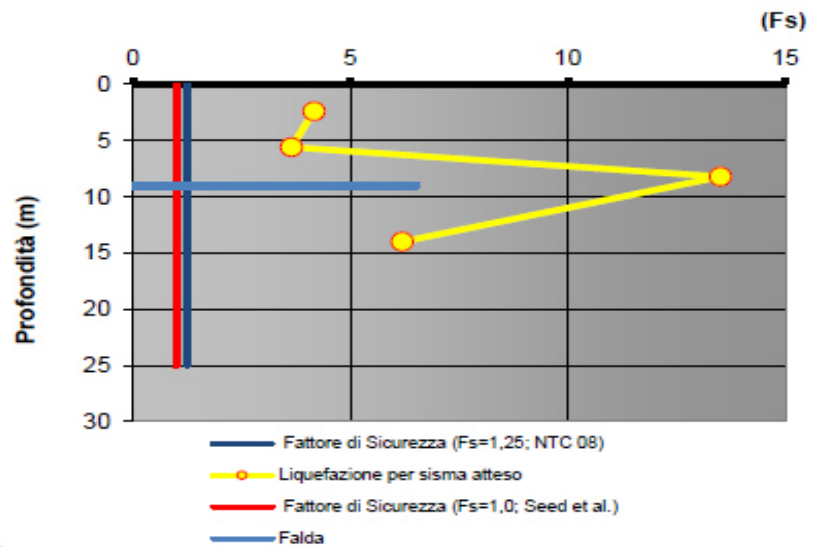
1,25	< $F_s = CRR/CSR$	M = 5	$F_s (NTC 08)$	4,164	3,646	13,504	6,185
				Verificato	Verificato	Verificato	Verificato

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

Committente: SOG EGEA
Riferimento: PROGETTO CENTRALE COGENERAZIONE AREA NORD CIMITERO
Località: ALESSANDRIA **Prov.:** AL
Oggetto: STUDIO GEOLOGICO

STRATIGRAFIA 4

TEORIA DI SEED ET AL. (1985)



CARICO LITOSTATICO

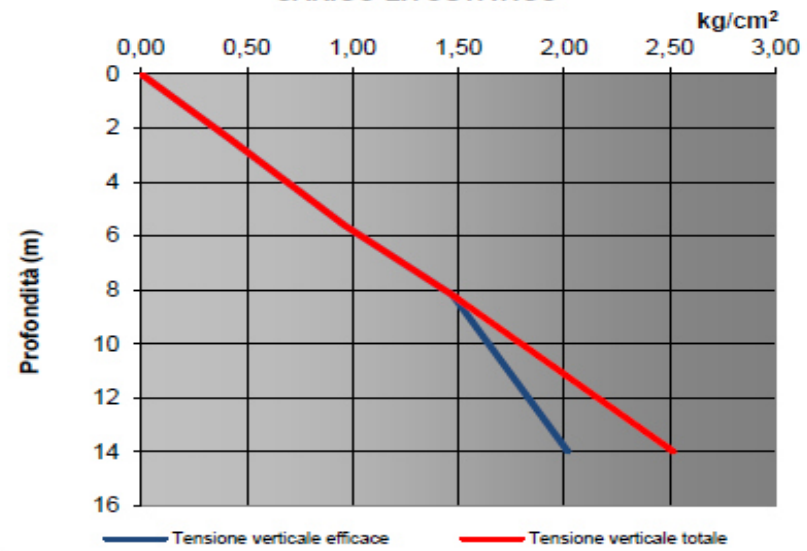
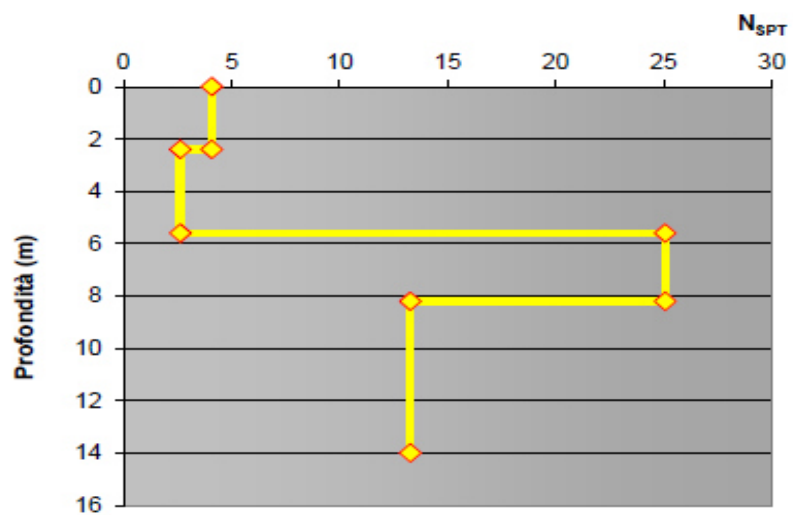
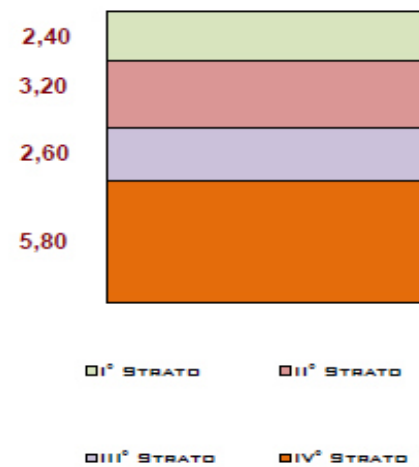


DIAGRAMMA PROVA SPT



COLONNA STRATIGRAFICA



Committente: SOC EGEA
 Riferimento: PROGETTO CENTRALE COGENERAZIONE AREA NORD GIMTERO
 Località: ALESSANDRIA Prov.: AL
 Oggetto: STUDIO GEOLOGICO

ANALISI E CONFRONTO FRA LE DIVERSE METODOLOGIE

Metodi che utilizzano	Fattore di sicurezza		Magnitudo di riferimento (M _w)	Indice del Potenziale di Liquefazione (IP _L)	Rischio liquefazione Iwasaki et al. (1978)
	Fs (Autore)	NTC 2008			
Prove Penetrometriche dinamiche (SPT)					
Youd and Idriss (2001)	> 1,3	>1,25	5	#VALORE!	#VALORE!
Iwasaki et al. (1978;1984)	> 1,0	>1,25	5	0,000	Molto Basso
Boulanger and Idriss (2004)	> 1,0	>1,25	5	0,000	Molto Basso
Seed and Idriss (1982)	> 1,3	>1,25	5	#VALORE!	#VALORE!
Seed et al. (1985)	> 1,0	>1,25	5	0,000	Molto Basso
Rauch (1998)	> 1,0	>1,25	5	0,000	Molto Basso
Eurocodice 8	> 1,0	>1,25	5	Mw<5.5	Non Definibile per M<5.5

Metodi che utilizzano	Fattore di sicurezza (Autore)	Magnitudo di riferimento (M _w)	Livello stratigrafico interessato	Indice di Liquefazione Potenziale (IL _p)	Possibilità di liquefazione
Yegian e Whitman (1978)	< 1,0	5	1° Strato	0,605	Verificato
			2° Strato	0,614	Verificato
			3° Strato	0,586	Verificato
			4° Strato	0,731	Non Liquefacibile

(N1)60

STRATIGRAFIA 4

3.0 Prove penetrometriche dinamiche

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 20 e 23 novembre 2015 nell'area oggetto d'indagine dove verrà realizzata la centrale di cogenerazione in progetto, sono state effettuate n.7 prove penetrometriche dinamiche, come indicato nella planimetria allegata.

Prove dinamiche (metodologia ed attrezzatura)

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infissione di una punta conica montata su una batteria di aste per tratti consecutivi di 20 cm, misurando il numero di colpi N20 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 geotecnici del terreno è stata supportata mediante le seguenti correlazioni, riferite al numero di colpi N_{spt} (Standard Penetrometion Test in foro):

$$1) N_{Spt} = 1,50 \times N_{20}$$

dove:

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;

$$3) Rl = Rp / (C1 \times K2 + C2)$$

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;

E' stato calcolato inoltre, attraverso le formule sperimentali degli "Olandesi", il valore della resistenza dinamica del terreno all'avanzamento delle aste, mediante la seguente relazione:

$$\text{Resistenza dinamica} = \frac{(M^2 \times H)}{A \times h \times (M+m)} \times N20$$

dove:

M = peso della mazza battente (63,50 Kg);

H = altezza di volata della mazza (75,00 cm);

A = superficie della punta penetrometrica (20,00 cm²);

h = affondamento costante delle aste di battuta (20,00 cm);

m = numero delle aste alle varie quote di misura + il peso unitario delle singole aste di lunghezza di 1,00 m corrispondente a 6,50 kg;

N = numero dei colpi registrati per ogni tratto costante di 20,00 cm.

I valori 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.

PARAMETRI GEOTECNICI DEL TERRENO

Il programma di calcolo ha permesso inoltre di calcolare: 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 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:

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

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

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

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 pènètromètrè statique et la compressibilitè 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:

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

dove:

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

$C_h = 0,2$;

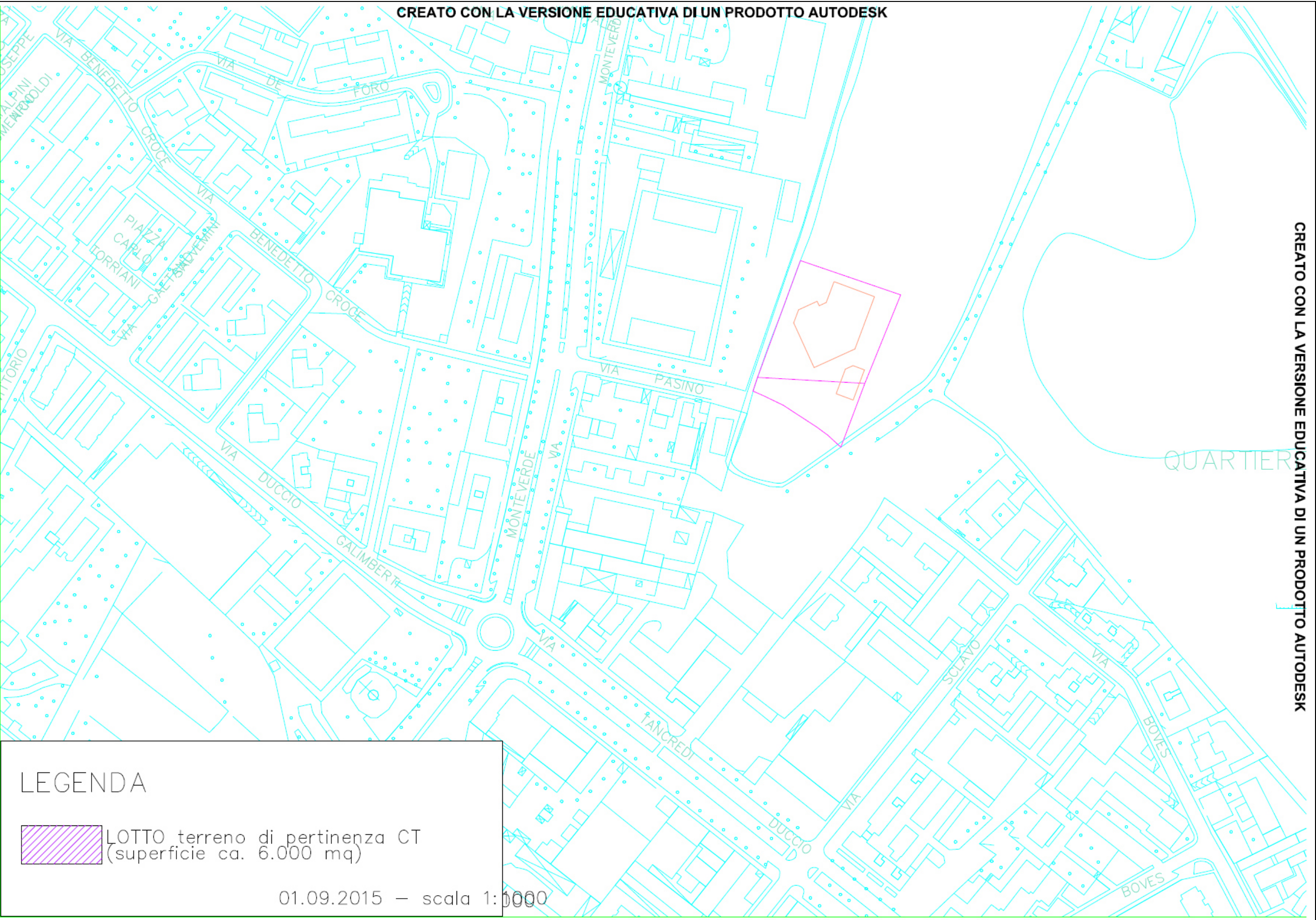
$C_k = 1$ per terreni argillosi;

$C_k = 4$ per terreni sabbiosi e ghiaiosi;

CREATO CON LA VERSIONE EDUCATIVA DI UN PRODOTTO AUTODESK

CREATO CON LA VERSIONE EDUCATIVA DI UN PRODOTTO AUTODESK

CREATO CON LA VERSIONE EDUCATIVA DI UN PRODOTTO AUTODESK

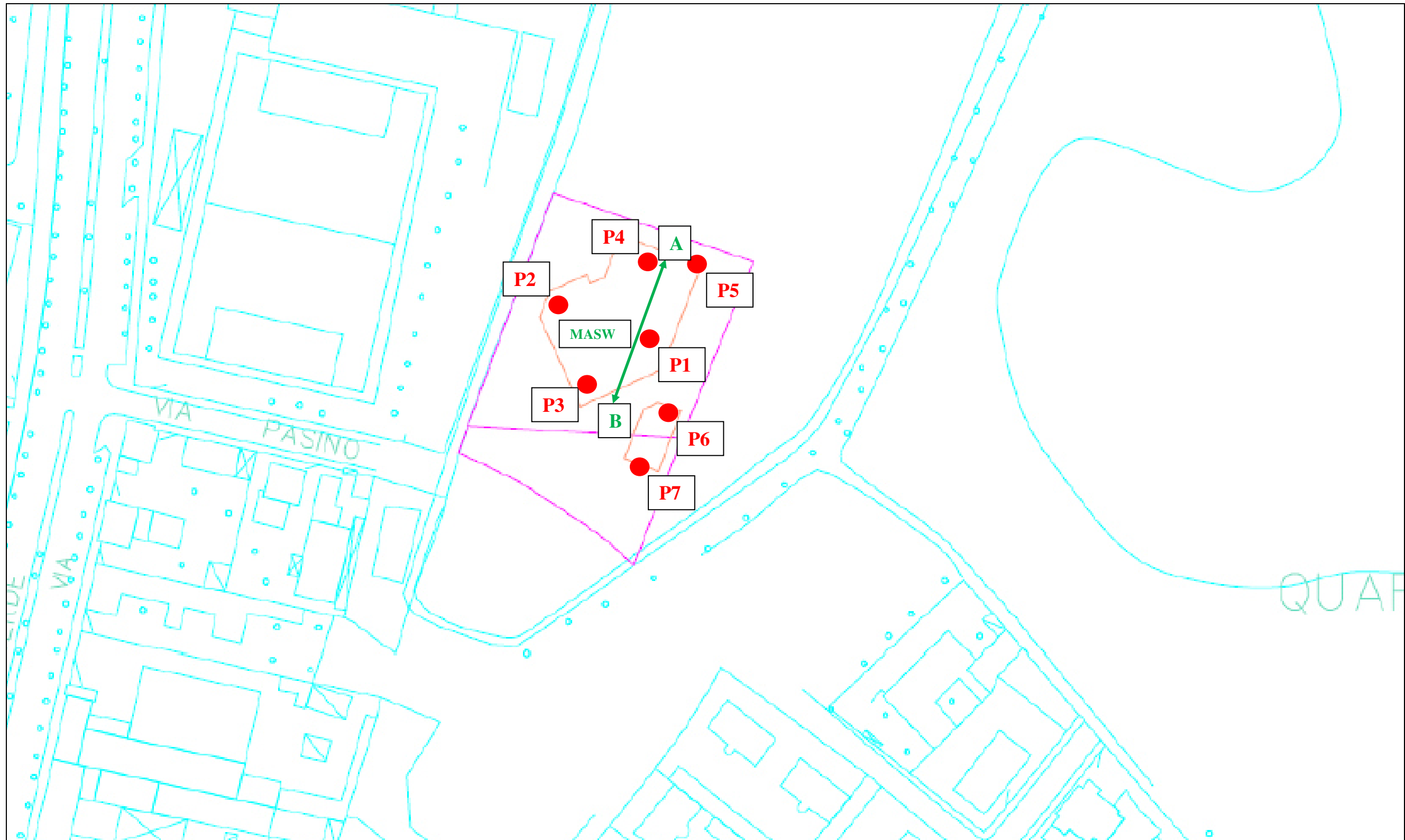


LEGENDA

 LOTTO terreno di pertinenza CT
(superficie ca. 6.000 mq)

01.09.2015 — scala 1:1000

CREATO CON LA VERSIONE EDUCATIVA DI UN PRODOTTO AUTODESK



Planimetria area d'indagine con ubicazione delle prove penetrometriche (P1-P7) e della prova sismica MASW



Penetrometro dinamico PAGANI TG-63 -100 Kn
Centrale EGEA IN PROGETTO Comune di Alessandria PIAZZALE
A.M.A.G. in fregio a Via Pasino e campo sportivo



Penetrometro dinamico PAGANI TG-63 -100 Kn
Centrale EGEA IN PROGETTO Comune di Alessandria PIAZZALE
A.M.A.G. in fregio a Via Pasino e campo sportivo



Penetrometro dinamico PAGANI TG-63 -100 Kn
Centrale EGEA IN PROGETTO Comune di Alessandria PIAZZALE
A.M.A.G. in fregio a Via Pasino e campo sportivo

COMUNE DI ALESSANDRIA AREA NORD IN PROGETTO (piazzale A.M.A.G. ex AMIU - Via Pasino)

Prova penetrometrica dinamica P1 - area centrale teleriscaldamento in progetto

penetrometro TG 63,5 -100 - KN dinamico super-pesante PAGANI		
P = peso del maglio 63,5 Kg	piano campagna (posa penetrometro)	
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: 20 novembre 2015		
profondità dal p.c.	colpi	Rd
(metri)	DPHS N20	Kg/cmq
Falda idrica: -9,00 metri dal p.c.		

profondità dal p.c. (metri)	colpi DPHS N20	Rd Kg/cmq
0,2	13	140,4
0,4	5	54
0,6	2	21,6
0,8	2	19,77
1	2	19,77
1,2	2	19,77
1,4	3	29,65
1,6	2	18,22
1,8	6	54,65
2	4	36,44
2,2	3	27,33
2,4	5	42,24
2,6	3	25,34
2,8	3	25,34
3	3	25,34
3,2	2	15,75
3,4	2	15,75
3,6	2	15,75
3,8	2	15,75
4	2	14,75
4,2	2	14,75
4,4	3	22,13
4,6	3	22,13
4,8	3	20,81
5	3	20,81
5,2	3	20,81
5,4	3	20,81
5,6	3	19,64
5,8	6	39,28
6	26	170,2
6,2	31	202,9
6,4	32	198,3
6,6	32	198,3
6,8	25	154,9
7	23	142,5
7,2	30	176,5
7,4	32	188,3
7,6	22	129,4
7,8	30	176,5
8	24	141,2
8,2	13	72,8
8,4	5	28
8,6	12	67,2
8,8	7	37,4
9	6	32,06
9,2	11	58,77
9,4	16	85,49
9,6	22	112,4
9,8	18	91,95
10	18	91,95
10,2	17	86,84
10,4	15	73,4
10,6	9	44,04
10,8	7	34,25
11	7	34,25
11,2	18	84,53
11,4	10	46,96
11,6	10	46,96
11,8	8	37,57
12	13	58,68
12,2	21	94,79
12,4	15	67,71
14,6	7	31,6
12,8	9	39,11
13	9	39,11
13,2	8	34,76
13,4	6	25,13
13,6	24	100,5
13,8	27	113,1
14	30	125,7

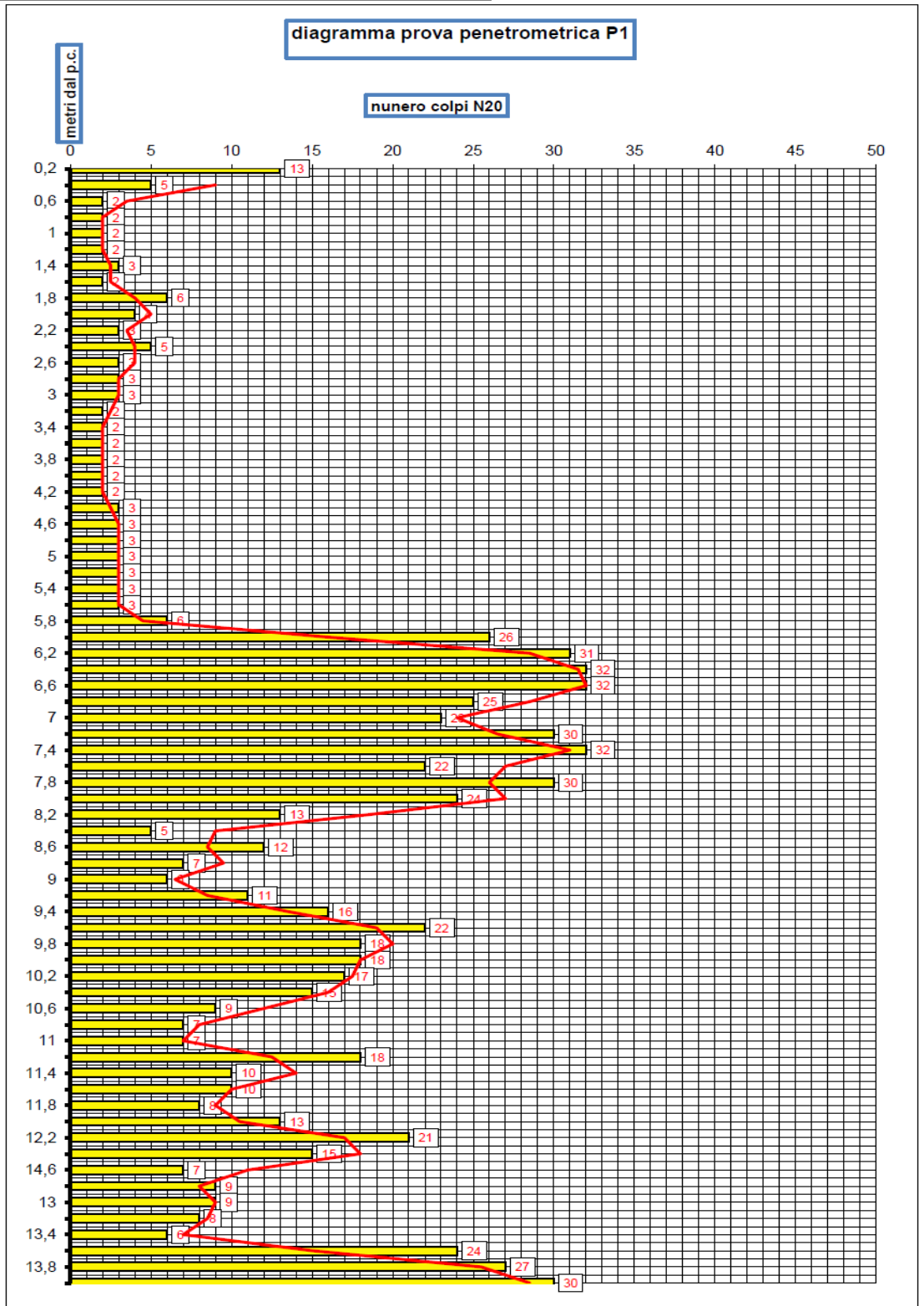
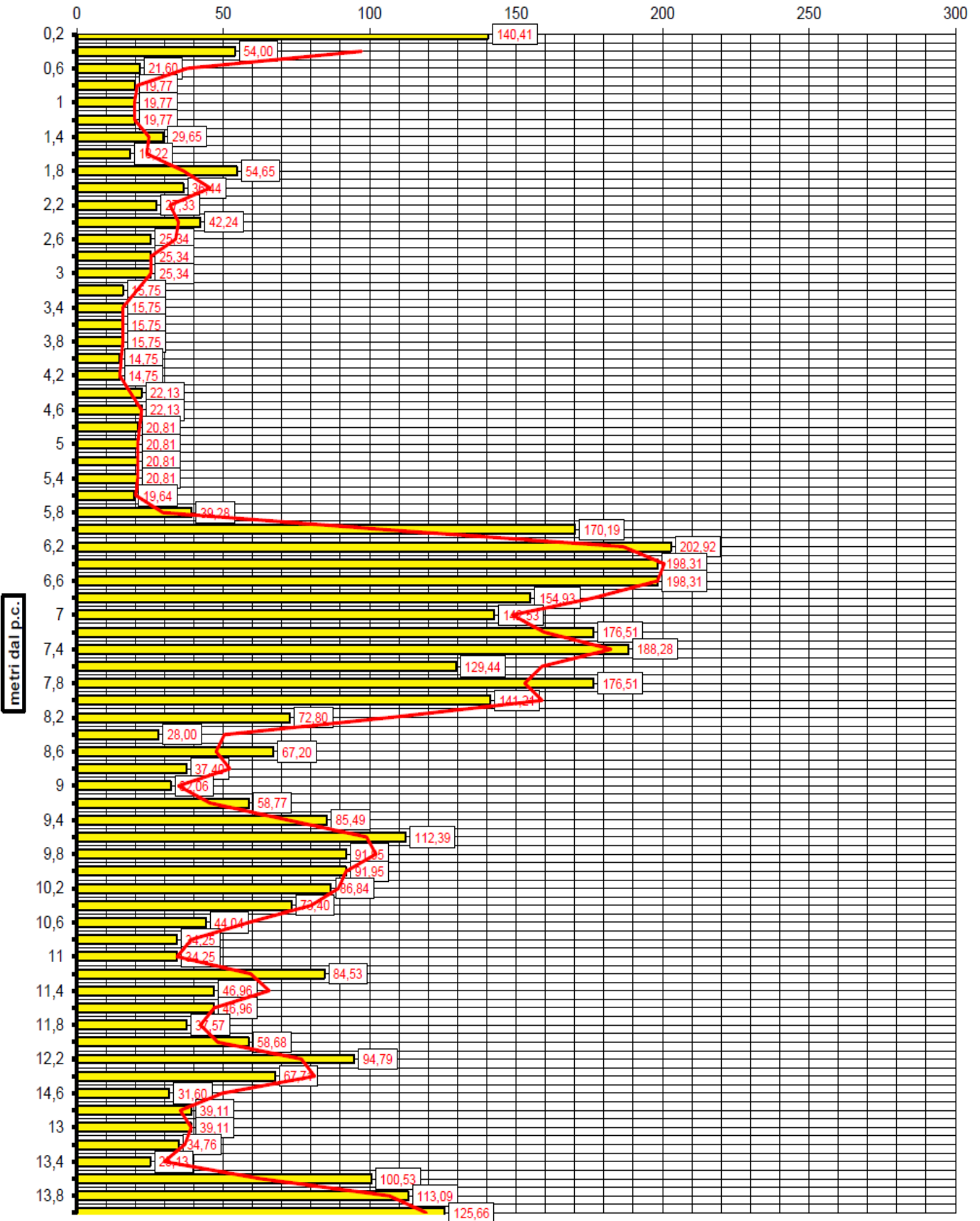


diagramma prova penetrometrica P1

resistenza dinamica del terreno avanzamento delle aste (Kg/cmq)



COMUNE DI ALESSANDRIA AREA NORD IN PROGETTO (piazzale A.M.A.G. ex AMIU - Via Pasino)**Prova penetrometrica dinamica P2 - area centrale teleriscaldamento in progetto**

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

P = peso del maglio 63,5 Kg | piano campagna (posa penetrometro)

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: 20 novembre 2015**

profondità dal p.c. (metri)	colpi DPHS N20	Rd Kg/cmq	Falda idrica: non riscontrata
0,2	20	216	
0,4	9	97,21	
0,6	21	226,8	
0,8	21	207,5	
1	8	79,06	
1,2	7	69,18	
1,4	5	49,41	
1,6	4	36,44	
1,8	3	27,33	
2	5	45,54	
2,2	4	36,44	
2,4	2	16,89	
2,6	3	25,34	
2,8	3	25,34	
3	5	42,24	
3,2	4	31,5	
3,4	3	23,63	
3,6	3	23,63	
3,8	3	23,63	
4	3	22,13	
4,2	3	22,13	
4,4	2	14,75	
4,6	2	14,75	
4,8	2	13,87	
5	3	20,81	
5,2	2	13,87	
5,4	2	13,87	
5,6	3	19,64	
5,8	3	19,64	
6	4	26,18	
6,2	4	26,18	
6,4	4	24,79	
6,6	14	86,76	
6,8	15	92,96	
7	31	192,1	
7,2	45	264,8	
7,4	50	294,2	

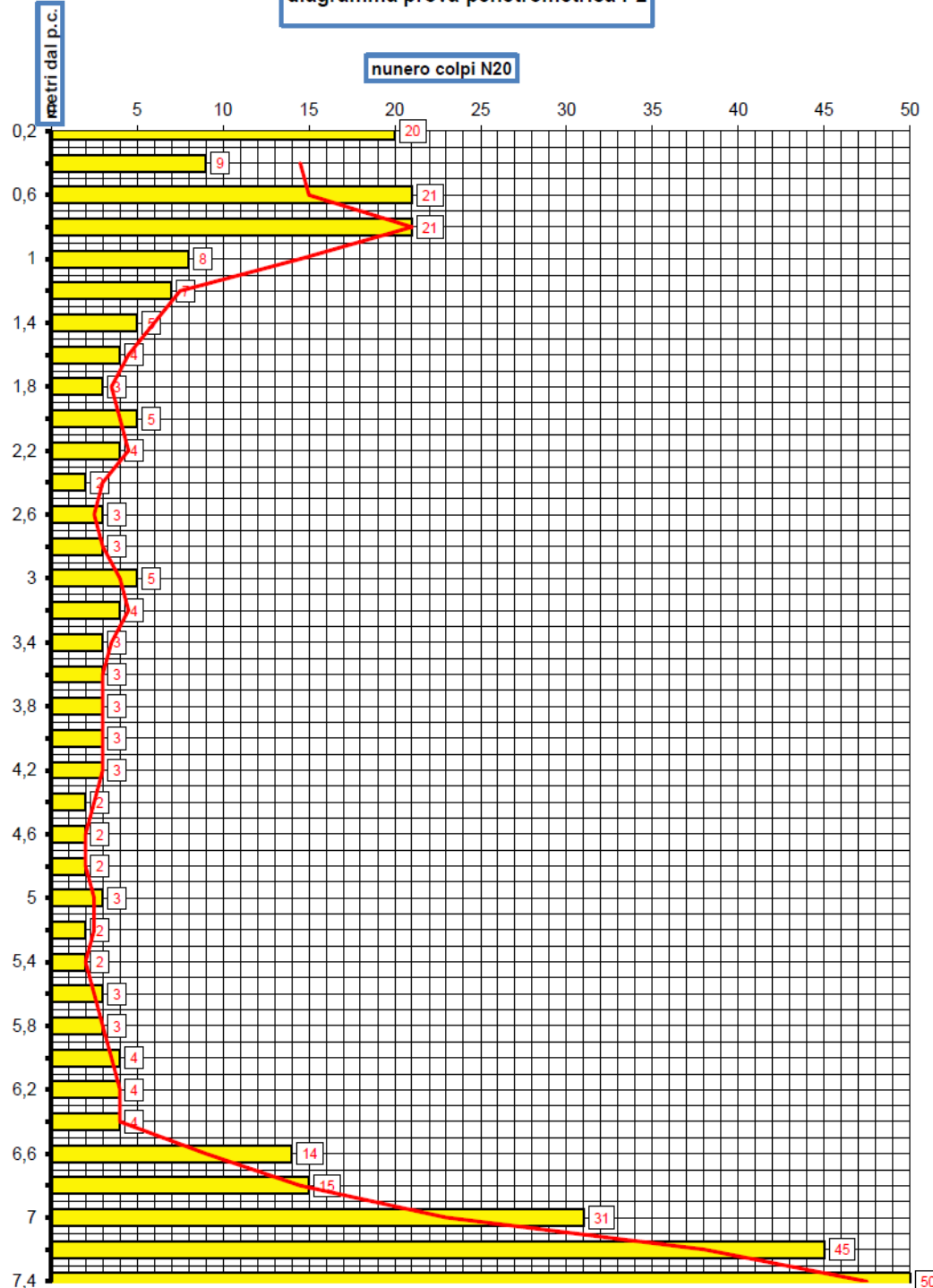
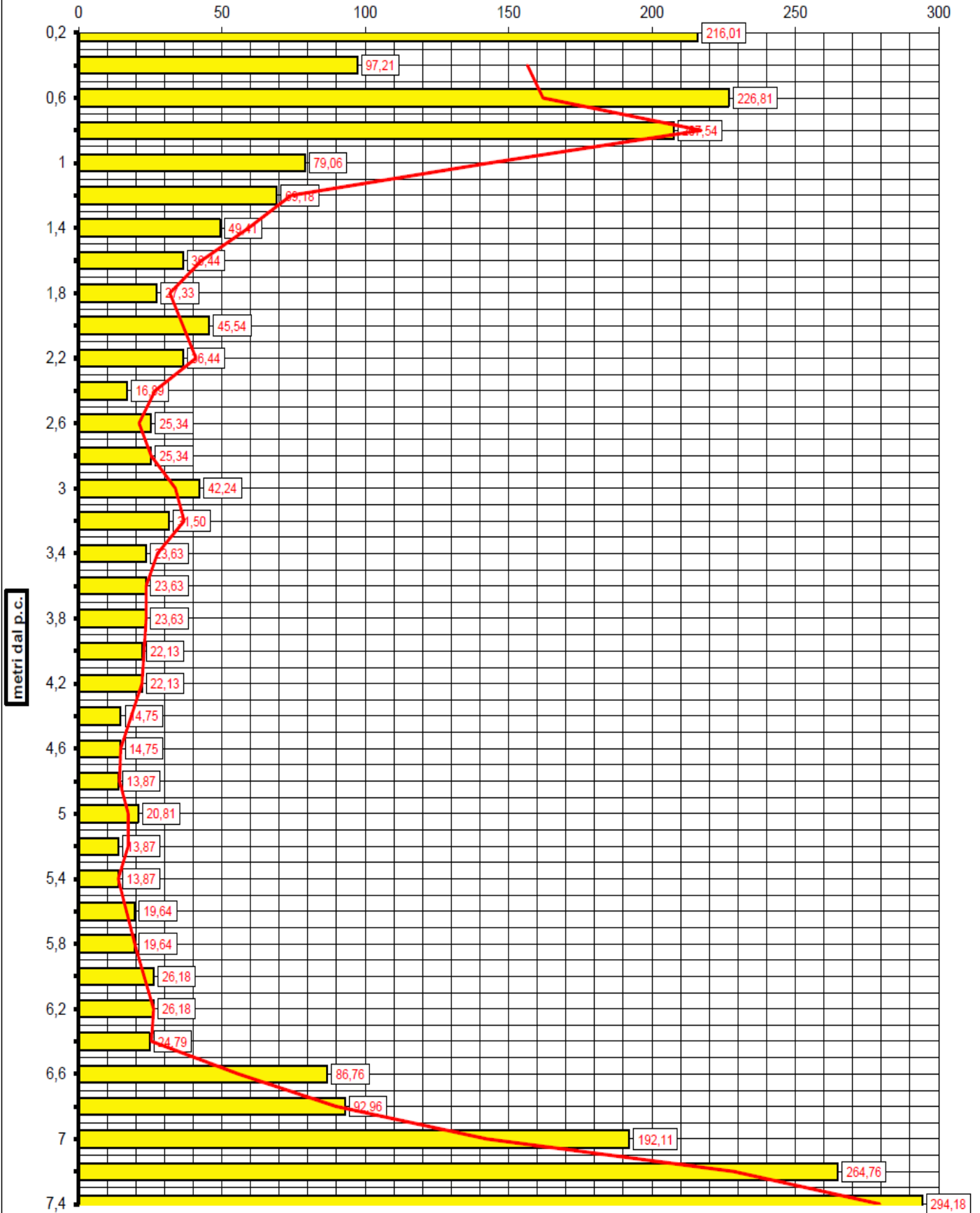
diagramma prova penetrometrica P2rifiuto avanzamento delle aste
del penetrometro

diagramma prova penetrometrica P2

resistenza dinamica del terreno avanzamento delle aste (Kg/cmq)



COMUNE DI ALESSANDRIA AREA NORD IN PROGETTO (piazzale A.M.A.G. ex AMIU - Via Pasino)**Prova penetrometrica dinamica P3 - area centrale teleriscaldamento in progetto**

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

P = peso del maglio 63,5 Kg | piano campagna (posa penetrometro)

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: 23 novembre 2015**

profondità dal p.c. (metri)	colpi DPHS N20	Rd Kg/cmq	Falda idrica: non riscontrata
0,2	20	216	
0,4	13	140,4	
0,6	5	54	
0,8	3	29,65	
1	3	29,65	
1,2	2	19,77	
1,4	2	19,77	
1,6	2	18,22	
1,8	2	18,22	
2	2	18,22	
2,2	2	18,22	
2,4	2	16,89	
2,6	2	16,89	
2,8	2	16,89	
3	3	25,34	
3,2	3	23,63	
3,4	2	15,75	
3,6	2	15,75	
3,8	2	15,75	
4	2	14,75	
4,2	3	22,13	
4,4	2	14,75	
4,6	2	14,75	
4,8	3	20,81	
5	4	27,74	
5,2	5	34,68	
5,4	5	34,68	
5,6	5	32,73	
5,8	5	32,73	
6	6	39,28	
6,2	11	72	
6,4	11	68,17	
6,6	11	68,17	
6,8	16	99,15	
7	29	179,7	
7,2	37	217,7	
7,4	49	288,3	
7,6	50	294,2	

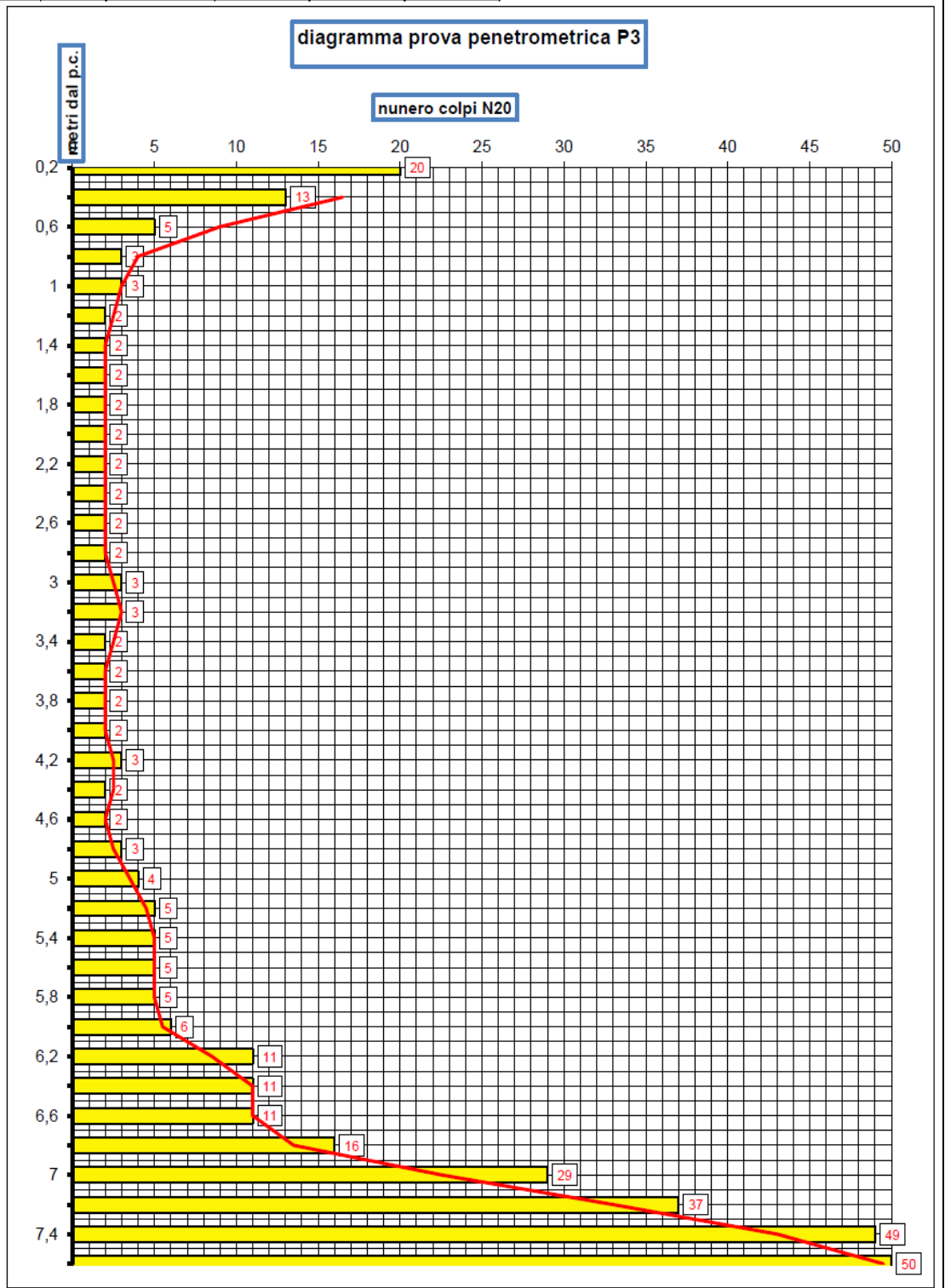
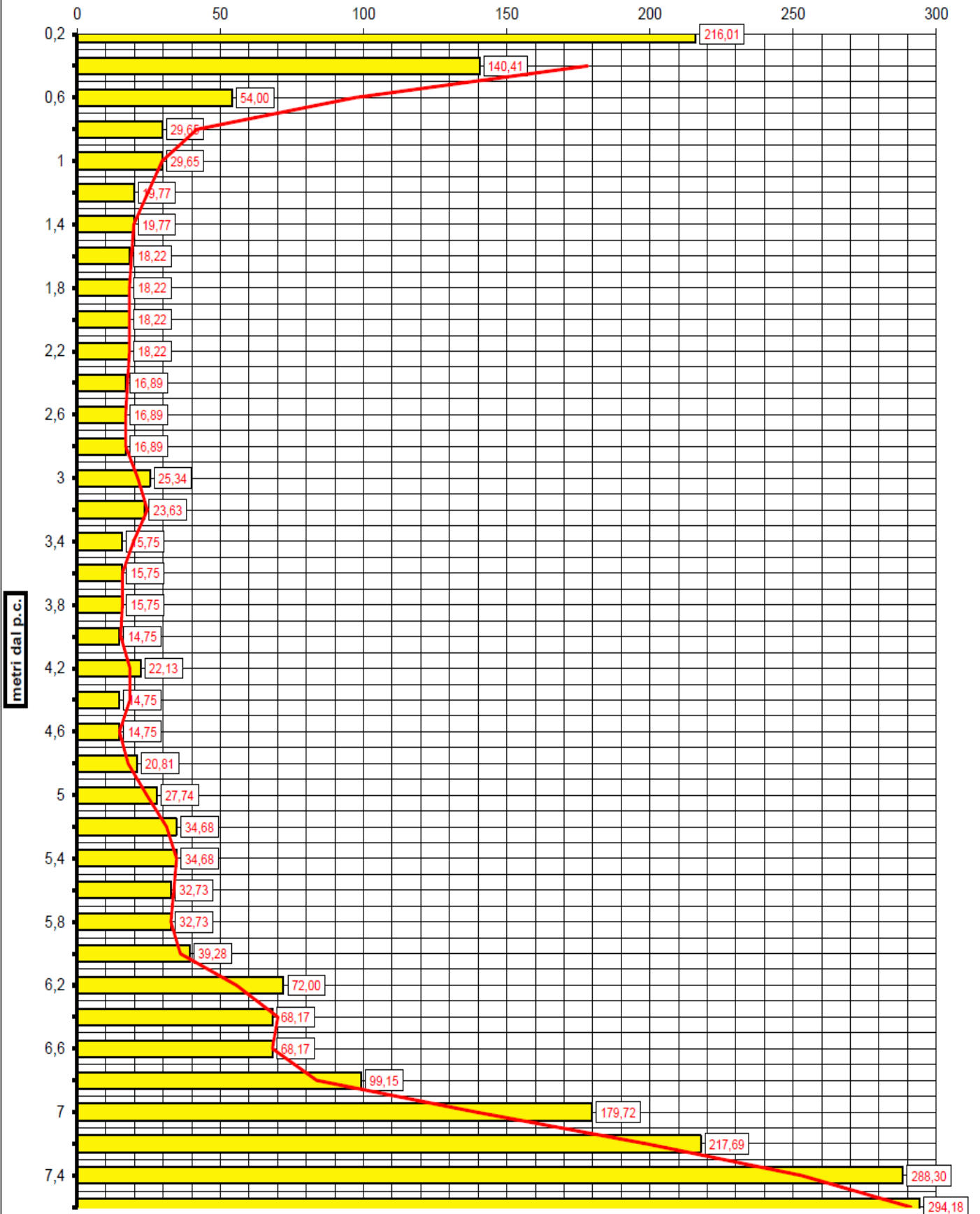
rifiuto avanzamento delle aste
del penetrometro

diagramma prova penetrometrica P3

resistenza dinamica del terreno avanzamento delle aste (Kg/cmq)



COMUNE DI ALESSANDRIA AREA NORD IN PROGETTO (piazzale A.M.A.G. ex AMIU - Via Pasino)**Prova penetrometrica dinamica P4- area centrale teleriscaldamento in progetto**

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

P = peso del maglio 63,5 Kg piano campagna (posa penetrometro)

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 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: 20 novembre 2015

profondità dal p.c. (metri)	colpi DPHS N20	Rd Kg/cmq	Falda idrica: -9,00 metri dal p.c.
0,2	30	324	
0,4	22	237,6	
0,6	2	21,6	
0,8	7	69,18	
1	3	29,65	
1,2	13	128,5	
1,4	11	108,7	
1,6	3	27,33	
1,8	5	45,54	
2	2	18,22	
2,2	5	45,54	
2,4	2	16,89	
2,6	2	16,89	
2,8	2	16,89	
3	3	25,34	
3,2	2	15,75	
3,4	2	15,75	
3,6	2	15,75	
3,8	2	15,75	
4	2	14,75	
4,2	2	14,75	
4,4	2	14,75	
4,6	2	14,75	
4,8	2	13,87	
5	3	20,81	
5,2	3	20,81	
5,4	3	20,81	
5,6	3	19,64	
5,8	3	19,64	
6	3	19,64	
6,2	3	19,64	
6,4	3	18,59	
6,6	4	24,79	
6,8	9	55,77	
7	16	99,15	
7,2	12	70,6	
7,4	10	58,84	
7,6	17	100	
7,8	19	111,8	
8	19	111,8	
8,2	16	89,61	
8,4	15	84,01	
8,6	20	112	
8,8	16	85,49	
9	20	106,9	
9,2	21	112,2	
9,4	25	133,6	
9,6	23	117,5	
9,8	19	97,06	
10	18	91,95	
10,2	12	61,3	
10,4	12	58,72	
10,6	10	48,94	
10,8	8	39,15	
11	8	39,15	
11,2	6	28,18	
11,4	6	28,18	
11,6	6	28,18	
11,8	6	28,18	
12	6	27,08	
12,2	3	13,54	
12,4	5	22,57	
14,6	7	31,6	
12,8	11	47,8	
13	13	56,49	
13,2	13	56,49	
13,4	18	75,4	
13,6	18	75,4	
13,8	19	79,58	
14	20	83,77	

diagramma prova penetrometrica P4

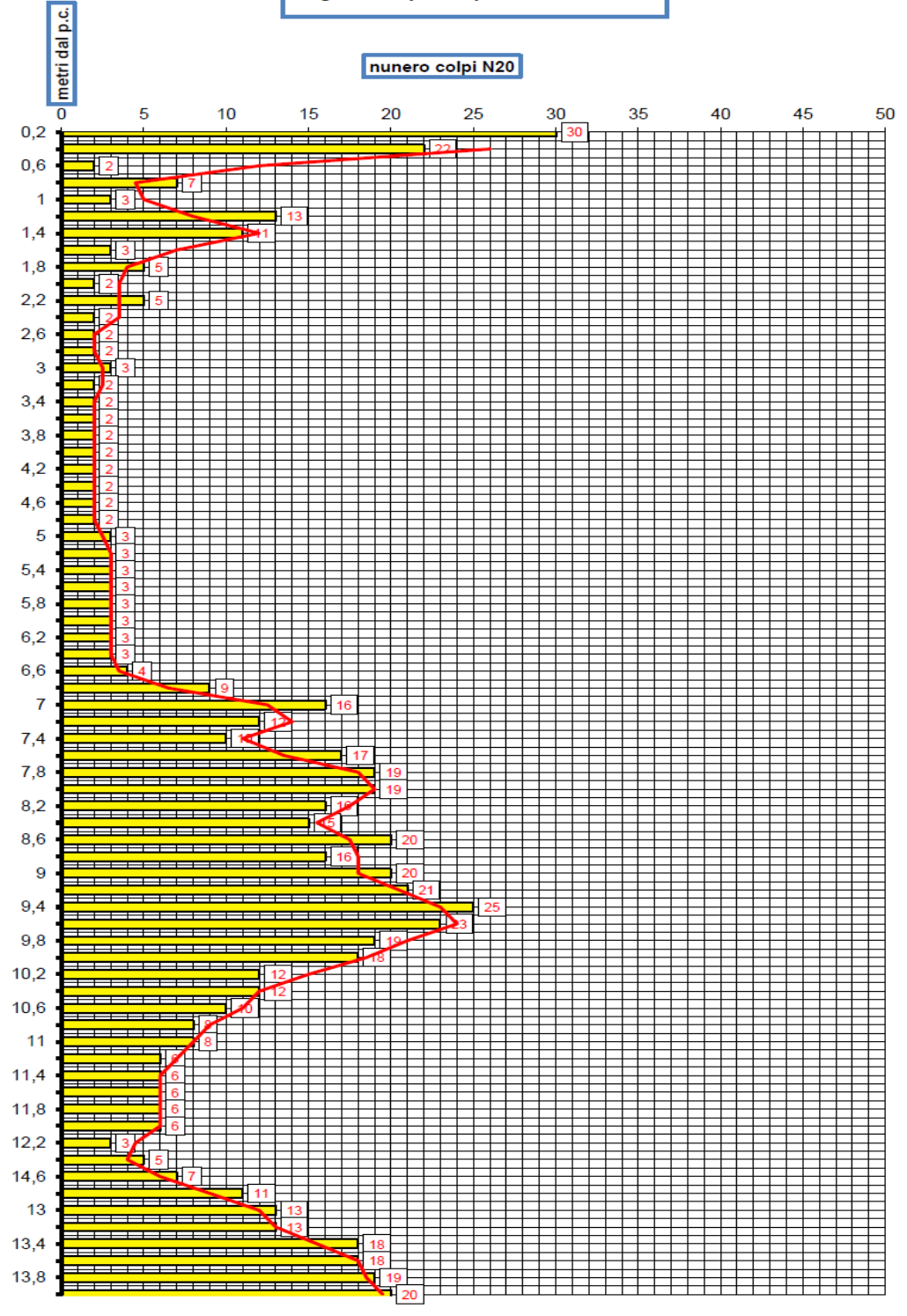
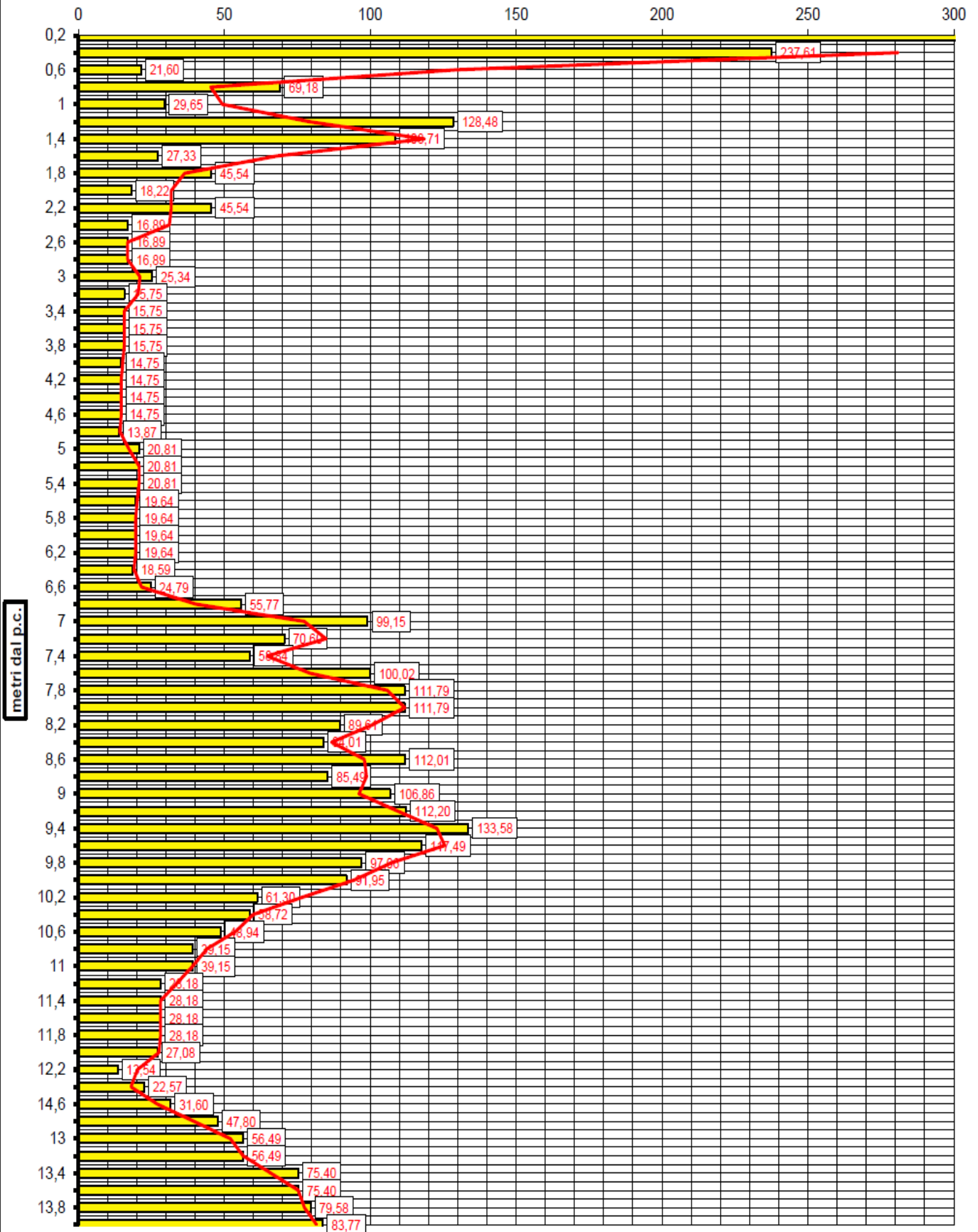


diagramma prova penetrometrica P4

resistenza dinamica del terreno avanzamento delle aste (Kg/cmq)



COMUNE DI ALESSANDRIA AREA NORD IN PROGETTO (piazzale A.M.A.G. ex AMIU - Via Pasino)**Prova penetrometrica dinamica P5- area centrale teleriscaldamento in progetto**

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

P = peso del maglio 63,5 Kg piano campagna (posa penetrometro)

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: 20 novembre 2015

profondità dal p.c. colpi Rd Falda idrica: -9,00 metri dal p.c.

(metri) DPHS N20 Kg/cmq

profondità dal p.c. (metri)	colpi DPHS N20	Rd Kg/cmq
0,2	20	216
0,4	10	108
0,6	4	43,2
0,8	3	29,65
1	3	29,65
1,2	5	49,41
1,4	9	88,95
1,6	14	127,5
1,8	7	63,76
2	5	45,54
2,2	8	72,87
2,4	3	25,34
2,6	2	16,89
2,8	3	25,34
3	2	16,89
3,2	3	23,63
3,4	3	23,63
3,6	2	15,75
3,8	2	15,75
4	1	7,376
4,2	2	14,75
4,4	3	22,13
4,6	3	22,13
4,8	3	20,81
5	3	20,81
5,2	4	27,74
5,4	3	20,81
5,6	3	19,64
5,8	3	19,64
6	5	32,73
6,2	10	65,46
6,4	12	74,37
6,6	9	55,77
6,8	12	74,37
7	29	179,7
7,2	36	211,8
7,4	26	153
7,6	20	117,7
7,8	18	105,9
8	14	82,37
8,2	10	56
8,4	6	33,6
8,6	5	28
8,8	28	149,6
9	27	144,3
9,2	28	149,6
9,4	29	154,9
9,6	28	143
9,8	27	137,9
10	23	117,5
10,2	19	97,06
10,4	11	53,83
10,6	17	83,19
10,8	11	53,83
11	12	58,72
11,2	19	89,22
11,4	31	145,6
11,6	39	183,1
11,8	50	234,8

diagramma prova penetrometrica P5

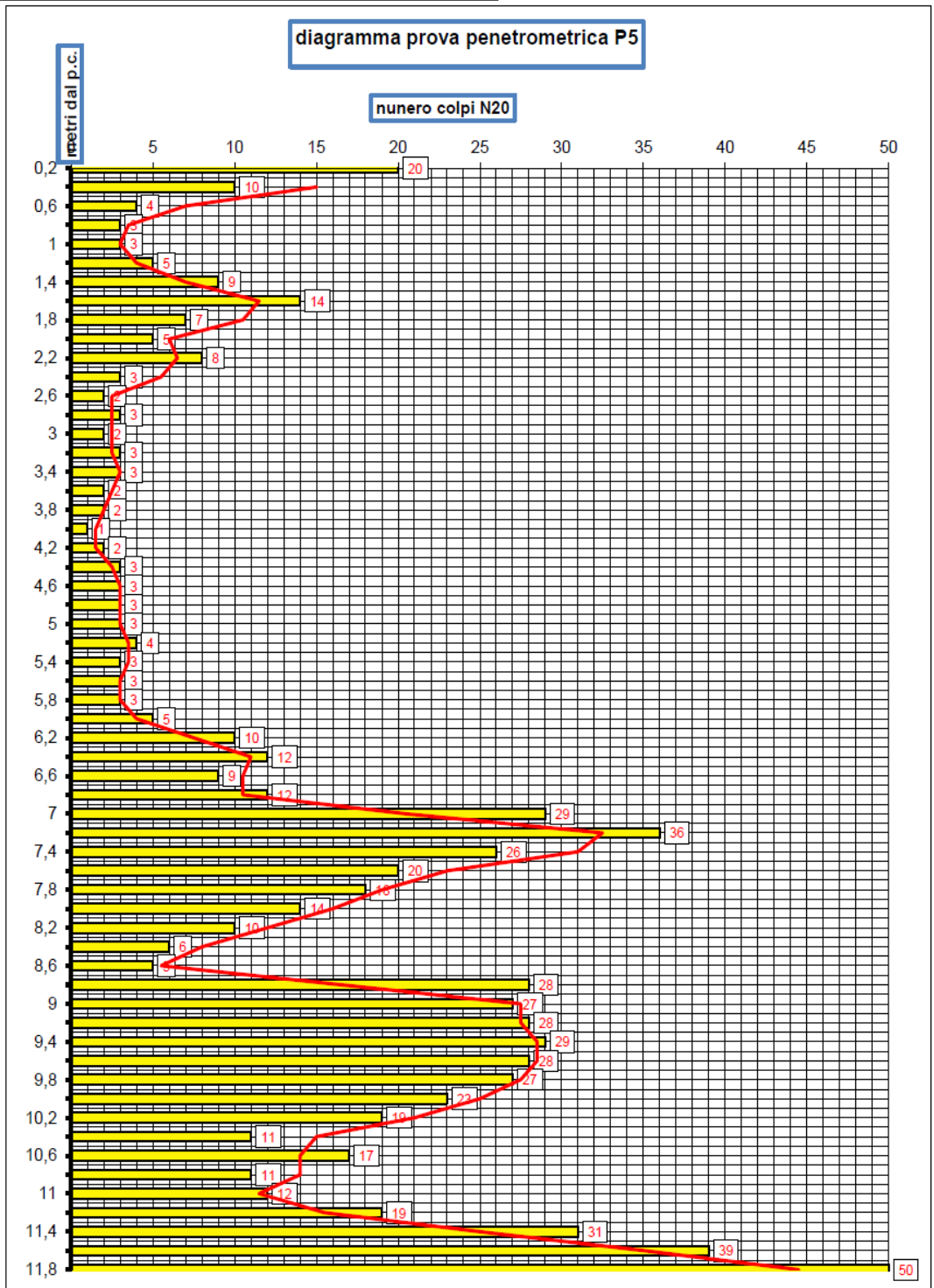
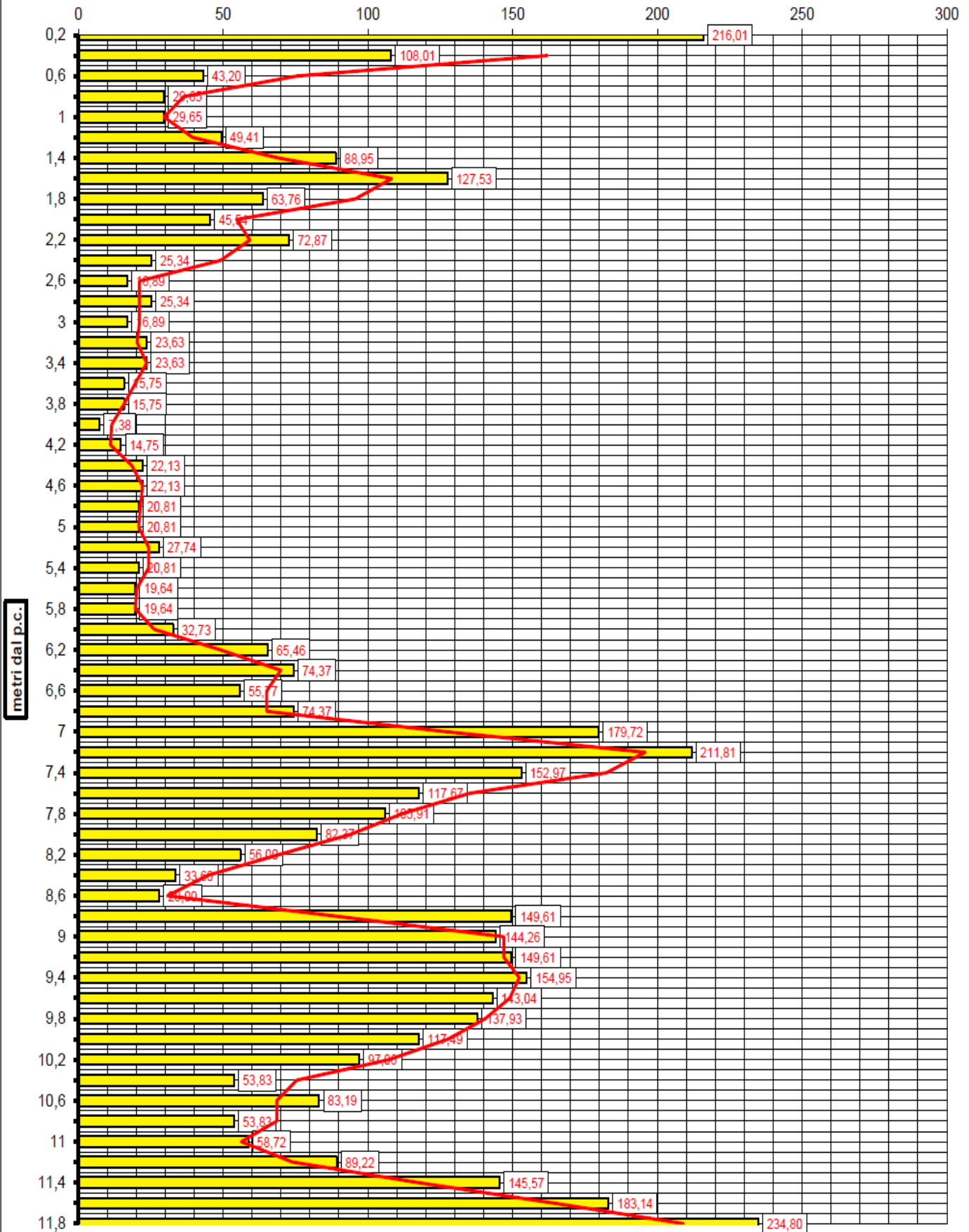


diagramma prova penetrometrica P5

resistenza dinamica del terreno avanzamento delle aste (Kg/cmq)



COMUNE DI ALESSANDRIA AREA NORD IN PROGETTO (piazzale A.M.A.G. ex AMIU - Via Pasino)**Prova penetrometrica dinamica P6- area centrale teleriscaldamento in progetto**

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

P = peso del maglio 63,5 Kg **piano campagna (posa penetrometro)**

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: 23 novembre 2015**profondità dal p.c. colpi Rd **Falda idrica: -9,00 metri dal p.c.**

(metri) DPHS N20 Kg/cmq

0,2	24	259,2
0,4	19	205,2
0,6	4	43,2
0,8	3	29,65
1	2	19,77
1,2	2	19,77
1,4	2	19,77
1,6	2	18,22
1,8	2	18,22
2	3	27,33
2,2	2	18,22
2,4	3	25,34
2,6	2	16,89
2,8	1	8,447
3	1	8,447
3,2	3	23,63
3,4	2	15,75
3,6	2	15,75
3,8	1	7,875
4	3	22,13
4,2	2	14,75
4,4	3	22,13
4,6	2	14,75
4,8	3	20,81
5	5	34,68
5,2	6	41,62
5,4	5	34,68
5,6	6	39,28
5,8	6	39,28
6	10	65,46
6,2	11	72
6,4	12	74,37
6,6	13	80,56
6,8	17	105,4
7	15	92,96
7,2	19	111,8
7,4	19	111,8
7,6	21	123,6
7,8	26	153
8	26	153
8,2	26	145,6
8,4	27	151,2
8,6	14	78,4
8,8	16	85,49
9	21	112,2
9,2	29	154,9
9,4	30	160,3
9,6	31	158,4
9,8	31	158,4
10	19	97,06
10,2	17	86,84
10,4	24	117,4
10,6	25	122,3

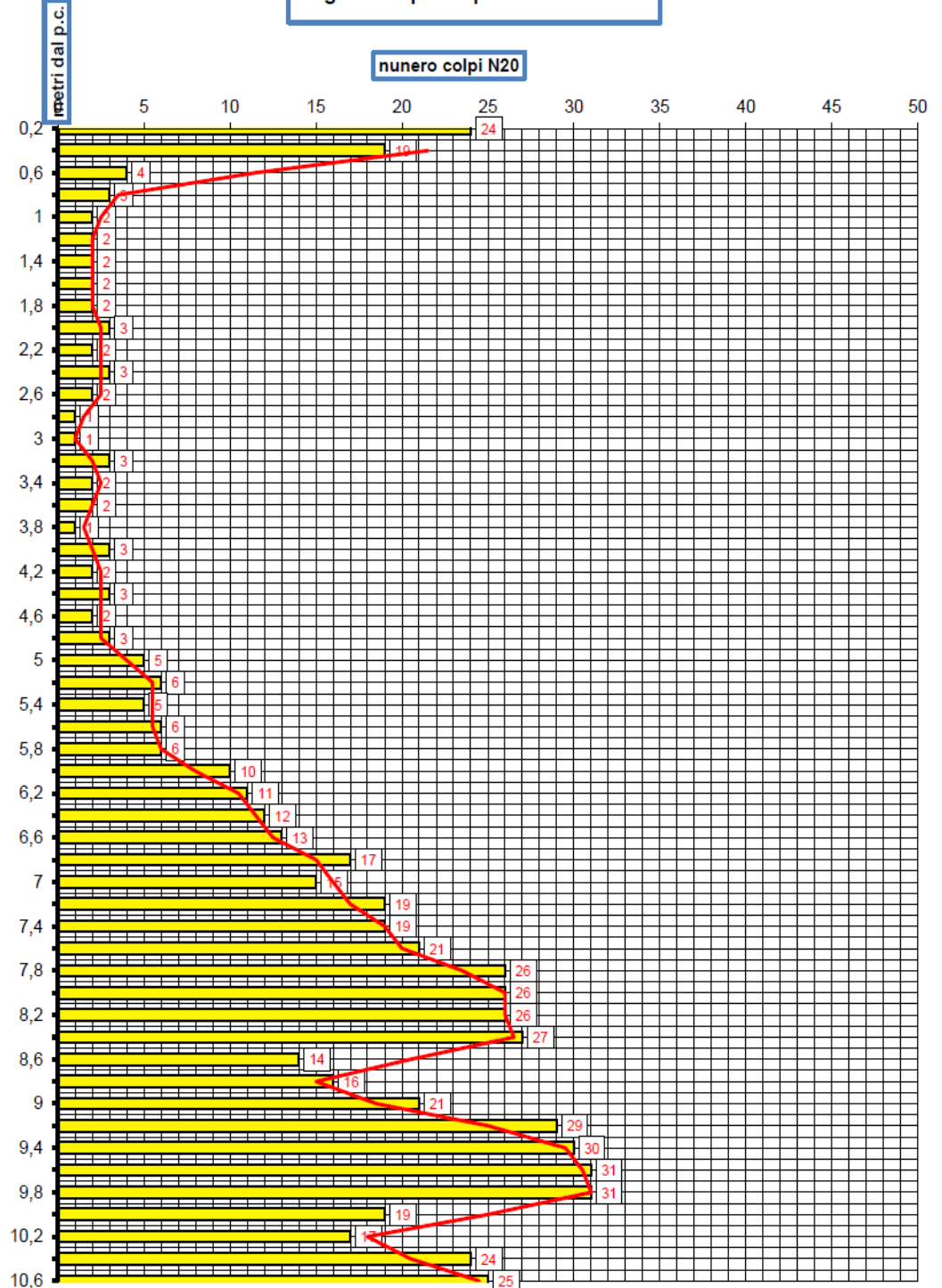
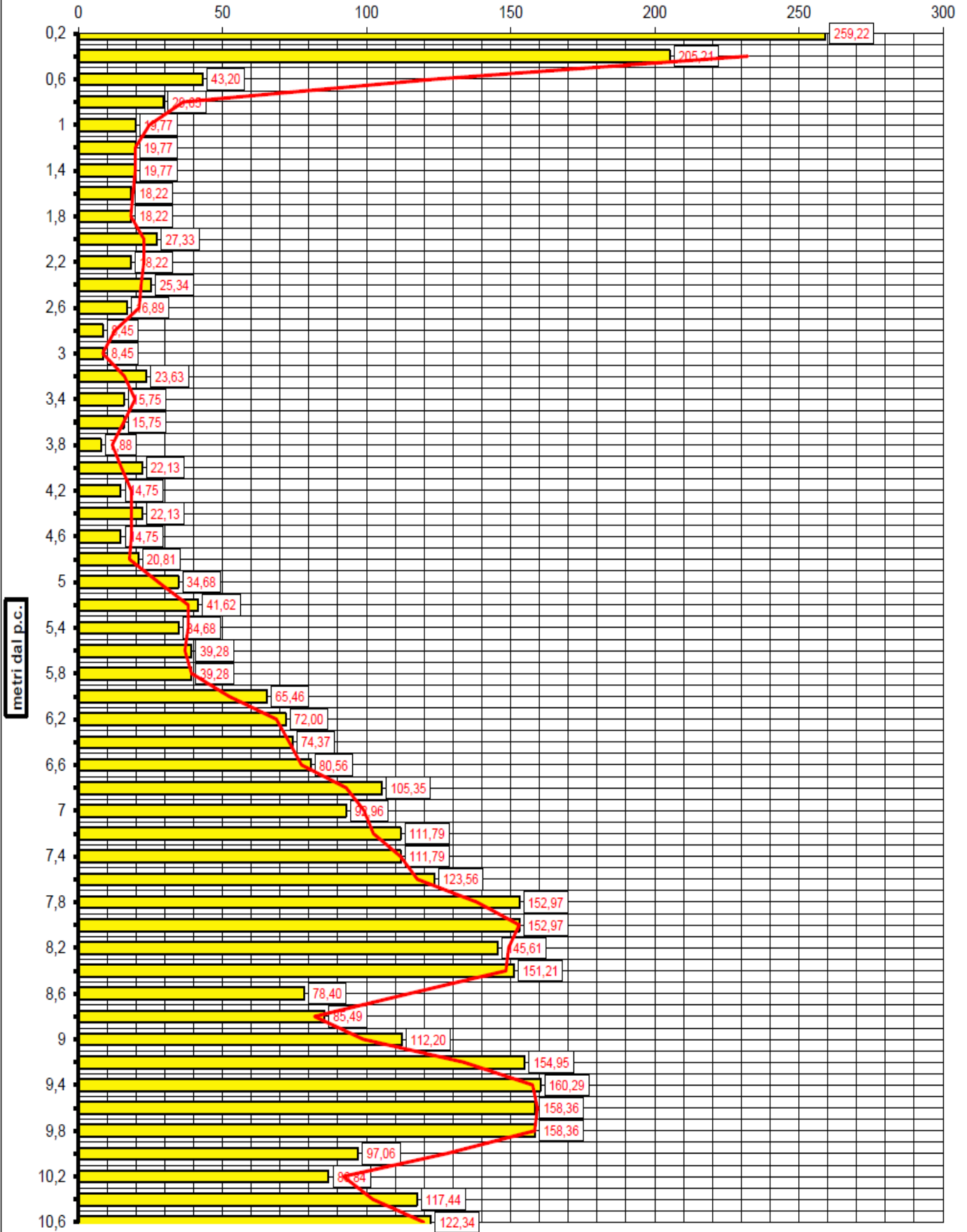
diagramma prova penetrometrica P6

diagramma prova penetrometrica P6

resistenza dinamica del terreno avanzamento delle aste (Kg/cmq)



COMUNE DI ALESSANDRIA AREA NORD IN PROGETTO (piazzale A.M.A.G. ex AMIU - Via Pasino)**Prova penetrometrica dinamica P7- area centrale teleriscaldamento in progetto**

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

P = peso del maglio 63,5 Kg **piano campagna (posa penetrometro)**

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: 23 novembre 2015**profondità dal p.c. colpi Rd **Falda idrica: -9,00 metri dal p.c.**

(metri) DPHS N20 Kg/cmq

profondità dal p.c. (metri)	colpi DPHS N20	Rd Kg/cmq
0,2	25	270
0,4	2	21,6
0,6	5	54
0,8	3	29,65
1	3	29,65
1,2	3	29,65
1,4	3	29,65
1,6	2	18,22
1,8	2	18,22
2	1	9,109
2,2	4	36,44
2,4	3	25,34
2,6	2	16,89
2,8	2	16,89
3	2	16,89
3,2	2	15,75
3,4	2	15,75
3,6	2	15,75
3,8	2	15,75
4	2	14,75
4,2	3	22,13
4,4	2	14,75
4,6	2	14,75
4,8	2	13,87
5	2	13,87
5,2	3	20,81
5,4	3	20,81
5,6	3	19,64
5,8	3	19,64
6	4	26,18
6,2	17	111,3
6,4	16	99,15
6,6	15	92,96
6,8	16	99,15
7	15	92,96
7,2	19	111,8
7,4	25	147,1
7,6	28	164,7
7,8	25	147,1
8	23	135,3
8,2	19	106,4
8,4	25	140
8,6	22	123,2
8,8	16	85,49
9	25	133,6
9,2	25	133,6
9,4	23	122,9
9,6	13	66,41
9,8	13	66,41
10	17	86,84
10,2	17	86,84
10,4	23	112,6
10,6	18	88,08
10,8	16	78,3
11	14	68,51
11,2	15	70,44
11,4	15	70,44
11,6	16	75,14
11,8	19	89,22
12	20	90,27
12,2	27	121,9
12,4	29	130,9
12,6	34	153,5

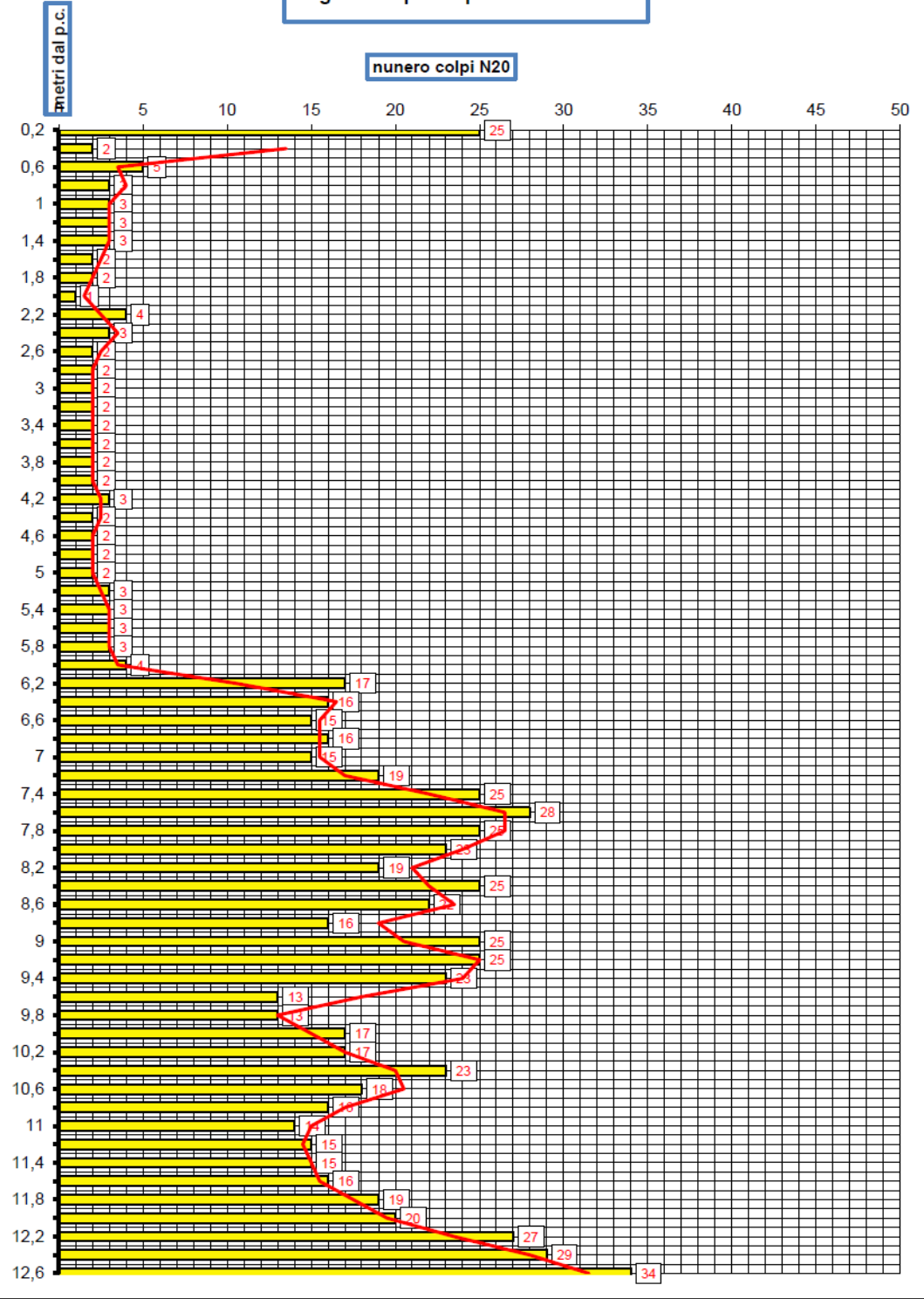
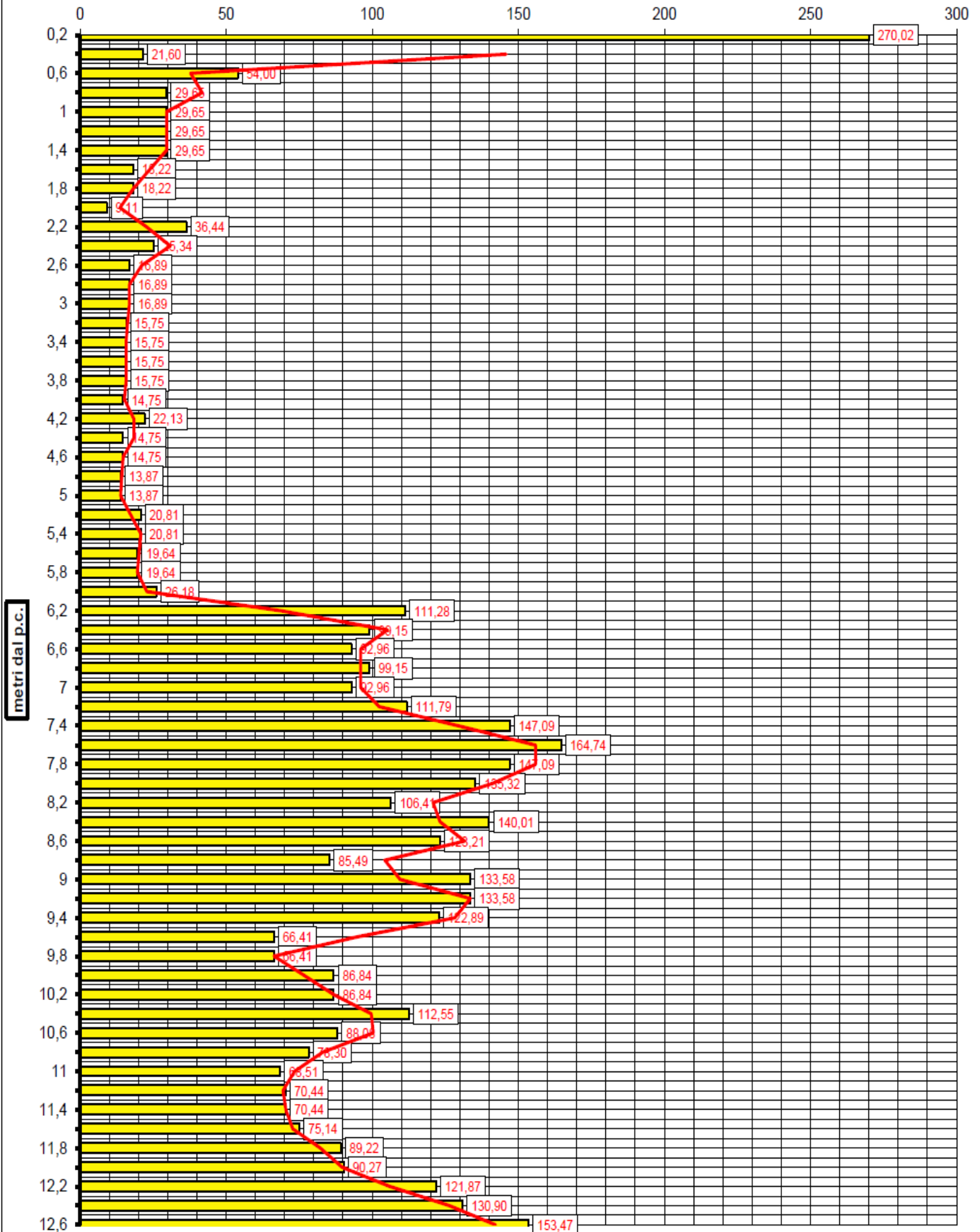
diagramma prova penetrometrica P7

diagramma prova penetrometrica P7

resistenza dinamica del terreno avanzamento delle aste (Kg/cmq)



4.0 Interpretazione dati penetrometrici e conclusioni

L'elaborazione dei dati delle prove penetrometriche ha permesso di ottenere i parametri geotecnici del sottosuolo 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 dinamico e statico. I parametri geotecnici sono stati inoltre ricavati mediante un'analisi di correlazione con altri dati penetrometrici e stratigrafici in aree limitrofe a quella oggetto d'indagine (ovvero sulla base all'esperienza personale).

I valori dei **parametri geotecnici caratteristici** sono stati ottenuti attraverso elaborazioni statistiche con determinazione del 5 percentile della distribuzione normale (F con COV del 10%) e logonormale (E, con COV del 30%) della media in presenza di pochi dati e piccoli volumi di rottura (da foglio di calcolo McCoy, aprile 2007): tale ultima assunzione di analisi di calcolo è compatibile alla tipologia di fondazioni che verranno presumibilmente realizzate, ovvero fondazioni indirette in c.a. tipo pali, coinvolgenti quindi piccoli volumi di rottura di terreno con resistenze non compensate.

Le prove hanno individuato le seguenti unità litotecniche del sottosuolo:

UNITA' LITOTECNICA 1

Fino ad una profondità variabile da 0,60 a 2,20 m dal p.c. **riporto sottofondo piazzale e terreno rimaneggiato eterogeneo**, dotato di un valore medio di coesione non drenata (C_u) pari a 1,05 Kg/cmq, un valore medio di angolo di attrito interno (ϕ) pari a 37.14°, un valore medio di peso di volume (γ) pari a 1589,42 Kg/mc ed un valore medio di coefficiente di compressibilità di volume pari a 0,0120984 cmq/Kg.

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI DI PROGETTO

Coesione non drenata: $C_{uk} = 62.10$ (KPa)

Angolo di attrito: $\phi_k = 31.00^\circ$

UNITA' LITOTECNICA 2

Fino ad una profondità variabile da 5,60 a 69,00 m dal p.c. **limi sabbiosi ed argillosi poco compatti** dotati di un valore medio di coesione non drenata (C_u) pari a 0,6014 pari a Kg/cmq, un valore medio di angolo di attrito interno (ϕ) pari a 27.57°, un valore medio di peso di volume (γ) pari a 1720,42 Kg/mc ed un valore medio di coefficiente di compressibilità di volume pari a 0,0176154 cmq/Kg.

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI DI PROGETTO

Coesione non drenata: $C_{uk} = 35.50$ (KPa)

Angolo di attrito: $\phi_k = 22.20^\circ$

UNITA' LITOTECNICA 3

Fino ad una profondità variabile da 8,20 a 12,60 m dal p.c. **ghiaie e sabbie addensate molto resistenti (con rifiuto avanzamento aste del penetrometro prove P2-P3)**, dotate di un valore medio di attrito interno (ϕ) pari a 34,00, un valore medio di densità relativa (D_r) pari al 56,75%, un valore medio di peso di volume (γ) pari a 1825,00 Kg/mc ed un valore medio di coefficiente di compressibilità di volume pari a 0,005976375 cmq/Kg.

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI DI PROGETTO

Angolo di attrito: $\phi_k = 28.40^\circ$

UNITA' LITOTECNICA 4

Fino alla massima profondità d'investigazione pari a 14,00 m dal p.c. **successioni di sabbie e ghiaie addensate e resistenti, con intercalazioni di limi sabbiosi meno compatti**, dotate di un valore medio di coesione non drenata (C_u) 1,150 pari a Kg/cmq, di un valore medio di angolo di attrito interno (ϕ) pari a $30,00^\circ$, di un valore di densità relativa (D_r) pari al 37,00%, un valore medio di peso di volume (γ) pari a 1829,00 Kg/mc ed un valore medio di coefficiente di compressibilità di volume pari a 0,01241333 cmq/Kg.

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI DI PROGETTO

Coesione non drenata: $C_{uk} = 68.00$ (KPa)

Angolo di attrito: $\phi_k = 25.10^\circ$

Le prove penetrometriche hanno evidenziato terreno di riporto e rimaneggiato fino ad una profondità media di 2,20 metri dal piano campagna in corrispondenza delle prove penetrometriche P1-P2-P4 e P5 (indicativamente al centro dell'area oggetto di edificazione) mentre in corrispondenza delle prove penetrometriche P3-P6 e P7 (lato Sud e Sud Est dell'area e dove verrà realizzato il serbatoio in progetto) è stato riscontrato riporto fino ad una quota media di -0,60 metri dal piano campagna, mentre a partire da tali quote fino alla profondità media di 6,00 metri dal p.c. sono stati riscontrati terreni coerenti limosi-sabbiosi ed argillosi poco compatti caratterizzati da mediocri parametri di resistenza al taglio con bassi valori di coesione non drenata (C_u) ed angolo di attrito interno (ϕ).

Fino alla massima profondità d'investigazione pari a 14,00 metri dal p.c. sono state individuate successioni di ghiaie sabbiose addensate e costipate con intercalazioni di limi argillosi meno compatti, tipiche di sequenze litologiche alluvionali pleistoceniche eterogenee ed eterometriche, depositati in questa parte Città in sponda orografica destra del F. Tanaro. Si segnala in particolare la presenza di bancate di ghiaie molto resistenti in corrispondenza delle prove penetrometriche P2 e P3, le quali hanno opposto rifiuto all'avanzamento delle aste del penetrometro a profondità rispettivamente di 6,40 e 6,00 metri dal p.c.

La superficie libera della falda freatica è stata riscontrata nei fori penetrometrici ad una quota media di -9,00 metri dal p.c. alla data del mese di novembre 2015. Essa risulta soggetta a escursioni stagionali in relazione alle precipitazioni atmosferiche locali.

La prova sismica MASW ha misurato in valore di V_{s30} del sottosuolo pari a 470,63 m/sec a cui corrisponde un terreno in classe B (NTC 2008).