



STUDIO
ASSOCIATO
GEOLOGIA
INGEGNERIA

Mauro Milanese
Rinaldo Vecchione

Ingegnere
Geologo

Sede Legale: Via Montello, 3
15067 Novi Ligure (AL)
☎ - Fax +39 0143 321698
E-mail: sagi@studiosagi.it
P.IVA 01498810066
PEC: sagi-sta@pec.it

**REGIONE PIEMONTE
PROVINCIA DI ALESSANDRIA
COMUNE DI POZZOLO FORMIGARO**

FAP INVESTMENTS S.R.L.

Via M. Buonarroti n°1
25010 – San Zeno Naviglio (BS)

**REALIZZAZIONE FABBRICATO A DESTINAZIONE D'USO LOGISTICA
NEI TERRENI SITI SULLA STRADA PROVINCIALE N.° 35 BIS DEI GIOVI
(FOGLIO N° 9, MAPPALI N° 11, 49, 50)**

PIANO ESECUTIVO CONVENZIONATO

RELAZIONE GEOLOGICA

L.R. 56/77 - D.G.R. 26/11/2021, n. 10-4161 e D.D. 12/01/2022 n. 29

Novi Ligure, lì 22 novembre 2023

Dott. Geol. Rinaldo Vecchione



0	Emissione per commenti	S.A.G.I.			NOV 23
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

INDICE**(rif. D.G.R. 26/11/2021, n. 10-4161- DD 12/01/2022 n. 29, modulo riepilogativo)**

1.0	PREMESSA.....	2
2.0	INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO.....	2
3.0	QUADRO DI RIFERIMENTO (a).....	4
3.1	Elementi geologici-geomorfologici d'inquadramento - (2.a1) approfondimento del PRGC.....	4
3.1.1	Caratteristiche geostrutturali.....	4
3.1.2	Caratteristiche Geomorfologiche.....	5
3.2	Caratteristiche idrogeologiche generali - (2.a2).....	6
3.2.1	Permeabilità dei terreni.....	8
3.2.2	Uso del suolo.....	8
3.3	Dati geotecnici disponibili (da PRGC, banche dati ARPA Piemonte) - (2.a3).....	10
3.4	Stralcio carte di analisi significative allegate al PRGC vigente - (2.a4).....	17
3.5	Stralcio della carta di sintesi del PRGC (2006) vigente comprendente l'area in oggetto - (2.a5).....	19
3.6	Stralcio relazione geologico-tecnica di PRGC vigente dell'area in oggetto - (2.a6).....	20
3.7	Situazione rispetto ai vincoli (vinc. Idro-R.D. 523/1904) - (2.a7).....	21
4.0	INDAGINI E STUDI ESEGUITI (b).....	21
4.1	Carta delle indagini eseguite - (2.b3).....	21
4.2	Indagini specifiche se previste dalla relazione geologico-tecnica del PRGC-(2.b6).....	21
5.0	VERIFICHE E DETERMINAZIONI EFFETTUATE (c).....	28
5.1	Modello geologico e geotecnico del sito - (2.c1-2.c2).....	28
5.2	Pericolosità sismica di base del sito (Ag, Fo, Tc*) - (2.c3).....	28
5.3	Analisi di risposta sismica locale (RSL) - Generalità - (2.c4).....	30
5.4	Parametri di pericolosità sismica.....	32
5.5	Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche.....	32
5.5.1	Prospezione sismica passiva – metodo HVSR - (2.c6).....	32
5.5.2	Prospezione sismica MASW-VS30.....	34
5.3.3	Accelerazione massima attesa in superficie.....	38
5.6	Valutazione esclusione da verifica a liquefazione - (2.c7).....	38
5	CONCLUSIONI.....	39

1.0 PREMESSA

La seguente Relazione Geologica I.s., è redatta ai sensi della L.R. 56/77 - D.G.R. 26/11/2021, n. 10-4161 e DD 12/01/2022 n. 29 a supporto dello Strumento Urbanistico Esecutivo (PEC), relativo al progetto della società **FAP INVESTMENTS SRL** per la realizzazione di un fabbricato a destinazione logistica, nei terreni di proprietà localizzati lungo la Strada Provinciale n°35 bis dei Giovi in Comune di Pozzolo Formigaro (AL).

Nel seguito si relaziona in merito al contesto geologico e idrogeologico generale, verificato sulla base degli studi geologici a supporto della Variante al P.R.G. del Comune di Pozzolo Formigaro e di adeguamento al P.A.I. (D.P.C.M. 24-5-2001 – D.G.R. 15-7-2002 N° 45-6656) del 2006.

Con riferimento al Modulo riepilogativo per gli strumenti urbanistici allegato alla D.D. 12/01/2022 n. 29 *“Modalità attuative per lo svolgimento delle procedure di gestione e controllo dell’attività urbanistico-edilizia ai fini della prevenzione del rischio sismico di cui alla DGR 10-4161 del 26/11/2021”*, i contenuti della relazione riguardano:

-Quadro di riferimento (a)

-Indagini e studi eseguiti (b)

-Verifiche e determinazioni effettuate (c)

Si specifica che nell'anno 2006 è stata condotta una campagna geognostica nell'area di PEC nel contesto dello studio geotecnico ai sensi del D.M. 11-03-88, allora vigente, svolto a supporto del progetto per la realizzazione di capannoni per logistica. I dati ottenuti nel 2006 da prove penetrometriche dinamiche vengono presentati nella sezione indagini e studi eseguiti.

Al fine di caratterizzare il sito in esame dal punto di vista sismico, in accordo al Decreto M.I.T. 17 gennaio 2018-§ 3.3.2; sono state effettuate prospezioni di sismica passiva (HVSr) per la misura del rumore sismico ambientale (*metodo Nakamura, 1989*) e una serie di acquisizioni MASW (*Multi-channel Analysis of Surface Waves*), analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva per la definizione della velocità di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 metri dal piano campagna-VS30 e la successiva definizione della categoria del terreno di sottosuolo (D.to M.I.T. 17/01/18 - § 3.3.2; Tab.3.2.II).

2.0 INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

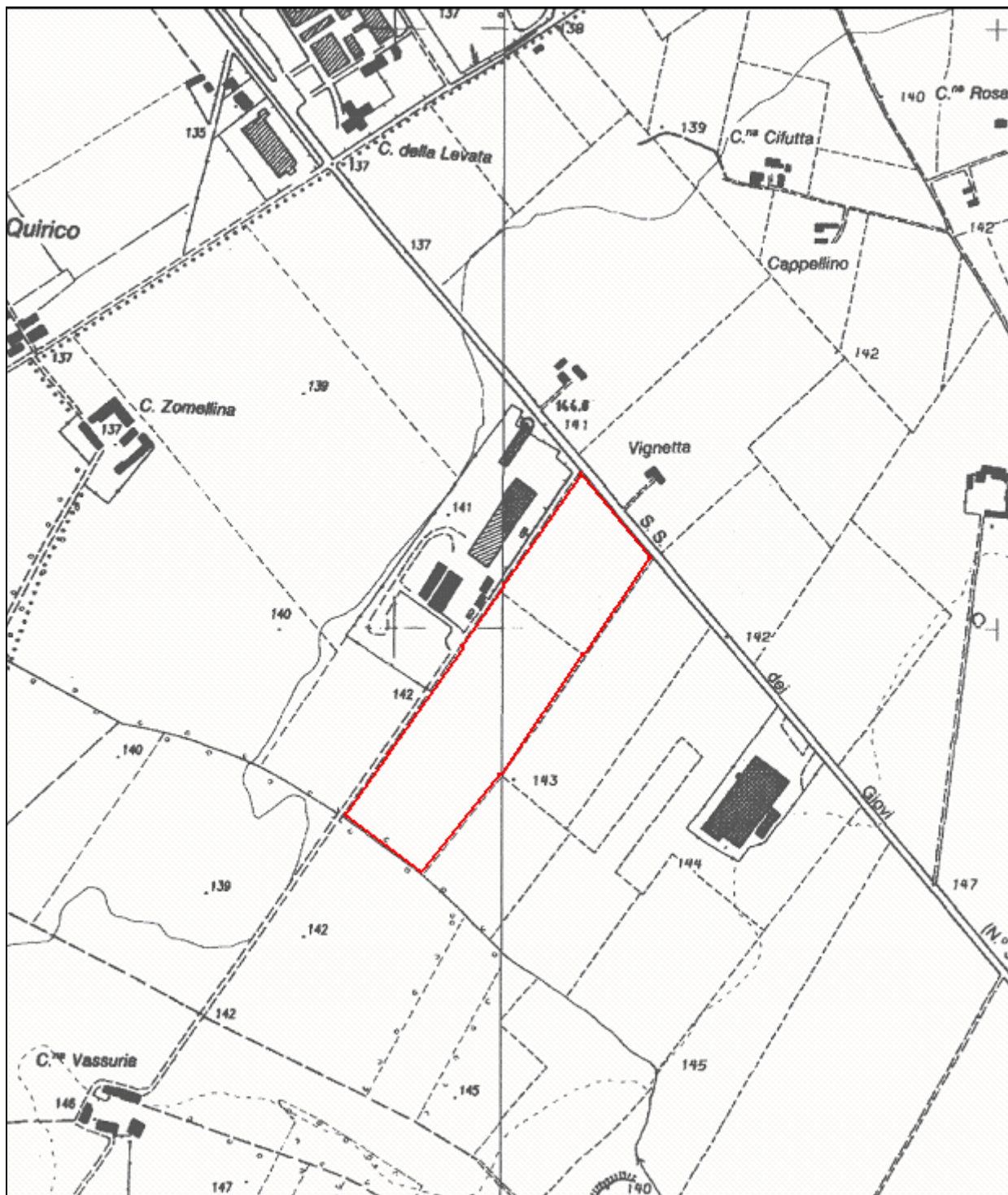
L'area in esame, identificata con la sigla **D1a-Boero** nel P.R.G.C. vigente (variante strutturale 2006), è situata nella zona a confine NO del Territorio comunale di Pozzolo F.ro con il Comune di Bosco Marengo. L'andamento altimetrico è generalmente pianeggiante con debole esposizione NO. La quota media è di 141 m s.l.m. circa.

Il sito, cartografato all'interno delle sezioni 177130 Bosco Marengo e 177140 Levata, della C.T.R. scala 1:10.000 (Fig.1- Corografia), è identificato al N.C.T. al Foglio 9 con i mappali 11-49-50.

Fig. 1 - COROGRAFIA C.T.R Scala 1:10.000

Unione SEZIONE 177130 Bosco Marengo e 177140 Levata

Ubicazione dell'area di PEC interessata dalla costruzione del fabbricato ad uso logistica



3.0 QUADRO DI RIFERIMENTO (a)

3.1 Elementi geologici-geomorfologici d'inquadramento - (2.a1) approfondimento del PRGC

3.1.1 Caratteristiche geostrutturali.

Il territorio esaminato fa parte della zona meridionale della pianura di Alessandria. Questa pianura è caratterizzata dallo sviluppo di un'ampia e potente coltre alluvionale di età quaternaria che occupa il centro di una depressione a forma di sinclinale allungata in senso E-W modellata in terreni marini terziari. La presenza al centro della pianura di circa 2000 metri di sedimenti è indice di una forte subsidenza nel territorio che, iniziata nel Pliocene, è proseguita fino al Quaternario antico.

La subsidenza sembra interrompersi in conseguenza del sollevamento tettonico associato alla formazione della dorsale sepolta Tortona-Montecastello. Questa dorsale testimonia un corrugamento terziario meno accentuato rispetto al restante orlo collinare, con la formazione di rilievi più depressi che risultano sepolti e mascherati dai depositi fluvio lacustri del Quaternario. Questo motivo strutturale sepolto trova conferma sia nelle indagini geofisiche dell'AGIP sia nelle stratigrafie ottenute da trivellazioni di pozzi per acqua.

Il collegamento col resto della pianura padana avviene attraverso un solco di erosione di origine fluviale "soglia di Tortona", posto nella parte apicale della dorsale sepolta Tortona –Montecastello.

I depositi terziari che costituiscono a nord il sistema collinare del Monferrato e l'arco preappenninico di chiusura della pianura a sud e ovest sono costituiti da ripetute alternanze di complessi marnoso-argilloso e arenaceo-conglomeratici terminanti con una potente sequenza di argille e sabbie plioceniche. Le varie fasi dei movimenti orogenetici interessarono con intensità diversa queste formazioni provocandone il sollevamento, accompagnato da fenomeni di piegamento e fratturazione.

Con il ritiro del mare pliocenico la pianura alessandrina è stata interessata dalla formazione di depositi fluviolacustri corrispondenti al Villafranchiano auctorum – I1-I2 (cfr. Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000–Foglio 70 Alessandria).

I depositi villafranchiani, nella parte centrale della pianura alessandrina, risultano costituiti da sabbie più o meno fini alternate ad argille limose-sabbiose, marne argillose grigio-verdi e subordinate ghiaie. Procedendo verso sud le ghiaie diventano sempre più frequenti fino a costituire ai bordi della pianura tra il F. Bormida e il T. Scrivia, importanti depositi grossolani in alternanza con subordinati depositi argilloso-marnosi.

In questo contesto generale ad opera dei vari corsi d'acqua di origine appenninica e, in misura più limitata, dal F. Tanaro si è in seguito realizzato, mediante la formazione di una serie di vaste e piatte conoidi alluvionali, il colmamento della depressione alessandrina.

Queste conoidi alluvionali risultano più o meno profondamente incise dagli stessi corsi d'acqua in stadi successivi e presentano perciò ampie superfici degradanti verso valle.

L'evoluzione del settore di pianura in esame risulta direttamente connessa con le variazioni climatiche quaternarie che hanno originato la formazione delle superfici terrazzate come risultato del succedersi di periodi con marcati processi erosionali dovuti all'adeguamento del profilo longitudinale dei corsi d'acqua contrapposti a periodi caratterizzati da estesi processi deposizionali. Sulle formazioni basali del **Pliocene-P–Argille di Lugagnano**, sono impostate vaste coltri di depositi fluviali. Le superfici residuali più antiche ed altimetricamente più elevate corrispondono ai depositi del **Fluviale e Fluvio-Lacustre antichi – fl¹**.

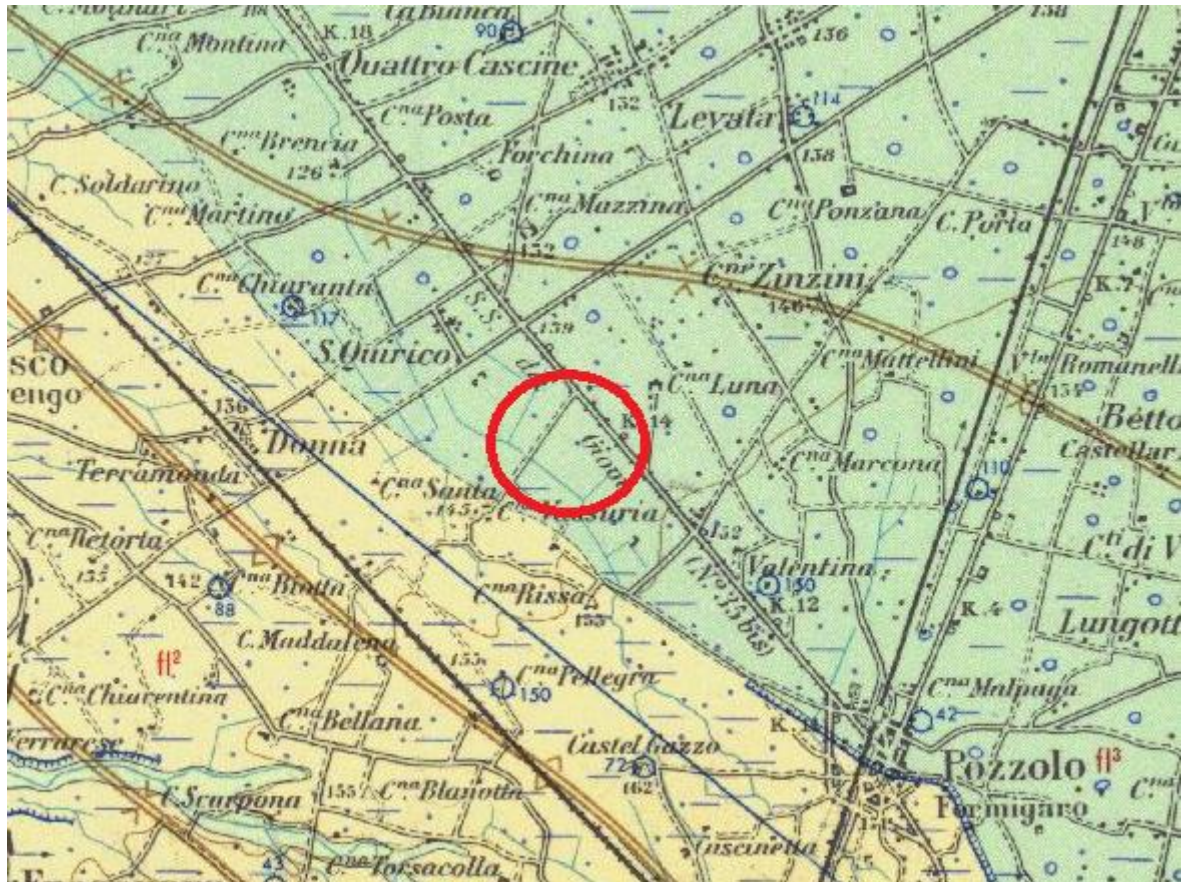


Fig. 2 - Estratto C.G.I. Foglio 70 Alessandria

Seguono le superfici del **Fluviale medio-fl²**, incassate nelle precedenti o sviluppate all'esterno di esse, a formare la pianura da Novi Ligure a Pozzolo F.ro.

Questi depositi sono costituiti da prodotti di antiche alluvioni prevalentemente ghiaioso-sabbiose con matrice fine limosa e alterazione superficiale non molto accentuata. Risultano generalmente interessati da uno strato superficiale potente alcuni metri dovuto ad episodi di sovralluvionamento pleistocenici e in parte da un deposito eolico (Loess) di origine steppica relativo al periodo Wurm 1- Wurm 2 (*Ritrovamento del loess sul Fluviale medio dello Scrivia presso Novi Ligure* – (Biancotti A. e Cortemiglia G.C. 1981. Quaderni dell'Istituto di Geologia dell'Università di Genova).

Le superfici del **Fluviale recente - fl³** si estendono dalla zona apicale del conoide del T. Scrivia verso il centro della pianura alessandrina lambendo il terrazzo morfologico di ordine superiore lungo l'allineamento Serravalle Scrivia–Pieve di Novi Ligure - Pozzolo Formigaro - S. Quirico.

I materiali in cui tali superfici sono modellate sono ghiaie e sabbie in matrice limosa senza evidenze di alterazione superficiale importante.

3.1.2 Caratteristiche Geomorfologiche

La storia geologica del territorio del basso alessandrino evidenzia tre ordini di terrazzi principali classificati in base alle caratteristiche litologiche proprie dei depositi alluvionali di conoide.

La morfologia delle superfici terrazzate individua una caratteristica convergenza delle acclività dei rispettivi piani di campagna verso la zona di Alessandria e una maggiore inclinazione delle superfici dei terrazzi più antichi rispetto a quelle dei più recenti.

L'ordine di grandezza delle pendenze è infatti, dell'1.4 - 1.2 % per le prime e scende fino allo 0.5 - 0.3% per le successive.

Le scarpate dei singoli terrazzi sono molto più pronunciate nelle alluvioni del Fluviale antico, con dislivelli importanti compresi tra i 25 ed i 50 metri, che non in quelli del Fluviale medio e recente dove addirittura, in alcune aree, non sono riconoscibili, anche in conseguenza di una minore intensità degli eventi erosivi e deposizionali verificatisi in tempi successivi. Il Fluviale medio è infatti separato dal Fluviale recente da una scarpata che, procedendo da Serravalle Scrivia verso il Po, diminuisce gradualmente fino a sfumare completamente dopo Pozzolo Formigaro.

Dal punto di vista dell'evoluzione morfologica l'area indagata, si presenta in condizioni di sostanziale equilibrio, non risultando interessata da processi morfogenetici significativi in atto o potenziali.

3.2 Caratteristiche idrogeologiche generali - (2.a2)

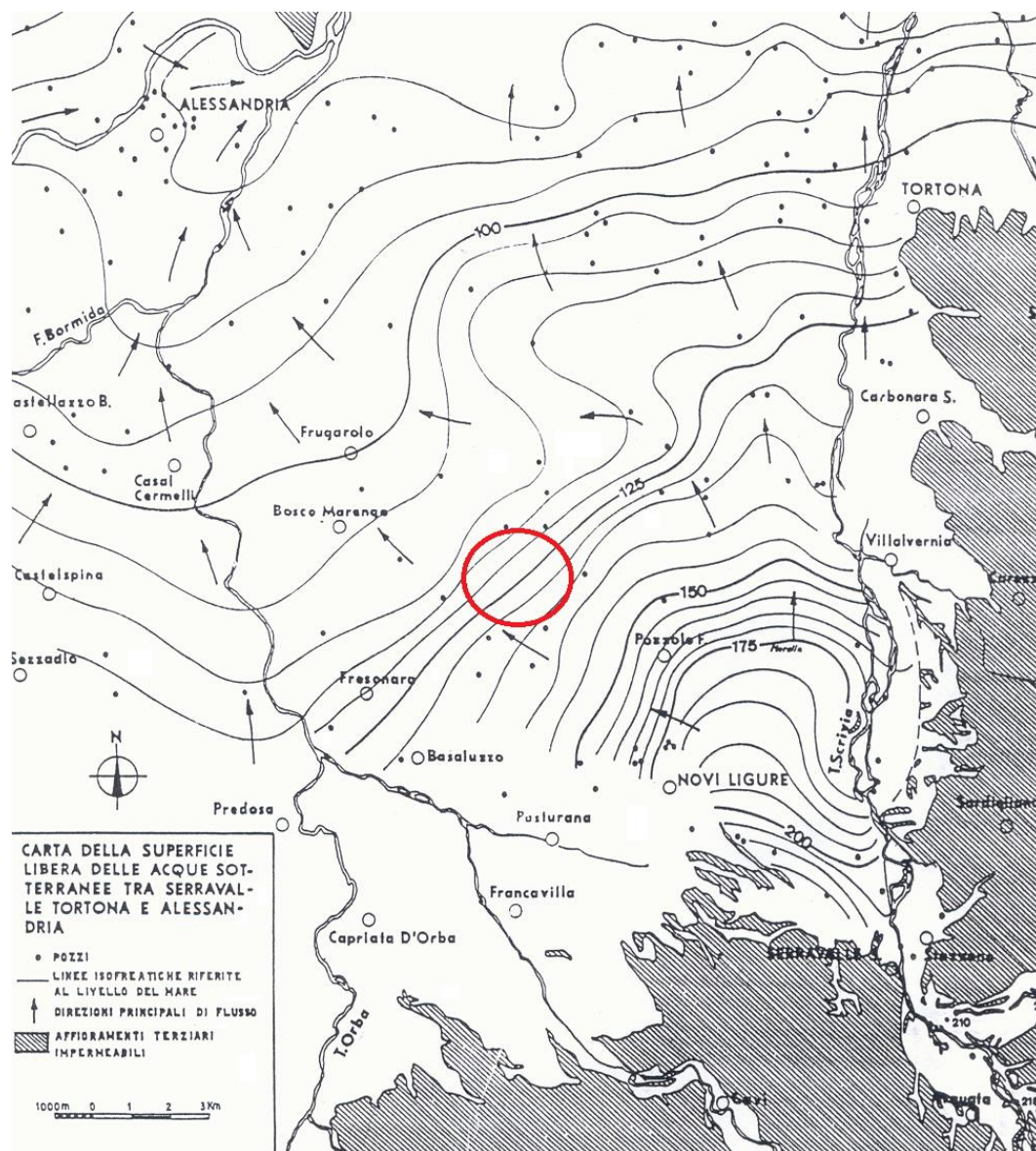


Fig. 3 -Carta della superficie libera delle acque sotterranee -Analisi ambientale dell'area di Novi Ligure- 1970

3.2.1 Permeabilità dei terreni

I depositi alluvionali ghiaiosi limosi del Fluviale medio sono caratterizzati da una bassa permeabilità superficiale per la notevole presenza di materiale fine argilloso e da un modesto aumento con la profondità. Il carattere prevalentemente sabbioso-siltoso e argilloso dei depositi superficiali limita l'infiltrazione in sottoterraneo delle acque meteoriche a favore dello scorrimento superficiale.

I terreni ascritti al fluviale recente (ghiaie e ciottoli immersi in matrice sabbiosa/limosa) sono generalmente definiti da buona permeabilità sia verticale che orizzontale.

Vengono di seguito forniti alcuni valori indicativi relativi ai coefficienti di permeabilità delle diverse litologie desunti dallo "Studio Idrogeologico della Pianura Alessandrina" (De Luca, Masciocco, Ricci, Zuppi, 1987) e dalla bibliografia specialistica disponibile in ambito provinciale:

-Le coperture del Fluviale medio sono caratterizzate da una bassa permeabilità

($K = 10^{-4} - 10^{-7}$ m/sec)

-Le coperture loessiche sono caratterizzate da una permeabilità da bassa a molto bassa

($k = 10^{-7} - 10^{-9}$ m/sec)

-Il Fluviale recente è caratterizzato da una discreta/buona permeabilità

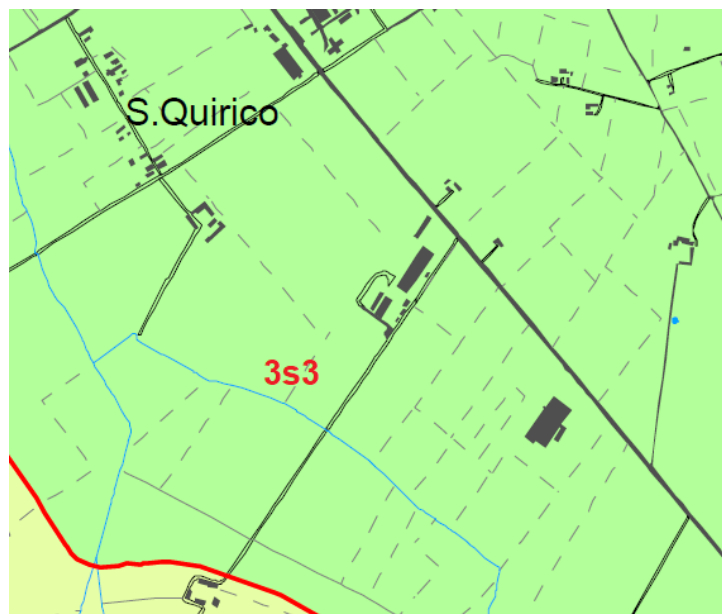
($k = 10^{-3} - 10^{-6}$ m/sec).

3.2.2 Uso del suolo

La morfologia dell'area si presenta pseudopianeggiante con una debole esposizione NNO mentre il suolo e l'immediato sottosuolo rappresentano il prodotto degli alluvionamenti Pleistocenici-Olocenici del T. Scrivia denominati "Fluviale recente".

Per la definizione della capacità d'uso dei suoli si è fatto riferimento alla cartografia specialistica edita da I.P.L.A. per i suoli del Piemonte che si basa sulla *Land Capability Classification* del Soil Conservation Service, Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti –1961. Sono state definite **VIII classi** di capacità d'uso in funzione della zona geografica, geomorfologia, caratteristiche pedologiche, attitudini agricole e forestali.

In particolare le zone di affioramento del fluviale recente ricadono nell'**Unità di Paesaggio 26** (Piana di Spinetta Marengo - Pozzolo Formigaro e Novi Ligure). Appartengono alla **III Classe di capacità d'uso dei suoli**; trattasi di suoli bruni lievemente lisciviati con potenza media o medio-scarso poggiati su sottosuolo ghiaioso. Questi terreni presentano alcune limitazioni nelle attitudini agricole a causa della presenza di scheletro grossolano, a tratti anche affiorante in superficie (**classe 3s3**) o per drenaggio interno rapido. Le attitudini agronomiche consentono l'arboricoltura da legno con specie di pregio. Dal punto di vista prettamente agricolo sono presenti colture erbacee da pieno campo quali, in particolar modo, cereali autunno-vernini, oleaginose (colza, girasole), prati permanenti o da vicenda e, più raramente, mais. La superficie del suolo non presenta rocciosità ma è da segnalare in genere l'affioramento di scheletro da medio a piccolo (pietrosità). Ad un'indagine della tessitura e della stratigrafia dello strato superficiale del terreno, attraverso le buche pedologiche, il drenaggio appare molto buono mentre sono assenti fenomeni erosivi-depositivi sia per azione idrica che eolica. È possibile stimare una profondità di radicazione pari a m 0,5 - 0,6; al di sotto di questa misura si rinvenivano, infatti, giacimenti ghiaiosi che, pur senza ostacolare fisicamente l'approfondimento dell'apparato radicale, contribuiscono alla creazione di un ambiente assai ostile, per carenza idrica, allo sviluppo in profondità delle radici dei vegetali.

a) **Fabbricato Logistica - classe 3s3**

CLASSE	
1	Prima - Suoli privi o quasi di limitazioni, adatti per un'ampia scelta di colture agrarie.
2	Seconda - Suoli con alcune moderate limitazioni che riducono la produzione delle colture agrarie.
3	Terza - Suoli con alcune limitazioni che riducono la scelta e la produzione delle colture agrarie.
4	Quarta - Suoli con molte limitazioni che restringono la scelta delle colture agrarie e richiedono specifiche pratiche agronomiche.
5	Quinta - Suoli con forti limitazioni che ne restringono notevolmente l'uso agrario.
6	Sesta - Suoli con limitazioni molto forti; il loro uso è ristretto al pascolo e al bosco.
7	Settima - Suoli con limitazioni severe; il loro uso è ristretto al pascolo poco produttivo e al bosco di protezione.
8	Ottava - Suoli con limitazioni molto severe, tali da precludere il loro uso a qualsiasi fine produttivo.

SOTTOCLASSE

s	Limitazioni di suolo	1	Profondità utile per le radici
		2	Lavorabilità
		3	Pietrosità
		4	Fertilità
w	Limitazioni idriche	1	Disponibilità di ossigeno
		2	Rischio di inondazione
		3	Rischio di deficit idrico
e	Limitazioni stagionali	1	Pendenza
		2	Rischio di erosione

b)

 **A5** Alfisuoli di pianura ghiaiosi (skeletal, fragmental, over)

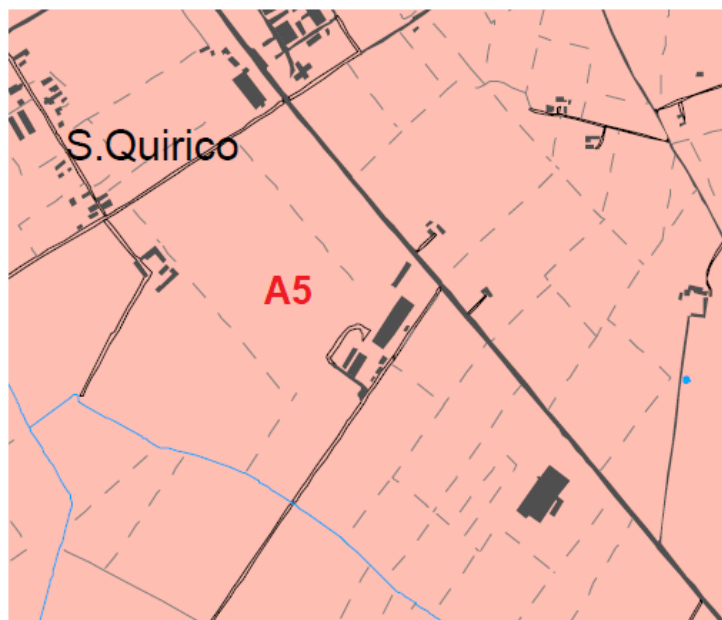


Fig. 5 – Fonte: Regione Piemonte, Assessorato all'Ambiente, Qualità e Agricoltura

a) estratto dalla Carta della capacità dell'uso dei suoli Foglio 177 scala 1.50.000

b) estratto dalla carta dell'uso del suolo Foglio 177 scala 1.50.000

3.3 Dati geotecnici disponibili (da PRGC, banche dati ARPA Piemonte) - (2.a3)

I dati utilizzati per la definizione del modello geotecnico di riferimento derivano da:

- Indagini del dicembre 2000 svolte ai sensi del D.M. 25.10.1999 n° 471 nelle aree limitrofe allo stabilimento ex Colorificio Attiva.
- stratigrafie di pozzi
- Stratigrafie e dati di campo in fase di sondaggio geognostico (Prove SPT)

Indagini svolte ai sensi del D.M. 25.10.1999 n° 471

Nel dicembre 2000 un lotto di terreno confinante con l'area del colorificio Attiva e con la S.S. 35 Bis dei Giovi, avente un'estensione di 40.000 mq circa, è stato soggetto ad indagini geognostiche mediante l'esecuzione di n° 12 sondaggi a carotaggio continuo di cui 5 localizzati nel mappale 11 interessato dall'attuale PEC.

Le verifiche geognostiche sono state svolte nel quadro degli accertamenti ai sensi del D.M. 25.10.1999 n° 471 per attività di smaltimento dei rifiuti prodotti dallo stabilimento prima del 1984.

Nel seguito si riportano alcune delle stratigrafie ottenute in sede di sondaggio unitamente alle stratigrafie dei pozzi della Polirenis, 1993 e della C.na Notaria, situata a sud dell'area in esame.

Dalle banche dati regionali sono stati acquisiti i dati relativi ai sondaggi geognostici eseguiti in vicinanza dell'area di PEC

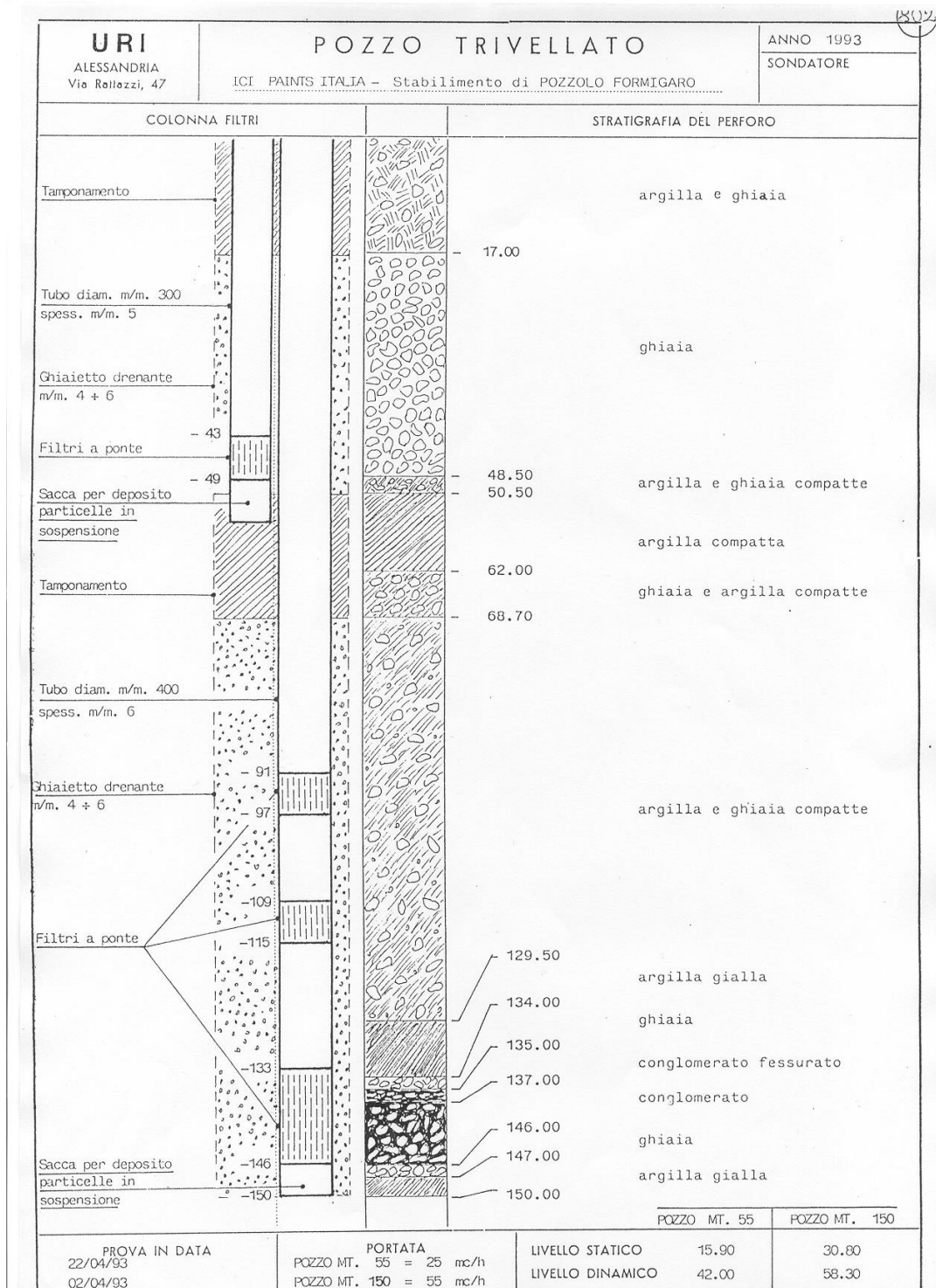
Cascina Luna -Codice perforazione 104492

- profondità 30 m (prove permeabilità Lefranc e prove SPT)

Cascina Notaria -Codice perforazione 104491

- Profondità 38,5 m (descrizione stratigrafica, prove permeabilità Lefranc e prove SPT)

Fig. 6 – Stratigrafia pozzo Poliresin (ex ICI Paints Italia)



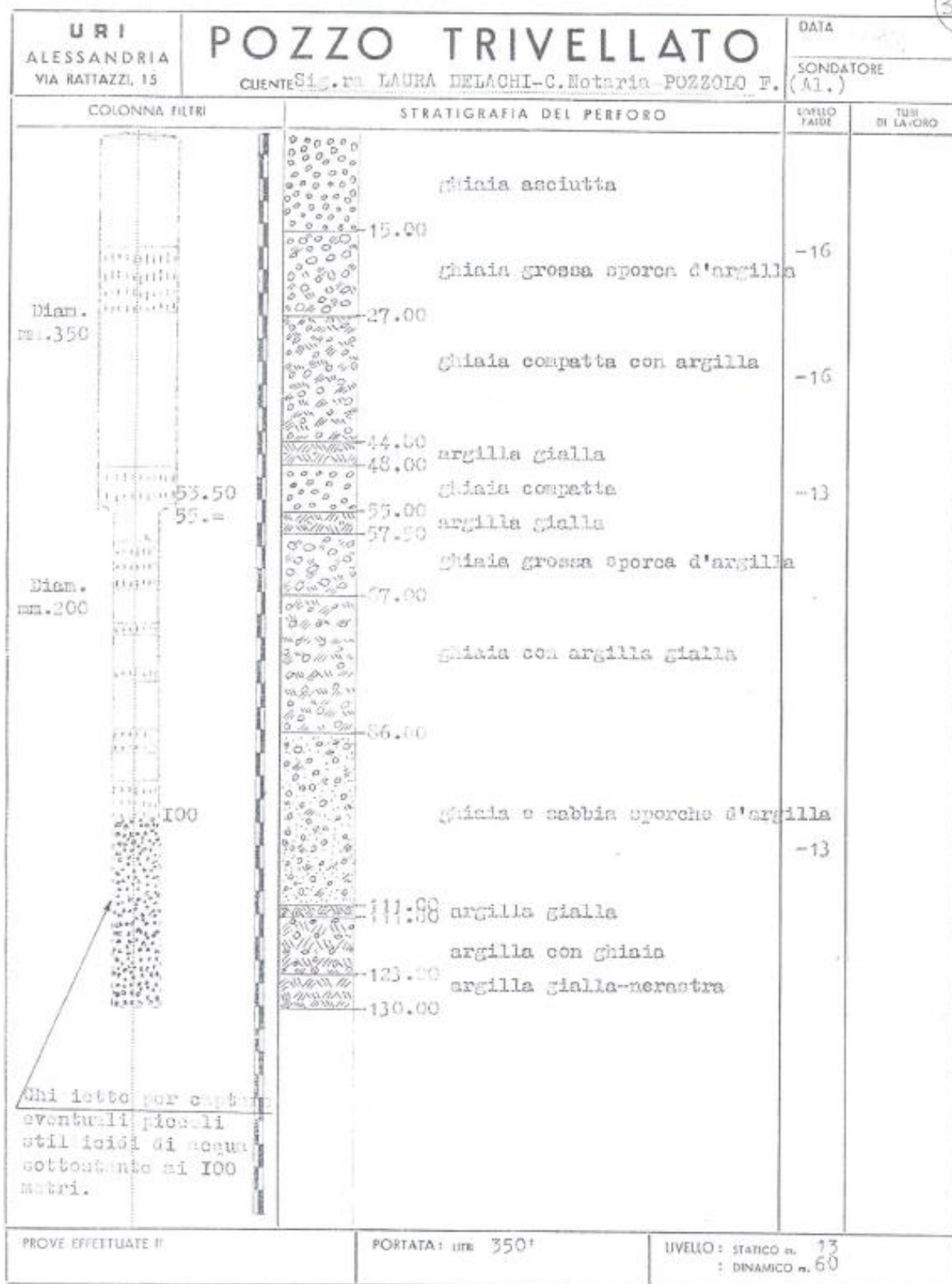


Fig. 7 – Stratigrafia Pozzo Cascina Notaria - anno 1966

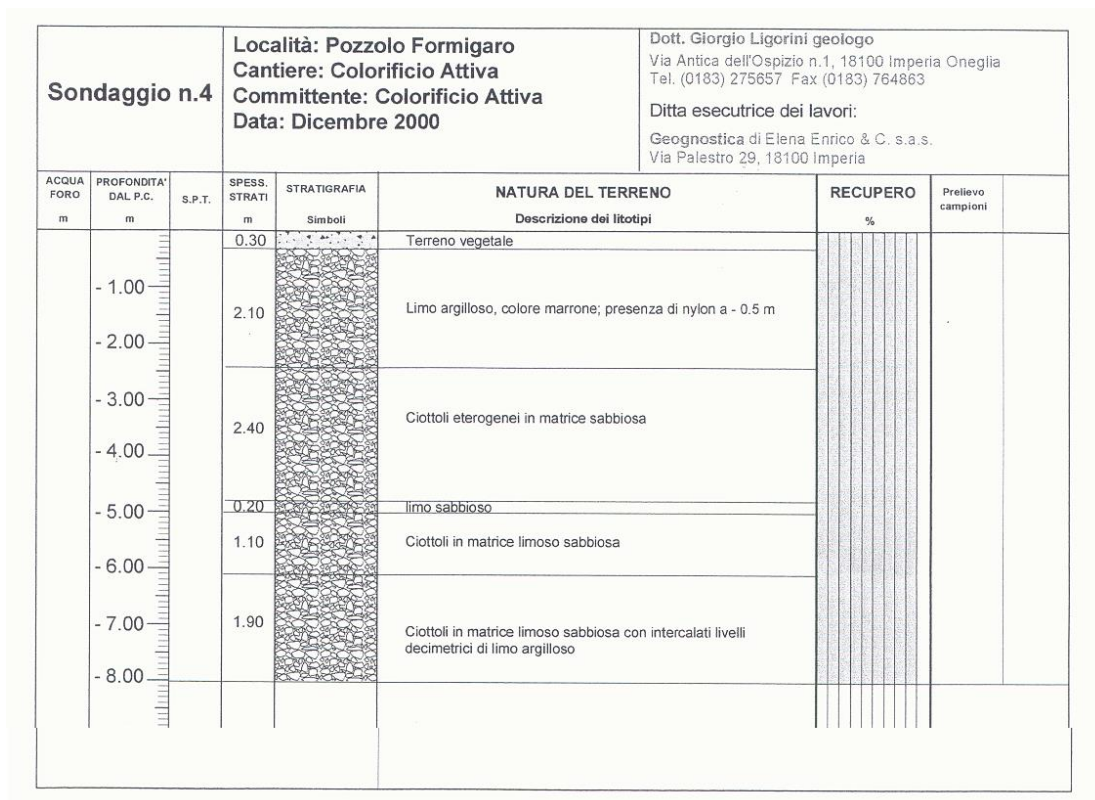


Fig. 8 – Stratigrafia Sondaggio 4 Colorificio Attiva

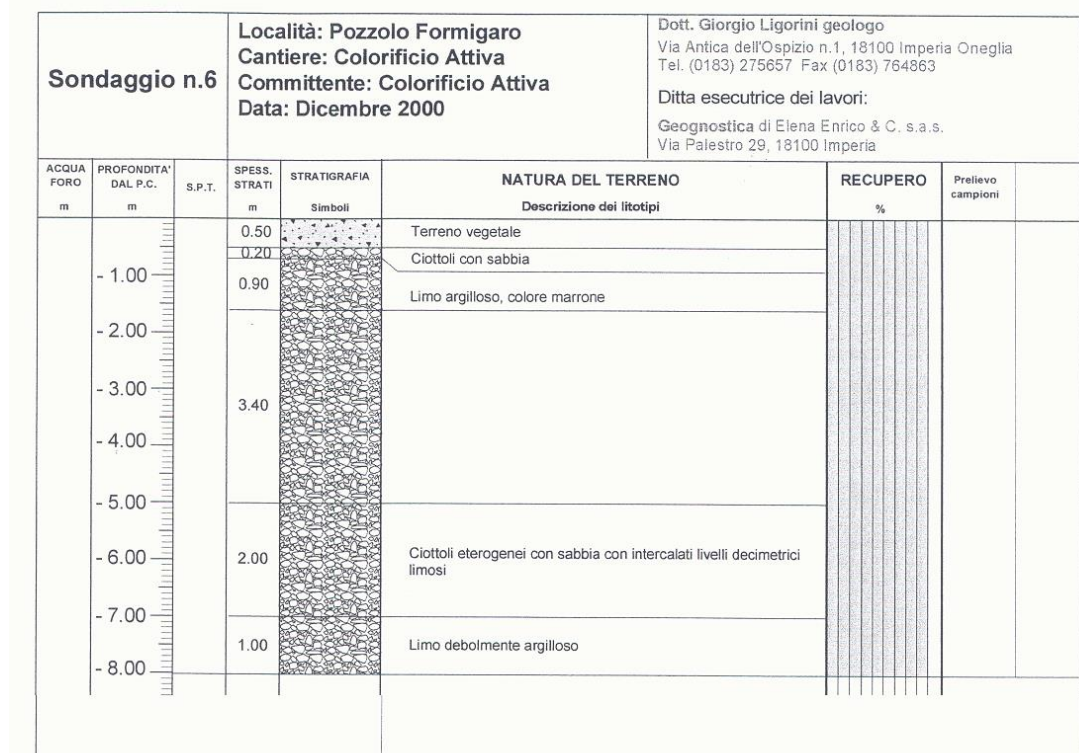


Fig. 9 – Stratigrafia Sondaggio 6 Colorificio Attiva

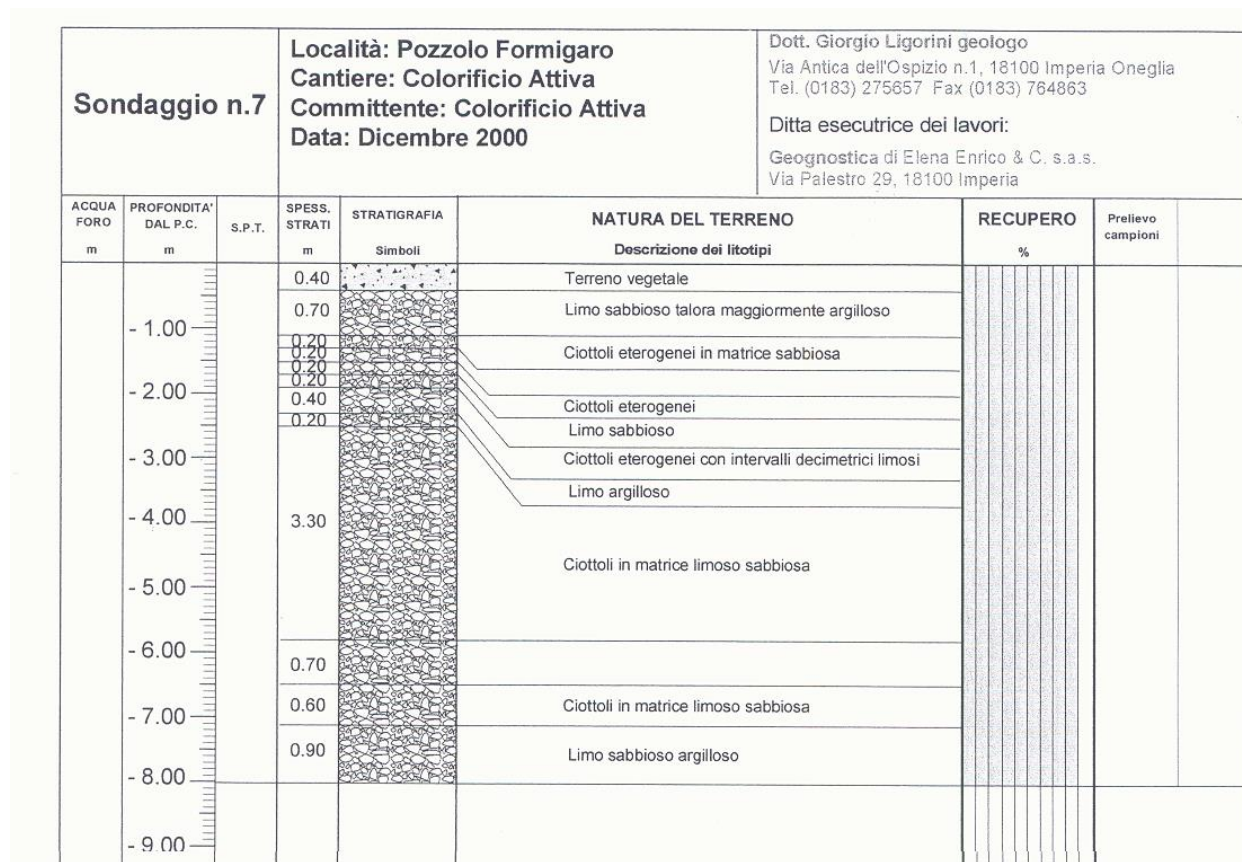


Fig. 10 – Stratigrafia Sondaggio 7 Colorificio Attiva

ARPA Piemonte - Banca dati Geotecnica

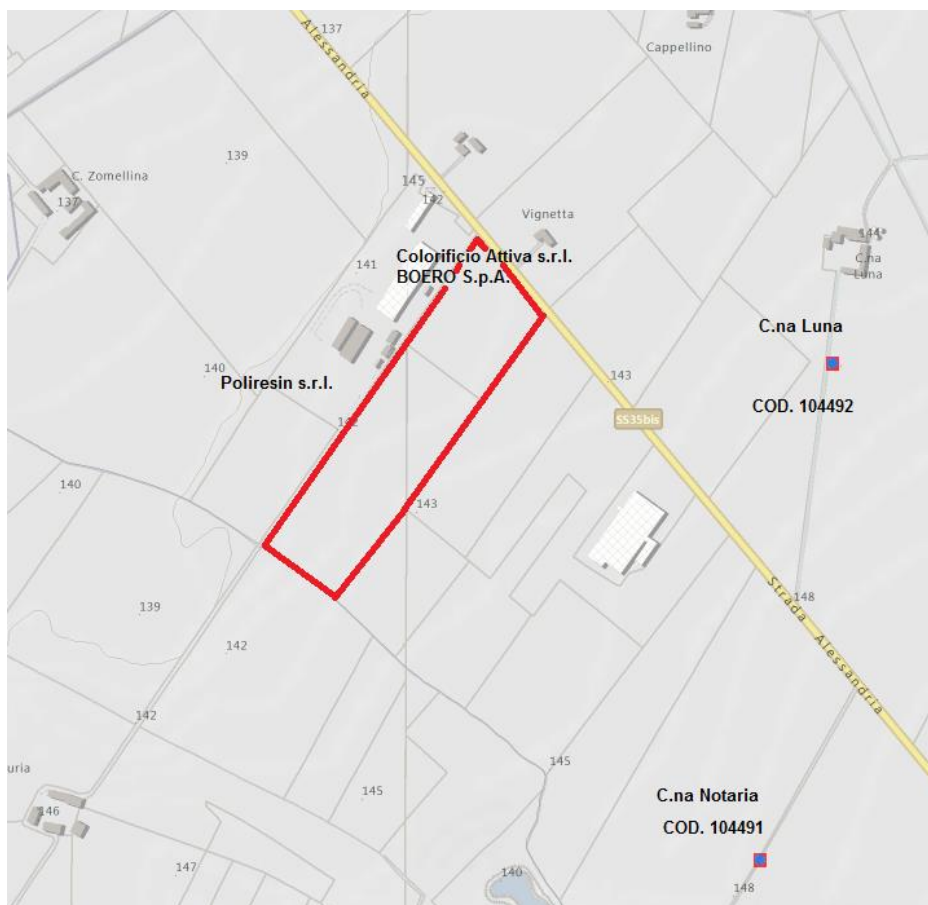


Fig. 11 Fonte:-: Geoportale ARPA Piemonte- Banca dati Geotecnica del Piemonte

CASCINA LUNA Codice Perforazione 104492

Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
104492	0.30	terreno vegetale
104492	0.65	limo sabbioso molto consistente
104492	6.50	ghiaia con sabbia in matrice limo sabbiosa da molto addensata a addensata
104492	15.20	ghiaia poligenica in discreta matrice limo sabbiosa e limosa da addensata a molto addensata
104492	15.90	limo debolmente sabbioso mediamente consistente
104492	19.75	ghiaia poligenica in discreta matrice limo sabbiosa e limosa molto addensata
104492	21.55	ghiaia poligenica in matrice limo sabbiosa e limo argillosa da addensata a molto addensata
104492	21.65	sabbia grossolana
104492	30.95	ghiaia poligenica in matrice limo sabbiosa e limo argillosa da addensata a molto addensata
104492	31.40	limo sabbioso consistente
104492	40.00	ghiaia poligenica in matrice limosa e limo argillosa

Permeabilità

Codice Perforazione	Profondità (m)	Unità Lugeon (UL)	Permeabilità (cm/s)	Tipologia di prova
104492	11.00	0.00	1.82E-03	LEFRANC
104492	20.00	0.00	5.33E-05	LEFRANC
104492	30.00	0.00	3.97E-06	LEFRANC

Prove SPT

Codice Perforazione	Profondità (m)	N1	N2	N3	NSPT
104492	3.00	22	33	28	61
104492	6.00	15	18	21	39
104492	9.00	12	19	22	41
104492	12.00	22	27	-999	-999
104492	14.50	25	39	33	72
104492	18.00	28	31	25	56
104492	21.00	15	14	18	32
104492	24.00	23	27	30	57
104492	27.00	27	37	42	79
104492	30.00	-999	0	0	-999

NOTA: il valore -999 indica un rifiuto.

CASCINA NOTARIA Codice Perforazione 104491

Descrizione stratigrafia

Profondità (m)	Codice perforazione	104491	Descrizione
0.20			riporto
0.70			limo sabbioso con sparsi piccoli elementi lapidei consistente
3.80			ghiaia e sabbia in scarsa matrice limosa molto addensata
4.60			ghiaia addensata in discreta matrice limosa sabbiosa
10.20			ghiaia e elementi lapidei poligenici in matrice limo sabbiosa con presenza di piccoli livelli e intercalazioni limose e argillose
10.45			ghiaietto e sabbia grossolana
13.40			ghiaia poligenica in discreta matrice limosa e limo sabbiosa molto addensato
19.40			ghiaia poligenica molto addensata in matrice di limo sabbiosa e limo argillosa
20.80			ghiaia ghiaietto in matrice limo sabbiosa addensata
23.30			ghiaia poligenica molto addensata in matrice limosa e argillosa limosa
25.00			ghiaia poligenica molto addensata in discreta matrice limosa
35.30			ghiaia poligenica molto addensata in matrice limosa e limo argillosa sparsi elementi lapidei grossolani
38.70			ghiaia poligenica addensata ghiaietto in discreta matrice limo sabbiosa e limosa

Permeabilità

Codice Perforazione	Profondità (m)	Unità	Lugeon (UL)	Permeabilità (cm/s)	Tipologia di prova
104491	3.80		0.00	3.82E-04	LEFRANC
104491	24.00		0.00	4.16E-05	LEFRANC

Prove Penetrometriche (SPT)

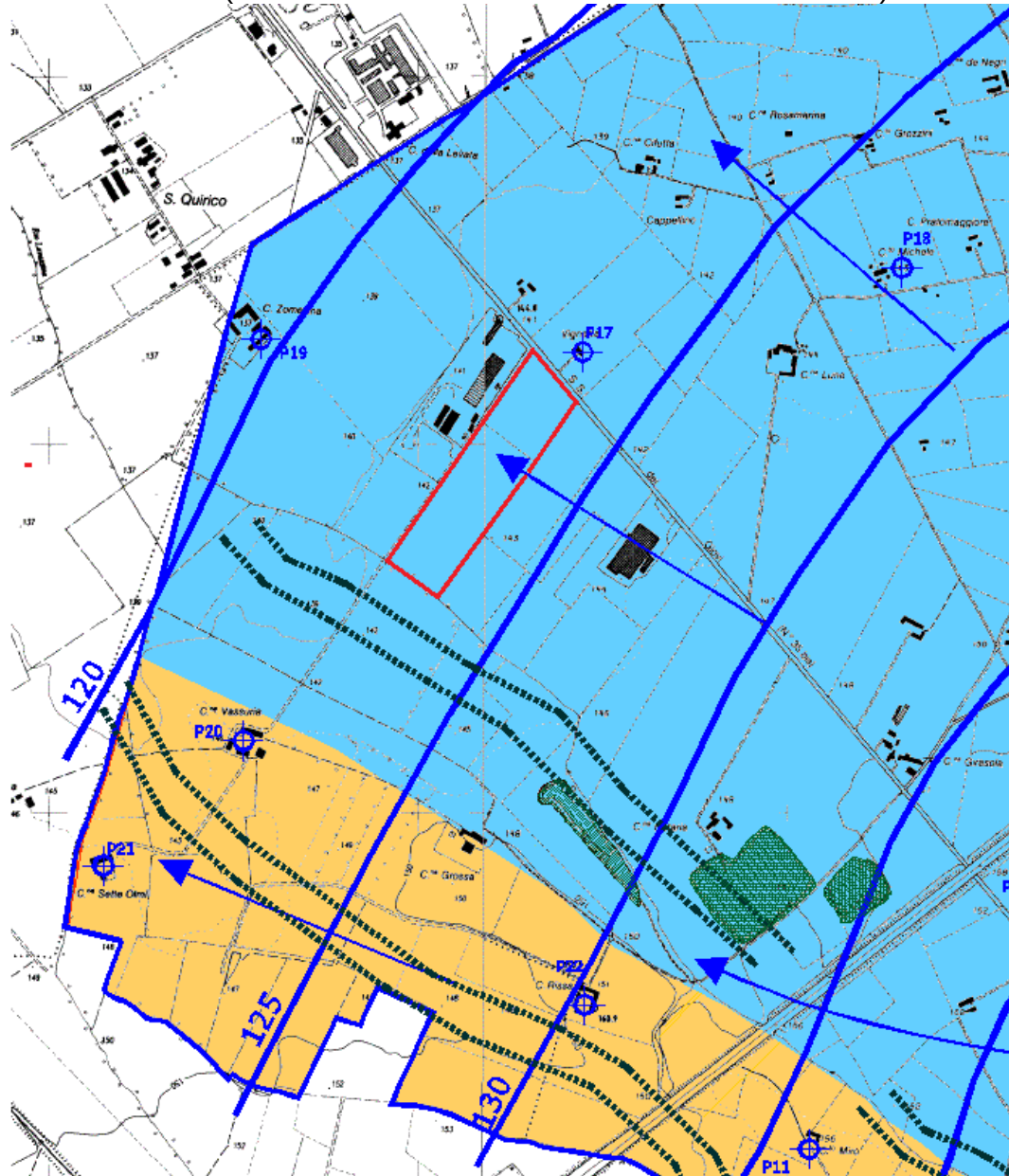
Codice Perforazione	Profondità (m)	N1	N2	N3	NSPT
104491	3.00	27	25	-999	-999
104491	6.10	5	6	5	11
104491	9.00	16	18	19	37
104491	12.00	17	20	38	58
104491	15.00	22	27	37	64
104491	18.00	18	30	42	72
104491	21.00	-999	0	0	-999
104491	24.00	48	-999	0	-999
104491	27.00	35	43	47	90
104491	30.00	44	-999	0	-999

NOTA: il valore -999 indica un rifiuto.

3.4 Stralcio carte di analisi significative allegate al PRGC vigente - (2.a4)

VARIANTE STRUTTURALE AL P.R.G. ART.17 COMMA 4 L.R.56/77 E S.M.I.

ADEGUAMENTO AL P.A.I. (D.P.C.M. 24-5-2001 – D.G.R. 15-7-2002 N° 45-6656)

**Fig.12 Tavola 2 Carta geoidrologica**

Depositi alluvionali del fluviale recente
 Ghiaie e ciottoli in sabbie grossolane e matrice fine limosa
 con modesta alterazione superficiale
 permeabilità da discreta a buona $k=10^{-3}$ - 10^{-6} m/s

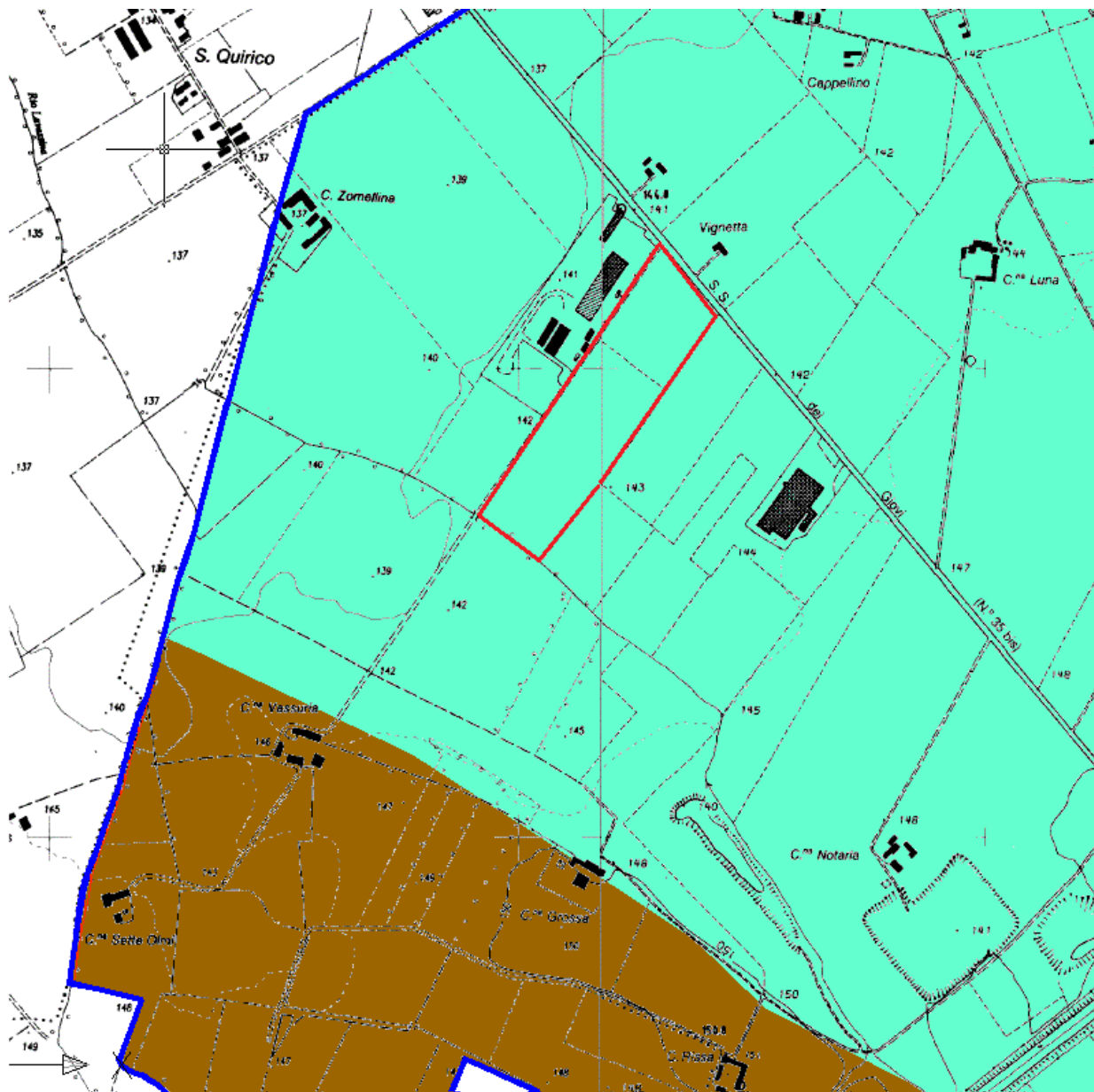


Fig.13 Tavola 3 Carta della caratterizzazione litotecnica dei terreni

UNITA' LITOTECNICA DELLA ZONA DI AFFIORAMENTO DEL F. RECENTE (UL-FR)

Ghiaie e ciottoli in sabbie grossolane e matrice fine limosa con modesta alterazione superficiale- fluviale recente

Alle litologie che costituiscono questa unità litotecnica possono essere attribuiti i seguenti parametri geotecnici.

$$19 < \gamma < 22 \text{ kN/m}^3 \quad 30^\circ < \phi < 38^\circ \quad cu=0$$

3.5 Stralcio della carta di sintesi del PRGC (2006) vigente comprendente l'area in oggetto - (2.a5)

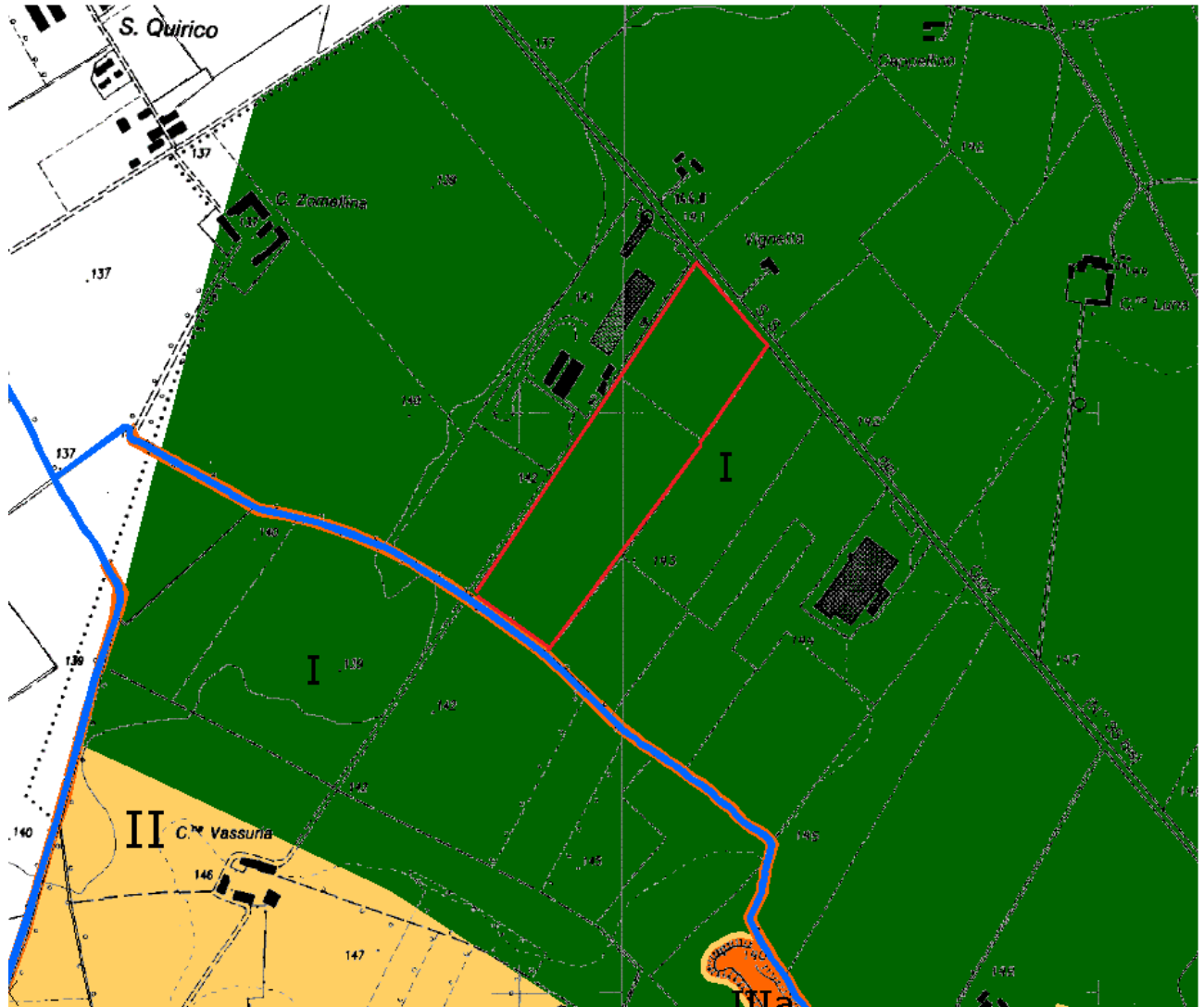


Fig.14 Tavola 4 Carta di Sintesi



CLASSE I

Porzioni di territorio dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre limitazioni alle scelte urbanistiche; gli interventi sia pubblici che privati sono di norma consentiti nel rispetto delle prescrizioni del DM 11-3-88

3.6 Stralcio relazione geologico-tecnica di PRGC vigente dell'area in oggetto - (2.a6)

COMUNE DI POZZOLO FORMIGARO

VARIANTE STRUTTURALE AL P.R.G 2006 ART.17 COMMA 4 L.R.56/77 E S.M.I.

RELAZIONE GEOLOGICO TECNICA RELATIVA ALLE AREE INTERESSATE DAI NUOVI INSEDIAMENTI E DA OPERE PUBBLICHE RILEVANTI

(Circ. P.G.R. Piemonte 8 maggio 1996 n°7/Lap-N.T.E. dicembre 1999)

SCHEDA N°15 (Rev. marzo 2010)

AREA D1a-BOERO (Rif.Tav.15 – Integrazioni cartografiche alla scala di piano)

Destinazione prevista: **Area per insediamenti industriali (classe I –carta di sintesi)**



“L’area n° 15 è situata immediatamente a sud del colorificio Boero al limite nord occidentale del territorio comunale.

Il comparto è caratterizzato da una quota media di circa 142 m s.l.m. con debole esposizione verso N-O

Al limite S-O è presente il Rio Lovassina o di Castel Gazzo, acqua pubblica, munito di fascia di rispetto ai sensi dell’Art. 29 della L.R. 56/77.

L’ambito è delimitato ad N-O dalla presenza della strada per Novi L. ed a est dalla strada di collegamento con la cascina Vassuria.

Caratterizzata dalla presenza a confine del Rio, l’area è geologicamente ascritta al fluviale recente con presenza di ghiaie ciottolose in matrice grossolana sabbiosa e fine limosa con modesta alterazione superficiale.

Le coperture terrigene sono poco potenti restando comprese entro 1 m.

Dato l'andamento morfologico dell'area, generalmente pianeggiante, e la presenza del Rio Lovassino, si dovrà prevedere un adeguato sistema di regimazione delle acque meteoriche afferenti il Rio stesso.

L'adeguamento della rete di drenaggio superficiale non potrà in nessun caso far ricorso a coperture mediante tubi o scatolari anche di ampia sezione.

Eventuali nuove opere di attraversamento stradale del corso d'acqua dovranno essere realizzate mediante ponti, in maniera tale che la larghezza della sezione di deflusso non vada in alcun modo a ridurre la larghezza dell'alveo a (rive piene), misurata a monte dell'infrastruttura.

Non sono ammesse occlusioni, anche parziali, del Rio Lovassino incluse le zone di testata tramite riporti vari.

Nel caso di arginature e di opere idrauliche deve essere garantita la percorribilità, possibilmente veicolare, delle sponde a fini ispettivi e manutentivi.

In sede di progetto esecutivo, nel rispetto del D.M. 14-01-08, dovranno essere eseguite le indagini e verifiche geognostiche per la determinazione delle caratteristiche meccaniche dei terreni, dimensionamento e quota ottimale d'imposta delle fondazioni. Dovrà essere sempre verificata la stabilità del complesso terreno-fondazione e calcolata in forma analitica l'entità dei cedimenti delle strutture ed il loro andamento temporale”.

3.7 Situazione rispetto ai vincoli (vinc. Idro-R.D. 523/1904) - (2.a7)

Il Rio Lovassina o di Castel Gazzo (acqua pubblica), che scorre al limite S-O dell'area di PEC è munito di fascia di rispetto ai sensi dell'Art. 29 della L.R. 56/77.

Ai sensi dei disposti del Testo Unico di Polizia Idraulica n. 523/1904, il corso d'acqua ha una fascia di rispetto di 10 m.

L'area di PEC è esclusa dalla perimetrazione del Vicolo idrogeologico (R.D.L. 30 dicembre 1923, n. 3267, L.R. 9 agosto 1989, n. 45.)

4.0 INDAGINI E STUDI ESEGUITI (b)

4.1 Carta delle indagini eseguite - (2.b3)

In Fig. 15 è riportata in planimetria la posizione delle varie indagini dirette eseguite

4.2 Indagini specifiche se previste dalla relazione geologico-tecnica del PRGC-(2.b6)

La relazione geologico-tecnica di PRGC di Pozzolo Formigaro del 2006 fa riferimento alle indicazioni del D.M. 11-03-88.

Nel 2006 è stata svolta una campagna geognostica a supporto del progetto della Boero Bartolomeo s.p.a per la costruzione di capannoni per logistica nella stessa area di PEC attuale.

Nel Marzo 2010 è stata adeguata alla normativa vigente (D.M. 14-01-08) la *relazione geologico tecnica relativa alle aree interessate dai nuovi insediamenti e da opere pubbliche rilevanti* (AREA D1a-BOERO) - Circ. P.G.R. Piemonte 8 maggio 1996 n°7/Lap-N.T.E. dicembre 1999.

Per il progetto di PEC attuale si fa riferimento alla campagna geognostica del 2006.

Le prove penetrometriche eseguite (18 verticali) unitamente ai dati stratigrafici presentati nel paragrafo 3.3 Dati geotecnici disponibili (da PRGC, banche dati in rete) - (2.a3) costituiranno la base per la redazione della relazione geotecnica ai sensi del DECRETO M.I.T. 17/01/18 – “Aggiornamento norme tecniche per le costruzioni NTC-2008; CIRC. 21/01/2019, N. 7 C.S.LL.PP.” a supporto del progetto esecutivo per la realizzazione di fabbricati ad uso logistica.

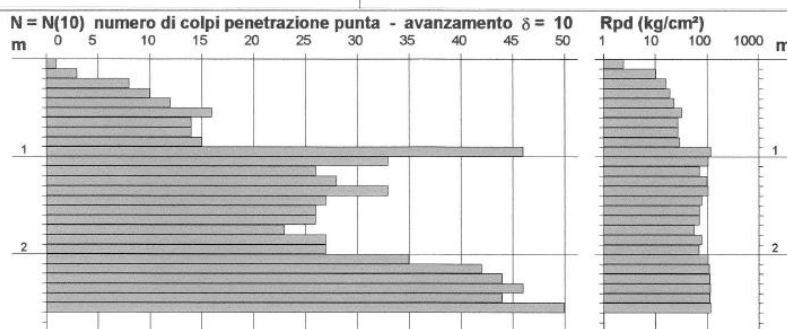
Nel seguito si riportano i risultati di 10 delle prove eseguite, esaustive del contesto geotecnico del sito.

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 2

- indagine :	Geognostica D.M. 11-03-88	- data :	04/11/2006
- cantiere :	Capannoni per Logistica - Capannone C	- quota inizio :	
- località :	Pozzolo Formigaro	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1

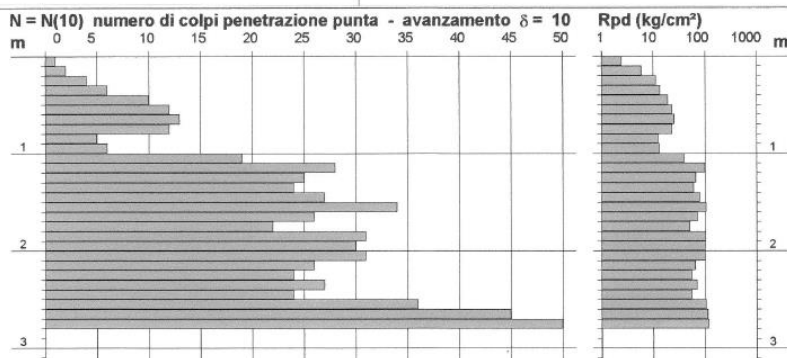
Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,10	1	3,9	—	1	1,30 - 1,40	33	121,7	—	2
0,10 - 0,20	3	11,6	—	1	1,40 - 1,50	27	99,6	—	2
0,20 - 0,30	8	31,0	—	1	1,50 - 1,60	26	95,9	—	2
0,30 - 0,40	10	38,8	—	1	1,60 - 1,70	26	95,9	—	2
0,40 - 0,50	12	46,6	—	1	1,70 - 1,80	23	84,8	—	2
0,50 - 0,60	16	62,1	—	1	1,80 - 1,90	27	99,6	—	2
0,60 - 0,70	14	54,3	—	1	1,90 - 2,00	27	94,9	—	3
0,70 - 0,80	14	54,3	—	1	2,00 - 2,10	35	123,0	—	3
0,80 - 0,90	15	58,2	—	1	2,10 - 2,20	42	147,7	—	3
0,90 - 1,00	46	169,7	—	2	2,20 - 2,30	44	154,7	—	3
1,00 - 1,10	33	121,7	—	2	2,30 - 2,40	46	161,7	—	3
1,10 - 1,20	26	95,9	—	2	2,40 - 2,50	44	154,7	—	3
1,20 - 1,30	28	103,3	—	2	2,50 - 2,60	50	175,8	—	3

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 3

- indagine :	Geognostica D.M. 11-03-88	- data :	04/11/2006
- cantiere :	Capannoni per Logistica - Capannone B	- quota inizio :	
- località :	Pozzolo Formigaro	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,10	1	3,9	—	1	1,40 - 1,50	27	99,6	—	2
0,10 - 0,20	2	7,8	—	1	1,50 - 1,60	34	125,4	—	2
0,20 - 0,30	4	15,5	—	1	1,60 - 1,70	26	95,9	—	2
0,30 - 0,40	6	23,3	—	1	1,70 - 1,80	22	81,1	—	2
0,40 - 0,50	10	38,8	—	1	1,80 - 1,90	31	114,3	—	2
0,50 - 0,60	12	46,6	—	1	1,90 - 2,00	30	105,5	—	3
0,60 - 0,70	13	50,4	—	1	2,00 - 2,10	31	109,0	—	3
0,70 - 0,80	12	46,6	—	1	2,10 - 2,20	26	91,4	—	3
0,80 - 0,90	5	19,4	—	1	2,20 - 2,30	24	84,4	—	3
0,90 - 1,00	6	22,1	—	2	2,30 - 2,40	27	94,9	—	3
1,00 - 1,10	19	70,1	—	2	2,40 - 2,50	24	84,4	—	3
1,10 - 1,20	28	103,3	—	2	2,50 - 2,60	36	126,6	—	3
1,20 - 1,30	25	92,2	—	2	2,60 - 2,70	45	158,2	—	3
1,30 - 1,40	24	88,5	—	2	2,70 - 2,80	50	175,8	—	3



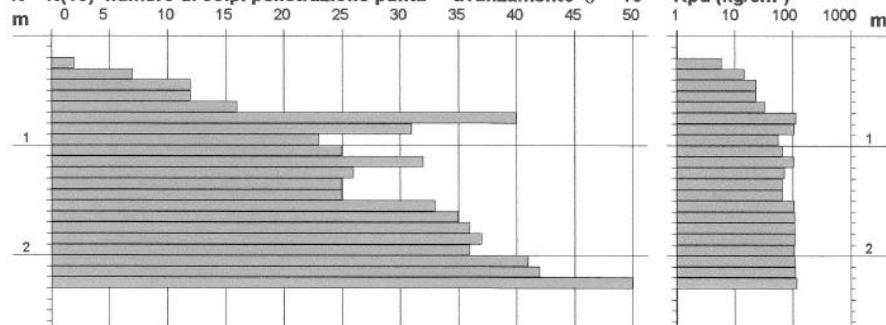
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 4

- indagine : Geognostica D.M. 11-03-88
- cantiere : Capannoni per Logistica - Capannone B
- località : Pozzolo Formigaro
- note :

- data : 04/11/2006
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r) asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r) asta
0,00 - 0,10	—	—	— 1	1,20 - 1,30	26	95,9	— 2
0,10 - 0,20	—	—	— 1	1,30 - 1,40	25	92,2	— 2
0,20 - 0,30	2	7,8	— 1	1,40 - 1,50	25	92,2	— 2
0,30 - 0,40	7	27,2	— 1	1,50 - 1,60	33	121,7	— 2
0,40 - 0,50	12	46,6	— 1	1,60 - 1,70	35	129,1	— 2
0,50 - 0,60	12	46,6	— 1	1,70 - 1,80	36	132,8	— 2
0,60 - 0,70	16	62,1	— 1	1,80 - 1,90	37	136,5	— 2
0,70 - 0,80	40	155,2	— 1	1,90 - 2,00	36	126,6	— 3
0,80 - 0,90	31	120,3	— 1	2,00 - 2,10	41	144,1	— 3
0,90 - 1,00	23	84,8	— 2	2,10 - 2,20	42	147,7	— 3
1,00 - 1,10	25	92,2	— 2	2,20 - 2,30	50	175,8	— 3
1,10 - 1,20	32	118,0	— 2				

N = N(10) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 10$ 

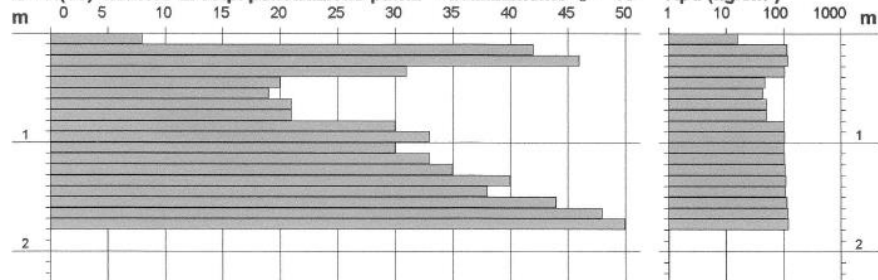
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 6

- indagine : Geognostica D.M. 11-03-88
- cantiere : Capannoni per Logistica - Capannone A
- località : Pozzolo Formigaro
- note :

- data : 04/11/2006
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r) asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r) asta
0,00 - 0,10	8	31,0	— 1	0,90 - 1,00	33	121,7	— 2
0,10 - 0,20	42	162,9	— 1	1,00 - 1,10	30	110,7	— 2
0,20 - 0,30	46	178,4	— 1	1,10 - 1,20	33	121,7	— 2
0,30 - 0,40	31	120,3	— 1	1,20 - 1,30	35	129,1	— 2
0,40 - 0,50	20	77,6	— 1	1,30 - 1,40	40	147,5	— 2
0,50 - 0,60	19	73,7	— 1	1,40 - 1,50	38	140,2	— 2
0,60 - 0,70	21	81,5	— 1	1,50 - 1,60	44	162,3	— 2
0,70 - 0,80	21	81,5	— 1	1,60 - 1,70	48	177,0	— 2
0,80 - 0,90	30	116,4	— 1	1,70 - 1,80	50	184,4	— 2

N = N(10) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 10$ 

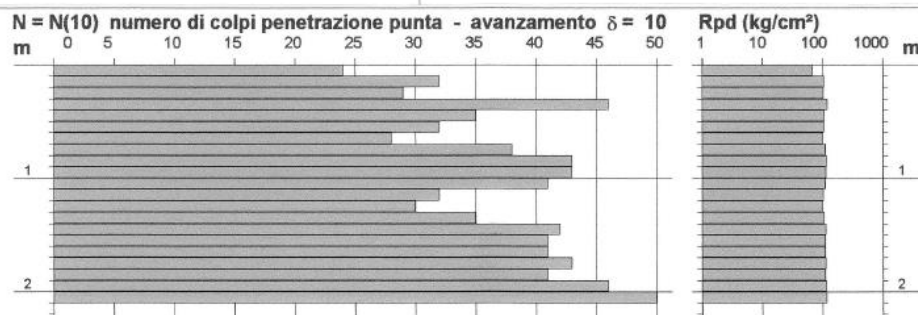
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 7

- indagine : Geognostica D.M. 11-03-88
- cantiere : Capannoni per Logistica - Capannone A
- località : Pozzolo Formigaro
- note :

- data : 04/11/2006
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,10	24	93,1	—	1	1,10 - 1,20	32	118,0	—	2
0,10 - 0,20	32	124,1	—	1	1,20 - 1,30	30	110,7	—	2
0,20 - 0,30	29	112,5	—	1	1,30 - 1,40	35	129,1	—	2
0,30 - 0,40	46	178,4	—	1	1,40 - 1,50	42	154,9	—	2
0,40 - 0,50	35	135,8	—	1	1,50 - 1,60	41	151,2	—	2
0,50 - 0,60	32	124,1	—	1	1,60 - 1,70	41	151,2	—	2
0,60 - 0,70	28	108,6	—	1	1,70 - 1,80	43	158,6	—	2
0,70 - 0,80	38	147,4	—	1	1,80 - 1,90	41	151,2	—	2
0,80 - 0,90	43	166,8	—	1	1,90 - 2,00	46	161,7	—	3
0,90 - 1,00	43	158,6	—	2	2,00 - 2,10	50	175,8	—	3
1,00 - 1,10	41	151,2	—	2					



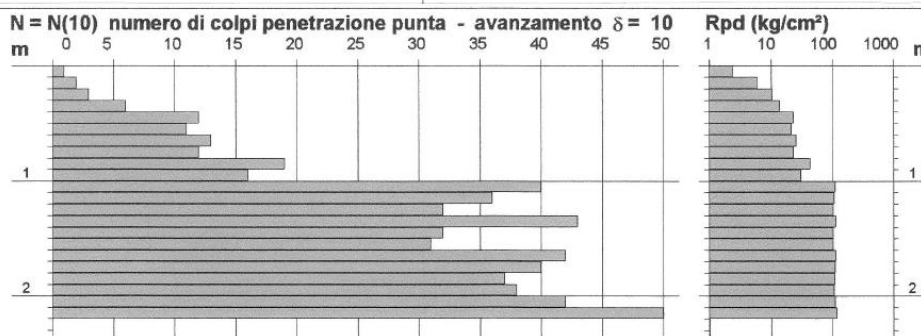
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 9

- indagine : Geognostica D.M. 11-03-88
- cantiere : Capannoni per Logistica - Capannone B
- località : Pozzolo Formigaro
- note :

- data : 04/11/2006
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,10	1	3,9	—	1	1,10 - 1,20	36	132,8	—	2
0,10 - 0,20	2	7,8	—	1	1,20 - 1,30	32	118,0	—	2
0,20 - 0,30	3	11,6	—	1	1,30 - 1,40	43	158,6	—	2
0,30 - 0,40	6	23,3	—	1	1,40 - 1,50	32	118,0	—	2
0,40 - 0,50	12	46,6	—	1	1,50 - 1,60	31	114,3	—	2
0,50 - 0,60	11	42,7	—	1	1,60 - 1,70	42	154,9	—	2
0,60 - 0,70	13	50,4	—	1	1,70 - 1,80	40	147,5	—	2
0,70 - 0,80	12	46,6	—	1	1,80 - 1,90	37	136,5	—	2
0,80 - 0,90	19	73,7	—	1	1,90 - 2,00	38	133,6	—	3
0,90 - 1,00	16	59,0	—	2	2,00 - 2,10	42	147,7	—	3
1,00 - 1,10	40	147,5	—	2	2,10 - 2,20	50	175,8	—	3



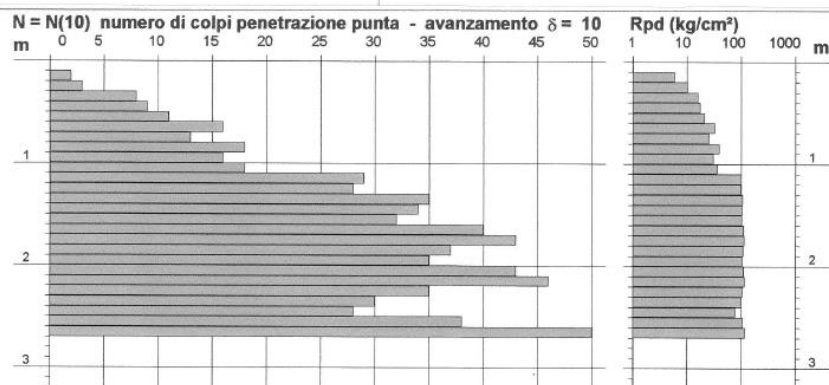
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 10

- indagine : Geognostica D.M. 11-03-88
 - cantiere : Capannoni per Logistica - Capannone B
 - località : Pozzolo Formigaro
 - note :

- data : 04/11/2006
 - quota inizio :
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,10	—	—	—	1	1,40 - 1,50	34	125,4	—	2
0,10 - 0,20	2	7,8	—	1	1,50 - 1,60	32	118,0	—	2
0,20 - 0,30	3	11,6	—	1	1,60 - 1,70	40	147,5	—	2
0,30 - 0,40	8	31,0	—	1	1,70 - 1,80	43	158,6	—	2
0,40 - 0,50	9	34,9	—	1	1,80 - 1,90	37	136,5	—	2
0,50 - 0,60	11	42,7	—	1	1,90 - 2,00	35	123,0	—	3
0,60 - 0,70	16	62,1	—	1	2,00 - 2,10	43	151,2	—	3
0,70 - 0,80	13	50,4	—	1	2,10 - 2,20	46	161,7	—	3
0,80 - 0,90	18	69,8	—	1	2,20 - 2,30	35	123,0	—	3
0,90 - 1,00	16	59,0	—	2	2,30 - 2,40	30	105,5	—	3
1,00 - 1,10	18	66,4	—	2	2,40 - 2,50	28	98,4	—	3
1,10 - 1,20	29	107,0	—	2	2,50 - 2,60	38	133,6	—	3
1,20 - 1,30	28	103,3	—	2	2,60 - 2,70	50	175,8	—	3
1,30 - 1,40	35	129,1	—	2					

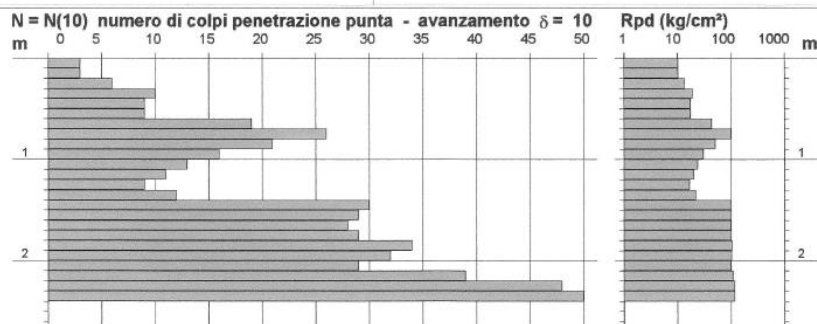
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 14

- indagine : Geognostica D.M. 11-03-88
 - cantiere : Capannoni per Logistica - Capannone C
 - località : Pozzolo Formigaro
 - note :

- data : 04/11/2006
 - quota inizio :
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,10	3	11,6	—	1	1,20 - 1,30	9	33,2	—	2
0,10 - 0,20	3	11,6	—	1	1,30 - 1,40	12	44,3	—	2
0,20 - 0,30	6	23,3	—	1	1,40 - 1,50	30	110,7	—	2
0,30 - 0,40	10	38,8	—	1	1,50 - 1,60	29	107,0	—	2
0,40 - 0,50	9	34,9	—	1	1,60 - 1,70	28	103,3	—	2
0,50 - 0,60	9	34,9	—	1	1,70 - 1,80	29	107,0	—	2
0,60 - 0,70	19	73,7	—	1	1,80 - 1,90	34	125,4	—	2
0,70 - 0,80	26	100,9	—	1	1,90 - 2,00	32	112,5	—	3
0,80 - 0,90	21	81,5	—	1	2,00 - 2,10	29	102,0	—	3
0,90 - 1,00	16	59,0	—	2	2,10 - 2,20	39	137,1	—	3
1,00 - 1,10	13	48,0	—	2	2,20 - 2,30	48	168,8	—	3
1,10 - 1,20	11	40,6	—	2	2,30 - 2,40	50	175,8	—	3



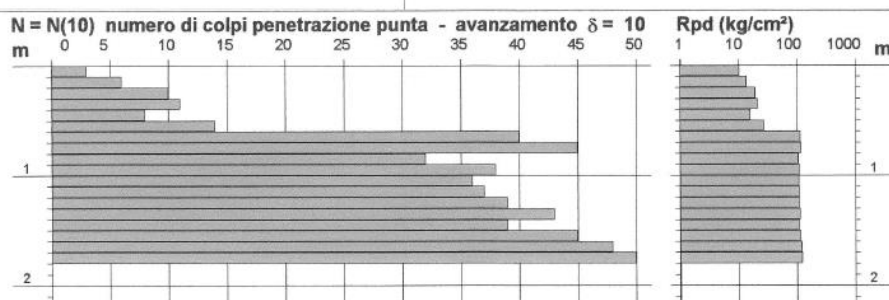
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 16

- indagine : Geognostica D.M. 11-03-88
- cantiere : Capannoni per Logistica - Capannone B
- località : Pozzolo Formigaro
- note :

- data : 04/11/2006
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,10	3	11,6	—	1	0,90 - 1,00	38	140,2	—	2
0,10 - 0,20	6	23,3	—	1	1,00 - 1,10	36	132,8	—	2
0,20 - 0,30	10	38,8	—	1	1,10 - 1,20	37	136,5	—	2
0,30 - 0,40	11	42,7	—	1	1,20 - 1,30	39	143,9	—	2
0,40 - 0,50	8	31,0	—	1	1,30 - 1,40	43	158,6	—	2
0,50 - 0,60	14	54,3	—	1	1,40 - 1,50	39	143,9	—	2
0,60 - 0,70	40	155,2	—	1	1,50 - 1,60	45	166,0	—	2
0,70 - 0,80	45	174,6	—	1	1,60 - 1,70	48	177,0	—	2
0,80 - 0,90	32	124,1	—	1	1,70 - 1,80	50	184,4	—	2



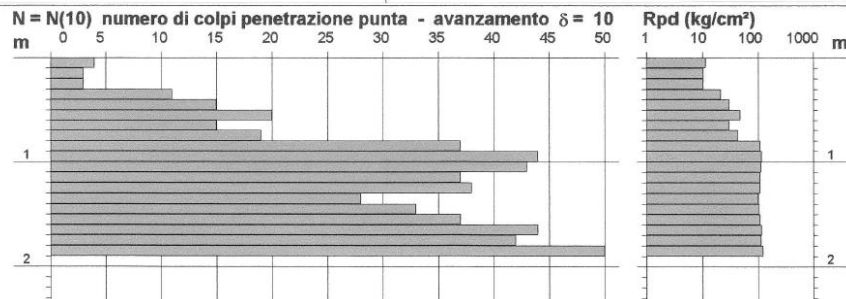
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 17

- indagine : Geognostica D.M. 11-03-88
- cantiere : Capannoni per Logistica - Capannone A
- località : Pozzolo Formigaro
- note :

- data : 04/11/2006
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,10	4	15,5	—	1	1,00 - 1,10	43	158,6	—	2
0,10 - 0,20	3	11,6	—	1	1,10 - 1,20	37	136,5	—	2
0,20 - 0,30	3	11,6	—	1	1,20 - 1,30	38	140,2	—	2
0,30 - 0,40	11	42,7	—	1	1,30 - 1,40	28	103,3	—	2
0,40 - 0,50	15	58,2	—	1	1,40 - 1,50	33	121,7	—	2
0,50 - 0,60	20	77,6	—	1	1,50 - 1,60	37	136,5	—	2
0,60 - 0,70	15	58,2	—	1	1,60 - 1,70	44	162,3	—	2
0,70 - 0,80	19	73,7	—	1	1,70 - 1,80	42	154,9	—	2
0,80 - 0,90	37	143,5	—	1	1,80 - 1,90	50	184,4	—	2
0,90 - 1,00	44	162,3	—	2					



5.0 VERIFICHE E DETERMINAZIONI EFFETTUATE (C)

5.1 Modello geologico e geotecnico del sito - (2.c1-2.c2)

A fronte delle campagne geognostiche eseguite nell'area (2000 e 2006) e dei dati geotecnici disponibili (PRGC e Banche dati ARPA-Piemonte), si definisce il modello stratigrafico-geotecnico per il sottosuolo di fondazione. Nel caso specifico, con riferimento alle verticali di prova, considerata la quota di imposta prevista ed il volume significativo delle fondazioni, può essere assunto il modello riportato nella tabella seguente con i relativi parametri caratteristici (stime cautelative).

Modello geologico e Geotecnico di calcolo

Strato	descrizione	N _{SPT}	c' [kPa]	φ' [°]	γ [kN/m ³]
Da 0.0 a -1.40 m	Ghiaie argillose	11	0	27.8	18.5
Da -1.40 a -2.30 m	Ghiaie e sabbie in matrice limosa-argillosa Med. Addensato	25	0	34.4	19.5
Da -2.30 a >-8.0 m	Ghiaie e ciottoli in matrice sabbiosa-limosa Molto addensato	38	0	38.9	20.5

5.2 Pericolosità sismica di base del sito (Ag, Fo, Tc*) - (2.c3)

Il Comune di Pozzolo Formigaro è classificato in **ZONA SISMICA 3** (O.P.C.M. n. 3274/2003, aggiornata con la D.G.R. n. 4-3084 del 12/12/2011 ed in seguito modificata con la D.G.R. n. 65-7656 del 21/05/2014 e con la D.G.R. n.6-887 del 30/12/2019

La “pericolosità sismica di base”, costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche da applicare alle costruzioni e alle strutture connesse con il funzionamento di opere come i fabbricati produttivi.

Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. Le N.T.C. introducono il concetto di nodo di riferimento di un reticolo composto da 10751 punti in cui è stato suddiviso l'intero territorio italiano. Le stesse N.T.C. forniscono, per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno Tr considerati dalla pericolosità sismica, tre parametri:

a_g = accelerazione orizzontale massima del terreno (espressa in g/10);

F₀= valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T*_c = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Da un punto di vista normativo, pertanto, la pericolosità sismica di un sito non è sintetizzata più dall'unico parametro (a_g), ma dipende dalla posizione rispetto ai nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame (Tabella A1 delle N.T.C.), dalla Vita Nominale e dalla Classe d'Uso dell'opera. I punti del reticolo di riferimento riportati nella Tabella A1 delle N.T.C. hanno un passo di circa 10 km e sono definiti in termini di Latitudine e Longitudine. La rappresentazione grafica dello studio di pericolosità sismica di base dell'INGV, da cui è stata tratta

la Tabella A1 delle N.T.C., è caratterizzata da una mappa di pericolosità Sismica del Territorio Nazionale, espressa in termini di accelerazione massima del suolo rigido (in g) in funzione della probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento considerato.

I valori dei parametri a_g e F_0 relativi alla pericolosità sismica su reticolo geografico di riferimento sono forniti nelle tabelle riportate nell'ALLEGATO B al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008, pubblicato nel S.O. alla Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008, n.29.al Testo unico 2008 (Rif. D.to MIT 17/01/2018).

Per calcolare lo specifico valore dei parametri a_g e F_0 è necessario valutare il Tempo di ritorno.

Tempo di ritorno T_R

Il tempo di ritorno è valutato in funzione della vita di riferimento V_R ed in base alla corrispondente probabilità del suo superamento allo stato limite che si intende verificare. La vita di riferimento viene calcolata in funzione della Vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U

$$V_R = V_N \times C_U$$

Vita nominale V_N : indica in numero di anni nel quale la struttura deve essere usata per lo scopo per cui è progettata.

	Tipi di costruzione	Vita nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Tab. 2.4.I Norme Tecniche 2008- D.to MIT 17/01/18

Coefficiente d'uso C_U : parametro definito in base alla classe d'uso della struttura in funzione del livello di affollamento e dell'interesse strategico.

	Classe d'uso	Coeff. d'uso C_U
I	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli	0.7
II	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.	1.0
III	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.	1.5
IV	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.	2.0

Tab. 2.4.II Norme Tecniche 2008- D.to MIT 17/01/18

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite ultimi sono definiti riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso includendo elementi strutturali, non strutturali ed impianti.

Stato limite Ultimo di salvaguardia della vita (SLV)

Stato limite Ultimo di prevenzione del collasso (SLC)

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} sono definite in funzione degli stati limite considerati.

Tab. 3.2.I – Probabilità di superamento P_{VR} in funzione dello stato limite considerato

Stati Limite	P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Tab. 3.2.I - D.to MIT 17/01/18

Fissata quindi la vita di riferimento e lo stato limite si ricava il tempo di ritorno:

$$T_R = -V_R / (\ln(1 - P_{VR}))$$

Se $V_R < 35$ anni si pone comunque = 35 anni.

5.3 Analisi di risposta sismica locale (RSL) - Generalità - (2.c4)

Per definire l'azione sismica di progetto è necessario valutare la "Risposta Sismica Locale" e cioè quelle modifiche che un segnale sismico subisce rispetto a quello di base di un sito di riferimento rigido e con superficie topografica orizzontale.

$$a_{max} = a_g \times S_t \times S_s$$

S_s = **Coefficiente di Amplificazione Stratigrafica** dipende dalla caratterizzazione geotecnica del materiale che costituisce i primi 30 metri di profondità nella località di realizzazione dell'opera (F_0 e a_g tabulati).

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

Tab. 3.2.IV – Espressioni di S_s

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica	S_s
A	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.	1,00
B	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.	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$
C	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.	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$
D	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.	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$
E	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.	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$

Tab. 3.2.II e Tab 3.2.IV -D.to MIT 17/01/2018

S_t = **Coefficiente di Amplificazione Topografica** si applica per dislivelli topografici maggiori di 30 m e con pendenza -i- maggiore di 15°; dipende dalla condizione topografica dell'opera e varia in funzione della pendenza del pendio e della localizzazione dell'opera su di esso da 1 alla base al valore S_t riportato in tabella alla sommità.

Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_t

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_t
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Tab. 3.2.V– D.to MIT 17/01/2018

Coefficienti sismici

In condizioni sismiche la norma prescrive le stesse verifiche da realizzarsi in condizioni statiche con l'introduzione dei coefficienti sismici orizzontali k_h e k_v che devono essere calcolati mediante le espressioni:

$$k_h = \beta_m (a_{max} / g)$$

$$k_v = + 0.5 k_h$$

β_m = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

il coefficiente di riduzione si calcola in funzione della categoria del sottosuolo e della zona geografica tramite il valore di a_g (SLV di cui al capitolo precedente).

Tab. 7.11.I – Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g (g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g (g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g (g) \leq 0,1$	0,20	0,20

Tab. 7.11.I - D.to MIT 17/01/2018

Nel prospetto seguente si riportano i valori puntuali dei parametri di pericolosità sismica dell'ambito dell'area D1a-Boero come definiti dal D.to M.I.T. 17/01/18 (applicativo Aztec sisma 10.0)

5.4 Parametri di pericolosità sismica

Località

Comune: Pozzolo F.ro - Area D1a-Boero

Provincia: Alessandria

Regione: Piemonte

Latitudine: 44,8191080

Longitudine: 8,7488360

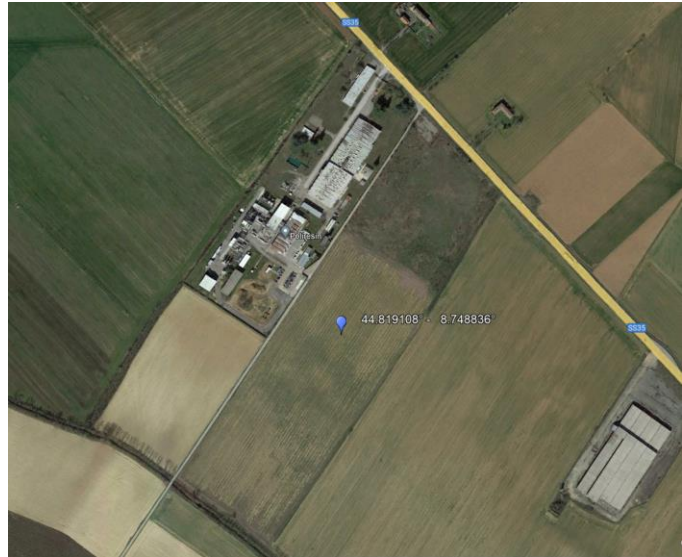


Fig. 16- Posizione Intervento

Tipo Opera

Tipo di costruzione:

- ☐ Opere provvisorie
- ☒ Opere ordinarie, opere infrastrutturali di importanza normale
- ☐ Grandi opere di importanza strategica

Vita Nominale - V_N 50 anni

Classe d'uso:

- ☐ I - Presenza occasionale di persone
- ☒ II - Normali affollamenti, industrie non pericolose
- ☐ III - Affollamenti significativi, industrie pericolose
- ☐ IV - Opere strategiche, industrie molto pericolose

Vita di Riferimento - V_R 50 anni

Parametri sismici	T_R [anni]	a_g [m/s ²]	F_0 [...]	T_C^* [s]
SLO	30	0,207	2,514	0,184
SLD	50	0,283	2,487	0,205
SLV	475	0,787	2,450	0,271
SLC	975	1,069	2,439	0,276

● ID Punto 1 = 14918 ○ ID Punto 2 = 14917 ○ ID Punto 3 = 15139 ○ ID Punto 4 = 15140 Dati sismici rilevati correttamente.	
--	--

5.5 Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche

5.5.1 Prospezione sismica passiva – metodo HVSR - (2.c6)

La metodologia sismica HVSR (Horizontal to Vertical Spectrum Ratio) misura il rumore sismico ambientale che è presente ovunque sulla superficie terrestre, ed è prodotto dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, microterremoti, vento) e dall'attività antropica.

Il rumore sismico ambientale viene anche chiamato microtremore in quanto costituito da oscillazioni di piccolissima ampiezza se confrontate con quelle associate ai terremoti.

La denominazione di sismica passiva dipende dal fatto che il rumore non viene generato artificialmente, come nella energizzazione della sismica attiva, ma è presente naturalmente.

In qualsiasi luogo pianeggiante sono sempre presenti delle vibrazioni associate alle onde oceaniche con dei picchi a 0,14 e 0,07 Hz. A questo comportamento spettrale di "fondo", sempre presente in varia forma, e soggetto a scarsissima attenuazione, si sovrappongono le sorgenti locali dovute alle attività antropiche (traffico, macchinari ecc..) e naturali. L'effetto di queste sorgenti

locali è soggetto ad attenuazioni quanto maggiori all'aumentare della frequenza e dovute all'assorbimento anelastico associato all'attrito interno delle rocce e dei terreni.

La metodologia HVSR è stata introdotta da Nakamura (1989) per la determinazione delle frequenze di risonanza dei terreni e la stima dell'amplificazione sismica locale, elementi di grande utilità per l'ingegneria sismica.

La frequenza fondamentale di risonanza (F) dello strato di terreno n , è data dalla formula:

$$F_n = V_s / 4 h$$

in cui V_s è la velocità media delle onde S nello strato N ed h è lo spessore.

Questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra come massimi relativi le frequenze di risonanza dei vari strati. Questo, insieme ad una stima delle velocità è in grado di fornire previsioni sullo spessore h degli strati.

Viceversa, nota la stratigrafia è possibile fornire una valutazione approssimativa della velocità delle onde S nei singoli strati.

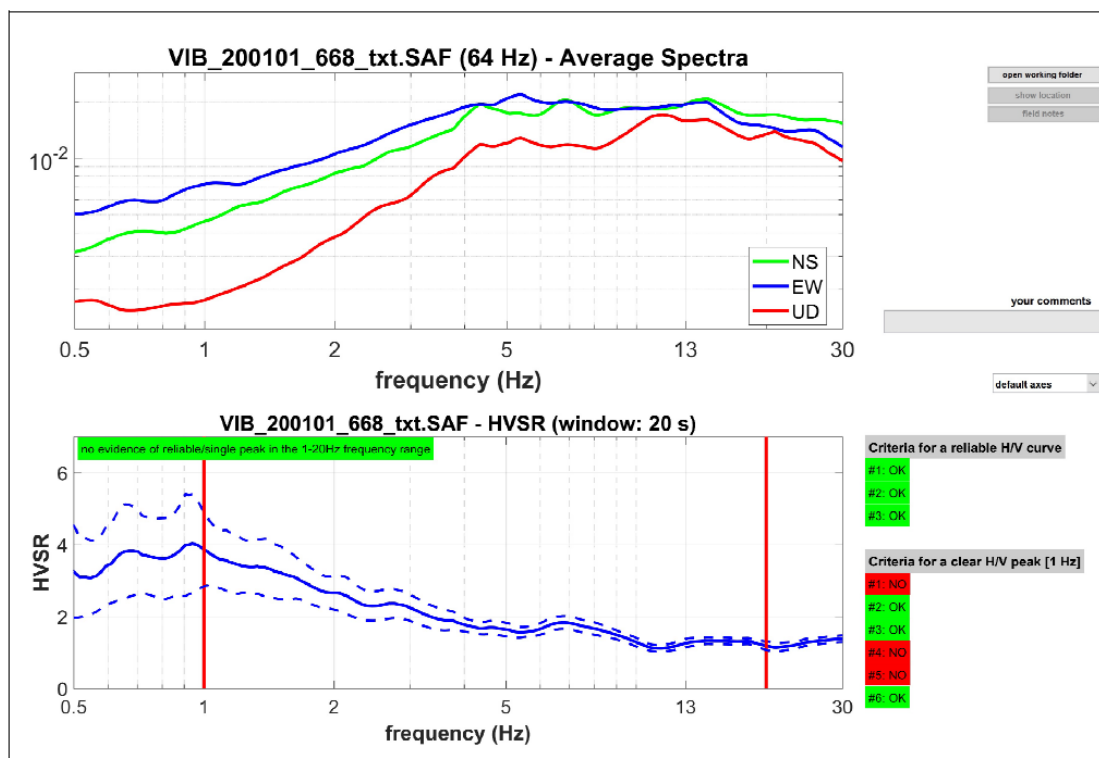


Figura 17 – Vibrometro-Sismografo ABM-MARAHVIB in fase di acquisizione

I risultati presentati nel seguito, sono stati ottenuti mediante impiego di un geofono triassiale ABM-MARAHVIB ed elaborati con software EEG:

- il segnale dei velocimetri (3) è stato acquisito in sito per un tempo $t = 20'$. Per ciascuna delle 3 componenti del moto, il software divide il tracciato registrato in finestre di lunghezza L (in questo lavoro generalmente 26 s) e in seguito ad una serie di elaborazioni, calcola il rapporto spettrale HVSR ad ogni frequenza, per ciascuna finestra.

La funzione HVSR finale è data dalla media degli HVSR di ciascuna finestra.



**Figura 18– HVSr-1 a) Componenti XYZ dello spettro di frequenza
 b) Rapporto delle componenti spettrali, orizzontale sulla verticale**

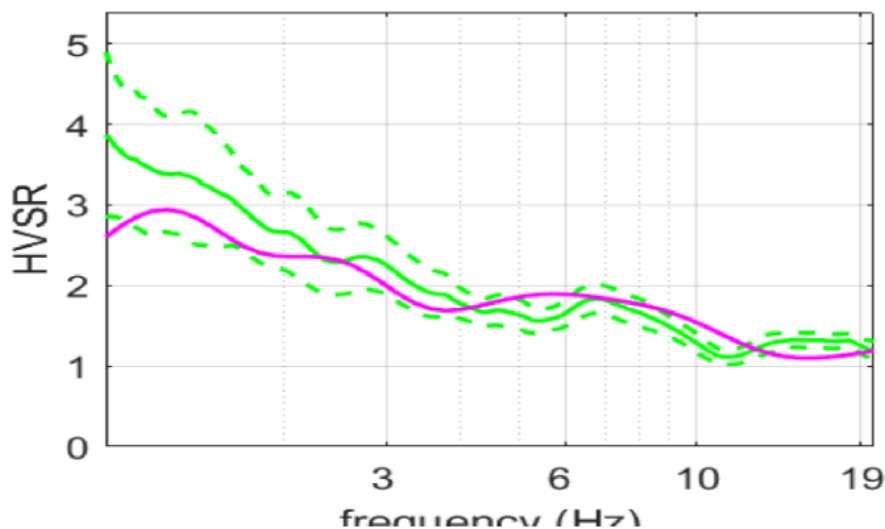


Figura 19 – HVSr-1 /Frequenza – Assenza di picchi significativi alle frequenze d'interesse Ingegnistico

5.5.2 Prospezione sismica MASW-VS30

Al fine di caratterizzare la risposta sismica del sito in esame è stata effettuata una serie di acquisizioni MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves, analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva – E.G. Park et al., 1999) per la definizione del parametro VS30 (velocità di propagazione delle onde di taglio).

Nel loro insieme, le procedure adottate sono state eseguite in accordo alle norme tecniche per le costruzioni del D.to M.I.T. 17/01/2018 (Aggiornamento NTC-2008).

Queste, fanno risalire la stima dell'effetto di sito alle caratteristiche del profilo di velocità delle onde di taglio (VS).

La classificazione dei terreni è stata svolta sulla base del valore della VS30 (il valore medio della VS nei primi 30 m di profondità) definita dalla relazione:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum h_i / V_{Si}} \quad \text{in cui:}$$

V_{Si} e h_i sono rispettivamente la velocità delle onde di taglio e lo spessore dell'i-esimo strato.

Strumentazione

La strumentazione utilizzata è costituita da:

- Sismografo EEG-ABM-MARAHVIB

- geofoni a 4.5Hz

- fucile sismico o una mazza da 6 Kg

Descrizione generale della procedura MASW

La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

acquisizione dei dati di campo;

estrazione della curva di dispersione;

inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs (profilo 1-D) che descrive la variazione di Vs con la profondità

Nel seguito sono riportati i risultati della prova MASW.

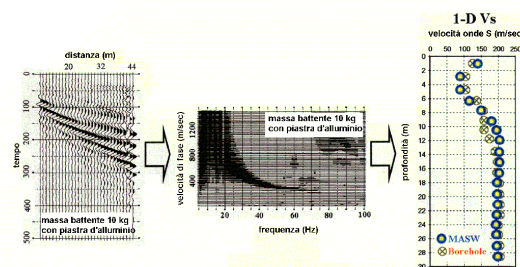


Fig. 20 – Procedura MASW



Fig. 21–sviluppo dello stendimento geofonico MASW-M1e HVSR

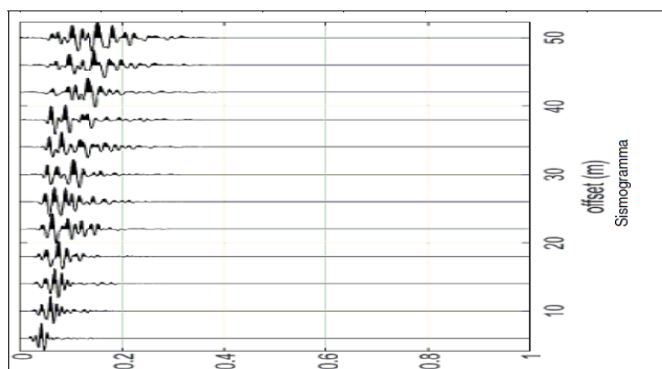


Fig. 22 Sismogramma ottenuto in fase di acquisizione (stendimento geofonico M1)

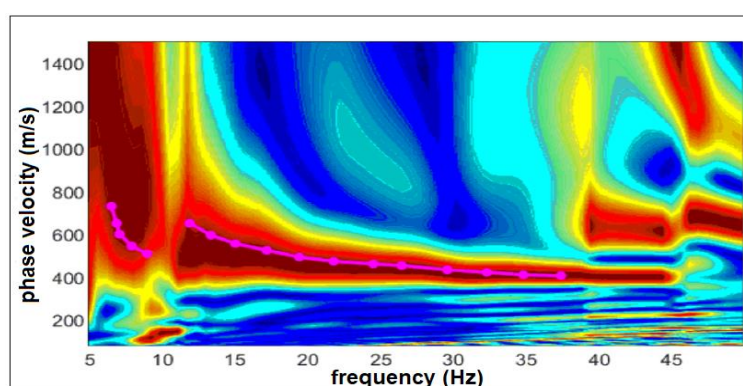


Fig. 23 Immagine di dispersione dell'energia sismica (MASW-M1)

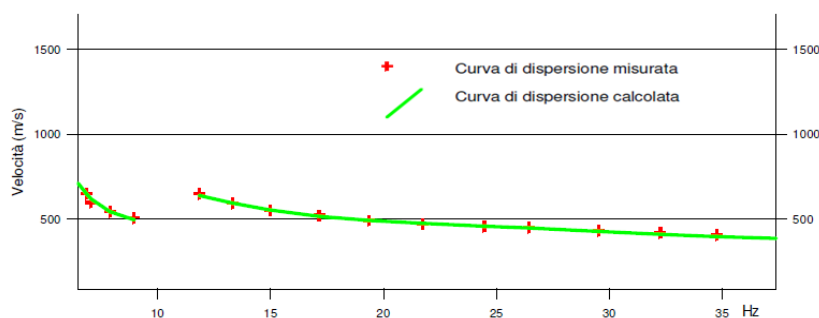


Fig. 24 Curva di dispersione

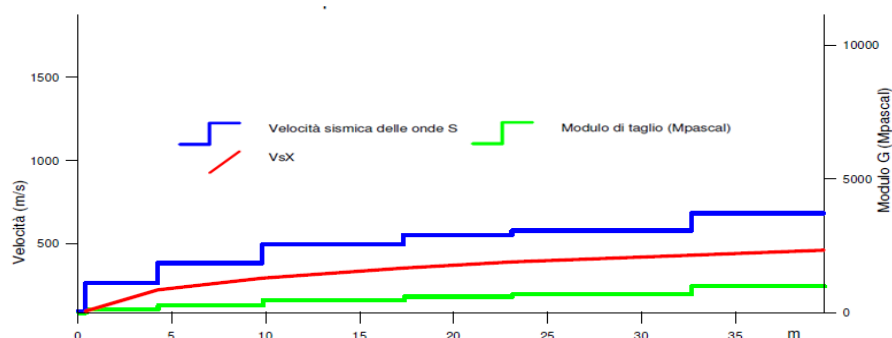


Fig. 25 Modello del Terreno

In Fig. 24 è riportata la curva di dispersione estratta dall'immagine di Fig.23.

In Fig. 25 sono riportati i grafici relativi al modello del terreno, sia sotto forma di stratificazione Vs (spezzata di colore blu) che di Modulo di Taglio (spezzata verde). Per il calcolo del modulo di taglio è stata usata una formula approssimata per la valutazione della densità, non nota.

$$\text{Densità} = 1,5 + V_s/1000$$

Poiché il valore del modulo di taglio G in MegaPascal si ottiene dalla formula

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

è facile ricalcolare il modulo G esatto quando si disponesse di valori più precisi di densità.

Con una curva di colore rosso è stato tracciato il valore di Vs progressiva.

Dalla curva si può quindi ricavare il valore di Vs10, Vs20 e così via, e quindi anche il valore di Vs30, quest'ultimo ovviamente alla profondità 30.

Il sito è classificato sulla base del valore di VS30 come riportato nella seguente tabella (D.to M.I.T. 17-01-18)

Grado	Classe	Velocità sismica (m/s)
Molto buono	A	VS30 > 800
Buono	B	360 < VS30 < 800
Discreto	C	180 < VS30 < 360
Sufficiente	D	VS30 < 180
Insufficiente	E	Strati sup. all. (5 – 20 m) tipo C e D con profondità substrato non superiore a 30 m.

La stratigrafia Vs riportata nelle tavole allegate (fig. 9) è quella utilizzata per il calcolo del **Vs30** ed è sismicamente equivalente e ragionevolmente prossima alla stratigrafia reale ma probabilmente non esattamente coincidente.

TABELLA DI CALCOLO					
Da Prof.	a Prof.	Vs	Hi/Vi	VsX	G
0	.4	90	.0045	90	13
.4	4.2	259	.0148	220	118
4.2	9.8	381	.0147	289	273
9.8	17.3	492	.0153	352	483
17.3	23.1	548	.0105	387	616
23.1	32.7	576	.0166	428	688
32.7	39.7	682	.0104	458	1016
VALORE CALCOLATO VS Eq. = 418 m/s					

2.5.3 Categoria di sottosuolo – (2.c5a)

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale della VS (e del modulo di taglio) e, di conseguenza, del parametro Vs30, risultato per il modello medio pari a **418 m/s** (considerando come riferimento il piano campagna).

Rispetto alla **Tab. 3.2.II – del D.TO M.I.T. 17/01/18** il sito in esame rientra nella categoria **“B”**

Sottosuolo di categoria “B”

“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.”

2.5.4 Condizioni topografiche – (2.c5b)

Le condizioni topografiche del sito possono essere considerate secondo la classificazione della **Tab. 3.2.3 del D.to M.I.T. 17/01/18** nella categoria “T1”

Superficie topografica di categoria “T1”

“Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$ ”

5.3.3 Accelerazione massima attesa in superficie

L'accelerazione massima attesa al sito è valutata mediante la relazione $a_{\max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g$ in cui:

S_S = coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'amplificazione stratigrafica

S_T = coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'amplificazione topografica

a_g = accelerazione orizzontale massima sul suolo di categoria A

$S_S = 1.2$ (Categoria sottosuolo B)

$S_T = 1.0$ (Categoria topografica T1)

a_g (SLV) = 0.0802 g

Tab. 3.2.IV – Espressioni di S_S

Categoria sottosuolo	S_S
A	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$

Sulla base dei dati sopra riportati risulta pertanto che per TR = 475 anni:

$$a_{\max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g = 1.2 \times 1.0 \times 0.0802 \text{ g} = 0.096 \text{ g}$$

5.6 Valutazione esclusione da verifica a liquefazione - (2.c7)

Col termine di liquefazione si intende generalmente la perdita di resistenza dei terreni saturi, sotto sollecitazioni di taglio cicliche o monotoniche, in conseguenza delle quali il terreno raggiunge una condizione di fluidità pari a quella di un liquido viscoso. Ciò avviene quando la pressione dell'acqua nei pori aumenta progressivamente fino ad eguagliare la pressione totale di confinamento e quindi allorché gli sforzi efficaci, da cui dipende la resistenza al taglio, si riducono a zero. Questi fenomeni si verificano soprattutto nelle sabbie fini e nei limi saturi di densità da media a bassa e a granulometria piuttosto uniforme, anche se contenenti una frazione fine limoso-argillosa.

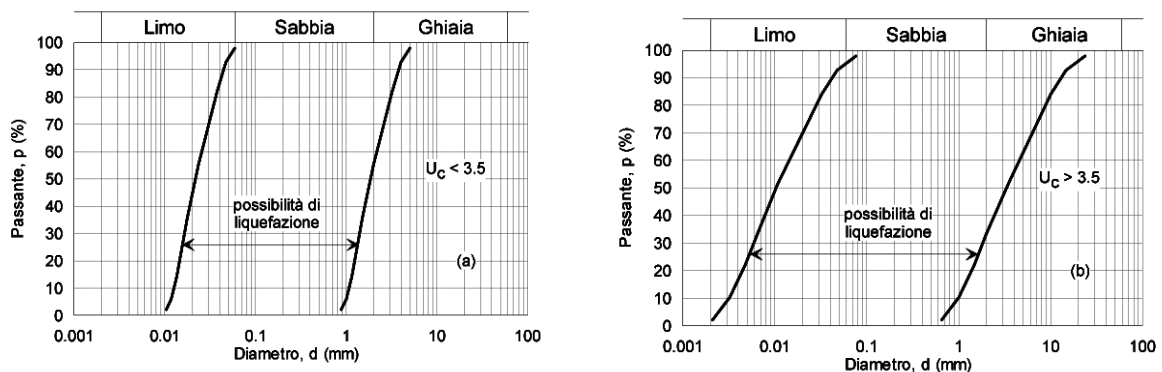
L'area D1a-Boero in esame deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze contemplate nelle NT- 2018 (punto 7.11.3.4.2).

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa

e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) NTC-18 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) NTC-18 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.



D.to MIT 17/01/23 - Fig. 7.11.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

In dettaglio, per i terreni di sedime in esame, con l'analisi sismica di sito specifica si sono calcolate le accelerazioni massime al bedrock a_g pari a 0.096 g per eventi con tempi di ritorno di 475 anni e probabilità di superamento del 10% (tabella parametri sismici per gli stati Limite di Salvaguardia della Vita).

Pertanto si rivela che la verifica alla stabilità nei confronti della liquefazione per i terreni di sedime non risulta necessaria stante depositi costituiti da (ghiaie e ciottoli in matrice sabbiosa-limosa) con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ e accelerazione massima attesa $a_{g_{max}}$ inferiore a 0,1.

5 CONCLUSIONI

Dal punto di vista geolitologico l'area D1a-Boero considerata dal progetto ricade all'interno dei depositi alluvionali del fluviale recente, costituiti da ghiaie ciottolose in matrice sabbiosa-limosa e copertura superficiale ghiaiosa argillosa.

La morfologia della zona è sub-pianeggiante con debole esposizione verso N-NO.

Le valutazioni dei parametri geotecnici caratteristici del sottosuolo sono state effettuate in base alle risultanze dei test penetrometrici (n° 18 verticali di prova), eseguiti nell'area che hanno interessato il volume significativo di fondazioni superficiali prescritto al punto 3.2.2. del D.to MIT 17/01/18. Il deposito alluvionale, considerato risulta secondo le correlazioni di Terzaghi & Peck, 1948/1967; risulta mediamente Addensato ($N_{spt} = 25$) in superficie e molto addensato in profondità ($N_{spt} > 38$).

Il Comune di Pozzolo F.ro è classificato in **ZONA SISMICA 3** (O.P.C.M. n. 3274/2003, aggiornata con la D.G.R. n. 4-3084 del 12/12/2011 ed in seguito modificata con la D.G.R. n. 65-7656 del 21/05/2014 e con la D.G.R. n.6-887 del 30/12/2019).

La caratterizzazione sismica del sito d'intervento, in accordo al Decreto M.I.T. 17 gennaio 2018-§ 3.3.2; è stata effettuata mediante prospezioni di sismica passiva (HVSR) per la misura del rumore sismico ambientale (*metodo Nakamura, 1989*) e una serie di acquisizioni MASW (*Multi-channel Analysis of Surface Waves*), analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva per la definizione della velocità di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 metri dal piano campagna-VS30 e la successiva definizione della categoria del terreno di sottosuolo (D.to M.I.T. 17/01/18 - § 3.3.2; Tab.3.2.II

I dati ottenuti definiscono un sottosuolo di **Categoria B** ai sensi del D.to M.I.T. 17/01/18 - § 3.3.2; Tab.3.2.II. con **VS₃₀ = 418 m/s**.

Novi Ligure, 22 novembre 2023

Dott. Geol. Rinaldo Vecchione

