



CITTÀ DI ALESSANDRIA
SETTORE URBANISTICA E SVILUPPO ECONOMICO

REGIONE PIEMONTE

PROVINCIA DI ALESSANDRIA

VARIANTE PARZIALE AL P.R.G.C.
(P.R.G.C. approvato con DGR. n.13 -29915 del 13/04//2000)
EX art. 17 comma 5 L.R. 56/77 e s.m.i
PROGETTO PRELIMINARE

VERIFICA DI ASSOGGETTABILITA' A VAS: Relazione geologica

Il Dirigente - RUP
Settore Urbanistica e Sviluppo Economico
arch. Claudio Delponte

Il Segretario Generale
dott.ssa Lucia Pepe

Il Progettista
The Blossom Avenue Partners
arch. Marco Facchinetti

Il Sindaco
Assessore all'Urbanistica
Giorgio Angelo Abonante

Maggio 2026



COMUNE DI ALESSANDRIA (AL) Fraz. Spinetta Marengo Zona Industriale D8 Realizzazione di una struttura logistica Ambito 4

Relazione tecnica

Relazione geologica NTC2018

Milano, Aprile 2026

Redatto da: Dott. Geol. Roberto Grano



INDICE

1	PREMESSA	3	
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5	
3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	6	
4	INQUADRAMENTO TERRITORIALE E PROGETTUALE	7	
5	INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO	10	
6	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	12	
6.1	Assetto idrogeologico generale		12
6.2	Falda Locale		14
7	ASSETTO GEOMORFOLOGICO E DISSESTO IDROGEOLOGICO	17	
8	CAMPAGNE D'INDAGINE GEOGNOSTICHE E MODELLO GEOLOGICO	23	
8.1	Stratigrafia generale di riferimento		24
8.2	Campagna d'indagine 2024		26
9	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	27	
9.1	Modalità di interpretazione		27
9.2	Stima preliminare dei Parametri geotecnici		31
10	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	33	
10.1	Caratteristiche macrosismiche dell'area		33
10.1.1	<i>Zonazione sismogenetica</i>		38
10.1.2	<i>Sismicità storica</i>		39
10.2	Campagna di indagine geofisica		41
10.2.1	<i>Rappresentazione ed interpretazione dati sismici MASW</i>		41
10.2.2	<i>Rappresentazione ed interpretazione dati sismici H.V.S.R.</i>		48
10.2.3	<i>Categoria di sottosuolo</i>		50
10.3	Pericolosità sismica		52
10.3.1	<i>Vita nominale, classi d'uso e periodo di riferimento</i>		53
10.3.2	<i>Stati limite, probabilità di superamento e periodo di ritorno</i>		55
10.3.3	<i>Definizione della pericolosità sismica di base</i>		57
10.3.4	<i>Definizione della pericolosità sismica di sito</i>		61
10.3.5	<i>Coefficienti sismici</i>		61
10.3.6	<i>Stabilità dei pendii e fondazioni</i>		62
10.3.7	<i>Pericolosità sismica di base</i>		63
10.3.8	<i>Pericolosità sismica di sito</i>		66
11	LIQUEFAZIONE	70	
12	CONCLUSIONI	75	

Allegati:

1. Planimetria delle indagini eseguite
2. Campagna di indagine 2024.

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners C.so Italia 13, 20122, Milano	COMUNE DI ALESSANDRIA (AL) Realizzazione di nuova piattaforma logistica Relazione Geologica NTC 2018 Ambito 4	Aprile 2026	2 di 71

1 PREMESSA

Su incarico della committenza The Blossom Avenue Partners Srl è stato redatto il presente documento che costituisce il supporto geologico alla progettazione di un nuovo impianto logistico, tra Str. Castelceriolo/ Str. J.F.Kennedy e SP n.82, in località Spinetta Marengo, nel Comune di Alessandria.

In accordo con il gruppo di progettazione, è stata predisposta la fase di indagine in sito al fine di ricostruire la successione litologica del sottosuolo investigato, che nel caso in esame è stata effettuata per uno spessore massimo di **12.40 metri** dal piano campagna, di parametrizzare preliminarmente i sedimenti costituenti il sottosuolo, fornirne la classificazione sismica ed effettuare la verifica del potenziale di liquefazione. Pertanto, la fase di indagine e di analisi dell'assetto idrogeologico, sismico e geotecnico del sito di interesse, sono state condotte sulla base di prove in sito consistite in:

- esecuzione di n. 13 prove penetrometriche dinamiche (DPSH);
- esecuzione di n. 1 prova sismica attiva diretta con metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves);
- esecuzione di n. 1 prova sismica passiva diretta con metodologia HVSR.

Nella stesura del presente documento, le valutazioni effettuate fanno riferimento alla quota del piano di campagna, coincidente con il piano dell'area del piazzale circostante i fabbricati esistenti.

La fase di indagine è stata completata con la consultazione di dati presenti nella bibliografia tematica (ivi incluse le documentazioni della IV Variante strutturale al p.r.g.c., ai sensi dell'art. 17, commi 4 e 9 della l.r. n. 56/1977, relativa all' adeguamento al piano di assetto idrogeologico (p.a.i.) e al piano gestione rischio alluvioni (p.g.r.a.), secondo i disposti della d.g.r. n. 8-905 del 24/03/2025 , estesi ad un intorno significativo, con il fine di caratterizzare la geologia dell'area e di individuare locali forme di instabilità e pericolosità geologica. In particolare, lo scrivente si è valso della campagna di indagine condotta nei terreni più a sud in tempi relativamente recenti e anch'essi di un nuovo sviluppo logistico, consistita in: sondaggi geognostici con recupero di totale dei terreni attraversati, DPSH, SPT in foro, campagna piezometrica, prove di permeabilità in foro e analisi geotecniche di laboratorio.

Il presente documento viene redatto applicando i dettami del D.M. 17 Gennaio 2018 "Norme Tecniche per le costruzioni", nonché della normativa sismica vigente, che inserisce il **Comune Alessandria (AL)** in Zona Sismica 3.

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners C.so Italia 13, 20122, Milano	COMUNE DI ALESSANDRIA (AL) Realizzazione di nuova piattaforma logistica Relazione Geologica NTC 2018 Ambito 4	Aprile 2026	3 di 71

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners C.so Italia 13, 20122, Milano	COMUNE DI ALESSANDRIA (AL) Realizzazione di nuova piattaforma logistica Relazione Geologica NTC 2018 Ambito 4	Aprile 2026	4 di 71

2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

La stesura della seguente relazione è stata eseguita in ottemperanza alle disposizioni contenute nelle normative di riferimento elencate di seguito:

- Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 “Norme Tecniche per le Costruzioni” :
 - Cap. 2 Sicurezza e prestazioni attese Par.2.2 Stati Limite
 - Cap. 3.2 Azione Sismica Par. 3.2.2 Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche
 - Cap. 6 Progettazione geotecnica Par. 6.2.1 Caratterizzazione e modellazione geologica del sito Par. 6.2.2 Indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica Par. 6.2.3 Verifica delle prestazioni e della sicurezza;
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 “Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”
 - C2 Sicurezza e prestazioni attese
 - C2.7 Verifiche alle tensioni ammissibili
 - C6 Progettazione geotecnica
 - C6.2.1 Caratterizzazione e modellazione geologica del sito
 - C6.2.2 Indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica
 - C6.2.3 Verifica delle prestazioni e della sicurezza;
- D.P.R. n.380 06.06.2001 “Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia” - Revisione 6 del 15.09.2020;
- O.P.C.M. n.3274 20.03.03 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”;
- O.P.C.M. n.3519 28.04.06 “Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”;
- Allegato al voto n.36 del Consiglio superiore dei Lavori Pubblici 27.07.07 “Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale”;
- D.G.R n.4-3084 del 12 dicembre 2011-Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Piemonte
- D.G.R n.65-7656 del 21 maggio 2014-Individuazione dell'ufficio tecnico regionale ai sensi del D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380 e ulteriori modifiche e integrazioni alle procedure attuative di gestione e controllo delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico approvate con D.G.R. 12 dicembre 2011, n. 4-3084

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners C.so Italia 13, 20122, Milano	COMUNE DI ALESSANDRIA (AL) Realizzazione di nuova piattaforma logistica Relazione Geologica NTC 2018 Ambito 4	Aprile 2026	5 di 71

3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Lo studio è stato condotto attraverso la consultazione della seguente documentazione:

- Comune di Alessandria: Piano Regolatore Generale Comunale (PRGC) di Alessandria
- Relazione Geotecnica (Te.A Consulting srl – Dott. Geol. Giacomo Perotti) “*Geotechnical illustrative report*” (Ottobre 2022) Realization Of Logistic Building in St. Fitzgerald John Kennedy and St. Rana.

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners C.so Italia 13, 20122, Milano	COMUNE DI ALESSANDRIA (AL) Realizzazione di nuova piattaforma logistica Relazione Geologica NTC 2018 Ambito 4	Aprile 2026	6 di 71

4 INQUADRIMENTO TERRITORIALE E PROGETTUALE

L'area oggetto di indagine è ubicata tra Str. Castelceriolo/ Str. J.F.Kennedy e SP n.82, in località Spinetta Marengo, nel Comune di Alessandria, da un punto di vista catastale l'area risulta inquadrata all'interno dei seguenti Fogli: 187, 198, 186, mappali: 40 parte, 55 parte, 60, 65, 66, 67, 68, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 79, 78, 79, 80, 95, 96, 97, 98, 99,100, 101, 104, 116 parte, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 141 parte, 142, 149 parte, 203, 212, 213, 218, 222, 247 parte, 29 parte, 68 parte, 69 parte, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 77, 86, 88, 95 parte, 101.

Di seguito si riporta un Ortofoto (**Figura 1**) in cui viene evidenziato il sito in esame.

L'area, introdotta in un contesto prevalentemente agricolo, presenta una quota passante da **95 - 100 m** s.l.m, degradante da nord a sud.



Figura 1 – Ortofoto (Geoportale ARPA Piemonte AGEA Piemonte 2021) con identificazione dell'area in oggetto.

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners C.so Italia 13, 20122, Milano	COMUNE DI ALESSANDRIA (AL) Realizzazione di nuova piattaforma logistica Relazione Geologica NTC 2018 Ambito 4	Aprile 2026	7 di 71



Figura 2 – Stralcio carta CTR in scala 1:5.000 desunta dal portale della Regione Piemonte

La porzione di territorio al confine Nord, Ovest e Sud è caratterizzata dalla presenza di aree agricole mentre a sud-est è presente un'area commerciale-industriali di nuova edificazione.

L'intervento di progetto interessa una superficie territoriale di circa 198.000 mq e prevede la realizzazione di un comparto a destinazione logistica di superficie fondiaria pari a circa 180.000 mq oltre alle opere di urbanizzazione in cessione per circa 1.200 mq e aree a standard per circa 16.800 mq..

5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

La cartografia geologica ufficiale di riferimento per il territorio comunale è rappresentata dalla seconda edizione del Foglio 70 "Alessandria", in scala 1:100.000, della Carta Geologica d'Italia e dalle relative note illustrative (Boni & Casnedi, 1969).

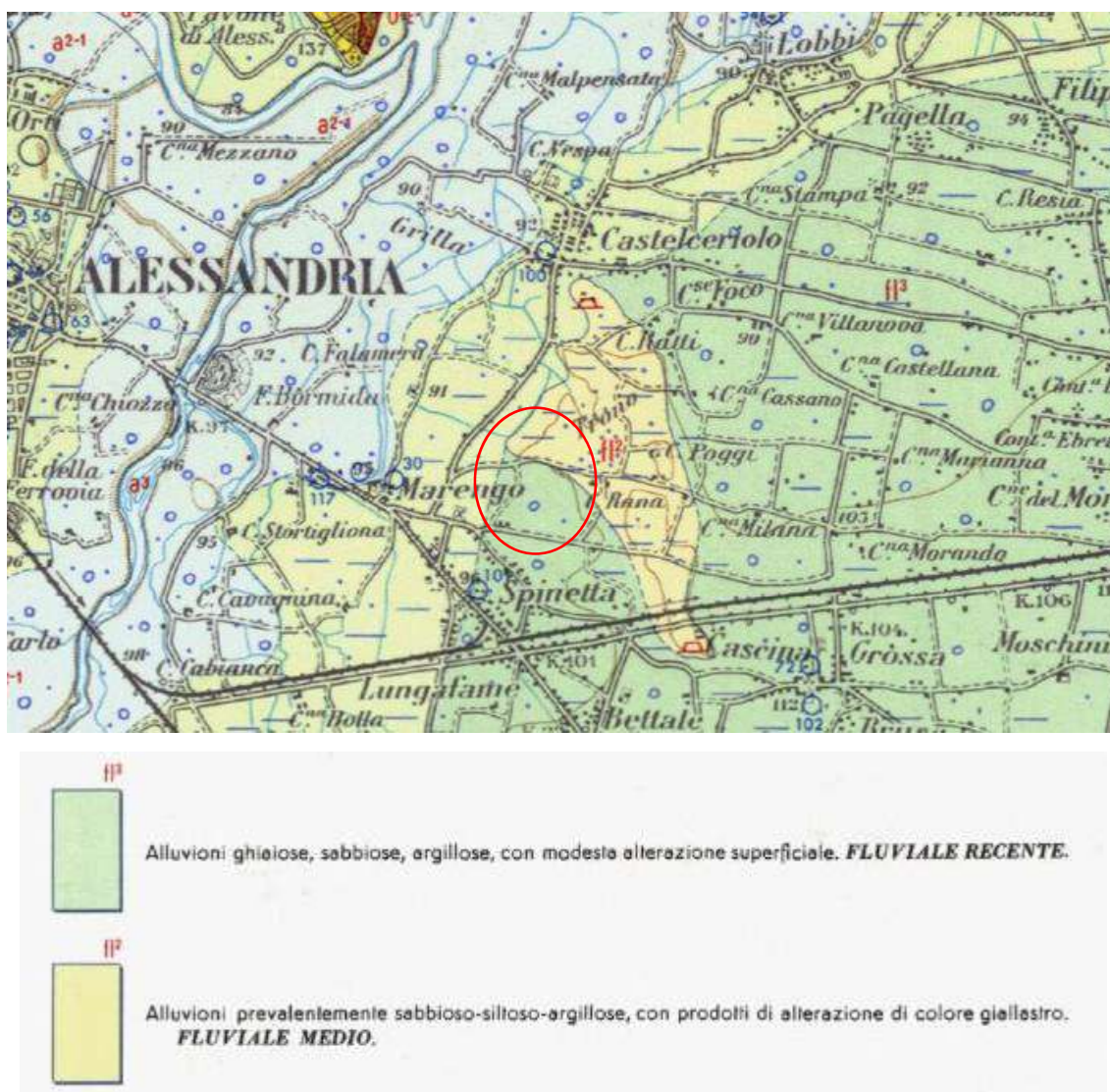


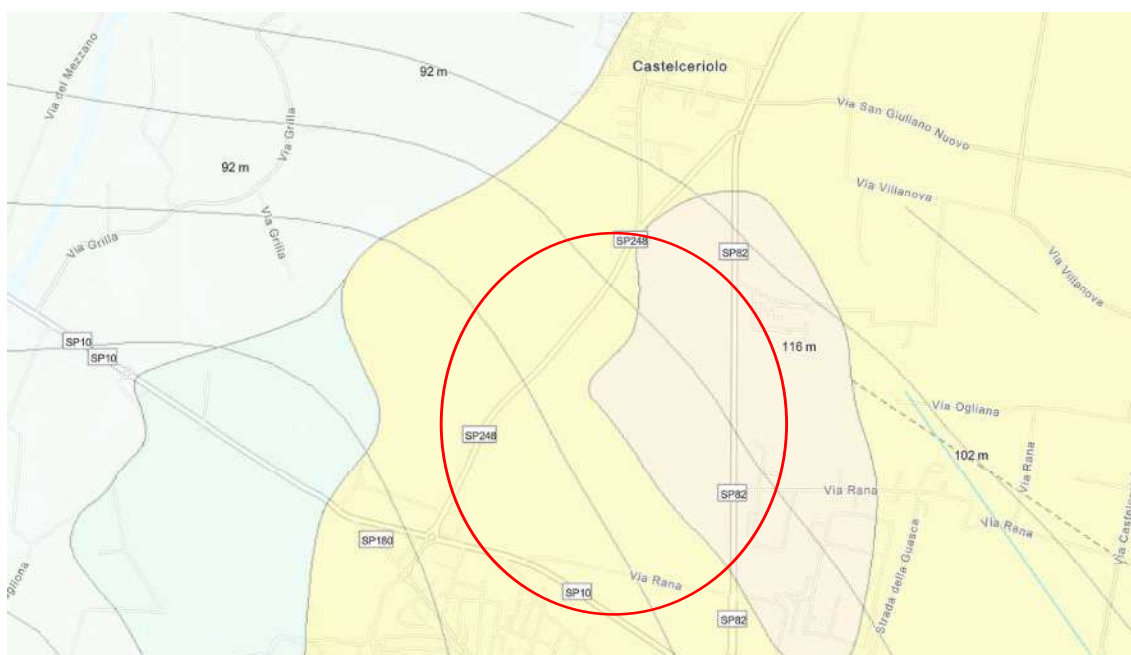
Figura 3 – stralcio del Foglio n. 70 "Alessandria" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, dove la zona d'interesse è cerchiata in rosso.

Secondo il F. n. 70 "Alessandria" alla scala 1:100.000 della Carta Geologica d'Italia e dalle relative note illustrative il sito in esame è caratterizzato prevalentemente da depositi alluvionali che occupano il territorio di pianura e in subordine dai terreni tardo-terziari della collina. I depositi di pianura alluvionale dell'area in oggetto sono appartenenti al "Fluviale Recente" (fl³). Si tratta di alluvioni ghiaiose, sabbiose, argillose con

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners C.so Italia 13, 20122, Milano	COMUNE DI ALESSANDRIA (AL) Realizzazione di nuova piattaforma logistica Relazione Geologica NTC 2018 Ambito 4	Aprile 2026	10 di 71

modesta alterazione superficiale derivanti dalle estreme propaggini dell'ampia conoide tardo pleistocenica del T. Scrivia. In sostanza si tratta di terreni ghiaiosi sabbiosi debolmente limosi.

Di seguito si riporta lo stralcio della "Carta Geologica del Piemonte", in scala 1:250.000 dedotta dal sito https://webgis.arpa.piemonte.it/Geoviewer2D/index.html?config=other-onfigs/geologia250k_config.json da cui si evince che l'area in oggetto risulta interessata dai depositi A12 e A13 rispettivamente "fluviali (pleistocene superiore)" e "fluviali ed di megaconoide (Pleistocene medio-superiore)". La carta sottoriportata evidenzia il contatto stratigrafico fra i depositi fluviale di diversa natura.



- A12 - Depositi fluviali
- A13 - Depositi fluviali e di megaconoide

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners C.so Italia 13, 20122, Milano	COMUNE DI ALESSANDRIA (AL) Realizzazione di nuova piattaforma logistica Relazione Geologica NTC 2018 Ambito 4	Aprile 2026	11 di 71

6 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

6.1 ASSETTO IDROGEOLOGICO GENERALE

La pianura di Alessandria, in cui è ricompresa l'area di interesse, può essere schematizzata dai seguenti complessi idrogeologici:

1. Complesso dei depositi alluvionali olocenici. Si tratta di depositi originati da vari cicli di alluvionamento, strutturati dall'interdigitazione tra le conoidi postglaciali del settore meridionale ed in particolare di Bormida, Orba e Scivia prevalentemente grossolane con i materiali più fini del Tanaro. Lo spessore di questi depositi è abbastanza variabile da 20 m circa tra Castelceriolo e Montecastello e nei pressi di S. Giuliano Nuovo a oltre 50 metri presso la confluenza Orba – Bormida.
2. Serie dei depositi di transizione del Villafranchiano. Sono depositi di transizione tra l'ambiente continentale di tipo fluviale ad alta energia e l'ambiente palustre-lacustre a bassa energia; ne deriva l'alternanza di livelli ghiaioso sabbiosi, sabbie da fini a grossolane e di argille limoso-sabbiose e argille e torbe. Il Villafranchiano Superiore è caratterizzato in generale da un ambiente a più alta energia di tipo tipicamente fluviale, mentre il Villafranchiano Inferiore presenta caratteri di bassa energia con deposizione di prevalenti sabbie fini, argille limose, argille marnose grigioverdi.

Di seguito viene riportata lo stralcio della carta "Base dell'acquifero superficiale" , in scala 1:100.000, da cui si evince che il sito in oggetto ricade in un 'area avente il livello della base dell'acquifero superficiale posto tra 75m s.l.m-55m s.l.m.

Nella **Figura 5** viene riportato lo stralcio della "Carta di permeabilità prevalente della zona non satura" in cui si evince che i valori medi di conducibilità idraulica forniti dalla Regione Piemonte (Bove et alii, 2005), riferiti alla zona non satura e pertanto ai depositi superficiali, sono compresi tra 10-3-10-5 m/s (settore di pianura in destra del Bormida) per il sito in oggetto di studio.

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners C.so Italia 13, 20122, Milano	COMUNE DI ALESSANDRIA (AL) Realizzazione di nuova piattaforma logistica Relazione Geologica NTC 2018 Ambito 4	Aprile 2026	12 di 71

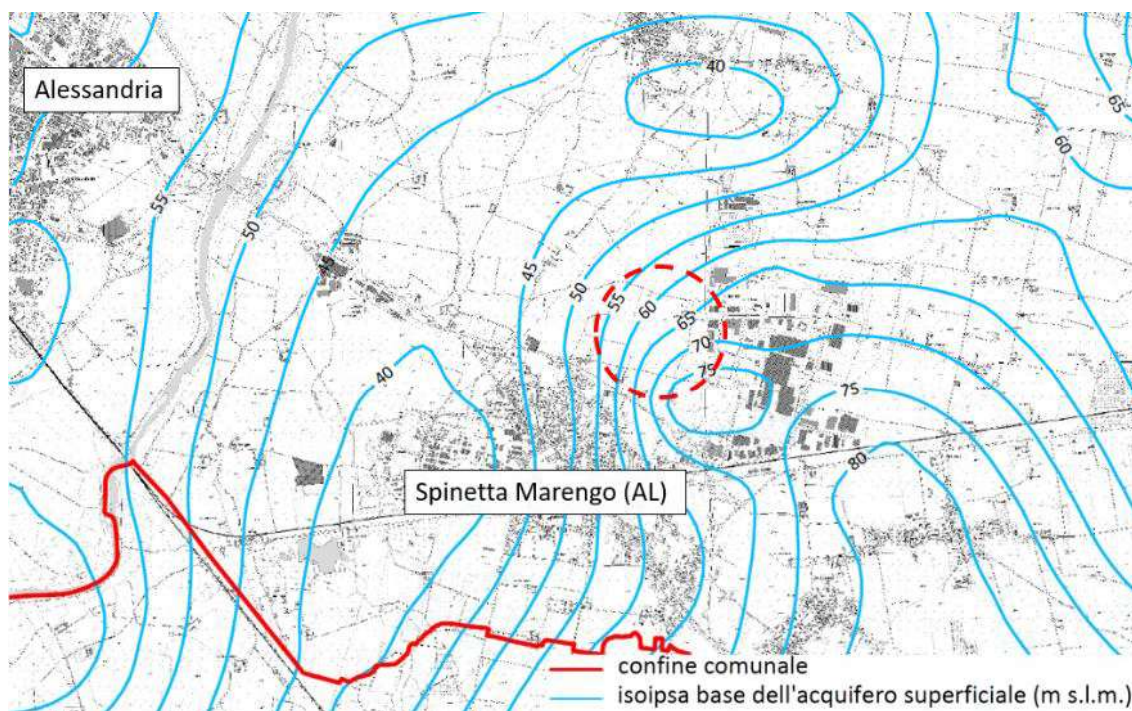


Figura 4 – Carta dell'acquifero superficiale in scala 1:100.000, dedotta dalla Regione Piemonte (2016).



Figura 5 – Carta della permeabilità prevalente della zona non satura (Bove et Alì, 2005).

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners C.so Italia 13, 20122, Milano	COMUNE DI ALESSANDRIA (AL) Realizzazione di nuova piattaforma logistica Relazione Geologica NTC 2018 Ambito 4	Aprile 2026	13 di 71

Per quanto riguarda i flussi idrici sotterranei essi hanno un andamento centripeto verso la zona di Alessandria. Uno spartiacque, posto nell'area compresa tra il T. Orba e il T. Scrivia, subparallelo al T. Orba, delimita le acque che convergono verso il centro della Pianura Alessandrina s.s. Per quanto riguarda il rapporto tra falda freatica e acque superficiali, lo Scrivia è l'unico tra i corsi d'acqua principali, dell'area del territorio in esame ad alimentare, per parte del suo corso, la falda mentre è drenata dal Bormida.

6.2 FALDA LOCALE

Di seguito si riporta lo stralcio della carta "Idrogeologica", in scala 1.250.000, desunta dal Geoportale dell'ARPA Piemonte, da cui si evince che l'area in oggetto ricade tra le isopiezometriche 85-90 m s.l.m. da cui si deduce, rispetto all'altezza topografica che presenta una quota passante da 95 - 100 m s.l.m, degradante da nord a sud, una soggiacenza pari tra gli 10m e 13 m da p.c. Si osserva che la profondità della tavola d'acqua, come soggiacenza della falda, è influenzata dalla superficie topografica, la quale, nel caso in esame, risulta caratterizzata da un assetto morfologico degradante verso il sud dell'area avente cambi di pendenza le quali abbassano la quota media del piano campagna.

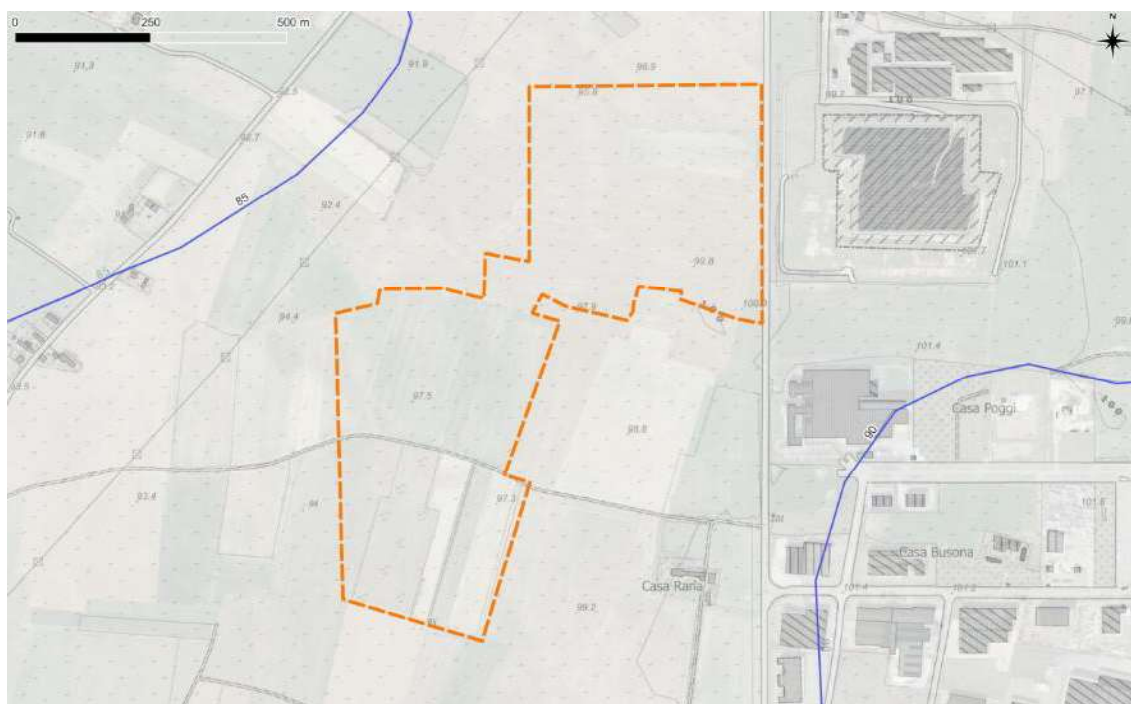


Figura 6 – Stralcio della carta "Idrogeologica", in scala 1.250.000, desunta dal Geoportale dell'ARPA Piemonte.

Il flusso idrico di falda, dalla carta idrogeologica soprariportata, possiede un andamento locale **SE-NW**.

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners C.so Italia 13, 20122, Milano	COMUNE DI ALESSANDRIA (AL) Realizzazione di nuova piattaforma logistica Relazione Geologica NTC 2018 Ambito 4	Aprile 2026	14 di 71

A seguito della realizzazione di n. 3 piezometri nell'area a sud limitrofa all'area in oggetto, è stata condotta una campagna piezometrica durante ottobre 2022 al fine di determinare l'andamento di falda. Di seguito sono riportati i risultati della campagna d'indagine prevista. Le soggiacenze si riferiscono alla bocca piezometro e quindi influenzate dalle altezze topografiche locali dell'area.

Sigla	Soggiacenza da bocca piezometro [m]
SK1	-14.50
SK2	-12.10
SK3	-11.05
GW1	-11.76
GW2	-15.4
GW3	-11.51
PZ1	-11.45
PZ2	-11.32
PZ3	-12.29

Tabella 1 – Soggiacenza rilevata bocca piezometro nei diversi punti di rilievo piezometrico collocati nelle aree limitrofe all'area in oggetto

Di seguito si riporta la posizione dei piezometri eseguiti nell'area limitrofe (**Figura 7**).

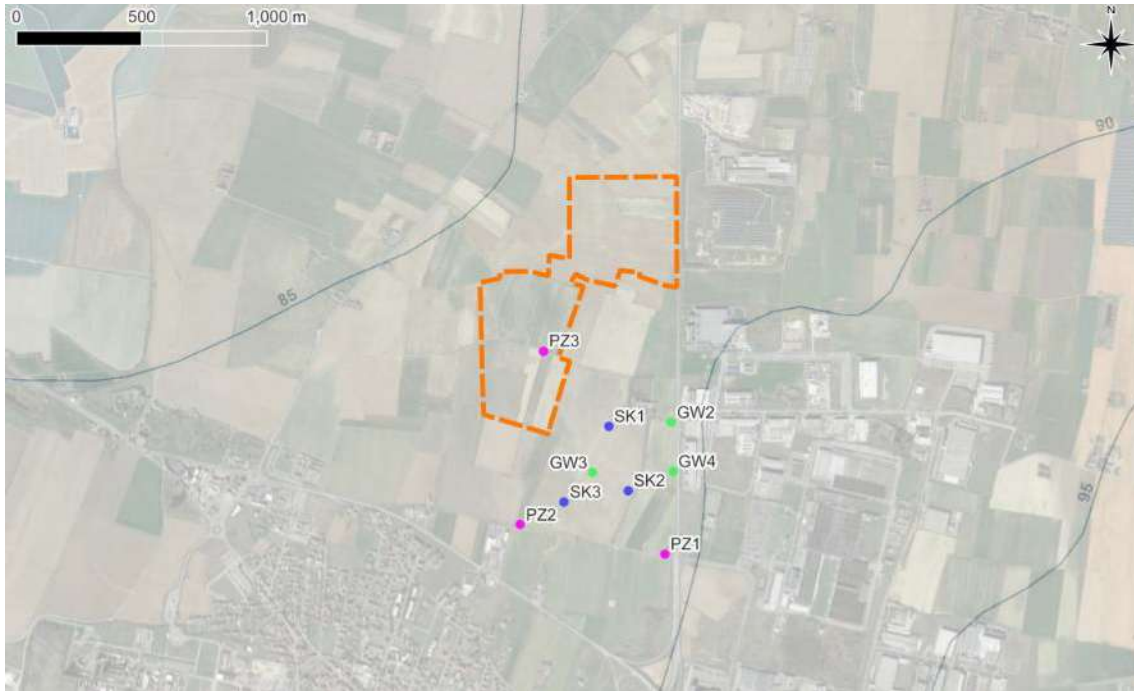


Figura 7 – Stralcio dell'indicazione dei punti di indagine piezometrica svolti durante la campagna di indagine 2022 nelle aree limitrofe e a sud rispetto all'area in oggetto. In blu i Piezometri eseguiti per la campagna indagine geognostica in viola e in verde i piezometri eseguiti per le successive campagne ambientali del lotto limitrofo all'area in oggetto. Le linee blu si riferiscono alle isopiezometriche basate su rilievo Regionale.

Dai dati osservati in limitati periodi di tempo e dai dati bibliografici disponibili e cartografici, si ritiene che gli andamenti oscillatori della falda siano comunque sempre ampiamente influenzati dagli eventi meteorici stagionali e dalle pratiche agricole delle aree circostanti.

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners C.so Italia 13, 20122, Milano	COMUNE DI ALESSANDRIA (AL) Realizzazione di nuova piattaforma logistica Relazione Geologica NTC 2018 Ambito 4	Aprile 2026	16 di 71

7 ASSETTO GEOMORFOLOGICO E DISSESTO IDROGEOLOGICO

È stata consultata la documentazione geologica della III variante strutturale al PRGC e della IV variante strutturale al p.r.g.c., ai sensi dell'art. 17, commi 4 e 9 della l.r. n. 56/1977, relativa all' adeguamento al piano di assetto idrogeologico (p.a.i.) e al piano gestione rischio alluvioni (p.g.r.a.), secondo i disposti della d.g.r. n. 8-905 del 24/03/2025

Sulla *Carta del dissesto idrogeologico relativa ad alcune aree di pianura* il sito in oggetto è compreso all'interno del vasto areale di esondazione riferito alla piena del 1994.

Oltre all'analisi degli elaborati allegati al PRGC si è quindi proceduto alla consultazione della seguente documentazione:

- Pubblicazioni e cartografie tematiche della Banca Dati Geologica della Regione Piemonte e dell'A.R.P.A. Piemonte.
- Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici - Delimitazione delle aree in dissesto (Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico – PAI).

L'evento alluvionale di riferimento è quello del 4-6 Novembre 1994, che ha registrato estesi allagamenti da parte del F. Tanaro e del T. Bormida. Tale evento eccezionale si è inserito in un quadro meteorologico che ha coinvolto l'intera Europa e ha apportato sul Piemonte precipitazioni abbondanti e di forte intensità. Gli effetti di questo evento e i successivi studi idraulici commissionati dall'Autorità di bacino del Fiume Po hanno condotto alla realizzazione della cartografia delle fasce Fluviali. L'area in oggetto ricade, in posizione esterna al limite di progetto Fasce PAI A, B e C.

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners C.so Italia 13, 20122, Milano	COMUNE DI ALESSANDRIA (AL) Realizzazione di nuova piattaforma logistica Relazione Geologica NTC 2018 Ambito 4	Aprile 2026	17 di 71

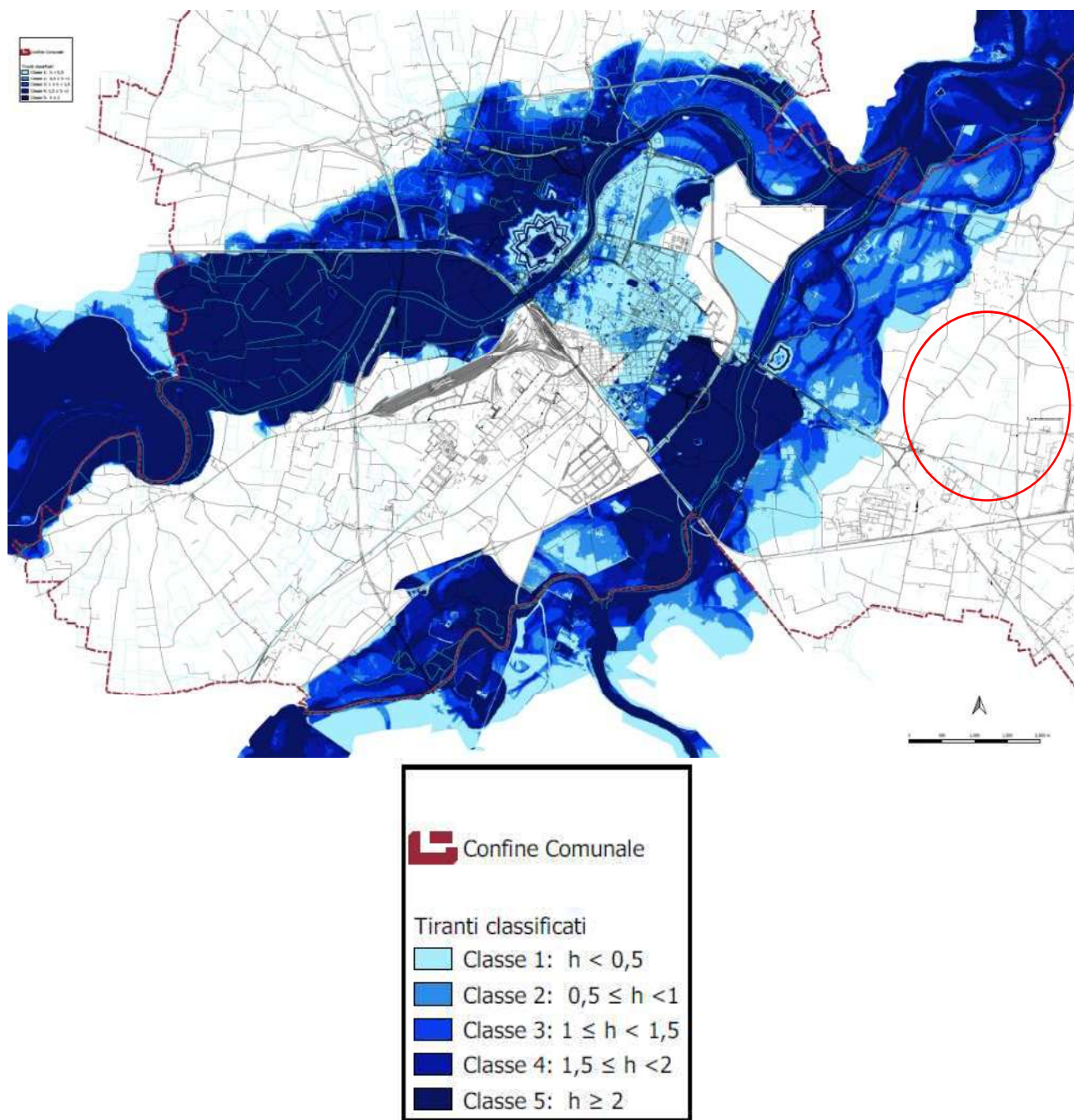


Figura 8 – Campo di inondazione durante l'evento del 26-28/04/2009 (Fonte: ARPA, 2009). Il Cerchio rosso individua l'area in oggetto.

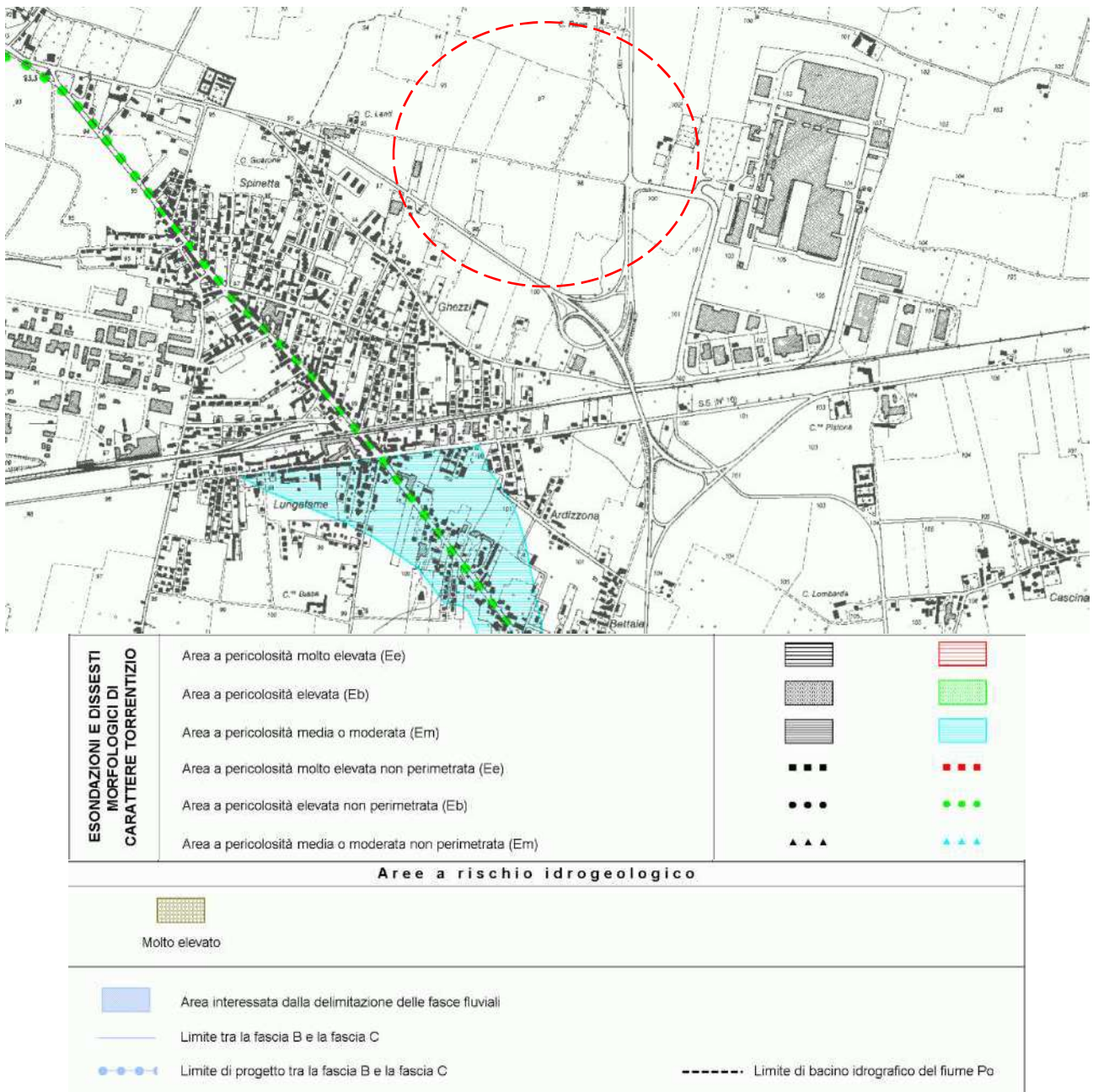
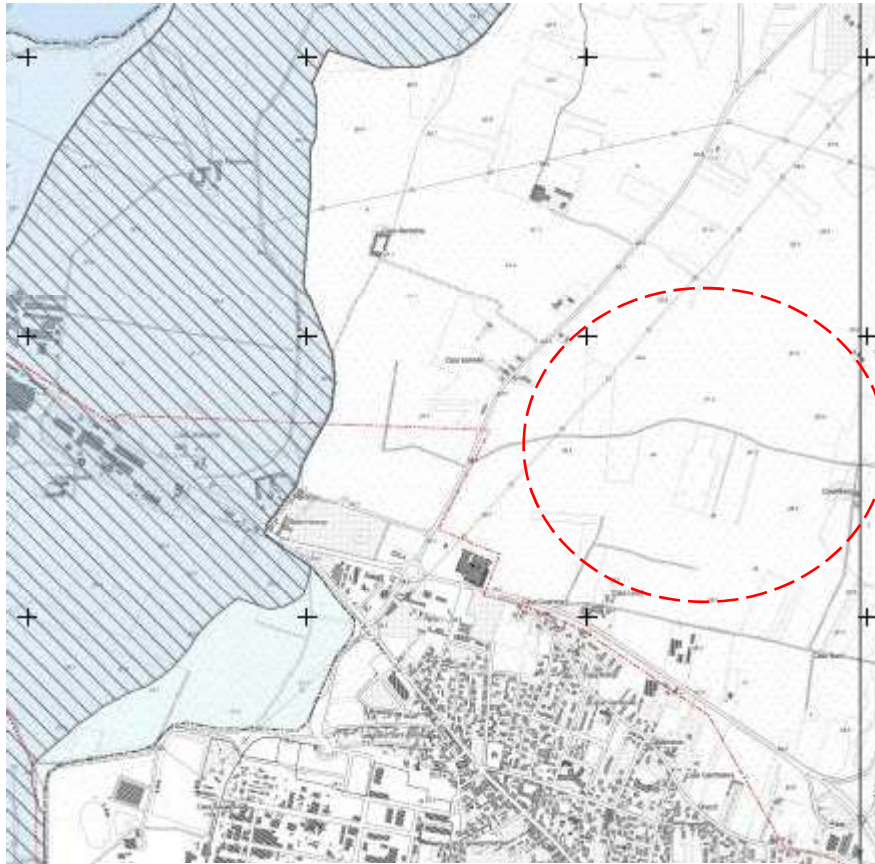


Figura 9 – Stralci della carta PAI (tavola 177 IV) con relativa legenda e indicata da un cerchio rosso l'area di studio



LEGENDA FASCE PAI - SCENARI PGRA


Fasce PAI

- Limite di Fascia A
- Limite di Fascia B

Limite di Fascia B di progetto

- Limite di fascia B di progetto (Proposta di modifica)
- Limite di fascia B di progetto (Fascia Vigente)
- Limite di Fascia C

Scenari di inondazione del PGRA

-  Aree inondabili a tergo della fascia B di progetto

Aree allagabili




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

Figura 10a – Stralcio della carta PAI IV Variante PRGC di adeguamento al P.A.I. e al P.G.R.A. (tavola 7E) con relativa legenda e indicata da un cerchio rosso l'area di studio

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners C.so Italia 13, 20122, Milano	COMUNE DI ALESSANDRIA (AL) Realizzazione di nuova piattaforma logistica Relazione Geologica NTC 2018 Ambito 4	Aprile 2026	20 di 71

PIANURA

CLASSE I: PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA BASSA O NULLA

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

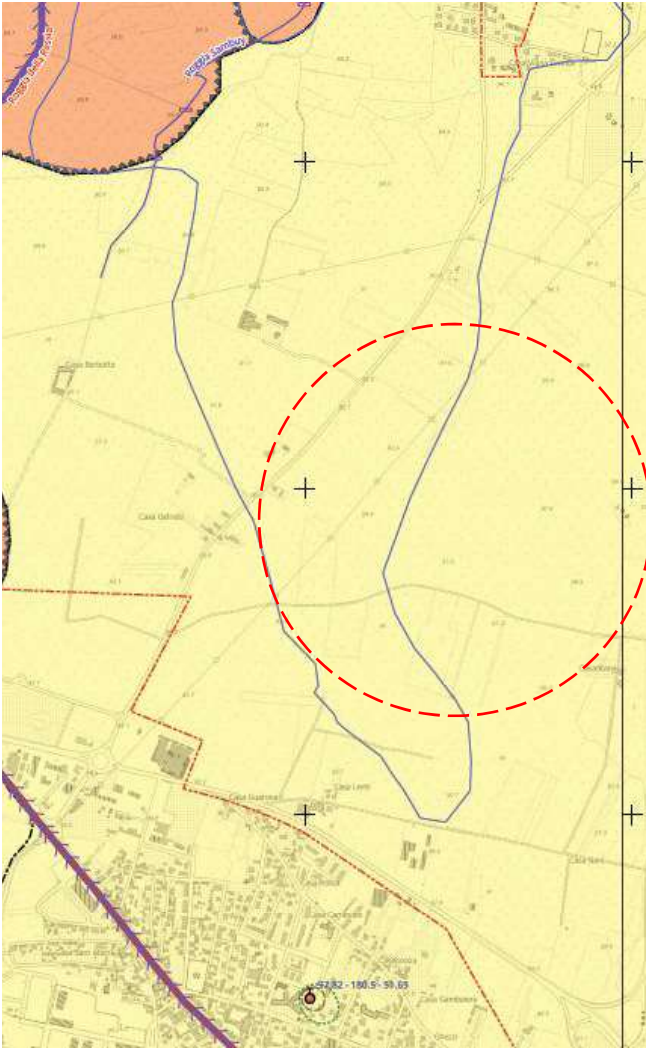


Aree dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre limitazioni alle scelte urbanistiche.

Figura 11 – Stralcio della Tav. 4 “Zonizzazione in classi di pericolosità geomorfologica”, in scala 1: 10.000, dedotta dal PRGC del Comune di Alessandria.

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners C.so Italia 13, 20122, Milano	COMUNE DI ALESSANDRIA (AL) Realizzazione di nuova piattaforma logistica Relazione Geologica NTC 2018 Ambito 4	Aprile 2026	22 di 71

Di seguito stralcio della carta di sintesi (tavola 12E) IV Variante PRGC di adeguamento al P.A.I. e al P.G.R.A



Classe 2 - Porzioni di territori nelle quali le condizioni di moderata pericolosità geomorfologica possono essere agevolmente superate attraverso l'adozione ed il rispetto di modesti accorgimenti tecnici esplicitati a livello di norme di attuazione ispirate alle Norme Tecniche delle Costruzioni (NTC) vigenti e realizzabili a livello di progetto esecutivo esclusivamente nell'ambito del singolo lotto edificatorio o dell'intorno significativo circostante.

-  2a - Settori di versante ad acclività medio/moderata, talora localizzati al margine di settori acclivi e/o potenzialmente instabili.
Settori potenzialmente interessati dalla presenza di cavità ipogee riferibili all'attività estrattiva pregressa.
-  2b - Settori di fondovalle potenzialmente condizionabili da fenomeni di allagamento per ristagno a bassa energia e tiranti modesti e/o da bassi valori di soggiacenza della falda freatica.
-  Dissesti areali a pericolosità media-moderata (EmA)
-  Settori potenzialmente soggetti a locali ristagni e/o limitata soggiacenza della falda freatica

Figura 10a – Stralcio della carta di sintesi IV Variante PRGC di adeguamento al P.A.I. e al P.G.R.A. (tavola 12E) con relativa legenda e indicata da un cerchio rosso l'area di studio

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners C.so Italia 13, 20122, Milano	COMUNE DI ALESSANDRIA (AL) Realizzazione di nuova piattaforma logistica Relazione Geologica NTC 2018 Ambito 4	Aprile 2026	23 di 71

8 CAMPAGNE D'INDAGINE GEOGNOSTICHE E MODELLO GEOLOGICO

8.1 STRATIGRAFIA GENERALE DI RIFERIMENTO

Il modello litostratigrafico locale e di conseguenza il modello geologico di riferimento preliminare, è stato delineato attraverso le risultanze delle indagini eseguite nel sito d'interesse, durante la realizzazione delle diverse campagne d'indagine eseguite tra il 2022 e il 2024.

L'insieme dei dati attualmente disponibili, derivanti dalle indagini geognostiche (D.P.S.H., M.A.S.W., H.V.S.R.) ed i rilevamenti eseguiti in sito oltre che dall'esame di indagini geognostiche già eseguite nelle vicinanze dell'area di intervento, ha consentito di definire uno schema nel quale si identificano degli orizzonti litostratigrafici sovrapposti, aventi parametri litologici e geotecnici specifici.

Le variazioni dei parametri rilevate lungo le singole verticali di indagine sono normalmente riconducibili sia a cambiamenti geolitologici e granulometrici dei terreni attraversati che al diverso stato di addensamento o consistenza degli stessi. Con il ricorso a inevitabili schematizzazioni il modello litostratigrafico locale può essere così definito:

Livello stratigrafico	Profondità [m da p.c.]	Litologia
T	0.0-0.70	Terreno Vegetale /Top Soil
1	0.70-1.60/5.80	Limo argilloso e Limo con argilla con presenza di ciottoli eterogenici e poligenici e ghiaia fine matrice sostenuti
2	1.60/5.80- 4.60/9.40	Alternanze di sabbie limose e limi argilloso sabbiosi, presenza persistente di livelli sabbiosi di ordine metrico
2a		Livelli sabbiosi appartenenti allo strato delle alternanze sopradescritto
3	4.60/9.40	Ghiaia sabbiosa con ciottoli poligenici ed eterometrici in matrice limosa argillosa

Tabella 2 –Stratigrafia generale dell'area e modello geologico di riferimento locale

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners C.so Italia 13, 20122, Milano	COMUNE DI ALESSANDRIA (AL) Realizzazione di nuova piattaforma logistica Relazione Geologica NTC 2018 Ambito 4	Aprile 2026	24 di 71

La superficie libera della falda freatica si pone ad una quota tra -10,0/-13,00m dal piano campagna. Tale livello è suscettibile di variazioni anche significative essendo correlato sia al regime idrografico, legato alle condizioni meteo-climatiche stagionali e sia alle locali pratiche irrigue.

Si precisa che la successione stratigrafica sopra illustrata deriva dalla interpretazione dei grafici penetrometrici, e quindi da valutazioni che potranno trovare conferma attraverso sondaggi a carotaggio continuo.

Con riferimento alla quota di inizio prova (corrispondente al piano piazzale alla data di esecuzione delle prospezioni), i rapporti stratigrafici nei diversi punti di indagine possono essere così schematizzati:

Lo strato di Top soil di 0.70 m di spessore non è stato considerato ai fini stratigrafici e geotecnici in quanto da rimuovere durante le fasi di lavorazione.

Punto di prova n°		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
Quota Prova	inizio	Piano campagna												
Prof. da piano di prova interfaccia strati)	1-2	-4.80	-3.20	-4.20	-5.80	-1.60	-3.80	-4.60	-5.20	-3.20	-4.20	-4.60	-3.40	-4.40
	2-3	-9.00	-4.80	-6.60	-9.40	-4.80	-5.20	-8.20	-10.00	-9.20	-7.80	-8.00	-8.60	-7.80
Prof. fine prova (m da piano prova)		-10.80	-6.60	-9.20	-12.20	-6.60	-7.20	-11.0	-12.20	-11.20	-11.0	-11.00	-11.60	-11.0
Livello acqua (m da piano prova)		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Tabella 3 - Profondità interfacce strati riferite al piano campagna al momento delle prospezioni

8.2 CAMPAGNA D'INDAGINE 2024

Durante la campagna d'indagine sono state eseguite le seguenti indagini.

- n.13 prove penetrometriche dinamiche D.P.S.H. (Dynamic Probing Super Heavy) spinte a profondità variabili da -6.80m a -12.40m (P1÷P13) dalla quota dell'attuale piano campagna;
- n.1 stendimento sismico M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) della lunghezza complessiva di 48.0m (L1);
- n.1 rilevazione puntuale del microtremore sismico ambientale della durata di 60 minuti (TR1);

Di seguito si riporta l'ubicazione delle indagini geognostiche e geofisiche eseguite nell'area di interesse.

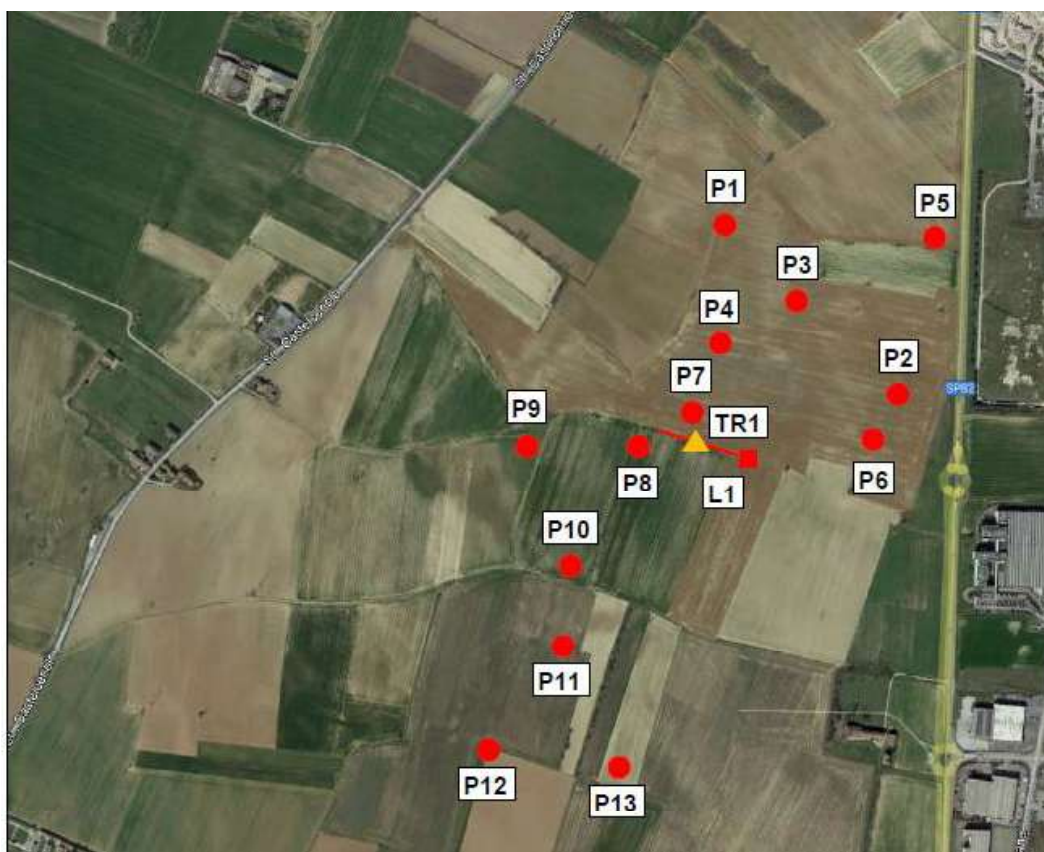


Figura 12 – Foto satellitare con ubicazione punti di indagine

In allegato sono riportati i tabulati delle prove penetrometriche unitamente alla documentazione fotografica delle indagini.

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners C.so Italia 13, 20122, Milano	COMUNE DI ALESSANDRIA (AL) Realizzazione di nuova piattaforma logistica Relazione Geologica NTC 2018 Ambito 4	Aprile 2026	26 di 71

9 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

9.1 MODALITÀ DI INTERPRETAZIONE

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N_{spt} ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N_{spt} . Il passaggio viene dato da:

$$NSPT = \beta_t \cdot N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{spt} è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

- M peso massa battente.
- M' peso aste.
- H altezza di caduta.
- A area base punta conica.
- d passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta R_{pd}

Formula Olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

- R_{pd} resistenza dinamica punta (area A).
- e infissione media per colpo (d/N).
- M peso massa battente (altezza caduta H).
- P peso totale aste e sistema battuta.

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners C.so Italia 13, 20122, Milano	COMUNE DI ALESSANDRIA (AL) Realizzazione di nuova piattaforma logistica Relazione Geologica NTC 2018 Ambito 4	Aprile 2026	27 di 71

Calcolo di $(N_1)_{60}$

$(N_1)_{60}$ è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{(Pa/\sigma_{v0})} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa (Liao e Whitman 1986)}$$

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_S \cdot C_r \cdot C_d$$

ER/60 rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.

C_S parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).

C_d funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).

C_r parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

Metodologia di Elaborazione

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini (1983) - Meyerhof (1956) - Desai (1968) - Borowczyk-Frankowsky (1981). Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare, consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenze alla punta.

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners C.so Italia 13, 20122, Milano	COMUNE DI ALESSANDRIA (AL) Realizzazione di nuova piattaforma logistica Relazione Geologica NTC 2018 Ambito 4	Aprile 2026	28 di 71

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono:

Media

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media (+ s)

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media (- s)

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Distribuzione normale R.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove $\sigma_{N_{spt}}$ è la deviazione standard di N_{spt}

Distribuzione normale R.N.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di N_{spt} distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners C.so Italia 13, 20122, Milano	COMUNE DI ALESSANDRIA (AL) Realizzazione di nuova piattaforma logistica Relazione Geologica NTC 2018 Ambito 4	Aprile 2026	29 di 71

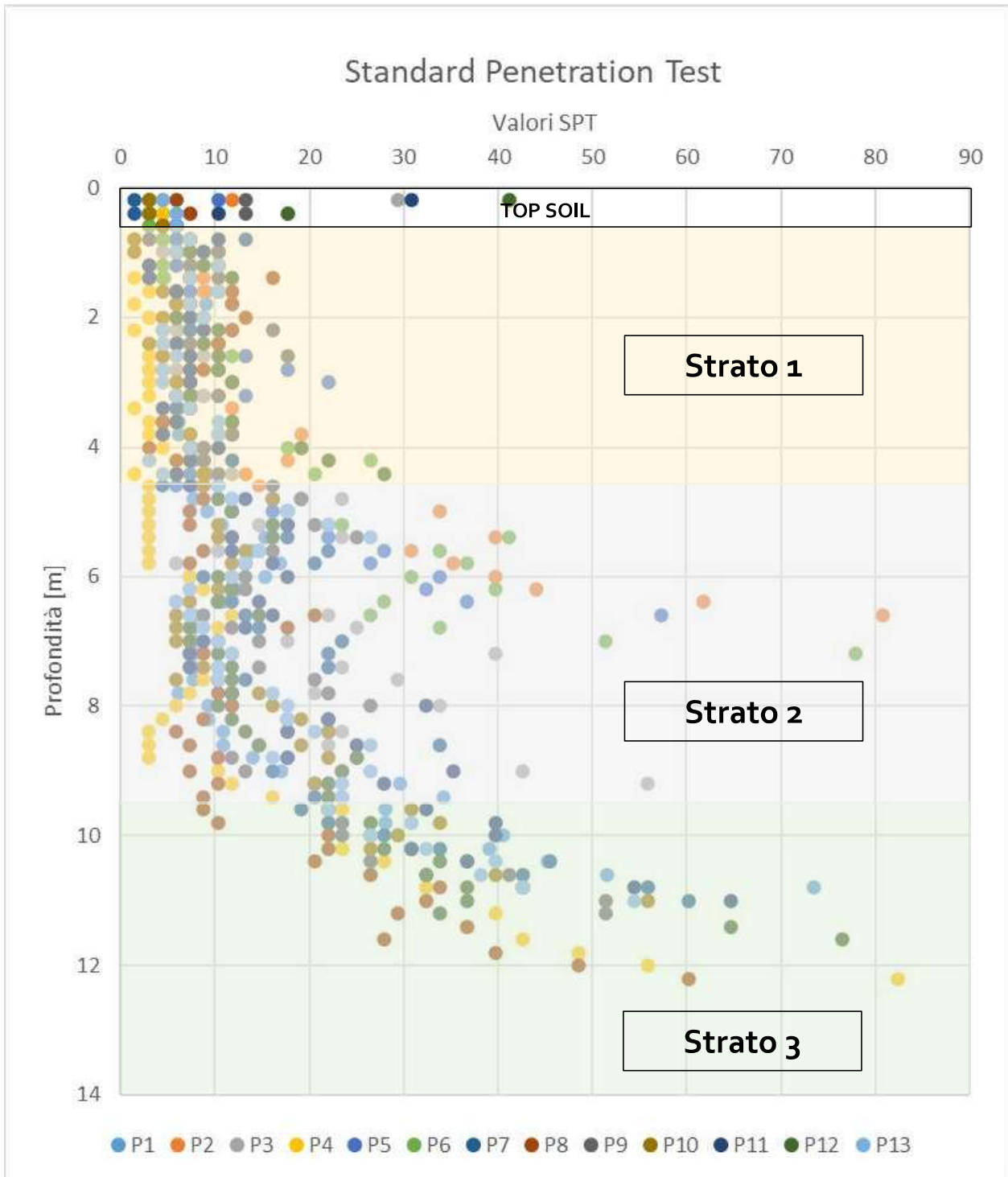


Figura 13 – Grafico Profondità – N_{SPT} interpretato dai valori N_{20} delle DPSH eseguite in sito; in vari colori è sinteticamente schematizzata la stratigrafia interpretativa secondo **Tabella 2**.

9.2 STIMA PRELIMINARE DEI PARAMETRI GEOTECNICI

La definizione dei parametri geotecnici che caratterizzano gli strati di terreno investigati è stata eseguita basandosi sui risultati delle indagini eseguite nell'area di intervento, utilizzando le principali correlazioni semi-empiriche e sperimentali note in letteratura. Al modello litostratigrafico proposto si possono attribuire i valori riportati nella seguente tabella, determinati mediante una valutazione statistica cautelativa sia dei valori medi che dei valori minimi utilizzando il metodo di calcolo del 5° percentile.

LIVELLO		1	2	3
Comportamento geotecnico		coesivo	Incoerente/coesivo	incoerente
Valori medi di $N_{SP\tau}$		7	13	34
Peso di volume γ [t/m ³]	γ_k stima del minimo	1.6	1.8	2.1
Densità relativa D_r [%]	D_{rk} stima del minimo	25	40	60
Coesione non drenata C_u [Kg/cm ²]	C_{uk} stima del minimo	170	170	0
Coesione efficace c' [Kg/cm ²]	c'_k stima del minimo	5	12	2.5
Angolo di attrito efficace ϕ' [°]	ϕ'_k stima del minimo	26	25	31
Modulo Elastico E [Kg/cm ²]	E_k stima del minimo	60	80	170
Modulo Elastico non drenato E_u [Kg/cm ²]	$E_{u,k}$ stima del minimo	50	50	5
Coefficiente di Poisson ν	ν_k stima del minimo	0.3	0.3	0.3

Tabella 4 - Valori caratteristici dei principali parametri geotecnici.

I valori sopra riportati sono stati determinati mediante una valutazione statistica cautelativa sia dei valori medi che dei valori minimi utilizzando il metodo di calcolo del 5° percentile:

$$F_k \text{ (stima del minimo)} = \mu \cdot [1 - 1.645 \cdot C.O.V.]$$

μ = media dei valori; $t^{5\%}$ = t di student al 5° percentile; s = deviazione standard dei valori

n = numero di valori; C.O.V. = coefficiente di variazione pari a s / μ

I parametri così derivati sono da considerare validi per gli scopi prefissati dalla presente indagine, per una loro definizione di maggior dettaglio sarà invece necessario ricorrere ad ulteriori e più specifiche indagini in sito ed analisi di laboratorio su campioni di terreno indisturbati.

In riferimento alle stime dei parametri geotecnici di carattere preliminare eseguite si segnala che esse sono state eseguite sulla base delle prove geotecniche realizzate in sito nelle porzioni di sedime secondo l'attuale masterplan dei fabbricati logistici.

Si rimanda alla eventuale fase di progettazione esecutiva degli interventi, anche in funzione delle caratteristiche costruttive delle nuove strutture e dei carichi trasmessi dalle stesse al terreno di fondazione, le opportune valutazioni da parte dei Progettisti circa la necessità di eventuali fondazioni profonde o trattamenti per il miglioramento delle caratteristiche meccaniche del terreno (es. jet-grouting).

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners C.so Italia 13, 20122, Milano	COMUNE DI ALESSANDRIA (AL) Realizzazione di nuova piattaforma logistica Relazione Geologica NTC 2018 Ambito 4	Aprile 2026	32 di 71

10 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

10.1 CARATTERISTICHE MACROSISMICHE DELL'AREA

Secondo l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei ministri n.3519 del 28 aprile 2006 – “Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone” riferita all'intero territorio nazionale, il territorio comunale di Alessandria è classificato in **zona sismica 3**, cui corrisponde un valore massimo di a_g pari a 0.15g. Di seguito è riportato uno stralcio dell'aggiornamento della classificazione sismica del territorio della regione Piemonte 2014 (**Deliberazione della Giunta Regionale 21 maggio 2014, n. 65-7656**), in cui il comune di Alessandria è classificato in zona sismica 3.

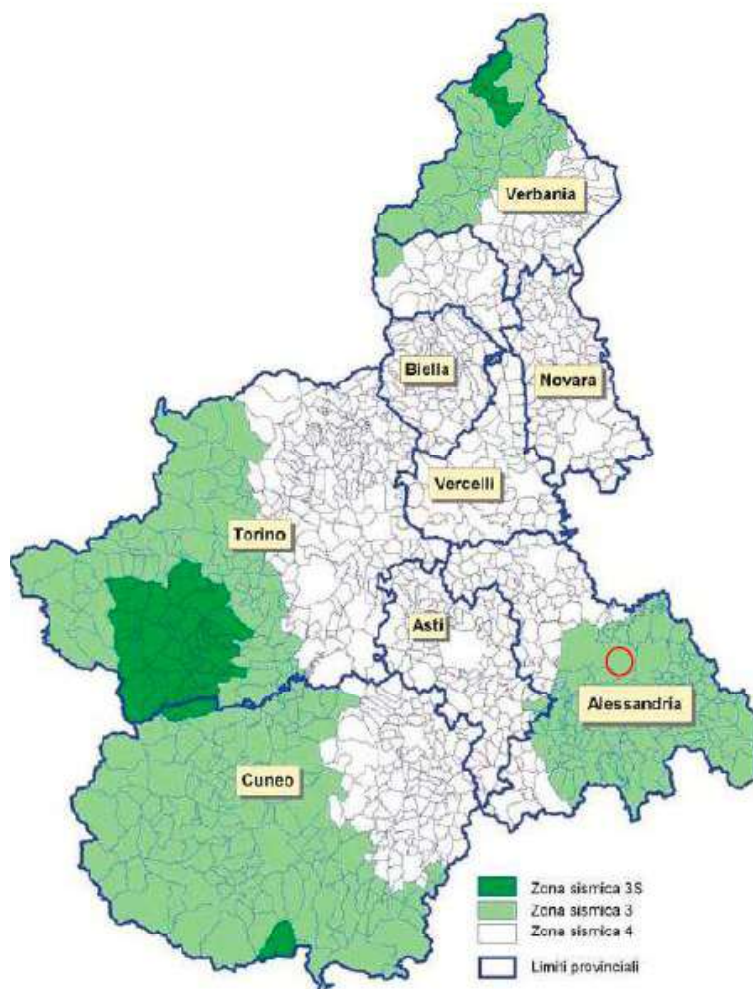


Figura 14 – mappa della classificazione sismica dei comuni della Regione Piemonte (Deliberazione della Giunta Regionale 21 maggio 2014, n. 65-7656) con indicazione della zona sismica di appartenenza

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners C.so Italia 13, 20122, Milano	COMUNE DI ALESSANDRIA (AL) Realizzazione di nuova piattaforma logistica Relazione Geologica NTC 2018 Ambito 4	Aprile 2026	33 di 71

Nella tabella seguente, che illustra le zone sismiche in cui è stato diviso il territorio nazionale secondo l'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, è riportata una descrizione più dettagliata della **zona sismica 3**, in cui è stato classificato il **Comune di Alessandria**.

<i>Zona sismica</i>	<i>Descrizione</i>	<i>accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [ag]</i>	<i>accelerazione orizzontale massima convenzionale (Norme Tecniche) [ag]</i>	<i>numero comuni con territori ricadenti nella zona (*)</i>
1	Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti.	$ag > 0,25 \text{ g}$	0,35 g	703
2	Zona dove possono verificarsi forti terremoti.	$0,15 < ag \leq 0,25 \text{ g}$	0,25 g	2.230
3	Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari.	$0,05 < ag \leq 0,15 \text{ g}$	0,15 g	2.815
4	E' la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.	$ag \leq 0,05 \text{ g}$	0,05 g	2.235

Tabella 5– zone sismiche in cui è stato diviso il territorio nazionale secondo l'Ordinanza del PCM n. 3519/2006

In base all'Ordinanza PCM del 28 aprile 2006, sono state definite sulla base di più approfonditi studi, le zone di pericolosità sismica per il territorio nazionale ed è stata definita la mappa di pericolosità sismica MP_{SO4}, espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800 \text{ m/s}$ e $TR = 475 \text{ anni}$). La **Figura 15** mostra la mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, successivamente è riportata l'immagine dell'area di interesse e l'accelerazione al suolo tipo A con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni del comune di **Alessandria**, pari a **PGA = 0,050-0,075**, valore caratteristico della **zona sismica di tipo 3**.

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners C.so Italia 13, 20122, Milano	COMUNE DI ALESSANDRIA (AL) Realizzazione di nuova piattaforma logistica Relazione Geologica NTC 2018 Ambito 4	Aprile 2026	34 di 71

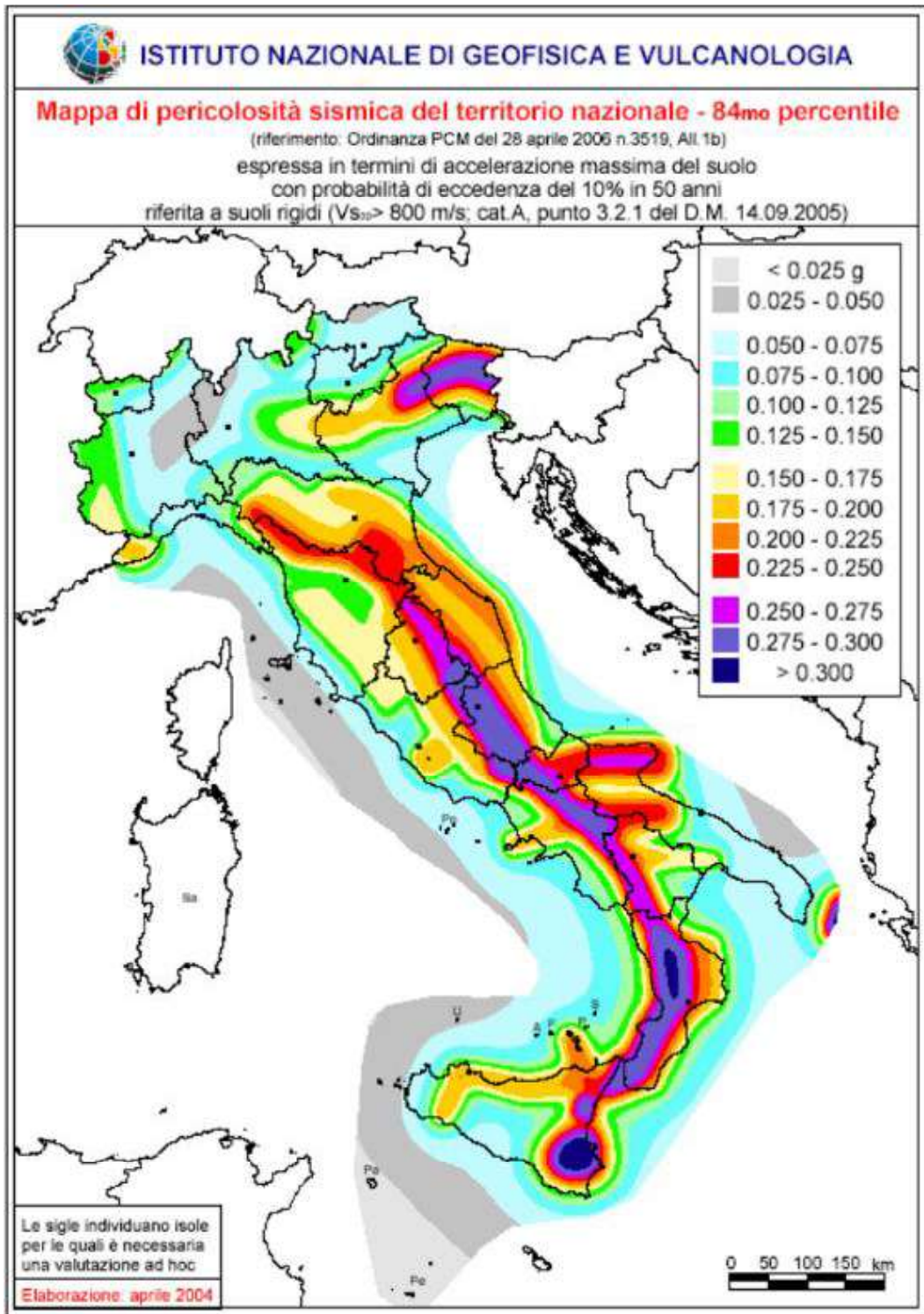


Figura 15 –All.1b dell’Ordinanza PCM 3598 del 28/04/2006 - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale in cui l’accelerazione massima del suolo viene espressa con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

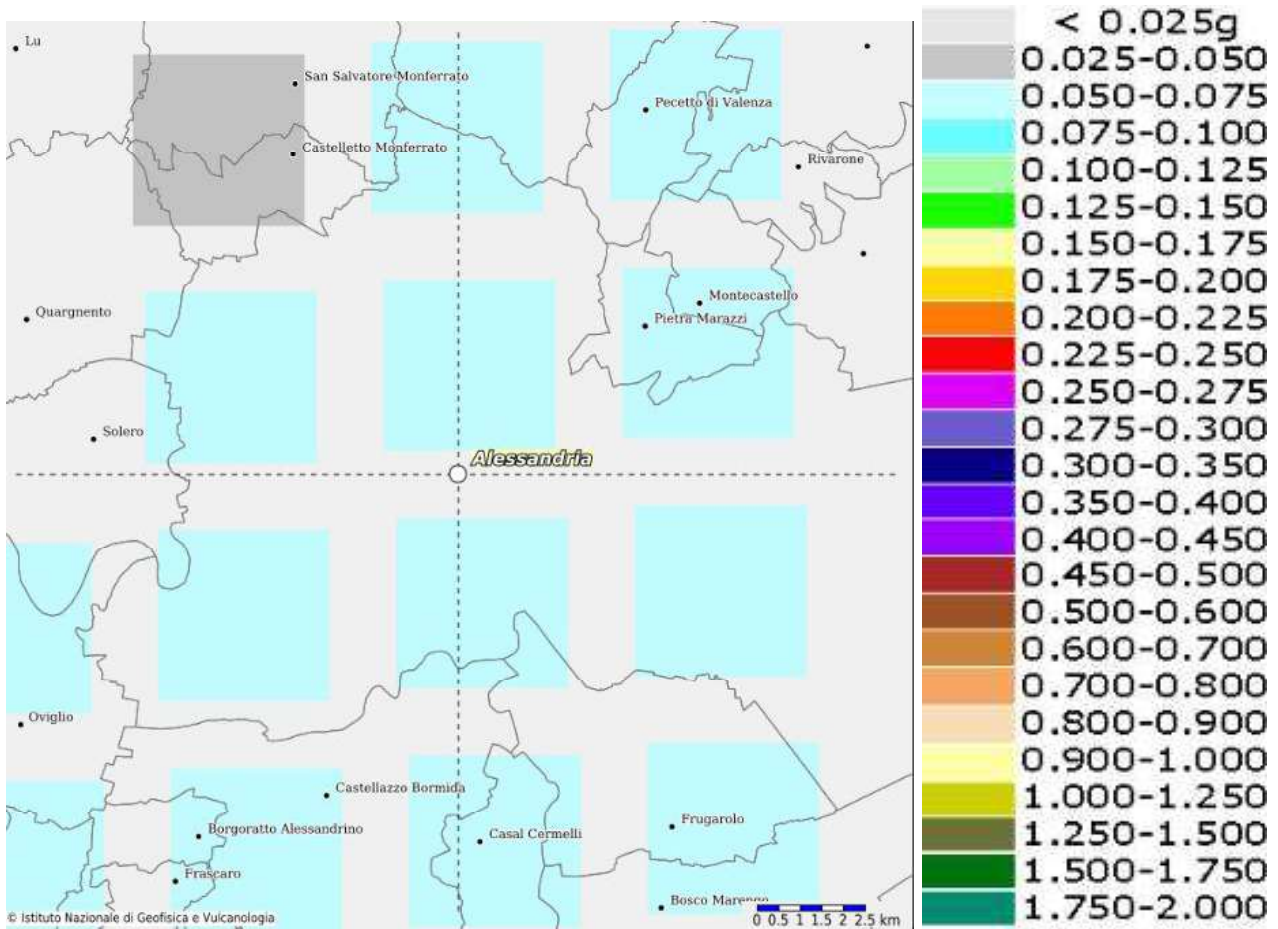


Figura 16 –INGV: Mappa della pericolosità sismica del territorio nazionale – Comune di Alessandria

Le figure **Figura 17** e **Figura 18** mostrano la disaggregazione per l'area oggetto di studio della stima di PGA con il 10% di probabilità di eccedenza in 50 anni, corrispondente ad un periodo di ritorno di 475 anni. Il grafico è una elaborazione che mostra il contributo delle sorgenti sismogenetiche alla pericolosità sismica di un certo sito: le sorgenti vengono discretizzate per intervalli di spazio e magnitudo.

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners C.so Italia 13, 20122, Milano	COMUNE DI ALESSANDRIA (AL) Realizzazione di nuova piattaforma logistica Relazione Geologica NTC 2018 Ambito 4	Aprile 2026	36 di 71

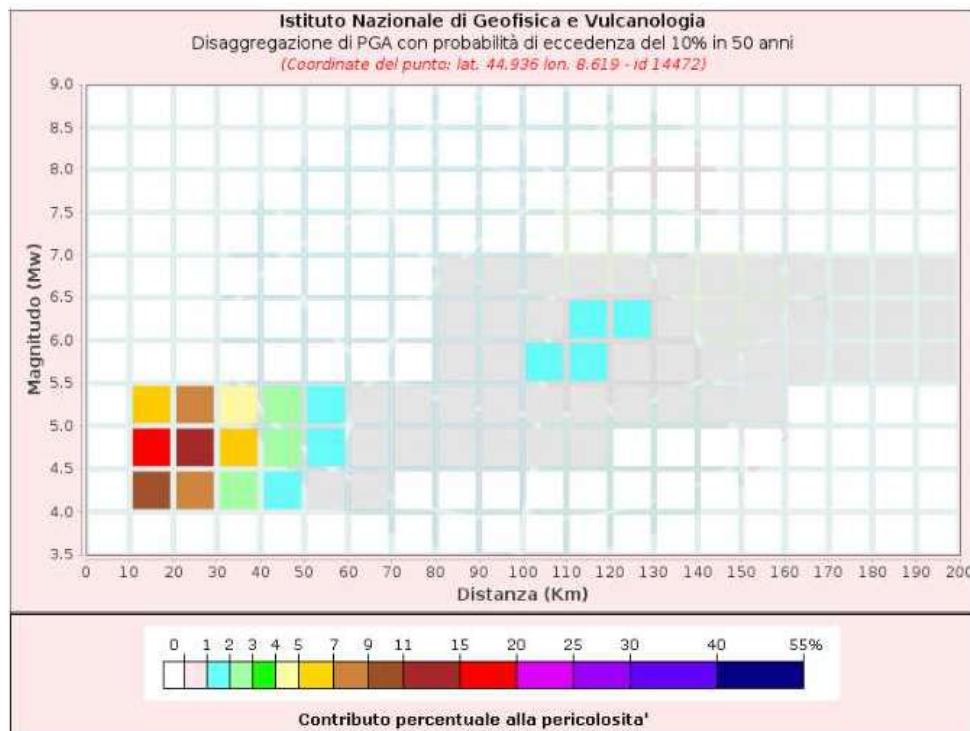


Figura 17 – disaggregazione del valore a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (INGV). – **Comune di Alessandria**

Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni
(Coordinate del punto: lat. 44.936 lon. 8.619 - id 14472)

Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	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	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	10.2000	15.1000	5.9800	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	7.8300	14.1000	7.3200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	2.9400	6.4000	4.2100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	1.0600	2.8800	2.3600	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.2960	1.2700	1.3300	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0200	0.5090	0.7700	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.1290	0.3890	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0203	0.3010	0.2580	0.2560	0.0459	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0309	0.5360	0.7250	0.6290	0.0679	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0305	0.6420	1.0800	0.9180	0.0501	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0020	0.4500	1.0600	1.0100	0.0378	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.2640	0.9720	1.0700	0.0295	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.1220	0.7860	0.9960	0.0296	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0400	0.5770	0.8010	0.0285	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0023	0.1650	0.2140	0.0270	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0836	0.1300	0.0246	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0427	0.0973	0.0214	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0211	0.0720	0.0178	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0099	0.0516	0.0142	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.94	40.1	1.23

Figura 18 – disaggregazione del valore a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (INGV). valori medi di magnitudo per il territorio comunale – **Comune di Alessandria**

10.1.1 Zonazione sismogenetica

Il progetto di zonazione sismogenetica ZS9 recepisce le informazioni sulle sorgenti sismogenetiche italiane messe a disposizione da DISS 3.0 (*Database of Potential Sources for Earthquake Larger than M5.5 in Italy, Valensise e Pantosti, 2001*) e da altre compilazioni regionali di faglie attive e introduce le conoscenze più recenti sulla geometria delle sorgenti sismogenetiche.



Figura 19 – zonazione sismogenetica ZS9, dove l'area comunale di Alessandria evidenziata da un cerchio verde e ricadente.

Come è possibile vedere alla figura precedente, l'area oggetto d'interesse ricade all'interno della zona **911** della zonazione sismogenetica ZSg (Meletti et al. 2008), utilizzata per la compilazione della mappa di pericolosità sismica MPS04. L'arco appenninico settentrionale è limitato, a Nord, da questa zona 911 che comprende il cosiddetto "arco di Pavia" e le strutture ad esso relative.

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners C.so Italia 13, 20122, Milano	COMUNE DI ALESSANDRIA (AL) Realizzazione di nuova piattaforma logistica Relazione Geologica NTC 2018 Ambito 4	Aprile 2026	38 di 71

10.1.2 Sismicità storica

Il contesto tettonico ed i regimi geodinamici ancora attivi legati all'evoluzione della catena alpina sono all'origine dell'attività sismica presente in Piemonte, generalmente di modesta intensità, ma di notevole frequenza. I terremoti avvengono principalmente lungo due direttrici che riflettono chiaramente l'assetto tettonico regionale essendo quasi coincidenti, entro un ragionevole margine di distribuzione, l'una con il fronte Pennidico e l'altra con il confine tra l'unità pennidica e la Pianura Padana.

Infatti, osservando la localizzazione degli epicentri dei terremoti registrati dalla rete sismica, è ben visibile una distribuzione dispersa lungo due direttrici principali:

- si segue la direzione dell'Ovest alpino nella sua parte interna in corrispondenza del massimo gradiente di gravità orizzontale (zona sismogena 908);
- l'altra (zona sismogena 909), più dispersa, segue l'allineamento dei massicci cristallini esterni al minimo gravimetrico delle Alpi francesi occidentali.

Le due linee convergono nel cuneese, per riaprire a ventaglio verso la costa, interessando il comprensorio di Nizza ed Imperia (fonte: ARPA Piemonte). Infine, un terzo percorso (zona sismogena 911) riguarda il fronte occidentale dell'Appennino sepolto e la sua estensione nel Monferrato. La figura seguente mostra alcuni dati relativi alla storia sismica del Comune di Alessandria contenuti nell'Italian Macroseismic Database 2004 (Stucchi et alii, 2007) e Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli, B., Gasperini P., 2019. Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 2.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), che per la prima volta ha raccolto e organizzato criticamente i dati macrosismici utilizzati per compilare il data base parametrico CPTI04 (2004) e CPTI15. È possibile stimare la magnitudo M , relativa agli eventi sismici attesi per il sito in oggetto, con il processo di disaggregazione tratto dal sito web dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (2007), con una probabilità superiore al 10% in 50 anni. In questo caso è pari a 4,94 (figura nella pagina seguente).

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners C.so Italia 13, 20122, Milano	COMUNE DI ALESSANDRIA (AL) Realizzazione di nuova piattaforma logistica Relazione Geologica NTC 2018 Ambito 4	Aprile 2026	39 di 71

Effetti:	In occasione del terremoto del:			
I [MCS]	Data	Az	Np	Io Me
7-9	1369 02 01	Alessandria	4	6-7 4.93 ±0.34
F	1511 03 26 14:40	Slovenia	66	9 6.98 ±0.17
4	1541 10 22 18:00	VALLE SCRIVIA	9	7 5.24 ±0.60
3-4	1612 01 31	ROCCA BIGLIERA	6	6-7 4.93 ±0.34
3	1642 06 13	Bergamo	8	6 5.04 ±0.72
4	1767 02 07 03:45	GENOVA	10	6 5.16 ±0.39
4	1802 05 12 09:00	VALLE DELL'OGLIO	85	8 5.64 ±0.22
NR	1811 07 15 22:44	SASSUOLO	21	6-7 5.25 ±0.40
3	1818 02 23 18:10	Liguria occidentale-Francia	46	7 5.45 ±0.22
7	1828 10 09 02:20	Valle Staffora	114	8 5.76 ±0.15
4-5	1828 10 10 01:30	Valle Staffora	18	
F	1831 05 26 10:30	Liguria occidentale	33	8 5.46 ±0.36
F	1894 12 29 01:45	Liguria occidentale-Francia	86	6.73 ±0.16
2	1873 03 12 20:04	Marche meridionali	196	8 5.95 ±0.10
NF	1884 09 12 07:23	Bassa valle del Serio	34	6 4.85 ±0.35
4	1886 09 05	VAL DI SUSA	102	7 5.25 ±0.17
6	1887 02 23 05:2	Liguria occidentale	1516	6.97 ±0.15
4	1891 06 07 01:0	Valle d'Illasi	403	8-9 5.86 ±0.06
RS	1892 01 05	GARDA OCC.	100	6-7 5.02 ±0.15
RS	1892 03 05	PONT S. MARTIN	86	7 4.90 ±0.19
NF	1892 08 09 07:58	Valle d'Alpone	160	6-7 4.91 ±0.11
F	1895 04 14 22:17	Slovenia	296	8 6.23 ±0.08
F	1896 10 16	ALBENGA	60	6 4.92 ±0.21
4	1913 12 07 01:28	NOVI LIGURE	56	5 4.70 ±0.20
F	1914 10 26 03:43	TAVERNETTE	67	7 5.41 ±0.16
4	1920 09 07 05:5	Garfagnana	756	10 6.48 ±0.09
2	1927 10 28 21:49	BEDONIA	51	6 4.88 ±0.21
3-4	1929 04 19 04:1	Bolognese	82	
4-5	1945 12 15 05:27	VAREZI	12	6 5.05 ±0.34
4	1951 05 15 22:54	LODIGIANO	154	6-7 5.39 ±0.14
2	1960 03 23 23:0	Vallese	178	5.00 ±0.20
4	1963 07 19 05:4	Mar Ligure	463	6.02 ±0.14
2-3	1983 11 09 16:2	Farnese	850	6-7 5.06 ±0.09
5-6	2000 08 21 17:1	Monferrato	597	6 4.96 ±0.09
4	2001 07 18 22:4	Monferrato	253	5-6 4.17 ±0.09
NF	2005 04 18 10:5	Valle del Trebbia	286	5 3.98 ±0.09

10.2 CAMPAGNA DI INDAGINE GEOFISICA

Per la definizione della definizione delle V_{seq} è stata condotta una campagna di indagine geofisica costituita dalle seguenti prove sismiche di sito:

- n.1 stese sismica, denominata **L1** attrezzata con geofoni con registrazione verticale per la per la lettura dei tempi di arrivo delle onde Superficiali (Rayleigh) mediante l'applicazione della metodologia MASW (Multichannel Analysis Surface Waves), di lunghezza pari a 60 metri, con distanza intergeofonica di 5,0 metri e punto di energizzazione posto a 5,0 m dal primo geofono;
- n.1 rilevazione sismica puntuale passiva HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratio), denominata **Tr1**, per la definizione dei valori di frequenza caratteristica del sito oltre che per la determinazione dei valori delle $V_{s,eq}$, necessari per la caratterizzazione sismica dello stesso tramite acquisizione puntuale in passivo del microtremore sismico ambientale mediante geofono triassiale 3D e per una durata di 60 minuti.

A integrazione si inseriscono i dati relativi a una stesa MASW e punto HVSr eseguiti in aree limitrofe. Nei seguenti paragrafi ci riferirò a tali prove rispettivamente come L2 e HVSr2

10.2.1 *Rappresentazione ed interpretazione dati sismici MASW*

Al fine di fornire i valori delle V_s , necessarie per la caratterizzazione sismica del sito, è stata realizzata una stesa sismica denominata L1, di lunghezza pari a 60.0m con distanza intergeofonica pari a 5.0 metri. L'energizzazione del terreno (sorgente di energia), per la lettura dei tempi di arrivo delle onde Superficiali (Rayleigh), è stata ottenuta impiegando una mazza battente da 10 kg in senso verticale su di una piastra in lega di alluminio aderente al suolo. L'energizzazione è stata effettuata agli estremi dello stendimento ad una distanza di 5.0m ed è stata eseguita più volte per garantire l'apprezzabilità dei segnali raccolti dal sistema di acquisizione dati.

Si riporta di seguito il sismogramma frutto della somma di ciascuna acquisizione, filtrato di eventuali disturbi di fondo, scelto per la modellazione

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners C.so Italia 13, 20122, Milano	COMUNE DI ALESSANDRIA (AL) Realizzazione di nuova piattaforma logistica Relazione Geologica NTC 2018 Ambito 4	Aprile 2026	41 di 71

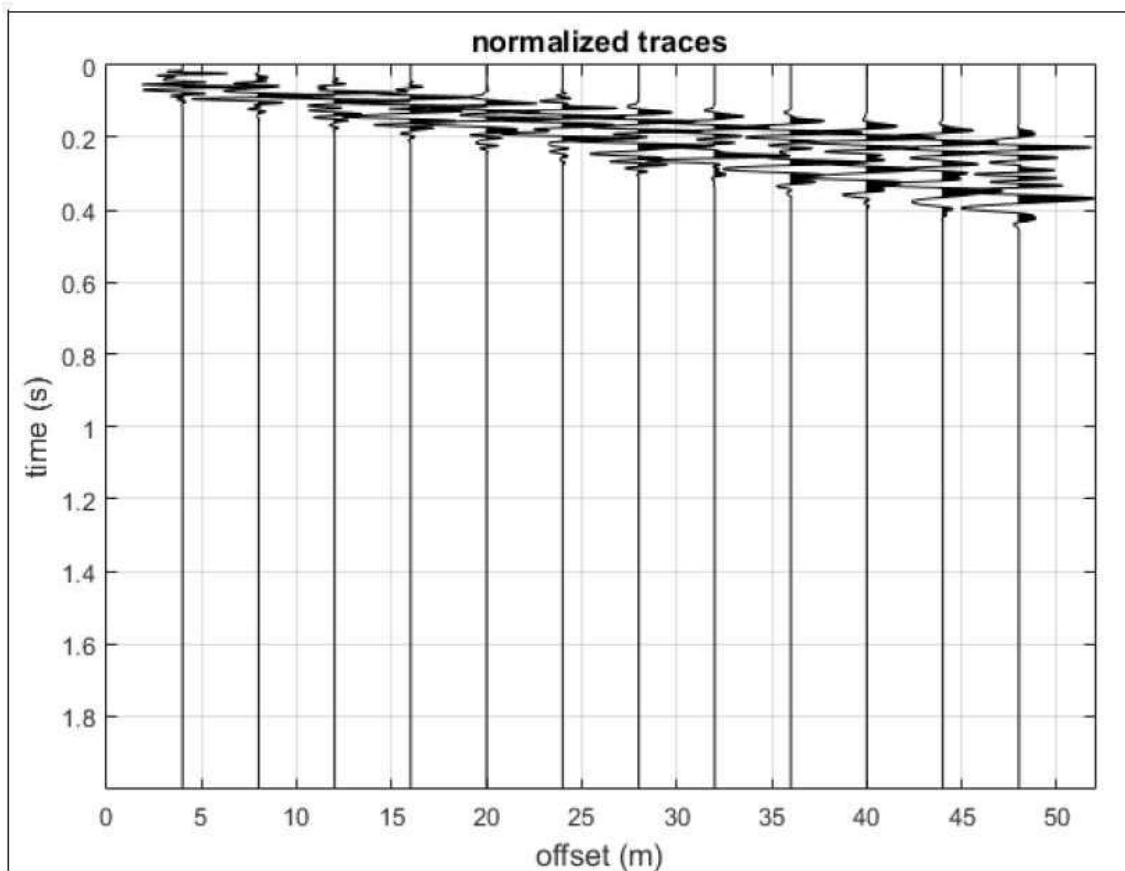


Figura 20 – Sismogramma ZVF (onde Rayleigh) base sismica L1.

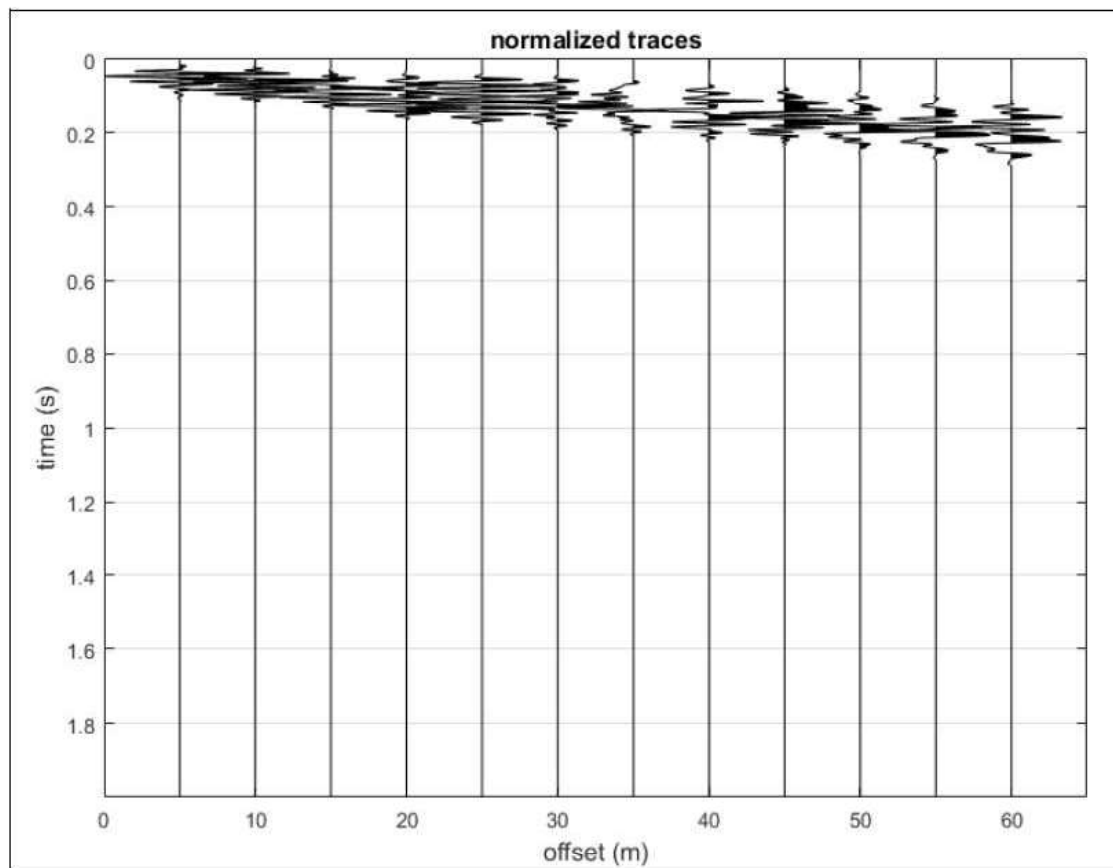


Figura 21 – Sismogramma ZVF (onde Rayleigh) base sismica L2.

L'elaborazione del sismogramma ha consentito di estrapolare lo spettro di velocità dal quale si è risalito tramite picking alla curva di dispersione che consente di ottenere sia gli spessori dei vari strati che le rispettive velocità.

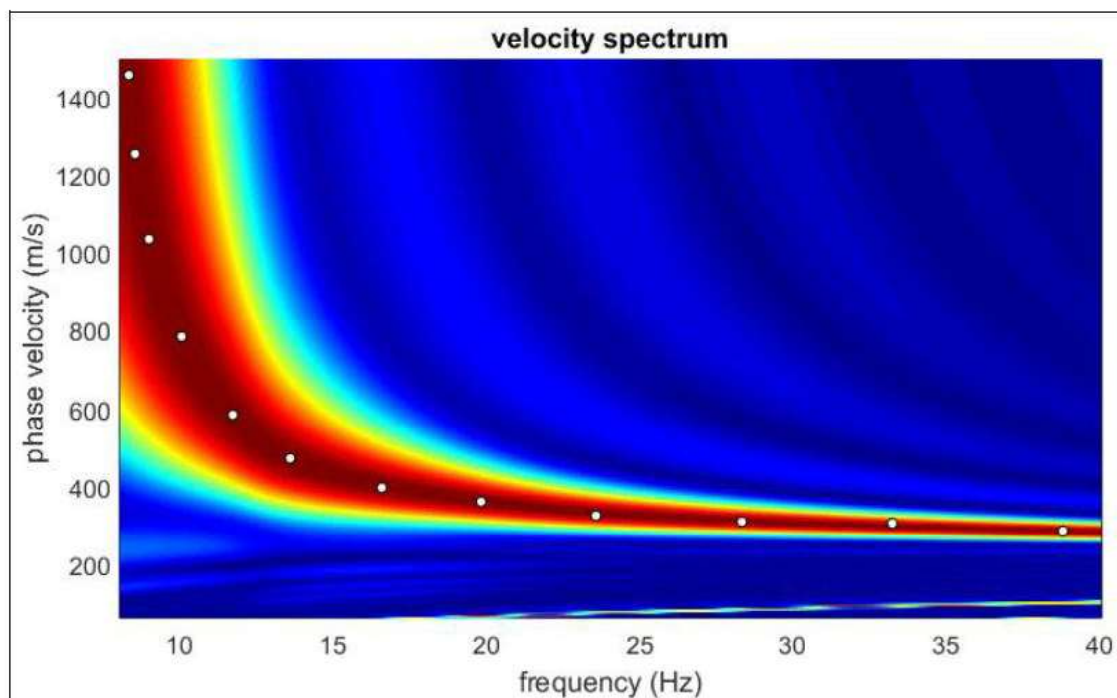


Figura 22 – Spettro di velocità base sismica L1 con picking.

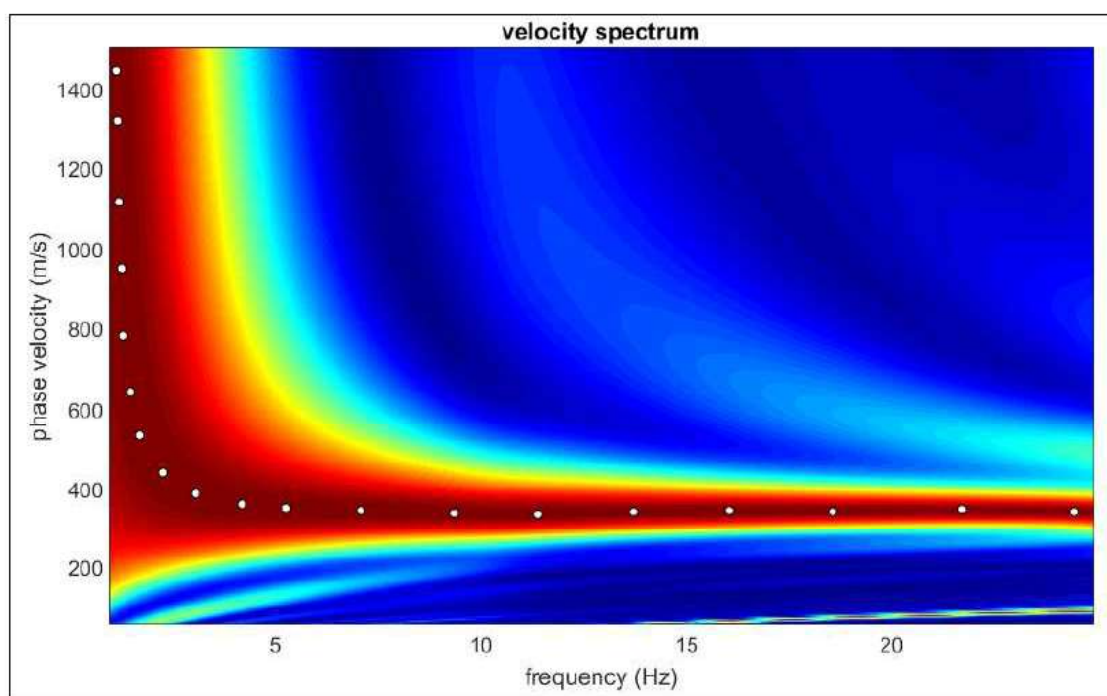


Figura 23 – Spettro di velocità base sismica L2 con picking.

Dall'inversione della curva di dispersione si è ottenuta la ricostruzione del sottosuolo in orizzonti aventi differenti spessori e valori di velocità:

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners C.so Italia 13, 20122, Milano	COMUNE DI ALESSANDRIA (AL) Realizzazione di nuova piattaforma logistica Relazione Geologica NTC 2018 Ambito 4	Aprile 2026	44 di 71

L1		
Spessore (m)	Profondità (m)	V _s (m/sec)
1.10	0.00 - 1.10	229
1.20	1.10 - 2.30	267
1.60	2.30 - 3.90	241
1.50	3.90 - 5.40	259
3.30	5.40 - 8.70	273
4.20	8.70 - 12.90	375
3.80	12.90 - 16.70	408
3.10	16.70 - 19.80	433
4.30	19.80 - 24.10	488
5.90	24.10 - 30.00	571

Figura 24 –Ricostruzione del sottosuolo sismico tramite la MASW L1

L1		
Spessore (m)	Profondità (m)	V _s (m/sec)
0.80	0.00 - 0.80	202
1.90	0.80 - 2.70	362
2.30	2.70 - 5.00	275
3.80	5.00 - 8.80	349
4.50	8.80 - 13.30	328
5.80	13.30 - 19.10	299
4.30	19.10 - 23.40	347
2.50	23.40 - 25.90	411
4.10	25.90 - 30.00	407

Figura 25 –Ricostruzione del sottosuolo sismico tramite la MASW L2

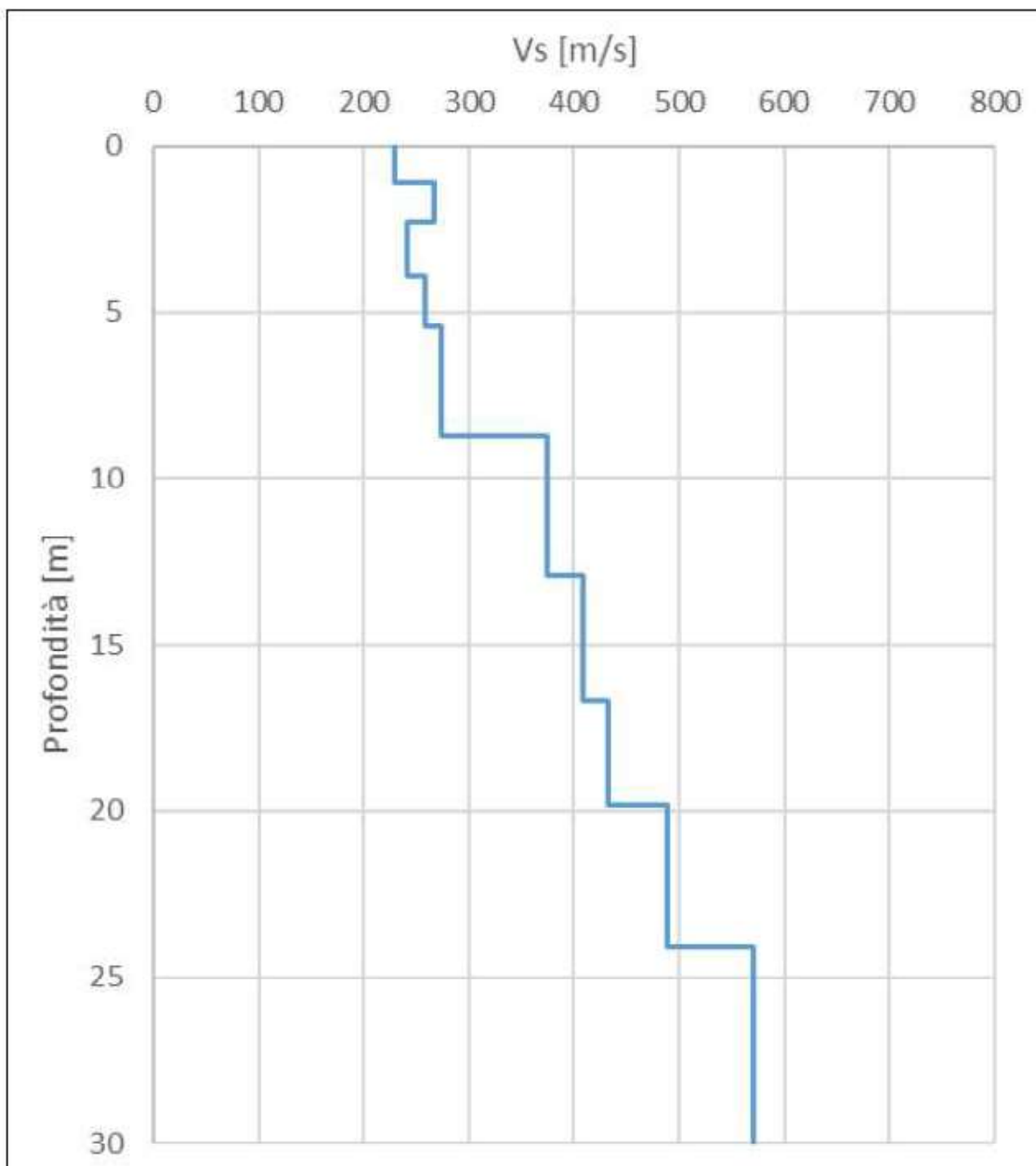


Figura 26 – Diagramma delle velocità Vs riferite ai vari strati intercettati nella base sismica L1.

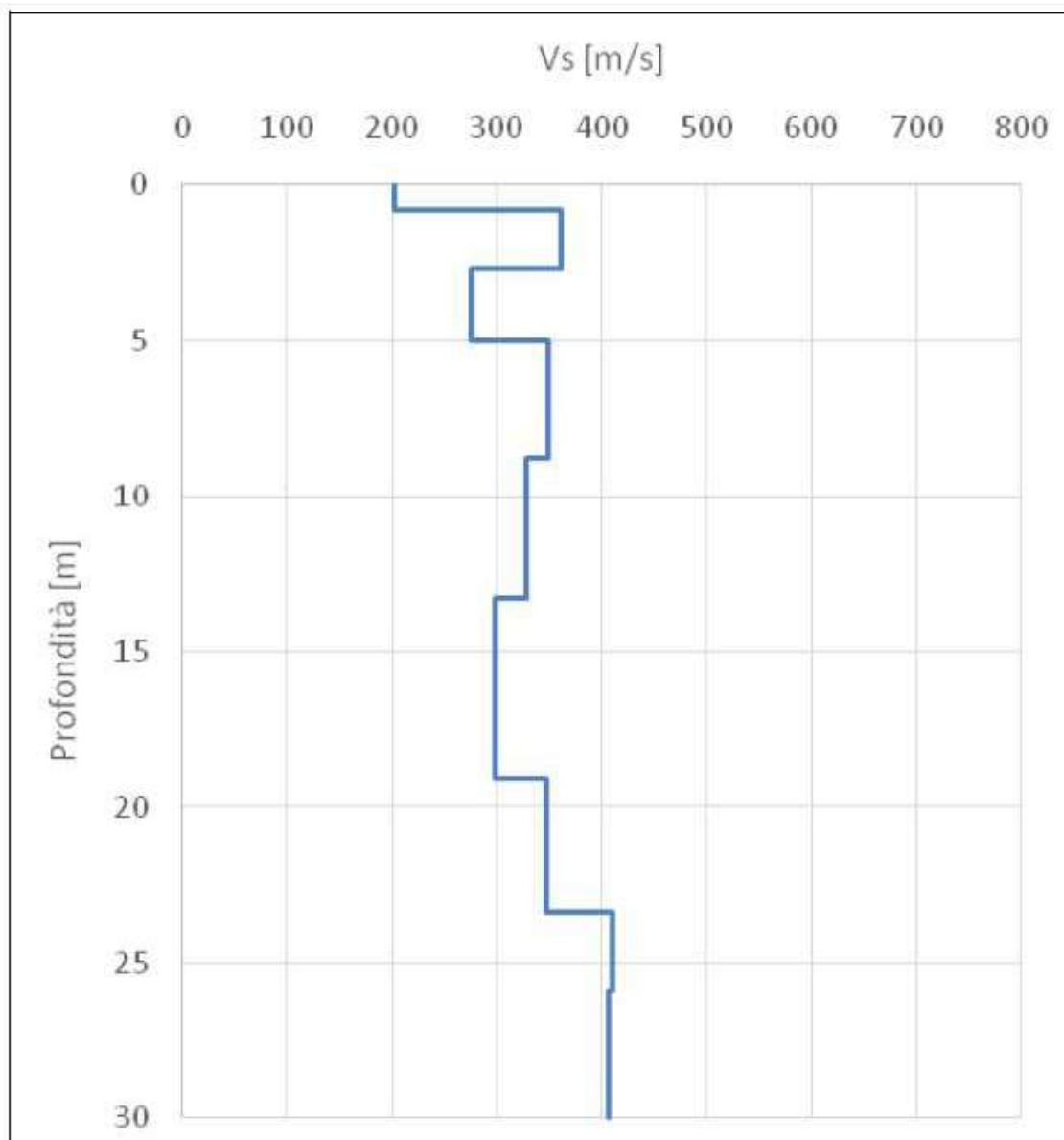


Figura 27 – Diagramma delle velocità Vs riferite ai vari strati intercettati nella base sismica L2.

10.2.2 Rappresentazione ed interpretazione dati sismici H.V.S.R.

Al fine di fornire i valori di frequenza caratteristica del sito oltre che per la determinazione dei valori delle $V_{s,eq}$, necessari per la caratterizzazione sismica dello stesso (in modalità congiunta con i dati ricavati da uno stendimento sismico M.A.S.W. eseguito nelle immediate vicinanze dell'area in esame) è stata eseguita una acquisizione puntuale (TR1) in passivo del microtremore sismico ambientale mediante geofono triassiale 3D e per una durata di 60 minuti.

Si riportano di seguito i relativi diagrammi H/V elaborati dalla misurazione effettuata sull'area.

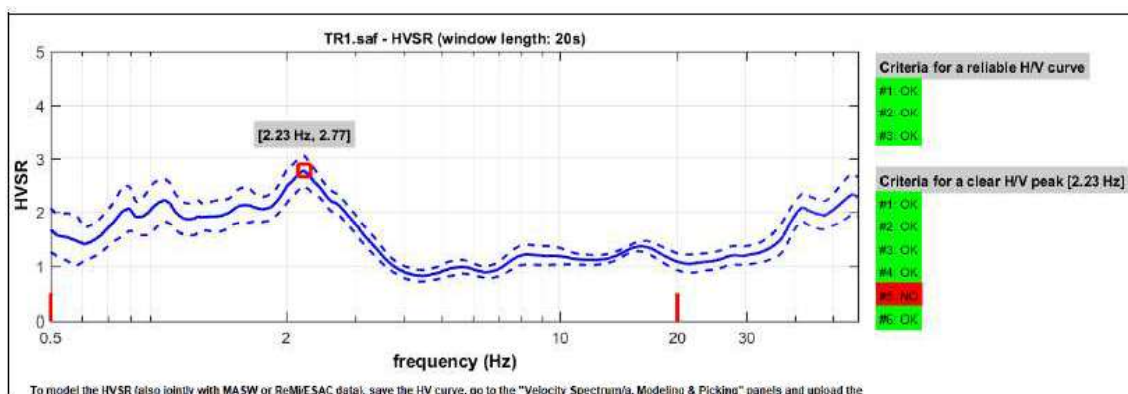


Figura 28 – Rapporti spettrali H/V vs Hz rilevazione sismica passiva TR1.

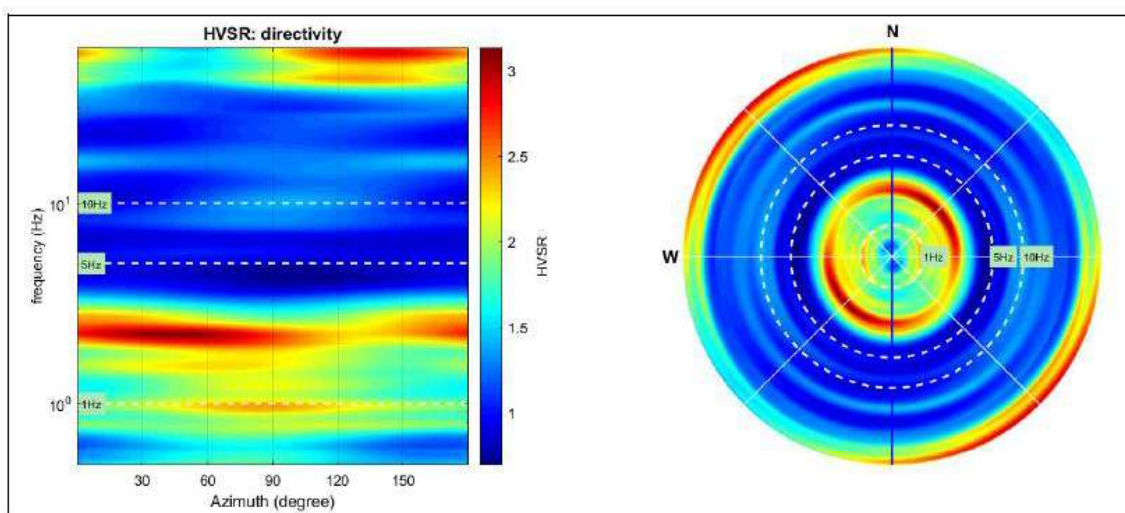


Figura 29 – Direzionalità H/V rilevazione sismica passiva TR1.

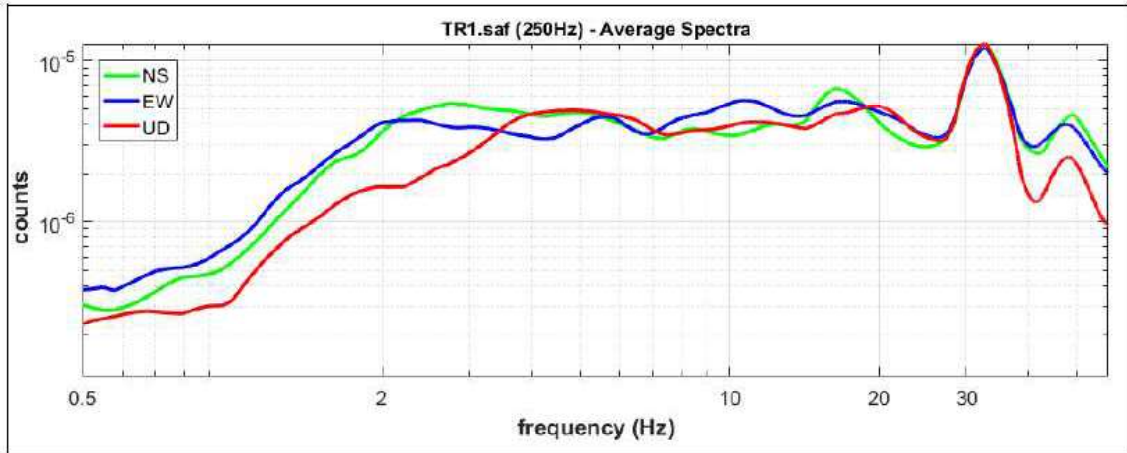


Figura 30 – Spettri delle singole componenti rilevazione sismica passiva TR1.

Dal punto di vista empirico, è noto che la frequenza di risonanza di un edificio è governata principalmente dalla sua altezza e può essere pertanto calcolata, in prima approssimazione, secondo la formula:

$$freq. \text{ naturale edificio} \approx 10 \text{ Hz} / \text{numero piani}$$

Si tenga conto che se si verifica la seguente somiglianza tra risonanza del terreno e della struttura, si creano condizioni di pericolo, perché si dà luogo alla massima amplificazione:

$$freq. \text{ naturale edificio} \approx freq. \text{ naturali coperture}$$

10.2.3 Categoria di sottosuolo

Per quanto riguarda la determinazione della categoria di sottosuolo il D.M. 17.01.2018 prevede una classificazione in cinque categorie principali riportate nella tabella 3.2. Il definite in base ai valori della velocità equivalente $V_{s,eq}$ corrispondente alla velocità media di propagazione delle onde sismiche di taglio a partire dal piano di fondazione (per fondazioni superficiali e per muri di sostegno di terrapieni), dalla testa dei pali o dalla testa dell'opera (per opere di sostegno di terreni naturali), fino alla profondità del substrato sismico, definito come quella formazione caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità di tale substrato superiore a 30m la velocità equivalente $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, considerando le proprietà degli strati di terreno fino alla profondità di 30m.

L'espressione per la determinazione della velocità equivalente $V_{s,eq}$ è la seguente:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_i}}$$

Dove:

- H: Profondità del substrato sismico con $V_s > 800$ m/s
- N: Numero strati
- h_i : Spessore in metri dello strato i-esimo
- V_i : Velocità dell'onda di taglio i-esima

Per il sito in esame la categoria di sottosuolo è stata determinata tramite i dati ottenuti dallo stendimento sismico con metodologia M.A.S.W.+H.V.S.R. eseguito in corrispondenza dell'area di indagine. Successivamente si riportano i dati ottenuti dallo stendimento sismico con metodologia M.A.S.W.+H.V.S.R. eseguiti in aree limitrofe.

Dall'elaborazione di tali dati il terreno presenta per la linea eseguita **L1**, valori delle $V_{s,eq}$ corrispondenti alle $V_{s,30}$ (il substrato sismico non è stato individuato nei primi 30m di profondità) pari a **372.05m/s**, riferiti all'attuale piano campagna; il terreno è pertanto classificabile in **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".

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners C.so Italia 13, 20122, Milano	COMUNE DI ALESSANDRIA (AL) Realizzazione di nuova piattaforma logistica Relazione Geologica NTC 2018 Ambito 4	Aprile 2026	50 di 71

Per quanto riguarda la linea denominata **L2** eseguita nei limitrofi dell'area di indagine valori delle $V_{s,eq}$ corrispondenti alle $V_{s,30}$ (il substrato sismico non è stato individuato nei primi 30m di profondità) pari a **332.86 m/s**, riferiti all'attuale piano campagna; il terreno è pertanto classificabile in categoria C "*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30m, 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*".

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

Figura 31 – Tabella 3.2.II "Categorie di sottosuolo" – D.M. 17.01.2018.

In riferimento alle categorie topografiche riportate nella tabella 3.2.III del D.M. (**Figura 32**), il sito può essere classificato nella categoria T1 "*Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$* ".

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	<i>Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$</i>
T2	<i>Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$</i>
T3	<i>Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$</i>
T4	<i>Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$</i>

Figura 32 – Tabella 3.2.III "Categorie topografiche" – D.M. 17.01.2018.

10.3 PERICOLOSITÀ SISMICA

Per valutare se un'opera strutturale è sicura bisogna far riferimento a degli stati limite, che possono verificarsi durante un determinato periodo di riferimento della stessa opera. Quindi per poter stimare l'azione sismica che dovrà essere utilizzata nelle verifiche agli stati limite o nella progettazione, bisognerà stabilire:

- in primo luogo, la vita nominale dell'opera, che congiuntamente alla classe d'uso, permette di determinare il periodo di riferimento;
- una volta definito il periodo di riferimento e i diversi stati limite da considerare, dopo aver definito le relative probabilità di superamento è possibile stabilire il periodo di ritorno associato a ciascun stato limite;

a questo punto è possibile definire la pericolosità sismica di base per il sito interessato alla realizzazione dell'opera, facendo riferimento agli studi condotti sul territorio nazionale dal Gruppo di Lavoro 2004 nell'ambito della convenzione-progetto S1 DPC-INGV 2004-2006 e i cui risultati sono stati promulgati mediante l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei ministri (OPCM) 3519/2006.

La normativa prevede che le azioni sismiche di progetto agenti su una costruzione si definiscano a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione, la quale è rappresentata dalla probabilità che in un fissato lasso di tempo (periodo di riferimento VR espresso in anni) nel sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato; tale probabilità è denominata "Probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" (PVR). Il D.M. 14.01.2008 ed il successivo D.M. 17.01.2018 hanno introdotto un nuovo elemento metodologico nella stima della pericolosità sismica di base, la quale non risulta più associata alla zona sismica di appartenenza (criterio "zona dipendente") ma viene definita mediante un approccio "sito dipendente". Pertanto, essa è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero (free field) su sito di riferimento con superficie topografica orizzontale (di categoria A quale definita al § 3.2.2 delle NTC 2018), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento VR. In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g : accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 : valore massimo di fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T^*_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners C.so Italia 13, 20122, Milano	COMUNE DI ALESSANDRIA (AL) Realizzazione di nuova piattaforma logistica Relazione Geologica NTC 2018 Ambito 4	Aprile 2026	52 di 71

In allegato alle NTC i suddetti valori vengono forniti in funzione delle coordinate geografiche del sito, per una griglia di punti prefissati sul territorio (reticolo di riferimento); per un qualunque punto del territorio non ricadente nei nodi (siti di riferimento) del reticolo di riferimento tali valori si ottengono per interpolazione sui quattro vertici adiacenti. Per la valutazione finale dell'azione sismica di progetto deve essere inoltre tenuta in considerazione la cosiddetta risposta sismica locale, peculiare delle condizioni stratigrafiche del sottosuolo e della morfologia della superficie topografica del sito in questione, le quali esercitano una diretta influenza sulla propagazione e sull'eventuale amplificazione delle onde sismiche nel sottosuolo.

Tale valutazione è conseguibile, con buona approssimazione, tramite la definizione della categoria di sottosuolo del terreno di fondazione e della categoria topografica del sito. Da queste ultime vengono infatti ricavati i coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica (SS ed ST) che subentrano nella ricostruzione degli spettri di risposta elastici definiti per la pericolosità sismica di base.

10.3.1 Vita nominale, classi d'uso e periodo di riferimento

Nel DM 17 gennaio 2018-Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» il periodo di riferimento, che non può essere inferiore a 35 anni, è dato dalla seguente relazione:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

dove:

V_R = periodo di riferimento

V_N = vita nominale

C_U = coefficiente d'uso

La vita nominale di un'opera strutturale V_N , secondo le NTC 2018, è definita come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata e viene definita attraverso tre diversi valori, a seconda dell'importanza dell'opera e perciò delle esigenze di durabilità.

I valori minimi di V_N da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati di seguito. Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners C.so Italia 13, 20122, Milano	COMUNE DI ALESSANDRIA (AL) Realizzazione di nuova piattaforma logistica Relazione Geologica NTC 2018 Ambito 4	Aprile 2026	53 di 71

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di VN (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Tabella 6-Valori minimi della Vita nominale VN di progetto per i diversi tipi di costruzioni

Nel caso specifico $V_N = 50$ anni.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso. Le NTC 2018 prevedono quattro classi d'uso a ciascuna delle quali è associato un valore del coefficiente d'uso:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli. $CU = 0.7$;

Classe 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. $CU = 1.0$;

Classe 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. $CU = 1.5$;

Classe 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 DM 5/11/2001, 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. $CU = 2.0$;

Nel caso in esame viene presa in considerazione la classe d'uso II a cui è associato il coefficiente d'uso: $CU = 1.0$.

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners C.so Italia 13, 20122, Milano	COMUNE DI ALESSANDRIA (AL) Realizzazione di nuova piattaforma logistica Relazione Geologica NTC 2018 Ambito 4	Aprile 2026	54 di 71

Ricavati i valori di V_N e CU , è possibile calcolare il periodo di riferimento V_R , che qui vale: $V_R = 50 * 1 = 50$ anni.

10.3.2 Stati limite, probabilità di superamento e periodo di ritorno

Le NTC 2018 prendono in considerazione 4 possibili stati limite (SL) individuati facendo riferimento alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti: due sono stati limite di esercizio (SLE) e due sono stati limite ultimi (SLU). Uno stato limite è una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per la quale è stata progettata.

Più in particolare le opere e le varie tipologie strutturali devono essere dotate di capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (sicurezza nei confronti di SLE) e di capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e di dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone o comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera (sicurezza nei confronti di SLU).

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners C.so Italia 13, 20122, Milano	COMUNE DI ALESSANDRIA (AL) Realizzazione di nuova piattaforma logistica Relazione Geologica NTC 2018 Ambito 4	Aprile 2026	55 di 71

componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Ad ogni stato limite è associata una probabilità di superamento PVR, ovvero la probabilità che, nel periodo di riferimento VR, si verifichi almeno un evento sismico ($n \geq 1$) di ag prefissata (ag = accelerazione orizzontale massima del suolo) avente frequenza media annua di ricorrenza $\lambda = 1/TR$ (TR = periodo di ritorno).

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	PVR = 81%
Stato limite di esercizio: danno	SLD	PVR = 63%
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	PVR = 10%
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	PVR = 5%

Tabella 7-Stati limite e rispettive probabilità di superamento, nel periodo di riferimento VR

Fissati V_R e P_{VR} associata ad ogni stato limite, è possibile calcolare il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R , espresso in anni, mediante l'espressione:

Tale relazione tra P_{VR} (probabilità) e T_R (statistica) risulta biunivoca poiché utilizza la distribuzione discreta Poissoniana.

Poiché è $V_R = 50$ anni, il tempo di ritorno T_R sarà:

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	$T_R = 30$
Stato limite di esercizio: danno	SLD	$T_R = 50$
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	$T_R = 475$
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	$T_R = 975$

Tabella 8- Stati limite e rispettivi tempi di ritorno, nel periodo di riferimento VR

10.3.3 Definizione della pericolosità sismica di base

La pericolosità sismica di base, cioè le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di interesse, nelle NTC 2018, per una determinata probabilità di superamento, si può ritenere definita quando vengono designati un'accelerazione orizzontale massima (a_g) ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione, riferiti ad un suolo rigido e ad una superficie topografica orizzontale.

Per poter definire la pericolosità sismica di base le NTC 2018 si rifanno ad una procedura basata sui risultati disponibili anche sul sito web dell'INGV <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>, nella sezione "Mappe interattive della pericolosità sismica".

Secondo le **NTC 2018** le forme spettrali sono definite per 9 differenti periodi di ritorno TR (30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni) a partire dai valori dei seguenti parametri riferiti a terreno rigido orizzontale, cioè valutati in condizioni ideali di sito, definiti nell'Allegato A alle **NTCo8**:

a_g = accelerazione orizzontale massima;

F_0 = 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.

I tre parametri si ricavano per il 50° percentile ed attribuendo a:

a_g , = il valore previsto dalla pericolosità sismica S1

F_0 e T_C^* = i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC08 scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica S1 (il minimo è ottenuto ai minimi quadrati, su valori normalizzati).

I valori di questi parametri vengono forniti in tabella, contenuta nell'Allegato B delle NTC08 (a cui le NTC 2018 fanno riferimento), per i 10751 punti di un reticolo di riferimento in cui è suddiviso il territorio nazionale, identificati dalle coordinate geografiche longitudine e latitudine.

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners C.so Italia 13, 20122, Milano	COMUNE DI ALESSANDRIA (AL) Realizzazione di nuova piattaforma logistica Relazione Geologica NTC 2018 Ambito 4	Aprile 2026	57 di 71

ID	LON	LAT	T _R = 30			T _R = 50			T _R = 72			T _R = 101		
			a _g	F ₀	T [*] _c	a _g	F ₀	T [*] _c	a _g	F ₀	T [*] _c	a _g	F ₀	T [*] _c
13111	6.5448	45.1340	0.263	2.500	0.180	0.340	2.510	0.210	0.394	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13333	6.5506	45.0850	0.264	2.490	0.180	0.341	2.510	0.210	0.395	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13555	6.5564	45.0350	0.264	2.500	0.180	0.340	2.510	0.200	0.393	2.550	0.220	0.466	2.500	0.240
13777	6.5621	44.9850	0.263	2.500	0.180	0.338	2.520	0.200	0.391	2.550	0.220	0.462	2.510	0.240
12890	6.6096	45.1880	0.284	2.460	0.190	0.364	2.510	0.210	0.431	2.500	0.220	0.509	2.480	0.240
13112	6.6153	45.1390	0.286	2.460	0.190	0.366	2.510	0.210	0.433	2.500	0.220	0.511	2.480	0.240
13334	6.6210	45.0890	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.434	2.500	0.220	0.511	2.490	0.240
13556	6.6268	45.0390	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.433	2.510	0.220	0.510	2.490	0.240
13778	6.6325	44.9890	0.288	2.460	0.190	0.366	2.520	0.210	0.430	2.510	0.220	0.507	2.500	0.240
14000	6.6383	44.9390	0.286	2.470	0.190	0.363	2.520	0.210	0.426	2.520	0.220	0.502	2.500	0.240
14222	6.6439	44.8890	0.284	2.470	0.190	0.360	2.530	0.210	0.421	2.530	0.220	0.497	2.500	0.240
12891	6.6803	45.1920	0.306	2.430	0.200	0.389	2.500	0.210	0.467	2.470	0.230	0.544	2.490	0.230
10228	6.6826	45.7940	0.283	2.420	0.200	0.364	2.460	0.220	0.430	2.460	0.240	0.505	2.440	0.250
13113	6.6860	45.1430	0.309	2.430	0.200	0.391	2.510	0.210	0.470	2.470	0.230	0.546	2.490	0.230
10450	6.6885	45.7450	0.278	2.440	0.200	0.356	2.480	0.220	0.415	2.500	0.230	0.485	2.470	0.250
13335	6.6915	45.0930	0.310	2.430	0.200	0.392	2.510	0.210	0.470	2.480	0.230	0.546	2.500	0.230
10672	6.6942	45.6950	0.275	2.450	0.200	0.351	2.490	0.210	0.406	2.520	0.230	0.475	2.490	0.250
13557	6.6973	45.0430	0.311	2.440	0.200	0.392	2.520	0.210	0.469	2.480	0.230	0.545	2.500	0.230
13779	6.7029	44.9930	0.310	2.440	0.200	0.391	2.520	0.210	0.467	2.480	0.230	0.543	2.500	0.230

Tabella 9- Stralcio della tabella contenuta nell'Allegato B delle NTC08, che fornisce i 3 parametri di pericolosità sismica, per diversi periodi di ritorno e per ogni nodo del reticolo che viene identificato da un ID e dalle coordinate geografiche.

Qualora la pericolosità sismica del sito sul reticolo di riferimento non consideri il periodo di ritorno TR corrispondente alla VR e PVR fissate, il valore del generico parametro p ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione, a partire dai dati relativi ai tempi di ritorno previsti nella pericolosità di base, utilizzando la seguente espressione dell'Allegato A alle NTC08:

$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1}$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (a_g, F_0, T_C^*) corrispondente al periodo di ritorno T_R desiderato, mentre $p_1, 2$ è il valore di tale parametro corrispondente al periodo di ritorno $T_{R1, 2}$. Per un qualunque punto del territorio non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri p possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della

maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando l'espressione dell'Allegato A alle NTC18:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{P_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (ag, Fo, TC*) corrispondente al punto considerato, pi è il valore di tale parametro nell'i-esimo vertice della maglia elementare contenente il punto in esame e di è la distanza del punto in esame dall'i-esimo vertice della suddetta maglia.

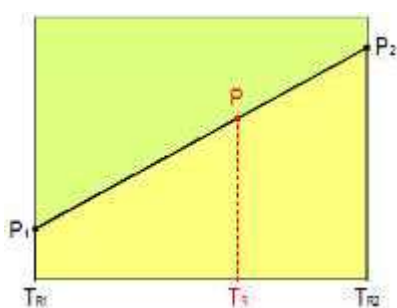


Figura 33 – Interpolazione dei periodi di ritorno, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC18

La procedura per interpolare le coordinate geografiche è schematizzata nella figura seguente:

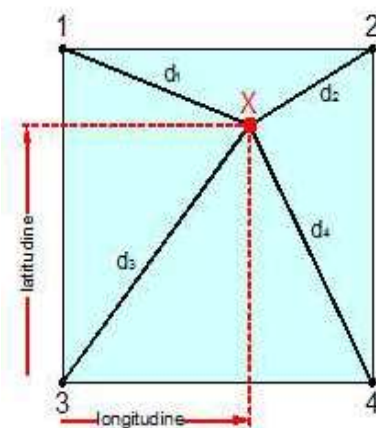


Figura 34 – - Interpolazione delle coordinate geografiche, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC18.

Pertanto, per poter procedere all'interpolazione delle coordinate geografiche, in accordo alla procedura delle NTC08, bisogna calcolare le distanze che intercorrono tra i 4 punti del reticolo e il punto di interesse. Questo calcolo può essere eseguito approssimativamente utilizzando le formule della trigonometria sferica, che danno la distanza geodetica tra due punti, di cui siano note le coordinate geografiche. Utilizzando quindi il teorema di Eulero, la distanza d tra due punti, di cui siano note latitudine e longitudine, espresse però in radianti, si ottiene dall'espressione seguente:

$$d = R \cdot \arccos[\sin(\text{lat}\beta) \cdot \sin(\text{lat}\alpha) + \cos(\text{lat}\beta) \cdot \cos(\text{lat}\alpha) \cdot \cos(\text{lon}\alpha - \text{lon}\beta)]$$

dove $R = 6371$ è il raggio medio terrestre in km, mentre $\text{lat}\alpha$, $\text{lon}\alpha$, $\text{lat}\beta$ e $\text{lon}\beta$ sono la latitudine e la longitudine, espresse in radianti, di due punti A e B di cui si vuole calcolare la distanza. La formula di interpolazione sopra proposta, semplice da usare, presenta però l'inconveniente di condurre a valori di pericolosità lievemente diversi per punti affacciati ma appartenenti a maglie contigue. La modestia delle differenze (scostamenti in termini di PGA dell'ordine di $\pm 0,01g$ ossia della precisione dei dati) a fronte della semplicità d'uso, rende tale stato di cose assolutamente accettabile. Qualora si vogliano rappresentazioni continue della funzione interpolata, si dovrà ricorrere a metodi di interpolazione più complessi, ad esempio i polinomi di Lagrange.

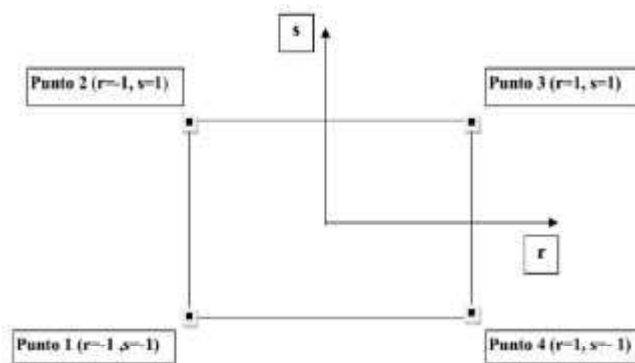


Figura 35 – Applicazione dell'interpolazione bilineare.

Definiti i 4 vertici di una generica maglia i polinomi di Lagrange sono così determinati:

- $h_1 = (1-r) \cdot (1-s)/4$
- $h_2 = (1-r) \cdot (1+s)/4$
- $h_3 = (1+r) \cdot (1+s)/4$
- $h_4 = (1+r) \cdot (1-s)/4$

Tra le coordinate x, y di un punto generico e le coordinate r, s dello stesso punto valgono le seguenti relazioni:

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners C.so Italia 13, 20122, Milano	COMUNE DI ALESSANDRIA (AL) Realizzazione di nuova piattaforma logistica Relazione Geologica NTC 2018 Ambito 4	Aprile 2026	60 di 71

$$4x = \sum_{i=1}^4 h_i \cdot x_i = [(1-r) \cdot (1-s) \cdot x_1 + (1-r) \cdot (1+s) \cdot x_2 + (1+r) \cdot (1+s) \cdot x_3 + (1+r) \cdot (1-s) \cdot x_4]$$

$$4y = \sum_{i=1}^4 h_i \cdot y_i = [(1-r) \cdot (1-s) \cdot y_1 + (1-r) \cdot (1+s) \cdot y_2 + (1+r) \cdot (1+s) \cdot y_3 + (1+r) \cdot (1-s) \cdot y_4]$$

La soluzione del sistema di equazioni non lineari è ottenuta iterativamente e, tramite i valori di r ed s , si determinano i parametri a_g, F_o, T_c^* dall'equazione:

$$4p = \sum_{i=1}^4 h_i \cdot p_i = [(1-r) \cdot (1-s) \cdot p_1 + (1-r) \cdot (1+s) \cdot p_2 + (1+r) \cdot (1+s) \cdot p_3 + (1+r) \cdot (1-s) \cdot p_4]$$

Dove p rappresenta il parametro cercato.

10.3.4 Definizione della pericolosità sismica di sito

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Per la singola opera o per il singolo sistema geotecnico la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A, definito al § 3.2.2).

10.3.5 Coefficienti sismici

I coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v dipendono del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi e del tipo di opera da calcolare. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno (T_R) dell'evento sismico che è valutato come segue:

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

Con V_R vita di riferimento della costruzione e P_{VR} probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso V_R non può essere inferiore a 35 anni.

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners C.so Italia 13, 20122, Milano	COMUNE DI ALESSANDRIA (AL) Realizzazione di nuova piattaforma logistica Relazione Geologica NTC 2018 Ambito 4	Aprile 2026	61 di 71

10.3.6 Stabilità dei pendii e fondazioni

Nel caso di stabilità dei pendii i coefficienti k_h e k_v sono così determinati:

$$k_h = \beta_s \cdot \left(\frac{a_{\max}}{g} \right)$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

Con

- β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;
- a_{\max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
- g accelerazione di gravità.

I valori di β_s sono riportati nella tabella:

	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

Tabella 10-Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa al sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{\max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica) ($0.90 \leq S_S \leq 1.80$) è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E). e del rapporto a_g/g . S_T (effetto di amplificazione topografica), varia con il variare delle quattro categorie topografiche: **T1:** $S_T = 1.0$; **T2:** $S_T = 1.20$; **T3:** $S_T = 1.20$; **T4:** $S_T = 1.40$.

10.3.7 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: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 44.8921547 [°]
Longitudine (WGS84): 8.6930084 [°]
 Latitudine (ED50): 44.8931084 [°]
 Longitudine (ED50): 8.6940680 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	14695	44.888740	8.693209	490.30
2	14696	44.891550	8.763490	5471.42
3	14474	44.941460	8.759589	7451.47
4	14473	44.938660	8.689162	5079.95

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

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	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 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.021	2.514	0.184
SLD	50	0.028	2.487	0.205
	72	0.033	2.507	0.219
	101	0.038	2.528	0.239
	140	0.044	2.482	0.251
	201	0.052	2.491	0.262
SLV	475	0.075	2.479	0.274
SLC	975	0.100	2.466	0.278
	2475	0.142	2.470	0.281

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.020	2.526	0.184
SLD	50	0.027	2.505	0.202
	72	0.032	2.505	0.218
	101	0.036	2.527	0.229
	140	0.041	2.524	0.250
	201	0.048	2.491	0.266
SLV	475	0.068	2.506	0.277
SLC	975	0.089	2.495	0.280
	2475	0.126	2.482	0.285

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	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 d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.020	2.527	0.164
SLD	50	0.026	2.512	0.201
SLV	475	0.068	2.502	0.276
SLC	975	0.090	2.490	0.279

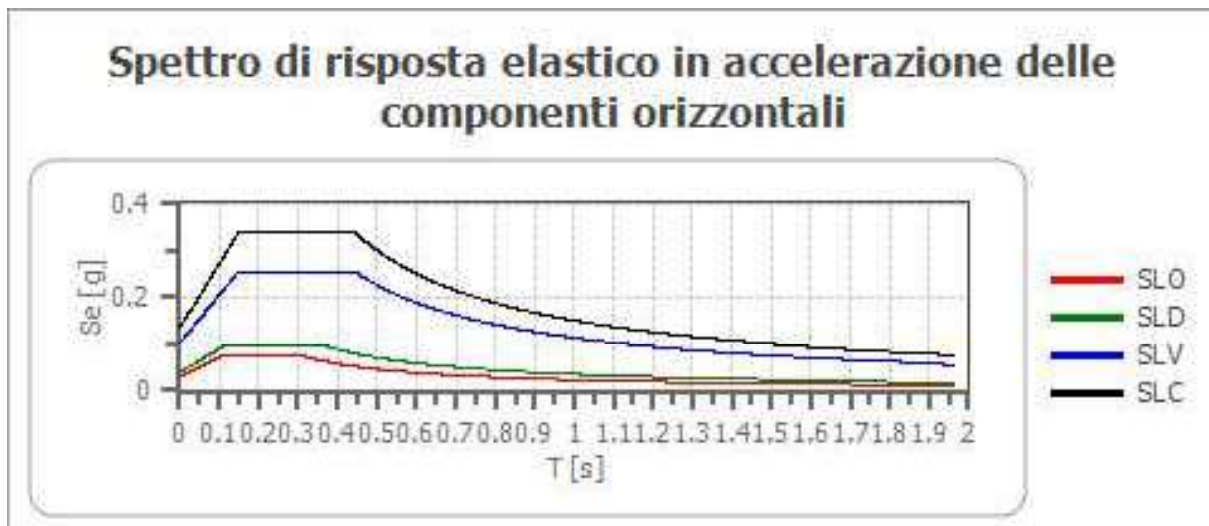
10.3.8 Pericolosità sismica di sito

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %
 Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1.000
 Categoria sottosuolo: C
 Categoria topografica:
 T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.006	0.008	0.020	0.027
kv	0.003	0.004	0.010	0.014
amax [m/s ²]	0.288	0.389	0.997	1.326
Beta	0.200	0.200	0.200	0.200

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

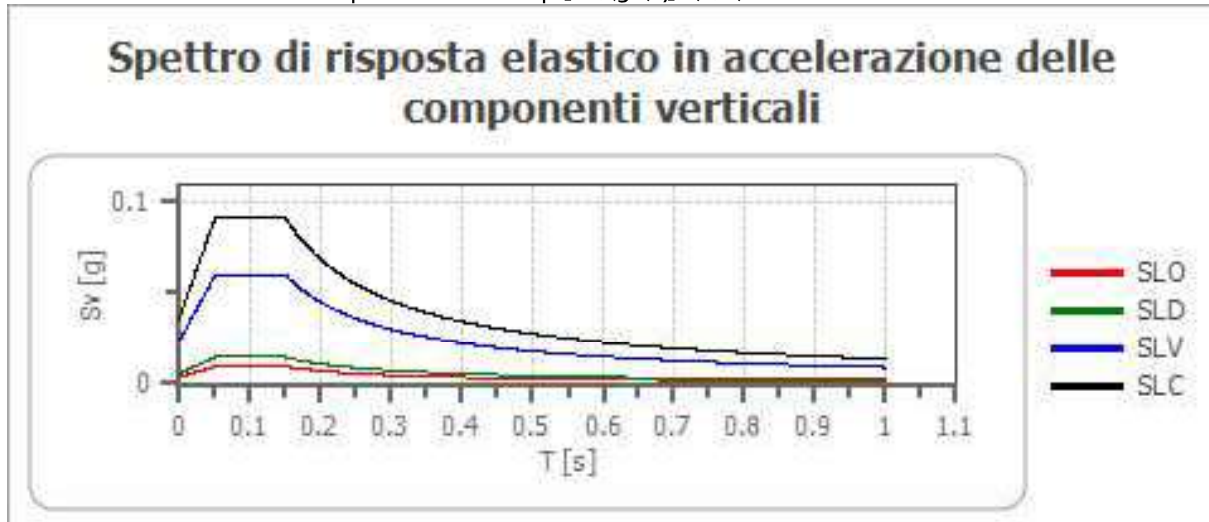


	cu	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(o) [g]	Se(T B) [g]
SLO	1.0	0.020	2.527	0.164	1.500	1.910	1.000	1.500	1.000	0.104	0.313	1.678	0.029	0.074
SLD	1.0	0.026	2.512	0.201	1.500	1.780	1.000	1.500	1.000	0.119	0.357	1.706	0.040	0.100
SLV	1.0	0.068	2.502	0.276	1.500	1.610	1.000	1.500	1.000	0.148	0.445	1.871	0.102	0.254
SLC	1.0	0.090	2.490	0.279	1.500	1.600	1.000	1.500	1.000	0.149	0.446	1.961	0.135	0.337

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1.000



	cu	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(o) [g]	Se(T B) [g]
SLO	1.0	0.020	2.527	0.164	1	1.910	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.004	0.009
SLD	1.0	0.026	2.512	0.201	1	1.780	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.006	0.015
SLV	1.0	0.068	2.502	0.276	1	1.610	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.024	0.060
SLC	1.0	0.090	2.490	0.279	1	1.600	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.037	0.091

Spettro di progetto

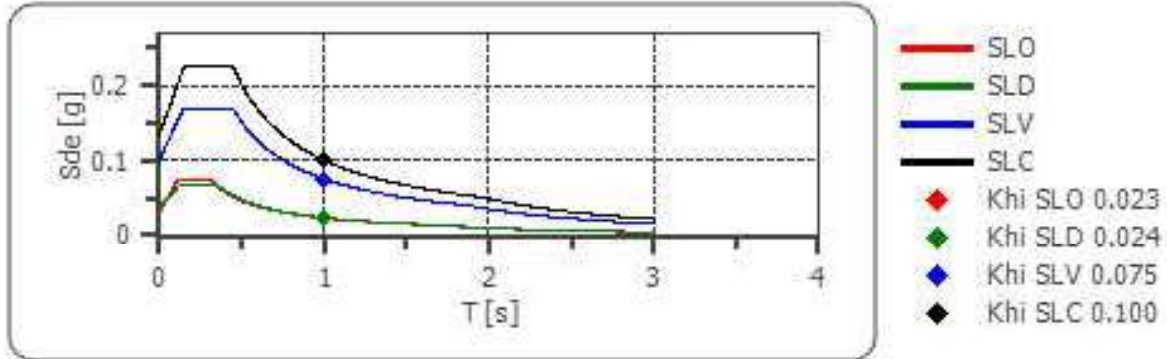
Fattore di struttura spettro orizzontale q: 1.50

Fattore di struttura spettro verticale q: 1.50

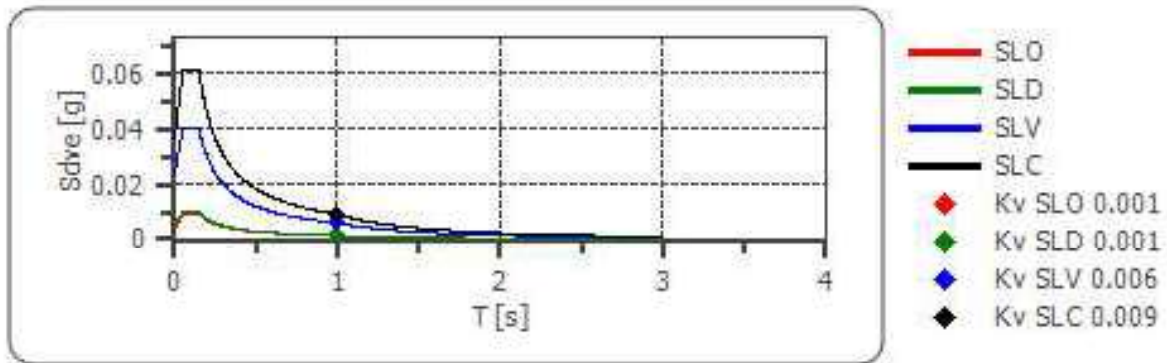
Periodo fondamentale T: 1.00 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
k _{hi} = S _{de} (T) Orizzontale [g]	0.023	0.024	0.075	0.100
k _v = S _{dve} (T) Verticale [g]	0.001	0.001	0.006	0.009

Spettro di progetto delle componenti orizzontali



Spettro di progetto delle componenti verticali



	cu	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(o) [g]	Sd(TB) [g]
SLO orizzontale	1.0	0.020	2.527	0.164	1.500	1.910	1.000	1.500	1.000	0.104	0.313	1.678	0.029	0.074
SLO verticale	1.0	0.020	2.527	0.164	1.500	1.910	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.004	0.009
SLD orizzontale	1.0	0.026	2.512	0.201	1.500	1.780	1.000	1.500	1.500	0.119	0.357	1.706	0.040	0.066
SLD verticale	1.0	0.026	2.512	0.201	1.500	1.780	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.006	0.010
SLV orizzontale	1.0	0.068	2.502	0.276	1.500	1.610	1.000	1.500	1.500	0.148	0.445	1.871	0.102	0.170
SLV verticale	1.0	0.068	2.502	0.276	1.500	1.610	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.024	0.040
SLC orizzontale	1.0	0.090	2.490	0.279	1.500	1.600	1.000	1.500	1.500	0.149	0.446	1.961	0.135	0.224
SLC verticale	1.0	0.090	2.490	0.279	1.500	1.600	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.037	0.061

11 LIQUEFAZIONE

Secondo le norme NTC 2018 la verifica alla liquefazione può essere omessa nel caso si verificano una delle seguenti condizioni:

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 $(N_1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ 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 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 **Figura 36** nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in **Figura 37** nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

Le accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) sono minori $0,1g$ e profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna e per questo motivo è stata omessa la verifica a liquefazione. Tuttavia, è stata riportata per completezza la verifica basata sui valori medi di NSPT dedotti dalle prove eseguite in sito e riferiti al modello geologico riportato nella presente relazione. Da i risultati della verifica si evince che il terreno non è suscettibile a liquefazione fino alla prof. indagata di circa 12.0m da p.c.

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners C.so Italia 13, 20122, Milano	COMUNE DI ALESSANDRIA (AL) Realizzazione di nuova piattaforma logistica Relazione Geologica NTC 2018 Ambito 4	Aprile 2026	70 di 71

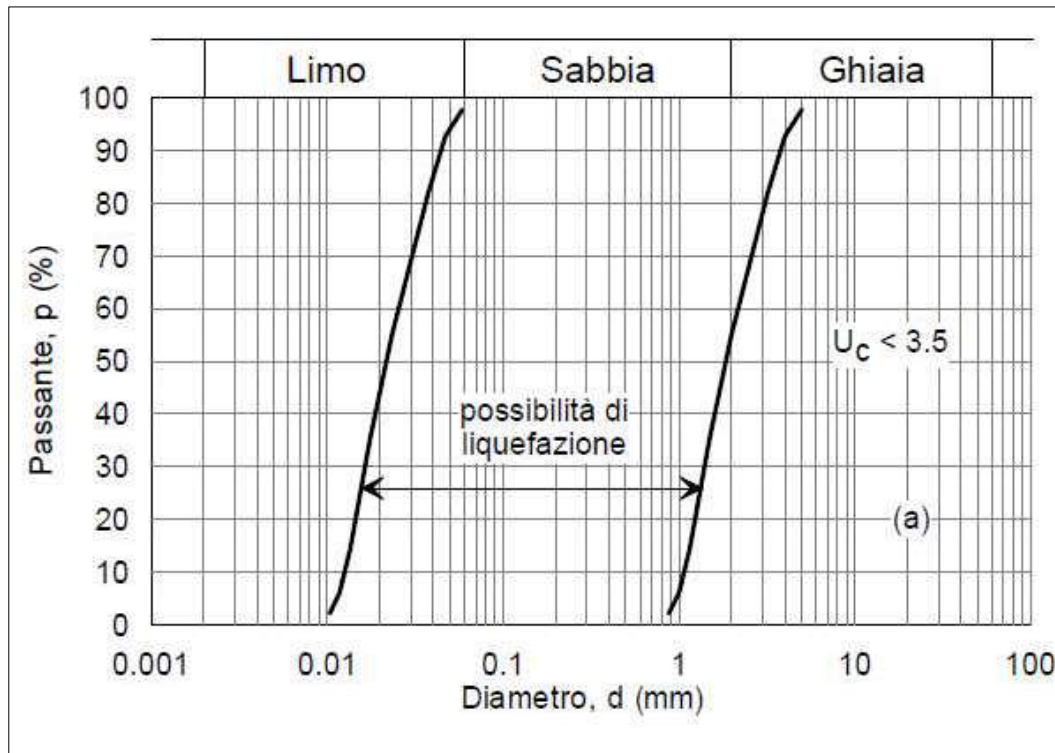


Figura 36 – Figura 7.11.1 NTC 2018-Fuso granulometrico di terreni suscettibili di liquefazione.

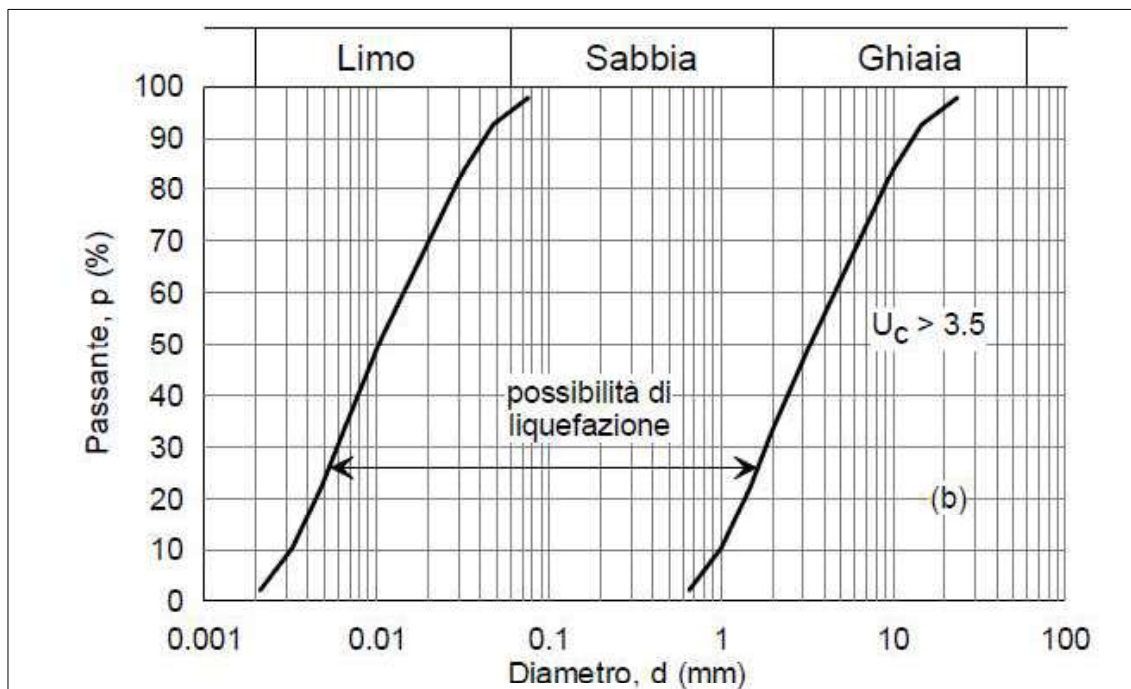


Figura 37 – Figura 7.11.1 NTC 2018-Fuso granulometrico di terreni suscettibili di liquefazione.

Fattore sicurezza normativa	1.25
FALDA	
Profondità falda idrica	10 m
CARICHI SUL PIANO CAMPAGNA	
Base	2 m
Lunghezza	2 m
Carico in superficie	200 kPa
Metodo calcolo stato tensionale	Bussinesq
Coefficiente di Poisson	0.3

DATI SISMICI

Accelerazione Bedrock	0.07
Fattore amplificazione	0.07

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza $V_{s30}=180-360$

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS)	1.5
Coefficiente amplificazione topografica (ST)	1
Magnitudo momento sismico (Mw)	6
Distanza epicentro	100 Km
Peak ground acceleration (PGA)	0.105

PARAMETRI GEOTECNICI

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners C.so Italia 13, 20122, Milano	COMUNE DI ALESSANDRIA (AL) Realizzazione di nuova piattaforma logistica Relazione Geologica NTC 2018 Ambito 4	Aprile 2026	72 di 71

EC8 (SPT) (1998)

Energy Ratio (ER)	0
Correzione per ER (CE)	0
Correzione per la magnitudo (MSF)	1.77

Strato Nr.	Frazione limosa (%)	Frazione argillosa (%)	Indice di plasticità (%)	Tipo Suolo
1-Limo argilloso e Limo con argilla con presenza di ciottoli eterogenici e poligenici e ghiaia fine matrice sostenuti	56	38	> 10	C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360
2-Alternanze di sabbie limose e limi argilloso sabbiosi, presenza persistente di livelli sabbiosi di ordine metrico	18	16	<= 10	C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360

Nr.	Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Correzione per la pressione litostatica efficace (CN)	Numero colpi corretto (N _{1,60})	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione
1	10.20	177.852	175.890	0.754	0.869	0.902	0.050	0.027	1.849	TERRENO_NON_SUSCETTIBILE_DI_LIQUEFAZIONE_RES"
2	10.40	181.928	178.005	0.750	0.869	0.896	0.050	0.027	1.840	TERRENO_NON_SUSCETTIBILE_DI_LIQUEFAZIONE_RES"
3	10.60	186.011	180.127	0.745	0.869	0.891	0.050	0.027	1.832	TERRENO_NON_SUSCETTIBILE_DI_LIQUEFAZIONE_RES"
4	10.80	190.099	182.254	0.741	0.869	0.886	0.050	0.027	1.825	TERRENO_NON_SUSCETTIBILE_DI_LIQUEFAZIONE_RES"
5	11.00	194.193	184.387	0.736	0.869	0.880	0.050	0.027	1.819	TERRENO_NON_SUSCETTIBILE_DI_LIQUEFAZIONE_RES"
6	11.20	198.293	186.525	0.732	0.869	0.875	0.050	0.028	1.813	TERRENO_NON_SUSCETTIBILE_DI_LIQUEFAZIONE_RES"
7	11.40	202.397	188.668	0.728	0.869	0.870	0.050	0.028	1.807	TERRENO_NON_SUSCETTIBILE_DI_LIQUEFAZIONE_RES"
8	11.60	206.506	190.815	0.724	0.869	0.864	0.050	0.028	1.803	TERRENO_NON_SUSCETTIBILE_DI_LIQUEFAZIONE_RES"
9	11.80	210.619	192.967	0.720	0.869	0.859	0.050	0.028	1.798	TERRENO_NON_SUSCETTIBILE_DI_LIQUEFAZIONE_RES"
10	12.00	214.736	195.123	0.716	0.869	0.854	0.050	0.028	1.795	TERRENO_NON_SUSCETTIBILE_DI_LIQUEFAZIONE_RES"

IPL (Iwasaki)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners C.so Italia 13, 20122, Milano	COMUNE DI ALESSANDRIA (AL) Realizzazione di nuova piattaforma logistica Relazione Geologica NTC 2018 Ambito 4	Aprile 2026	74 di 71

12 CONCLUSIONI

Su incarico della committenza The Blossom Avenue Partners Srl è stato redatto il presente documento che costituisce il supporto geologico alla progettazione di un nuovo impianto logistico, tra Str. Castelceriolo/ Str. J.F.Kennedy e SP n.82, in località Spinetta Marengo, nel Comune di Alessandria.

I risultati emersi dall'indagine geologico-tecnica eseguita per la valutazione della fattibilità geologica e per la ricostruzione del modello geologico locale al fine della valutazione della realizzazione di un nuovo edificio logistico in oggetto, non hanno evidenziato particolari controindicazioni di carattere geologico, idrogeologico, geotecnico e sismico per la realizzazione di tale intervento e fanno ritenere l'area in esame compatibile dal punto di vista geologico con lo stesso, fatte salve le prescrizioni di carattere geologico tecnico e sismico già espresse nei capitoli precedenti e che vengono di seguito ribadite.

A seguito dell'ottenimento del titolo abilitativo edilizio, per la progettazione definitiva-esecutiva degli interventi sarà necessario definire nel dettaglio il modello geotecnico e sismico del sottosuolo per le verifiche statiche e dinamiche previste dalle NTC/2018; tale modello di dettaglio dovrà essere definito mediante eventuali ulteriori indagini e prove geognostiche in sito secondo un programma che dipenderà sia dalle caratteristiche dell'intervento in progetto che dall'assetto litologico e sismico del sottosuolo già riportato nel presente elaborato, ricalibrato in ogni caso a seguito della realizzazione di specifiche indagini in sito.

Nello specifico dovranno essere redatte la relazione Geotecnica e Sismica ai sensi del D.M. 17.01.2018 e tali indagini dovranno essere volte sia alla esatta definizione delle caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione delle eventuali future strutture, al dimensionamento della tipologia fondazionale scelta in relazione all'entità dell'intervento previsto sulla base dell'analisi delle iterazioni tra la struttura in progetto ed il terreno di fondazione, alla stima dei fenomeni di cedimento attesi nonché alla conferma della valutazione del potenziale di liquefazione dei terreni.

In riferimento alle stime dei parametri geotecnici di carattere preliminare eseguite si segnala che esse sono state eseguite sulla base delle prove geotecniche realizzate in sito nelle porzioni di sedime secondo l'attuale masterplan dei fabbricati logistici.

Si rimanda alla eventuale fase di progettazione esecutiva degli interventi, anche in funzione delle caratteristiche costruttive delle nuove strutture e dei carichi trasmessi dalle stesse al terreno di fondazione, le opportune valutazioni da parte dei Progettisti circa la necessità di eventuali fondazioni profonde o trattamenti per il miglioramento delle caratteristiche meccaniche del terreno (es. jet-grouting).

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners C.so Italia 13, 20122, Milano	COMUNE DI ALESSANDRIA (AL) Realizzazione di nuova piattaforma logistica Relazione Geologica NTC 2018 Ambito 4	Aprile 2026	75 di 71



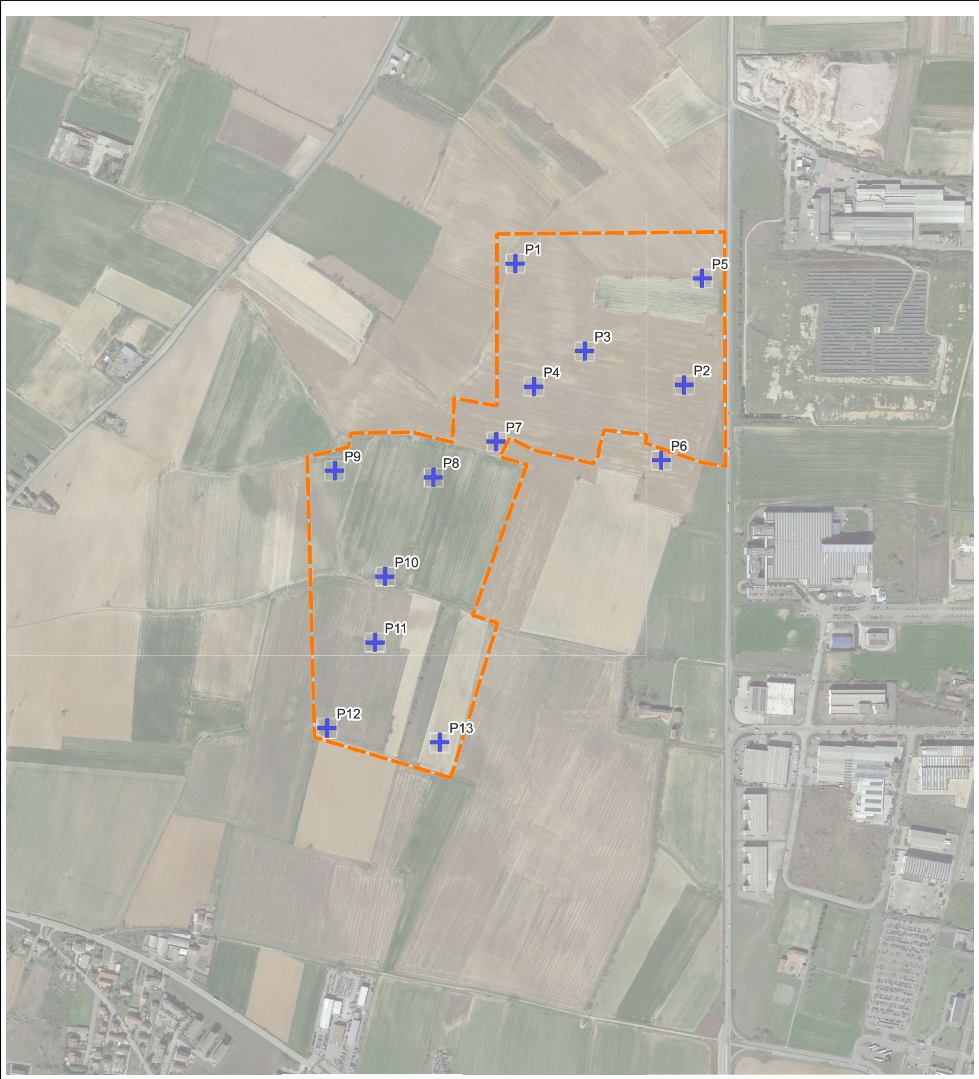
ALLEGATO 1




Te.A. Consulting S.r.l.

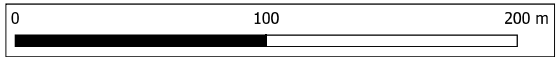
Sede legale Via Vincenzo Monti 32 - 20123 Milano
pec tea.consulting@legalmail.it

P.IVA e C.F. n° 06908160960 - R.E.A. n° MI - 1923131

MI Via G.B. Grassi 15 - 20157
T 02 21711067 F 0221596353
BG Via Don A. Mazzucotelli 6 - 24020 Gorle
T 035 19966616 F 0221596353



-  Perimetro_Area
-  Campagna geognostica
-  Limiti_Comuni



0	06/2024	WGS 84 / Pseudo-Mercator
REV	DATA DI APPROV.	PROIEZIONE
COMMITTENTE: THE BLOSSOM AVENUE s.r.l.		
PROGETTO: Nuova piattaforma logistica		
TITOLO: Ubicazione punti di indagine svolti		TAV.1
<small>È VIETATA LA RIPRODUZIONE DI QUESTO DOCUMENTO SENZA PREVENTIVA AUTORIZZAZIONE SCRITTA DEL COMMITTENTE</small>		



Via Giovanni Battista Grassi n. 15
20157 - Milano
www.territorioambiente.com



ALLEGATO 2

Te.A. Consulting S.r.l.

Sede legale Via Vincenzo Monti 32 - 20123 Milano
pec tea.consulting@legalmail.it

P.IVA e C.F. n° 06908160960 - R.E.A. n° MI - 1923131

MI Via G.B. Grassi 15 - 20157
T 02 21711067 F 0221596353
BG Via Don A. Mazzucotelli 6 - 24020 Gorle
T 035 19966616 F 0221596353



Rilevazione sismica passiva TR1

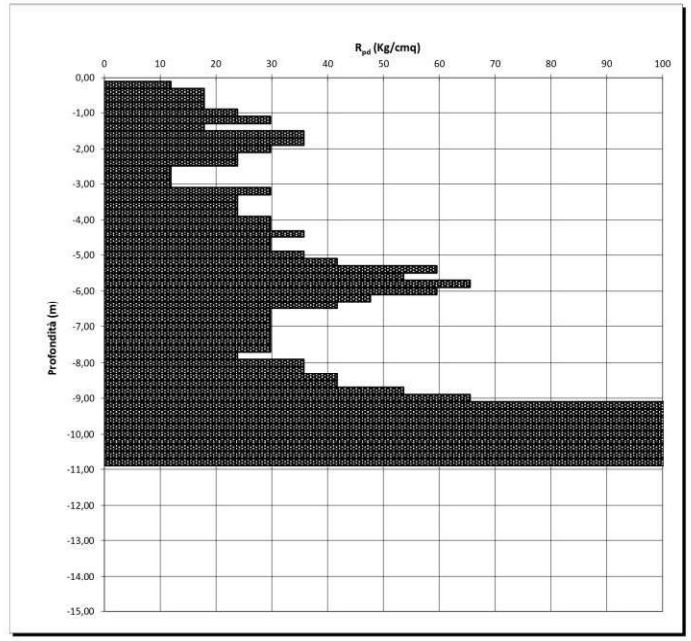
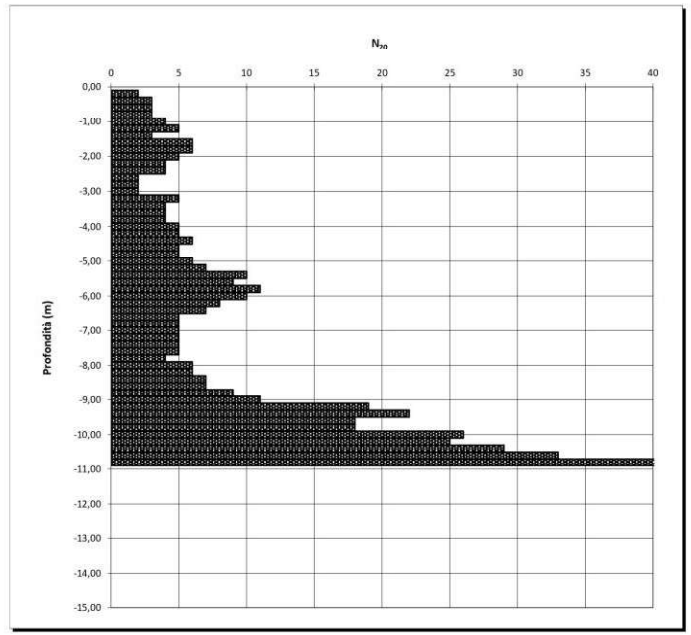
ALLEGATO 1 - GRAFICI PROVE PENETROMETRICHE

Dott. Marco Sala
GEOLOGO
GEOLOGIA APPLICATA E AMBIENTALE - GEOTECNICA
Via Della Maiolica n.4 - 27057 Varzi (PV)

Prova penetrometrica dinamica n. D.P.S.H. 1

Località: **Spinetta Marengo (AL) - Strada J.F. Kennedy**
Committente: **Te.A. CONSULTING S.r.l.**

Data: **20.05.2024**
Quota inizio: **piano campagna**



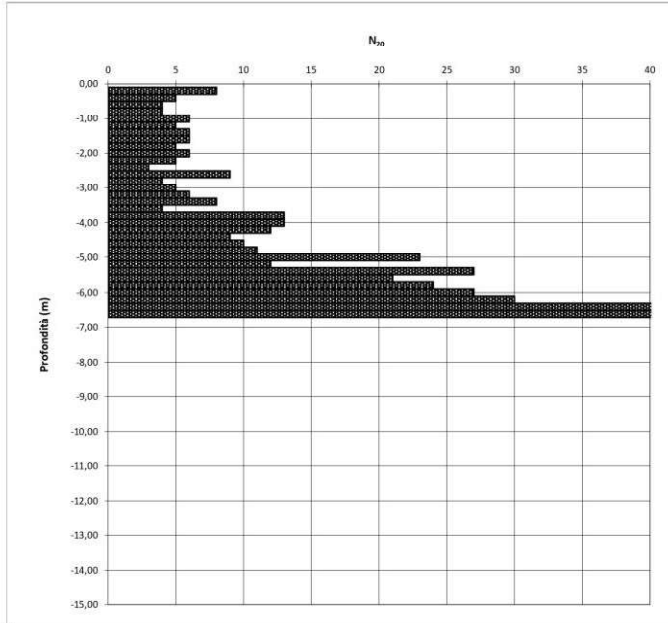
Quota	N ₆₀	R _{pd}	N _{SPT}
0,00	0	0	0
-0,20	2	12	3
-0,40	3	18	4
-0,60	3	18	4
-0,80	3	18	4
-1,00	4	24	6
-1,20	5	30	7
-1,40	3	18	4
-1,60	6	36	9
-1,80	6	36	9
-2,00	5	30	7
-2,20	4	24	6
-2,40	4	24	6
-2,60	2	12	3
-2,80	2	12	3
-3,00	2	12	3
-3,20	5	30	7
-3,40	4	24	6
-3,60	4	24	6
-3,80	4	24	6
-4,00	5	30	7
-4,20	5	30	7
-4,40	6	36	9
-4,60	5	30	7
-4,80	5	30	7
-5,00	6	36	9
-5,20	7	42	10
-5,40	10	60	15
-5,60	9	54	13
-5,80	11	66	16
-6,00	10	60	15
-6,20	8	48	12
-6,40	7	42	10
-6,60	5	30	7
-6,80	5	30	7
-7,00	5	30	7
-7,20	5	30	7
-7,40	5	30	7
-7,60	5	30	7
-7,80	4	24	6
-8,00	6	36	9
-8,20	6	36	9
-8,40	7	42	10
-8,60	7	42	10
-8,80	9	54	13
-9,00	11	66	16
-9,20	19	113	28
-9,40	22	131	32
-9,60	18	107	26
-9,80	18	107	26
-10,00	26	155	38
-10,20	25	149	37
-10,40	29	173	43
-10,60	33	197	49
-10,80	47	280	69
-11,00			
-11,20			
-11,40			
-11,60			
-11,80			
-12,00			
-12,20			
-12,40			
-12,60			
-12,80			
-13,00			
-13,20			
-13,40			
-13,60			
-13,80			
-14,00			
-14,20			
-14,40			
-14,60			
-14,80			
-15,00			

Dott. Marco Sala
GEOLOGO
GEOLOGIA APPLICATA E AMBIENTALE - GEOTECNICA
Via Della Malolica n.4 - 27057 Varzi (PV)

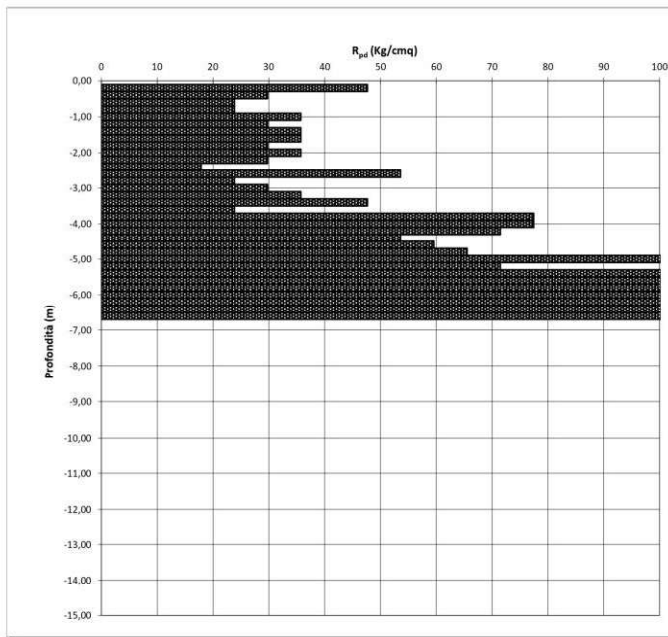
Prova penetrometrica dinamica n. D.P.S.H. 2

Località: **Spinetta Marengo (AL) - Strada J.F. Kennedy**
Committente: **Te.A. CONSULTING S.r.l.**

Data: **20.05.2024**
Quota inizio: **piano campagna**



Quota	N ₆₀	R _{pd}	N _{SPT}
0,00	0	0	0
-0,20	8	48	12
-0,40	5	30	7
-0,60	4	24	6
-0,80	4	24	6
-1,00	6	36	9
-1,20	5	30	7
-1,40	6	36	9
-1,60	6	36	9
-1,80	5	30	7
-2,00	6	36	9
-2,20	5	30	7
-2,40	3	18	4
-2,60	9	54	13
-2,80	4	24	6
-3,00	5	30	7
-3,20	6	36	9
-3,40	8	48	12
-3,60	4	24	6
-3,80	13	77	19
-4,00	13	77	19
-4,20	12	71	18
-4,40	9	54	13
-4,60	10	60	15
-4,80	11	66	16
-5,00	29	174	44
-5,20	12	71	18
-5,40	27	161	40
-5,60	21	125	31
-5,80	24	143	35
-6,00	27	161	40
-6,20	30	179	44
-6,40	42	250	62
-6,60	55	328	81



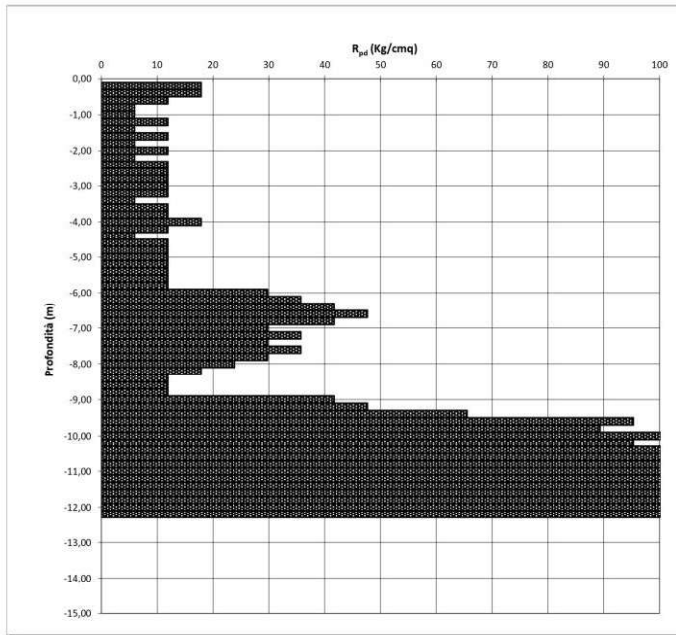
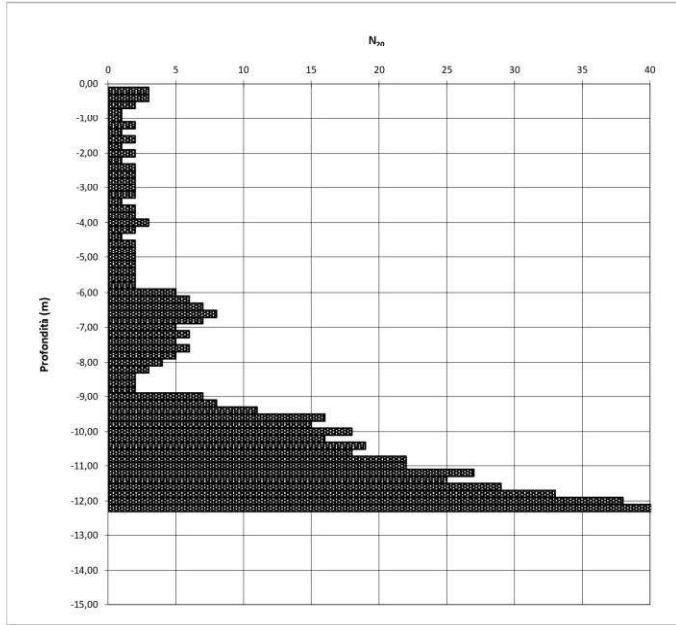
RIFIUTO		
-7,00		
-7,20		
-7,40		
-7,60		
-7,80		
-8,00		
-8,20		
-8,40		
-8,60		
-8,80		
-9,00		
-9,20		
-9,40		
-9,60		
-9,80		
-10,00		
-10,20		
-10,40		
-10,60		
-10,80		
-11,00		
-11,20		
-11,40		
-11,60		
-11,80		
-12,00		
-12,20		
-12,40		
-12,60		
-12,80		
-13,00		
-13,20		
-13,40		
-13,60		
-13,80		
-14,00		
-14,20		
-14,40		
-14,60		
-14,80		
-15,00		

Dott. Marco Sala
GEOLOGO
 GEOLOGIA APPLICATA E AMBIENTALE - GEOTECNICA
 Via Della Maiolica n.4 - 27057 Varzi (PV)

Prova penetrometrica dinamica n. D.P.S.H. 4

Località: **Spinetta Marengo (AL) - Strada J.F. Kennedy**
 Committente: **Te.A. CONSULTING S.r.l.**

Data: **20.05.2024**
 Quota inizio: **piano campagna**



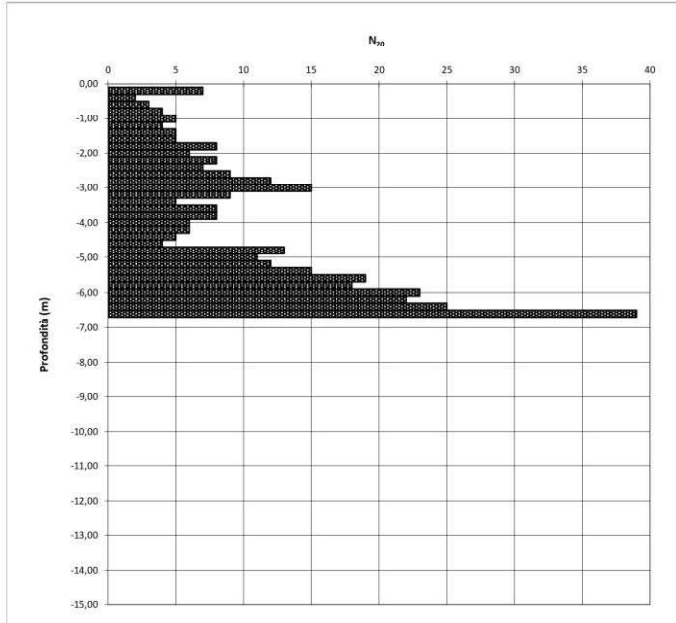
Quota	N ₆₀	R _{pd}	N _{SPF}
0,00	0	0	0
-0,20	3	18	4
-0,40	3	18	4
-0,60	2	12	3
-0,80	1	6	1
-1,00	1	6	1
-1,20	2	12	3
-1,40	1	6	1
-1,60	2	12	3
-1,80	1	6	1
-2,00	2	12	3
-2,20	1	6	1
-2,40	2	12	3
-2,60	2	12	3
-2,80	2	12	3
-3,00	2	12	3
-3,20	2	12	3
-3,40	1	6	1
-3,60	2	12	3
-3,80	2	12	3
-4,00	3	18	4
-4,20	4	24	5
-4,40	1	6	1
-4,60	2	12	3
-4,80	2	12	3
-5,00	2	12	3
-5,20	2	12	3
-5,40	2	12	3
-5,60	2	12	3
-5,80	2	12	3
-6,00	5	30	7
-6,20	6	36	9
-6,40	7	42	10
-6,60	8	48	12
-6,80	7	42	10
-7,00	5	30	7
-7,20	6	36	9
-7,40	5	30	7
-7,60	6	36	9
-7,80	5	30	7
-8,00	4	24	6
-8,20	3	18	4
-8,40	2	12	3
-8,60	2	12	3
-8,80	2	12	3
-9,00	7	42	10
-9,20	8	48	12
-9,40	11	66	16
-9,60	16	96	24
-9,80	15	90	22
-10,00	18	108	26
-10,20	16	96	24
-10,40	19	117	28
-10,60	18	108	26
-10,80	22	132	32
-11,00	22	132	32
-11,20	27	162	40
-11,40	25	150	37
-11,60	29	174	43
-11,80	33	198	49
-12,00	38	228	56
-12,20	56	336	82
-12,40			
-12,60			
-12,80			
-13,00			
-13,20			
-13,40			
-13,60			
-13,80			
-14,00			
-14,20			
-14,40			
-14,60			
-14,80			
-15,00			

Dott. Marco Sala
GEOLOGO
GEOLOGIA APPLICATA E AMBIENTALE - GEOTECNICA
Via Della Maiolica n.4 - 27057 Varzi (PV)

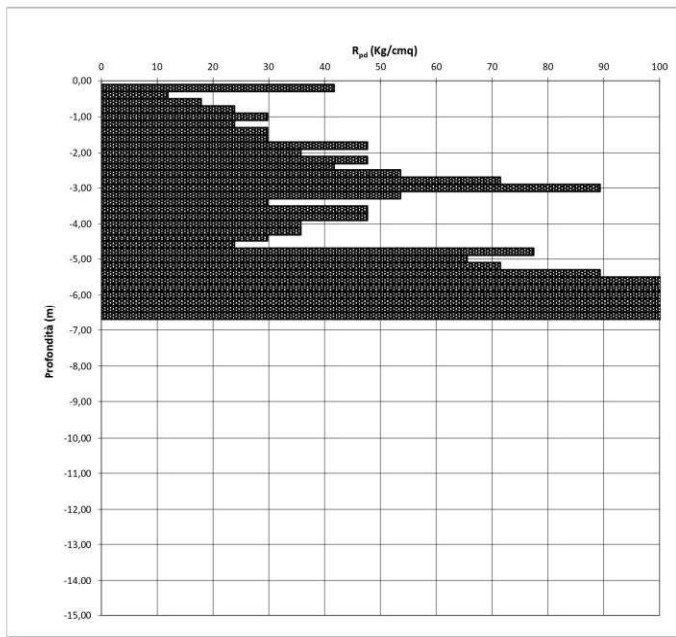
Prova penetrometrica dinamica n. D.P.S.H. 5

Località: **Spinetta Marengo (AL) - Strada J.F. Kennedy**
Committente: **Te.A. CONSULTING S.r.l.**

Data: **14.05.2024**
Quota inizio: **piano campagna**



Quota	N ₆₀	R _{pd}	N _{SP}
0,00	0	0	0
-0,20	7	42	10
-0,40	2	12	3
-0,60	3	18	4
-0,80	4	24	6
-1,00	5	30	7
-1,20	4	24	6
-1,40	5	30	7
-1,60	5	30	7
-1,80	8	48	12
-2,00	6	36	9
-2,20	8	48	12
-2,40	7	42	10
-2,60	9	54	13
-2,80	12	71	18
-3,00	15	89	22
-3,20	9	54	13
-3,40	5	30	7
-3,60	8	48	12
-3,80	8	48	12
-4,00	6	36	9
-4,20	6	36	9
-4,40	5	30	7
-4,60	4	24	6
-4,80	13	77	19
-5,00	11	66	16
-5,20	12	71	18
-5,40	15	89	22
-5,60	19	113	28
-5,80	18	107	26
-6,00	23	137	34
-6,20	22	131	32
-6,40	25	149	37
-6,60	39	232	57



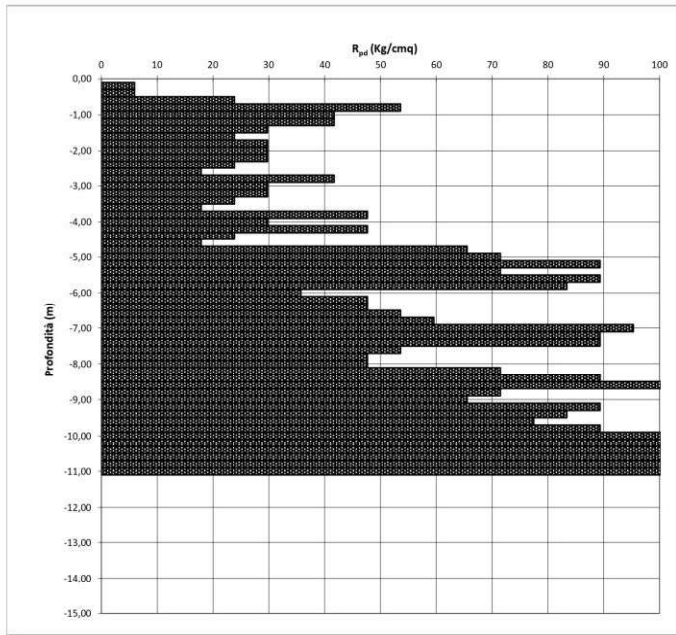
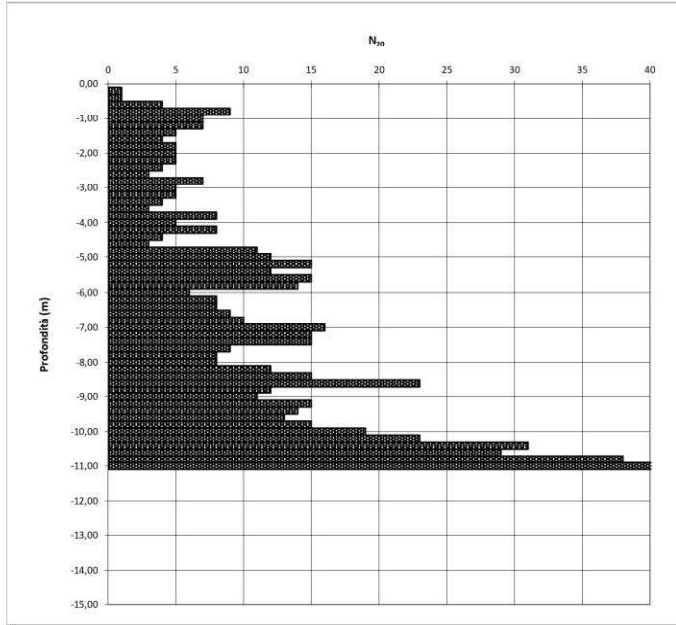
RIFUTO		
-7,00		
-7,20		
-7,40		
-7,60		
-7,80		
-8,00		
-8,20		
-8,40		
-8,60		
-8,80		
-9,00		
-9,20		
-9,40		
-9,60		
-9,80		
-10,00		
-10,20		
-10,40		
-10,60		
-10,80		
-11,00		
-11,20		
-11,40		
-11,60		
-11,80		
-12,00		
-12,20		
-12,40		
-12,60		
-12,80		
-13,00		
-13,20		
-13,40		
-13,60		
-13,80		
-14,00		
-14,20		
-14,40		
-14,60		
-14,80		
-15,00		

Dott. Marco Sala
GEOLOGO
GEOLOGIA APPLICATA E AMBIENTALE - GEOTECNICA
Via Della Maiolica n.4 - 27057 Varzi (PV)

Prova penetrometrica dinamica n. D.P.S.H. 7

Località: **Spinetta Marengo (AL) - Strada J.F. Kennedy**
Committente: **Te.A. CONSULTING S.r.l.**

Data: **14.05.2024**
Quota inizio: **piano campagna**



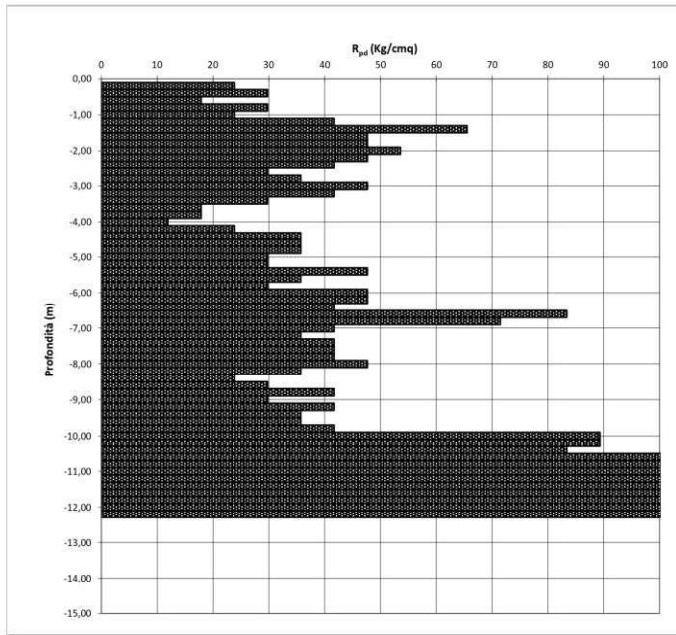
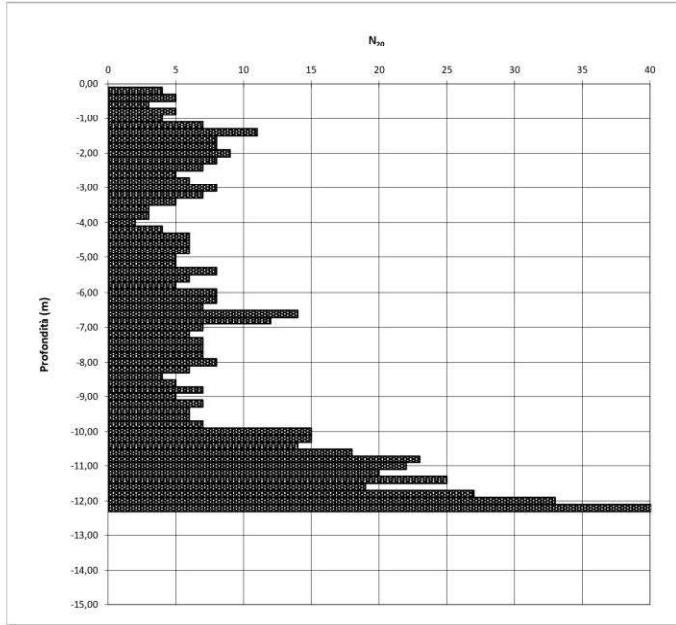
Quota	N ₆₀	R _{pd}	N _{SP}
0,00	0	0	0
-0,20	1	6	1
-0,40	1	6	1
-0,60	4	24	6
-0,80	9	54	13
-1,00	7	42	10
-1,20	7	42	10
-1,40	5	30	7
-1,60	4	24	6
-1,80	5	30	7
-2,00	5	30	7
-2,20	5	30	7
-2,40	4	24	6
-2,60	3	18	4
-2,80	7	42	10
-3,00	5	30	7
-3,20	5	30	7
-3,40	4	24	6
-3,60	3	18	4
-3,80	8	48	12
-4,00	5	30	7
-4,20	8	48	12
-4,40	4	24	6
-4,60	3	18	4
-4,80	11	66	16
-5,00	12	71	18
-5,20	15	89	22
-5,40	12	71	18
-5,60	15	89	22
-5,80	14	83	21
-6,00	6	36	9
-6,20	8	48	12
-6,40	8	48	12
-6,60	9	54	13
-6,80	10	60	15
-7,00	16	95	24
-7,20	15	89	22
-7,40	15	89	22
-7,60	9	54	13
-7,80	8	48	12
-8,00	8	48	12
-8,20	12	71	18
-8,40	15	89	22
-8,60	23	137	34
-8,80	12	71	18
-9,00	11	66	16
-9,20	15	89	22
-9,40	14	83	21
-9,60	13	77	19
-9,80	15	89	22
-10,00	19	113	28
-10,20	23	137	34
-10,40	31	185	46
-10,60	29	173	43
-10,80	38	226	56
-11,00	41	244	60
-11,20			
-11,40			
-11,60			
-11,80			
-12,00			
-12,20			
-12,40			
-12,60			
-12,80			
-13,00			
-13,20			
-13,40			
-13,60			
-13,80			
-14,00			
-14,20			
-14,40			
-14,60			
-14,80			
-15,00			

Dott. Marco Sala
GEOLOGO
 GEOLOGIA APPLICATA E AMBIENTALE - GEOTECNICA
 Via Della Maiolica n.4 - 27057 Varzi (PV)

Prova penetrometrica dinamica n. D.P.S.H. 8

Località: **Spinetta Marengo (AL) - Strada J.F. Kennedy**
 Committente: **Te.A. CONSULTING S.r.l.**

Data: **14.05.2024**
 Quota inizio: **piano campagna**



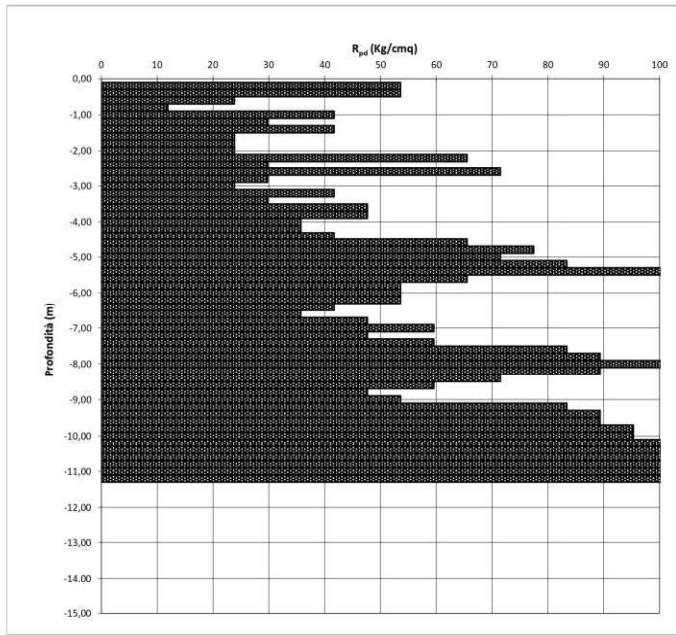
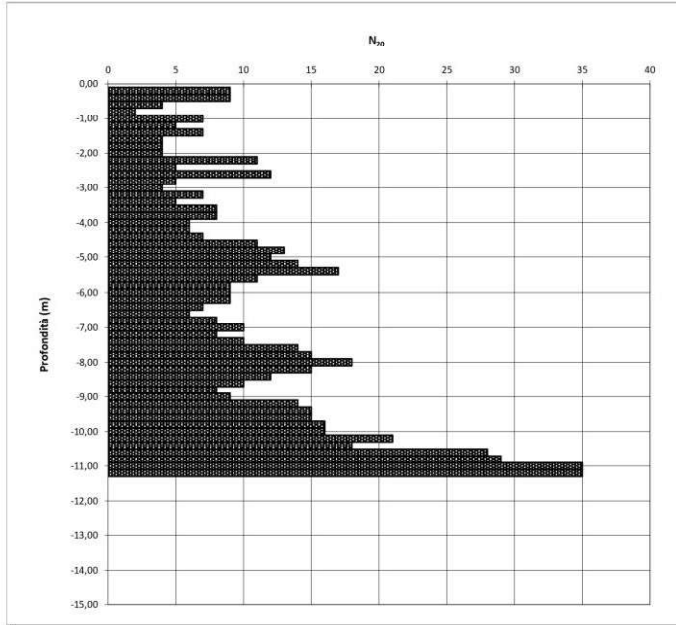
Quota	N ₆₀	R ₆₀	N _{SPT}
0,00	0	0	0
-0,20	4	24	6
-0,40	5	30	7
-0,60	3	18	4
-0,80	5	30	7
-1,00	4	24	6
-1,20	7	42	10
-1,40	11	66	16
-1,60	8	48	12
-1,80	8	48	12
-2,00	9	54	13
-2,20	8	48	12
-2,40	7	42	10
-2,60	5	30	7
-2,80	6	36	9
-3,00	8	48	12
-3,20	7	42	10
-3,40	5	30	7
-3,60	3	18	4
-3,80	3	18	4
-4,00	2	12	3
-4,20	4	24	6
-4,40	6	36	9
-4,60	6	36	9
-4,80	6	36	9
-5,00	5	30	7
-5,20	5	30	7
-5,40	8	48	12
-5,60	6	36	9
-5,80	5	30	7
-6,00	8	48	12
-6,20	8	48	12
-6,40	7	42	10
-6,60	14	84	21
-6,80	12	72	18
-7,00	7	42	10
-7,20	6	36	9
-7,40	7	42	10
-7,60	7	42	10
-7,80	7	42	10
-8,00	8	48	12
-8,20	6	36	9
-8,40	4	24	6
-8,60	5	30	7
-8,80	7	42	10
-9,00	5	30	7
-9,20	7	42	10
-9,40	6	36	9
-9,60	6	36	9
-9,80	7	42	10
-10,00	15	89	22
-10,20	15	89	22
-10,40	14	83	21
-10,60	18	107	26
-10,80	23	137	34
-11,00	22	131	32
-11,20	20	119	29
-11,40	25	149	37
-11,60	19	113	28
-11,80	27	161	40
-12,00	33	197	49
-12,20	41	244	60
-12,40			
-12,60			
-12,80			
-13,00			
-13,20			
-13,40			
-13,60			
-13,80			
-14,00			
-14,20			
-14,40			
-14,60			
-14,80			
-15,00			

Dott. Marco Sala
GEOLOGO
GEOLOGIA APPLICATA E AMBIENTALE - GEOTECNICA
Via Della Maiolica n.4 - 27057 Varzi (PV)

Prova penetrometrica dinamica n. D.P.S.H. 9

Località: **Spinetta Marengo (AL) - Strada J.F. Kennedy**
Committente: **Te.A. CONSULTING S.r.l.**

Data: **14.05.2024**
Quota inizio: **piano campagna**



Quota	N ₆₀	R _{pd}	N _{SPT}
0,00	0	0	0
-0,20	9	54	13
-0,40	9	54	13
-0,60	4	24	6
-0,80	2	12	3
-1,00	7	42	10
-1,20	5	30	7
-1,40	7	42	10
-1,60	4	24	6
-1,80	4	24	6
-2,00	4	24	6
-2,20	11	66	16
-2,40	5	30	7
-2,60	12	71	18
-2,80	5	30	7
-3,00	4	24	6
-3,20	7	42	10
-3,40	5	30	7
-3,60	8	48	12
-3,80	8	48	12
-4,00	6	36	9
-4,20	6	36	9
-4,40	7	42	10
-4,60	11	66	16
-4,80	13	77	19
-5,00	12	71	18
-5,20	14	83	21
-5,40	17	101	25
-5,60	11	66	16
-5,80	9	54	13
-6,00	9	54	13
-6,20	9	54	13
-6,40	7	42	10
-6,60	6	36	9
-6,80	8	48	12
-7,00	10	60	15
-7,20	8	48	12
-7,40	10	60	15
-7,60	14	83	21
-7,80	15	89	22
-8,00	18	107	26
-8,20	15	89	22
-8,40	12	71	18
-8,60	10	60	15
-8,80	8	48	12
-9,00	9	54	13
-9,20	14	83	21
-9,40	15	89	22
-9,60	15	89	22
-9,80	16	95	24
-10,00	16	95	24
-10,20	21	125	31
-10,40	18	107	26
-10,60	28	167	41
-10,80	29	173	43
-11,00	35	208	51
-11,20	35	208	51
-11,40			
-11,60			
-11,80			
-12,00			
-12,20			
-12,40			
-12,60			
-12,80			
-13,00			
-13,20			
-13,40			
-13,60			
-13,80			
-14,00			
-14,20			
-14,40			
-14,60			
-14,80			
-15,00			

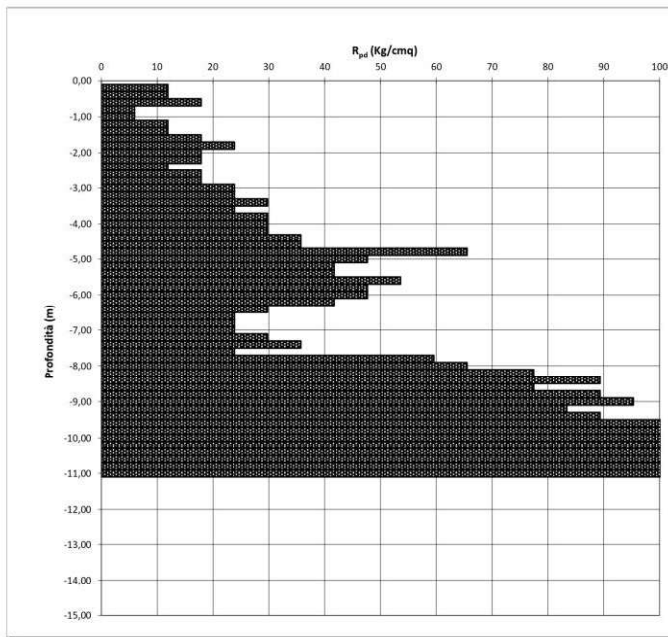
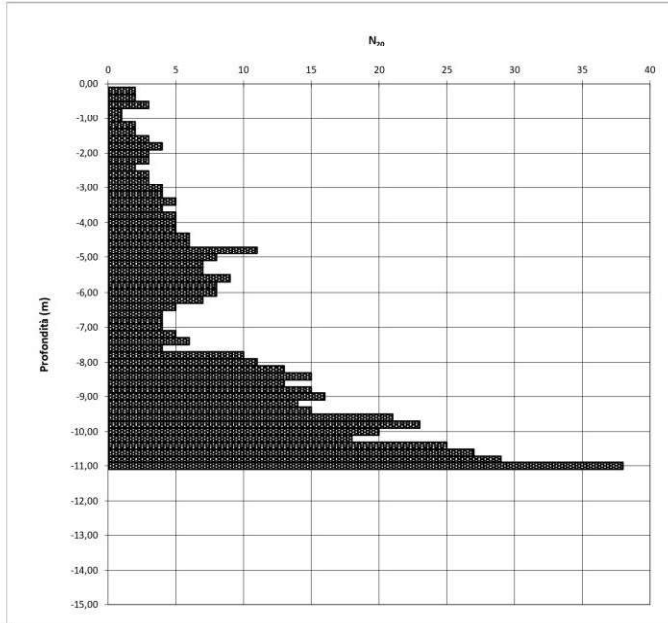
RIFIUTO

Dott. Marco Sala
GEOLOGO
GEOLOGIA APPLICATA E AMBIENTALE - GEOTECNICA
Via Della Maiolica n.4 - 27057 Varzi (PV)

Prova penetrometrica dinamica n. D.P.S.H. 10

Località: **Spinetta Marengo (AL) - Strada J.F. Kennedy**
Committente: **Te.A. CONSULTING S.r.l.**

Data: **14.05.2024**
Quota inizio: **piano campagna**



Quota	N ₆₀	R _{sd}	N _{SPT}
0,00	0	0	0
-0,20	2	12	3
-0,40	2	12	3
-0,60	3	18	4
-0,80	1	6	1
-1,00	1	6	1
-1,20	2	12	3
-1,40	2	12	3
-1,60	2	18	4
-1,80	4	24	6
-2,00	3	18	4
-2,20	3	18	4
-2,40	2	12	3
-2,60	3	18	4
-2,80	3	18	4
-3,00	4	24	6
-3,20	4	24	6
-3,40	5	30	7
-3,60	4	24	6
-3,80	5	30	7
-4,00	5	30	7
-4,20	5	30	7
-4,40	6	36	9
-4,60	6	36	9
-4,80	11	66	16
-5,00	8	48	12
-5,20	7	42	10
-5,40	7	42	10
-5,60	9	54	13
-5,80	8	48	12
-6,00	8	48	12
-6,20	7	42	10
-6,40	5	30	7
-6,60	4	24	6
-6,80	4	24	6
-7,00	4	24	6
-7,20	5	30	7
-7,40	6	36	9
-7,60	4	24	6
-7,80	10	60	15
-8,00	11	66	16
-8,20	13	77	19
-8,40	15	89	22
-8,60	13	77	19
-8,80	15	89	22
-9,00	16	95	24
-9,20	14	83	21
-9,40	15	89	22
-9,60	21	125	31
-9,80	23	137	34
-10,00	20	119	29
-10,20	18	107	26
-10,40	25	149	37
-10,60	27	161	40
-10,80	29	173	43
-11,00	38	228	56
-11,20			
-11,40			
-11,60			
-11,80			
-12,00			
-12,20			
-12,40			
-12,60			
-12,80			
-13,00			
-13,20			
-13,40			
-13,60			
-13,80			
-14,00			
-14,20			
-14,40			
-14,60			
-14,80			
-15,00			

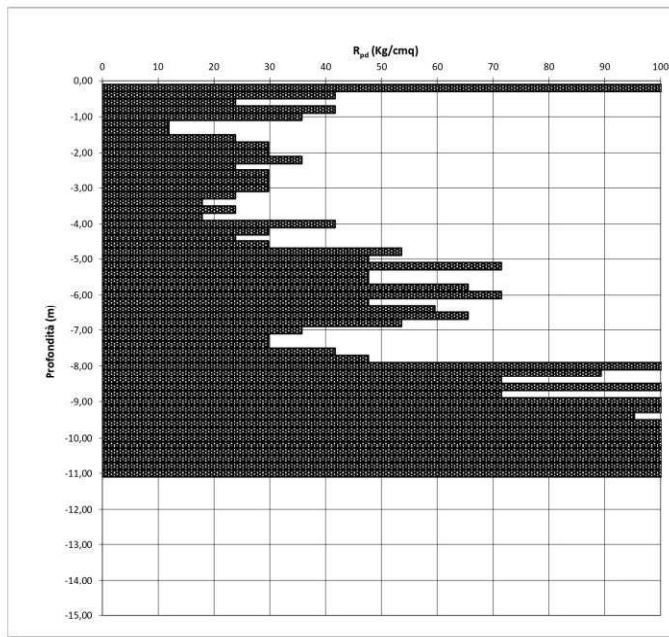
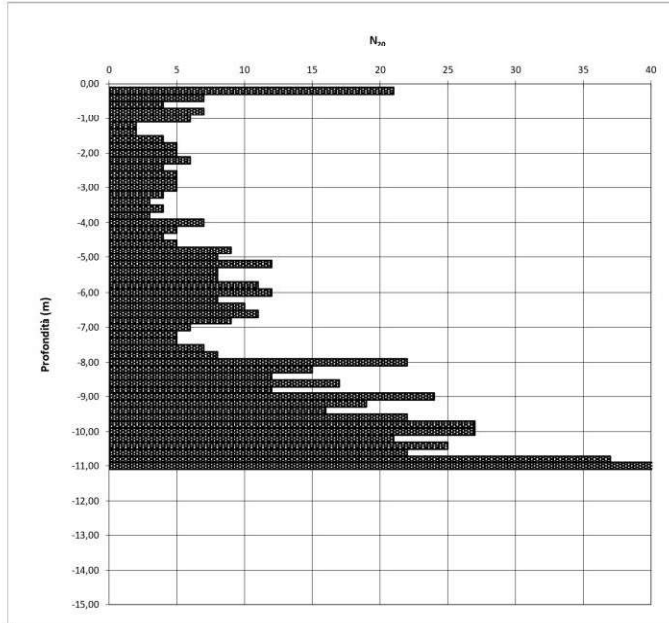
RIFIUTO

Dott. Marco Sala
GEOLOGO
 GEOLOGIA APPLICATA E AMBIENTALE - GEOTECNICA
 Via Della Maiolica n.4 - 27057 Varzi (PV)

Prova penetrometrica dinamica n. D.P.S.H. 11

Località: **Spinetta Marengo (AL) - Strada J.F. Kennedy**
 Committente: **Te.A. CONSULTING S.r.l.**

Data: **14.05.2024**
 Quota inizio: **piano campagna**



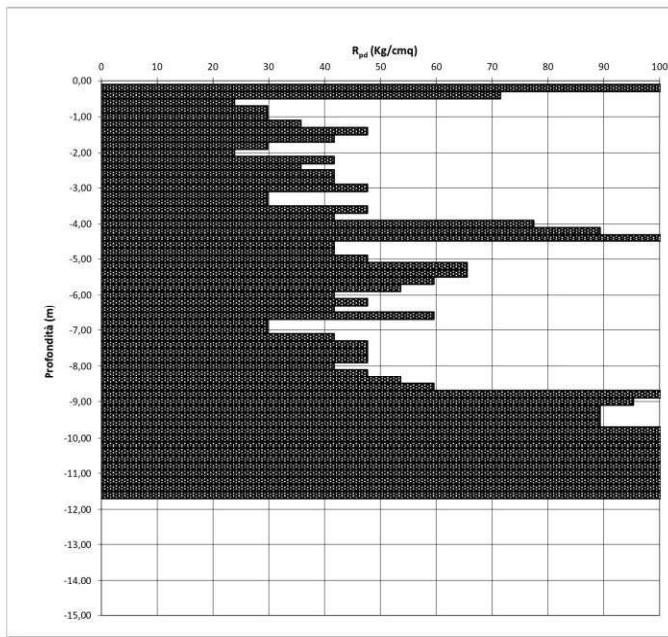
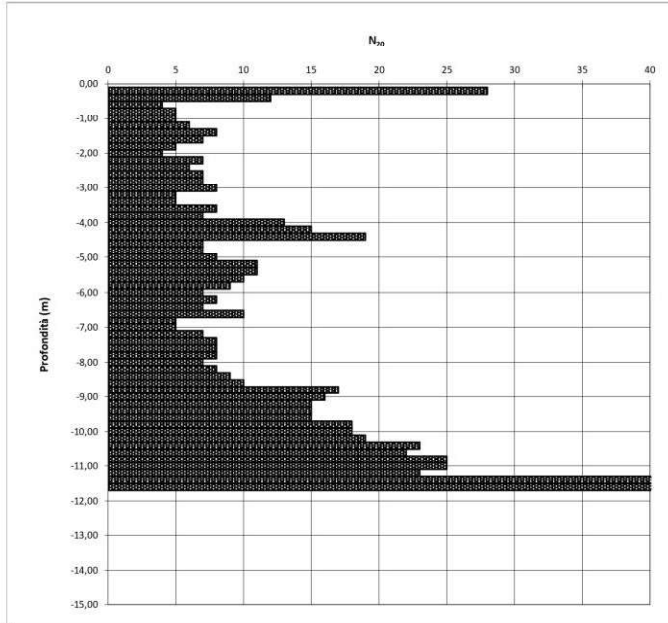
Quota	N ₆₀	R _{pd}	N _{SPF}
0,00	0	0	0
-0,20	21	125	31
-0,40	7	42	10
-0,60	4	24	6
-0,80	7	42	10
-1,00	6	36	9
-1,20	2	12	3
-1,40	2	12	3
-1,60	4	24	6
-1,80	5	30	7
-2,00	5	30	7
-2,20	6	36	9
-2,40	4	24	6
-2,60	5	30	7
-2,80	5	30	7
-3,00	5	30	7
-3,20	4	24	6
-3,40	3	18	4
-3,60	4	24	6
-3,80	3	18	4
-4,00	7	42	10
-4,20	5	30	7
-4,40	4	24	6
-4,60	5	30	7
-4,80	9	54	13
-5,00	8	48	12
-5,20	12	71	18
-5,40	8	48	12
-5,60	8	48	12
-5,80	11	66	16
-6,00	12	71	18
-6,20	8	48	12
-6,40	10	60	15
-6,60	11	66	16
-6,80	9	54	13
-7,00	6	36	9
-7,20	5	30	7
-7,40	5	30	7
-7,60	7	42	10
-7,80	8	48	12
-8,00	22	131	32
-8,20	15	89	22
-8,40	12	71	18
-8,60	17	101	25
-8,80	12	71	18
-9,00	24	143	35
-9,20	19	113	28
-9,40	16	95	24
-9,60	22	131	32
-9,80	27	161	40
-10,00	27	161	40
-10,20	21	125	31
-10,40	25	149	37
-10,60	22	131	32
-10,80	37	220	54
-11,00	44	262	65
-11,20			
-11,40			
-11,60			
-11,80			
-12,00			
-12,20			
-12,40			
-12,60			
-12,80			
-13,00			
-13,20			
-13,40			
-13,60			
-13,80			
-14,00			
-14,20			
-14,40			
-14,60			
-14,80			
-15,00			

Dott. Marco Sala
GEOLOGO
 GEOLOGIA APPLICATA E AMBIENTALE - GEOTECNICA
 Via Della Maiolica n.4 - 27057 Varzi (PV)

Prova penetrometrica dinamica n. D.P.S.H. 12

Località: **Spinetta Marengo (AL) - Strada J.F. Kennedy**
 Committente: **Te.A. CONSULTING S.r.l.**

Data: **14.05.2024**
 Quota inizio: **piano campagna**



Quota	N ₆₀	R _{pd}	N _{SPT}
0,00	0	0	0
-0,20	28	167	41
-0,40	12	71	18
-0,60	4	24	6
-0,80	5	30	7
-1,00	5	30	7
-1,20	6	36	9
-1,40	8	48	12
-1,60	7	42	10
-1,80	5	30	7
-2,00	4	24	6
-2,20	7	42	10
-2,40	6	36	9
-2,60	7	42	10
-2,80	7	42	10
-3,00	8	48	12
-3,20	5	30	7
-3,40	5	30	7
-3,60	8	48	12
-3,80	7	42	10
-4,00	13	77	19
-4,20	15	89	22
-4,40	19	113	28
-4,60	7	42	10
-4,80	7	42	10
-5,00	8	48	12
-5,20	11	66	16
-5,40	11	66	16
-5,60	10	60	15
-5,80	9	54	13
-6,00	7	42	10
-6,20	8	48	12
-6,40	7	42	10
-6,60	10	60	15
-6,80	5	30	7
-7,00	5	30	7
-7,20	7	42	10
-7,40	8	48	12
-7,60	8	48	12
-7,80	8	48	12
-8,00	7	42	10
-8,20	8	48	12
-8,40	9	54	13
-8,60	10	60	15
-8,80	17	101	25
-9,00	16	95	24
-9,20	15	89	22
-9,40	15	89	22
-9,60	15	89	22
-9,80	18	107	26
-10,00	18	107	26
-10,20	19	113	28
-10,40	23	137	34
-10,60	22	131	32
-10,80	25	149	37
-11,00	25	149	37
-11,20	23	137	34
-11,40	44	262	65
-11,60	52	310	76
-11,80			
-12,00			
-12,20			
-12,40			
-12,60			
-12,80			
-13,00			
-13,20			
-13,40			
-13,60			
-13,80			
-14,00			
-14,20			
-14,40			
-14,60			
-14,80			
-15,00			

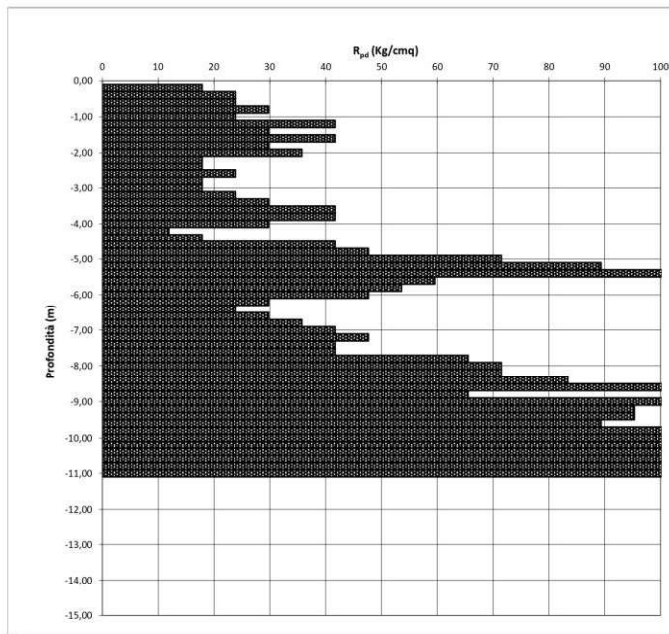
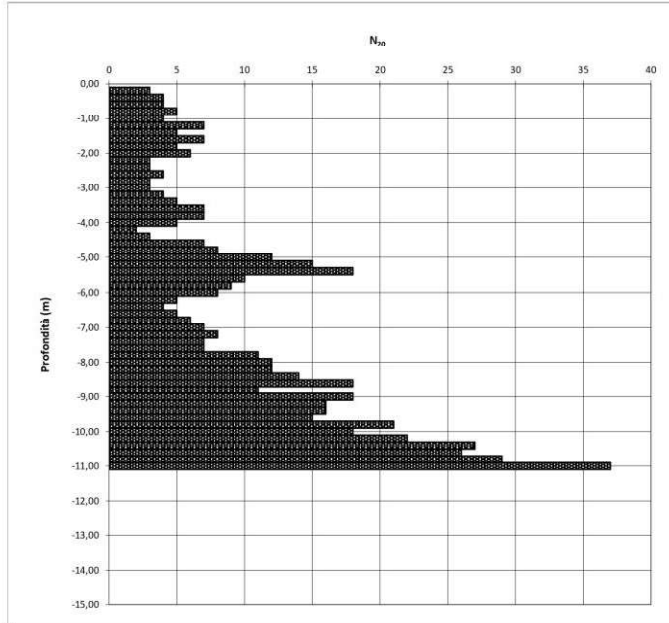
RIFIUTO

Dott. Marco Sala
GEOLOGO
GEOLOGIA APPLICATA E AMBIENTALE - GEOTECNICA
Via Della Maiolica n.4 - 27057 Varzi (PV)

Prova penetrometrica dinamica n. D.P.S.H. 13

Località: **Spinetta Marengo (AL) - Strada J.F. Kennedy**
Committente: **Te.A. CONSULTING S.r.l.**

Data: **14.05.2024**
Quota inizio: **piano campagna**



Quota	N ₆₀	R _{pd}	N _{SPT}
0,00	0	0	0
-0,20	3	18	4
-0,40	4	24	6
-0,60	4	24	6
-0,80	5	30	7
-1,00	4	24	6
-1,20	7	42	10
-1,40	5	30	7
-1,60	7	42	10
-1,80	5	30	7
-2,00	6	36	9
-2,20	3	18	4
-2,40	3	18	4
-2,60	4	24	6
-2,80	3	18	4
-3,00	3	18	4
-3,20	4	24	6
-3,40	5	30	7
-3,60	7	42	10
-3,80	7	42	10
-4,00	5	30	7
-4,20	2	12	3
-4,40	3	18	4
-4,60	7	42	10
-4,80	8	48	12
-5,00	12	71	18
-5,20	15	89	22
-5,40	18	107	26
-5,60	10	60	15
-5,80	9	54	13
-6,00	8	48	12
-6,20	5	30	7
-6,40	4	24	6
-6,60	5	30	7
-6,80	6	36	9
-7,00	7	42	10
-7,20	8	48	12
-7,40	7	42	10
-7,60	7	42	10
-7,80	11	66	16
-8,00	12	71	18
-8,20	12	71	18
-8,40	14	83	21
-8,60	18	107	26
-8,80	11	66	16
-9,00	18	107	26
-9,20	16	95	24
-9,40	16	95	24
-9,60	15	89	22
-9,80	21	125	31
-10,00	18	107	26
-10,20	22	131	32
-10,40	27	161	40
-10,60	26	155	38
-10,80	29	173	43
-11,00	37	220	54
-11,20			
-11,40			
-11,60			
-11,80			
-12,00			
-12,20			
-12,40			
-12,60			
-12,80			
-13,00			
-13,20			
-13,40			
-13,60			
-13,80			
-14,00			
-14,20			
-14,40			
-14,60			
-14,80			
-15,00			

ALLEGATO 2 - DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Punto di prova P1



Punto di prova P2



Punto di prova P3



Punto di prova P4



Punto di prova P5



Punto di prova P6



Punto di prova P7



Punto di prova P8



Punto di prova P9



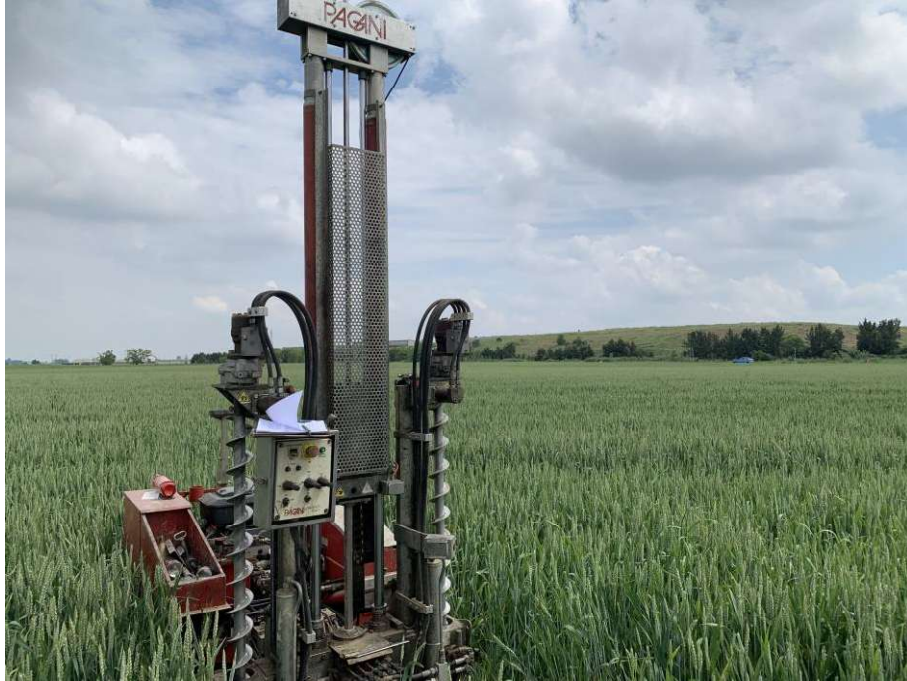
Punto di prova P10



Punto di prova P11



Punto di prova P12



Punto di prova P13



Stendimento sismico L1