

PIANO ESECUTIVO CONVENZIONATO OBBLIGATORIO AREA PER INSEDIAMENTI INDUSTRIALI D8

5. STUDI SPECIALISTICI

5.6

Relazione geologica

Scala

Committente:

Valtidone S.p.a.

PROJECT MANAGEMENT
The Blossom Avenue Partners
Prof. Arch. Marco Facchinetti
Urb. Marco Dellavalle
Arch. Luca De Stefani
Corso Italia 13, 20122, Milano
Tel. +39 (02) 365 20482
tbapartners@pec.it



STUDI SPECIALISTICI

TEA consulting

Ing. Massimo Moi

Ing. Ivan Genovese

Via G. B. Grassi 15, 20157, Milano

moi@territorioambiente.com

ig@mobiliter.it

CONSULENZA URBANISTICA

cnstudio

Arch. Domenico Catrambone

Corso Alessandria 67, 14100, Asti

Tel. +39 0141 321845

fax +39 0141 531833

domenico.catrambone@cnstudio.net

elaborati@cnstudio.net

PROGETTO E ANALISI DEL VERDE E DEL PAESAGGIO

Studio Architettura Paesaggio

Dott. Architetto Paesaggista Luigino Pirola

Via Piave 1, 24040, Bonate Sopra (BG)

Tel. 035.992674

info@studioarchitetturapaesaggio.it

www.studioarchitetturapaesaggio.it



RILIEVO TOPOGRAFICO

Pro Essegi

di Passarella Gianluca e Detogni Sabina

Associazione tra Professionisti

Via Monti Lessini 119, 37132, Verona (VR)

Tel. 045 892 2371

posta@proesegi.it

geom.gianluca.passarella@gmail.com

novembre 2022



COMUNE DI ALESSANDRIA (AL) LOCALITA' SPINETTA MARENGO REALIZZAZIONE DI UNA PIATTAFORMA LOGISTICA

Relazione tecnica

Relazione geologica

Milano, Ottobre 2022

Redatto da: Dott. Geol. Giacomo Perotti

INDICE

1	PREMESSA	3	
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4	
3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	5	
4	INQUADRAMENTO TERRITORIALE E PROGETTUALE	6	
5	INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO	10	
6	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	12	
6.1	Assetto idrogeologico generale		12
7	ASSETTO GEOMORFOLOGICO E DISSESTO IDROGEOLOGICO	16	
8	CAMPAGNE D'INDAGINE GEOGNOSTICHE	20	
8.1	Stratigrafia generale preliminare di riferimento		20
8.2	Campagna d'indagine 2022		21
9	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	22	
9.1	Caratteristiche macrosismiche dell'area		22
9.1.1	<i>Zonazione sismogenetica</i>		27
9.1.2	<i>Sismicità storica</i>		28
9.2	Campagna di indagine geofisica		30
9.3	Rappresentazione ed interpretazione dati sismici MASW		30
9.4	Categoria di sottosuolo		34
9.5	Pericolosità sismica		36
9.5.1	<i>Vita nominale, classi d'uso e periodo di riferimento</i>		37
9.5.2	<i>Stati limite, probabilità di superamento e periodo di ritorno</i>		39
9.5.3	<i>Definizione della pericolosità sismica di base</i>		41
9.5.4	<i>Definizione della pericolosità sismica di sito</i>		45
9.5.5	<i>Coefficienti sismici</i>		45
9.5.6	<i>Stabilità dei pendii e fondazioni</i>		46
9.5.7	<i>Pericolosità sismica di base</i>		47
9.5.8	<i>Pericolosità sismica di sito</i>		50
10	CONCLUSIONI	54	

Allegati:

1. Planimetria delle indagini eseguite
2. Campagna di indagine 2022.

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	Ottobre 2022	2 di 56

1 PREMESSA

Su incarico della committenza The Blossom Avenue Partners è stato redatto il presente documento che costituisce il supporto geologico alla progettazione di un nuovo impianto logistico, tra via Fitzgerald John Kennedy e via Rana, in località Spinetta Marengo, nel Comune di Alessandria.

Considerando che lo studio riguarda la fattibilità dell'area e la compatibilità dal punto di vista geologico dell'intervento nel suo complesso, dovranno essere predisposti gli studi geotecnici e sismici di dettaglio necessari per la progettazione definitiva ed esecutiva delle previste strutture, con la stesura delle specifiche relazioni specialistiche (relazione Geotecnica e Sismica ai sensi del D.M. 17.01.2018).

Tale relazione ottempera a quanto richiesto dal Decreto Ministeriale 17.01.2018 "Norme Tecniche delle Costruzioni".

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	Ottobre 2022	3 di 56

2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Lo studio è stato condotto in accordo con quanto previsto dalla normativa vigente:

- 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. 12dicembre 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	Ottobre 2022	4 di 56

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

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	Ottobre 2022	5 di 56

4 INQUADRAMENTO TERRITORIALE E PROGETTUALE

L'area in oggetto è ubicata in via Fitzgerald John Kennedy, in prossimità di via Rana nella parte Est del territorio comunale di Alessandria (AL), da un punto di vista catastale l'area risulta inquadrata all'interno dei seguenti Fogli: 199, 198, 186, mappali: 54, 28, 27, 26, 25, 24, 23, 22, 21, 20, 19, 10, 16, 82, 10, 78, 76, 67, 139, 143, 147, 142, 20, 23, 141, 81, 80, 79, 77, 87, 123, 310, 94, 84, 87, 88, 157, 112, 134, 135, 229, 223, 92, 90, 89, 86, 85, 136, 94, 131, 103, 133, 132, 221, 53 porzione

Di seguito si riporta un'immagine satellitare (**Figura 1**), l'estratto della CTR (**Figura 4**) e l'estratto della mappa catastale (**Figura 5**) nelle quali viene evidenziato il sito in esame.

L'area, introdotta in un contesto prevalentemente agricolo, presenta una quota intorno ai 100 m s.l.m.



Figura 1 – Immagine satellitare (Google Earth) 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	Ottobre 2022	6 di 56



Figura 2 – Ortofoto (Geoportale ARPA Piemonte AGEA Piemonte 2016) con identificazione dell'area in oggetto.

Di seguito viene riportato lo stralcio del profilo topografico Nord -Sud Dell'area d'indagine , da cui si evince che il sito presenta un evidente cambiamento di morfologia con abbassamento del piano campagna di circa 4-5 m dalla quota media di circa 100m s.l.m. , fino raggiungere la quota del piano stradale meridionale a circa 96-95m s.l.m.

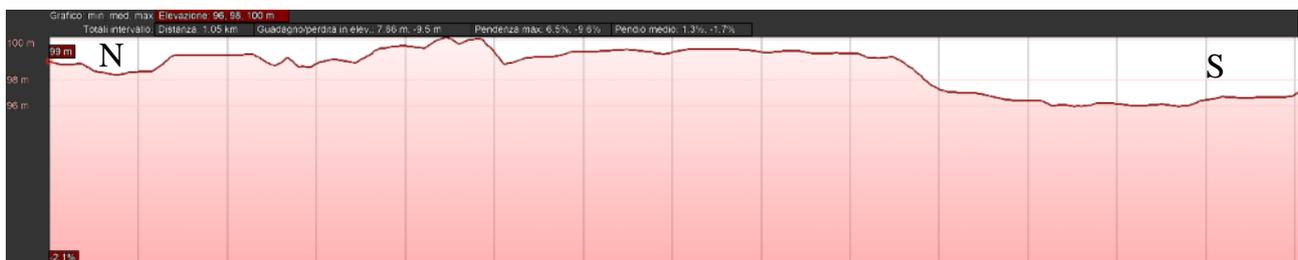


Figura 3 – .profilo N-S topografico di massima dell'area in oggetto (fonte: Google Earth)

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	Ottobre 2022	7 di 56

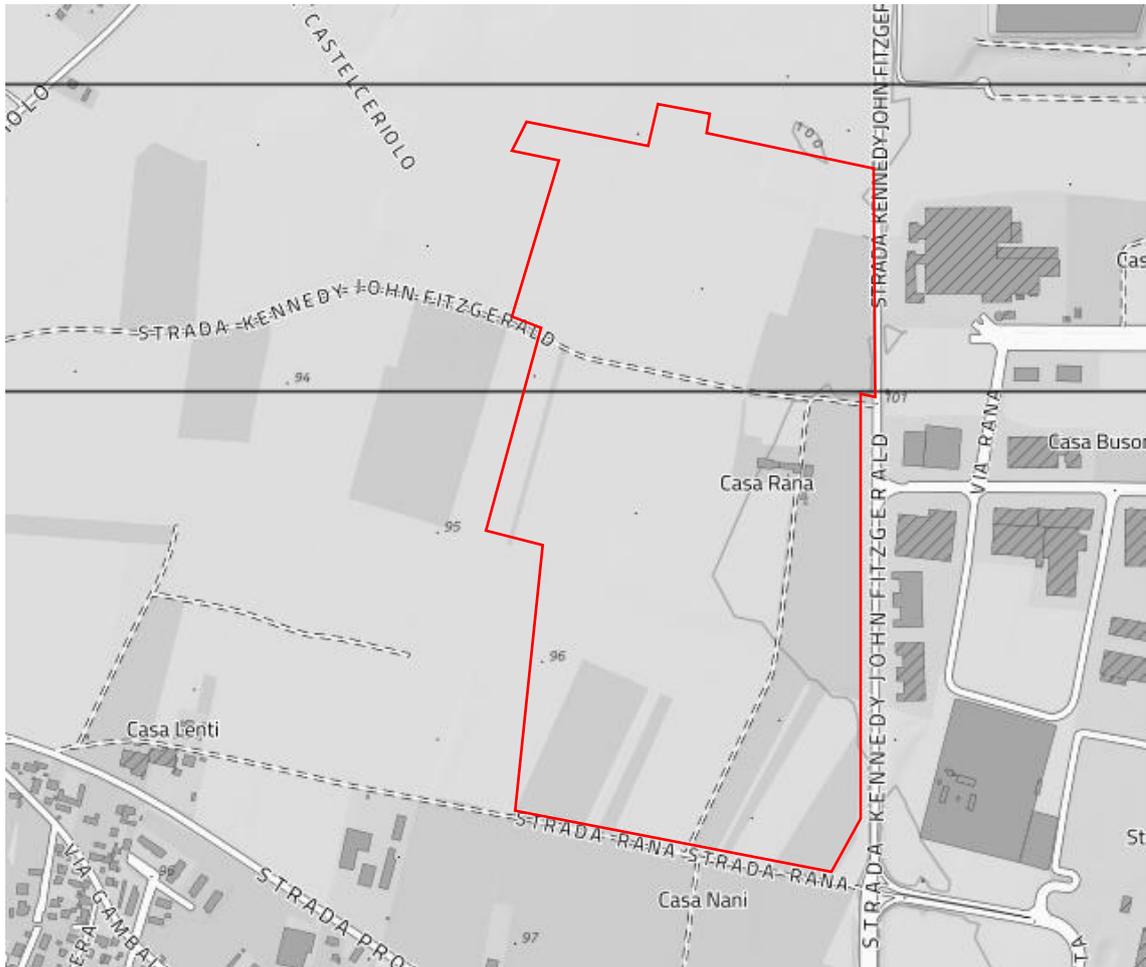


Figura 4 - Estratto CTR con individuazione dell'area in esame

Figura 5 - Estratto mappa catastale con individuazione dell'area in esame

Allo stato attuale l'area è per la sua totalità adibita ad uso agricolo, all'interno della zona di interesse è presente una cascina attualmente in uso

A Est confina con la strada SP82 John Fitzgerald Kennedy e oltre quest'ultima con via Rana e la limitrofa zona commerciale-industriale. La porzione di territorio al confine Nord, Ovest e Sud è caratterizzata dalla presenza di aree agricole. Il progetto di edificazione dell'area in oggetto prevede la realizzazione di due edifici ad uso commerciale e industriale, nello specifico la proposta progettuale prevede la realizzazione di due insediamenti a destinazione logistica con una superficie di progetto di circa 141'000 mq (**Figura 6**).

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	Ottobre 2022	8 di 56



DATI DI PROGETTO	
Superficie di proprietà da catasto	458.287,0 mq
Superficie territoriale (St) di progetto	397.826,0 mq
Ambito 1	246.810,0 mq
Ambito 2	150.816,0 mq
Altezza massima (H max)	30 m sottotrave
Superficie Utile Lorda (SUL)	147.963,8 mq
Ambito 1	60.507,0 mq
Ambito 2	87.456,8 mq
SUL residua utilizzabile all'interno del PEC	105.032,2 mq
Superficie Coperta (SC)	133.336,0 mq
Ambito 1	61.230,0 mq
Ambito 2	72.106,0 mq
Verde privato	
Verde pubblico	
Verde privato addizionale	
Verde di arredo viabilità	
Superfici asfaltate	
Piazzali in cls	
Marciaiedi	
Percorsi ciclabili	
Vasche di laminazione	
Strada di manutenzione - Strada vicinale di progetto	
Parcheggi in green block	
Recinzione standard	
Recinzione alta sicurezza	
Strade vicinali esistenti	

Il layout delle coperture, riportante lo sviluppo del 70% di pannelli fotovoltaici, è indicativo e soggetto ad approfondimenti architettonici esecutivi

Figura 6 – Masterplan di progetto

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).

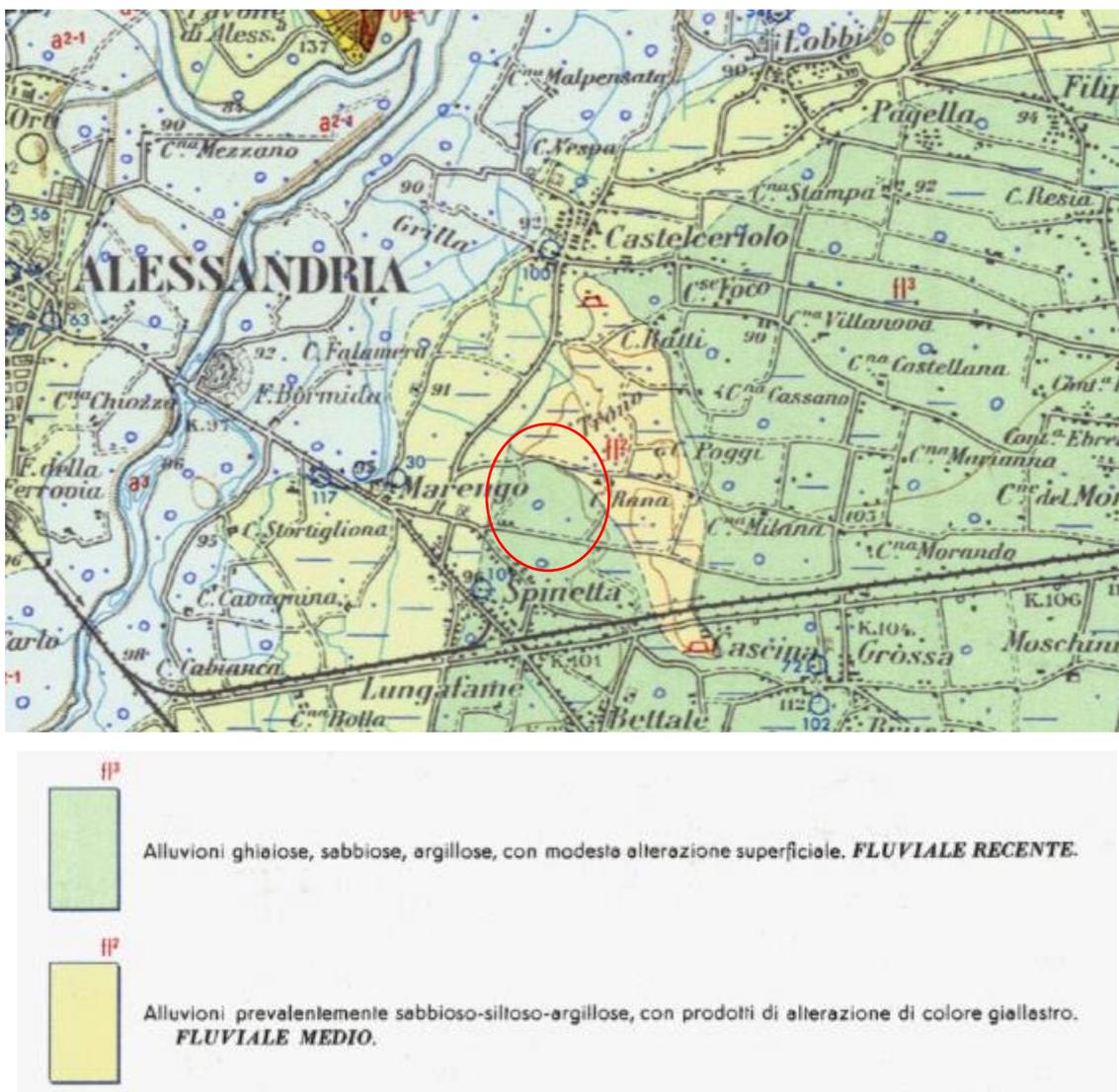


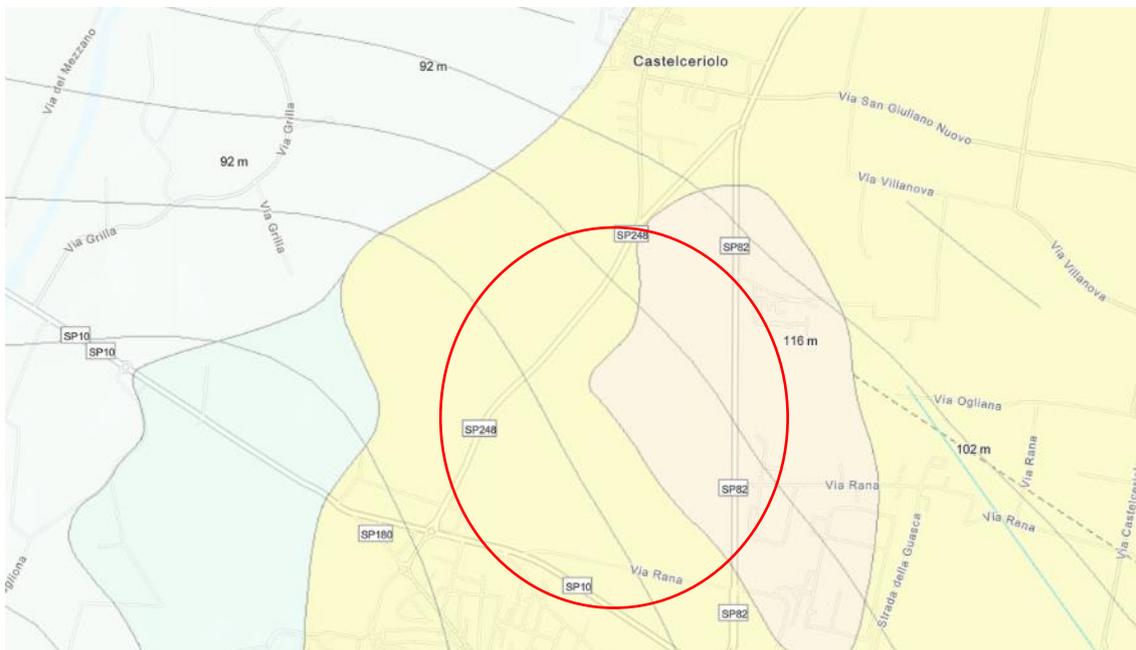
Figura 7 – stralcio del Foglio n. 70 "Alessandria" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, dove la zona d'interesse è cerchiata in rosso.

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	Ottobre 2022	10 di 56

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	Ottobre 2022	11 di 56

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 9** 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	Ottobre 2022	12 di 56

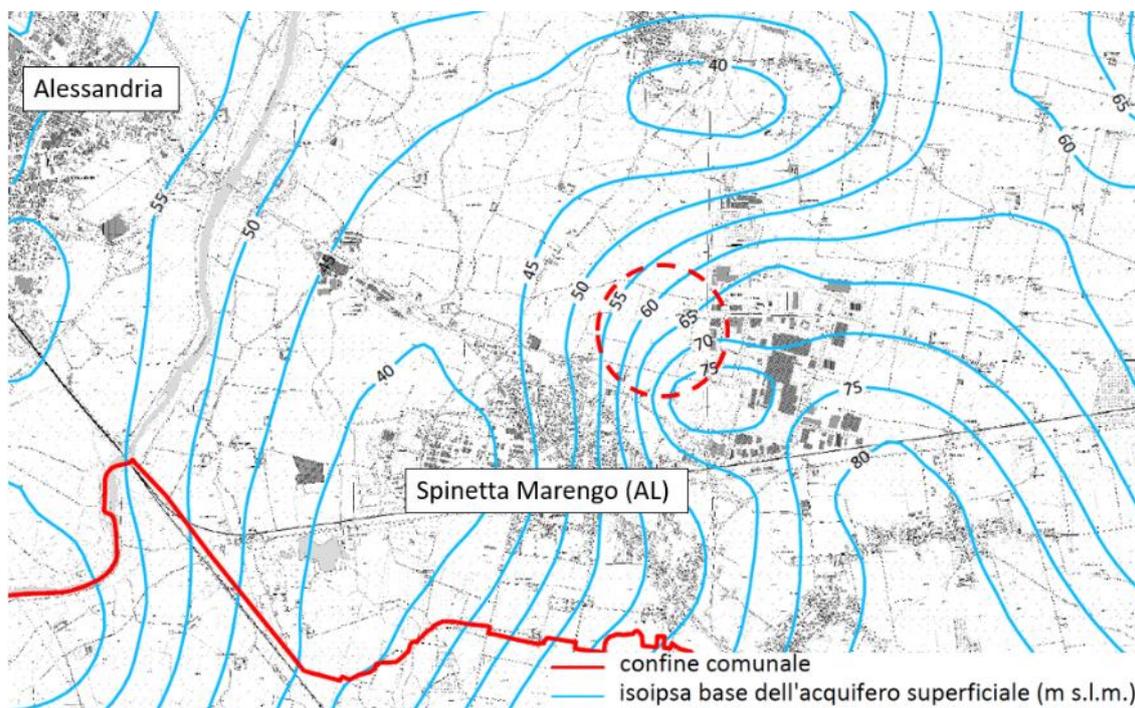


Figura 8 – Carta dell'acquifero superficiale in scala 1:100.000, dedotta dalla Regione Piemonte (2016).



Figura 9 – Carta della permeabilità prevalente della zona non satura (Bove et Alii, 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	Ottobre 2022	13 di 56

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.

La superficie libera della falda freatica si pone ad una quota media di -8,00/10,00m dal piano campagna ed essa risulta soggetta ad escursioni stagionali fino a raggiungere quote massime medie di -6,00 m circa dal p.c. 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 dell'area pari a circa 100 m.s.l.m., una soggiacenza pari tra gli 8m e 10 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 in corrispondenza di scarpate morfologiche le quali abbassano la quota media del piano campagna, pari a 100m s.l.m, di circa 4-5m.

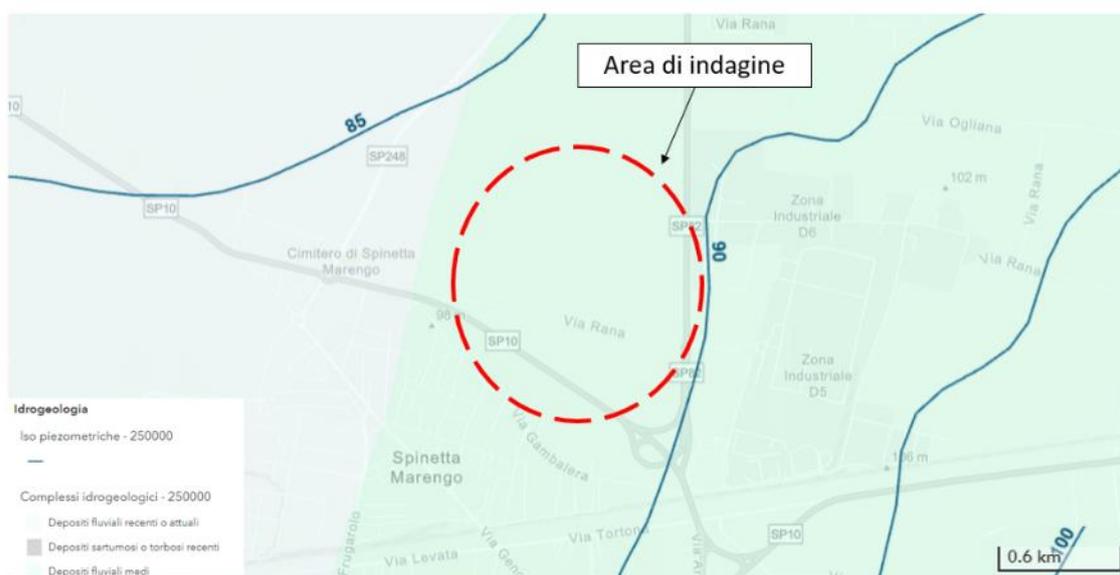


Figura 10 – Stralcio della carta "Idrogeologica", in scala 1.250.000, desunta dal Geoportale dell'ARPA Piemonte.

Di seguito viene riportato uno schema interpretativo dell'andamento della superficie della falda freatica (nella figura la linea tratteggiata blu) nell'area d'interesse, considerando il profilo topografico N-S dell'area e i dati isopiezometrici dedotti dalla carta idrogeologica di **Figura 10**.

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	Ottobre 2022	14 di 56

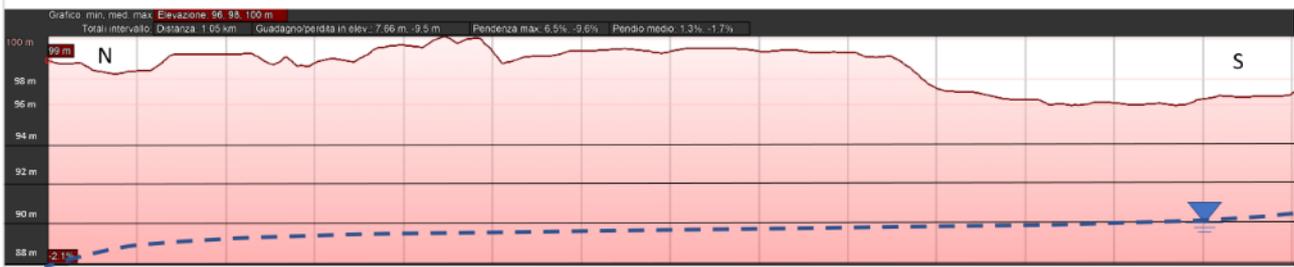


Figura 11 –Schema interpretativo dell’andamento della superficie della falda freatica nell’area d’interesse.

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

A seguito della realizzazione di n. 3 piezometri di cui uno posto sul monte idrogeologico dell’area (PM₁) e due posti a valle idrogeologico (PW₁ e PW₂) è stata condotta una campagna piezometrica durante maggio 2022 al fine di determinare l’andamento di falda. Di seguito sono riportati i risultati della campagna d’indagine prevista.

Sigla	Soggiacenza da bocca piezometro [m]
PM₁ - monte	10.69
PW₁ - valle	10.63
PW₂ - valle	12.29

7 ASSETTO GEOMORFOLOGICO E DISSESTO IDROGEOLOGICO

È stata consultata la documentazione geologica della III Variante strutturale e del P.R.G.C. vigente. 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	Ottobre 2022	16 di 56

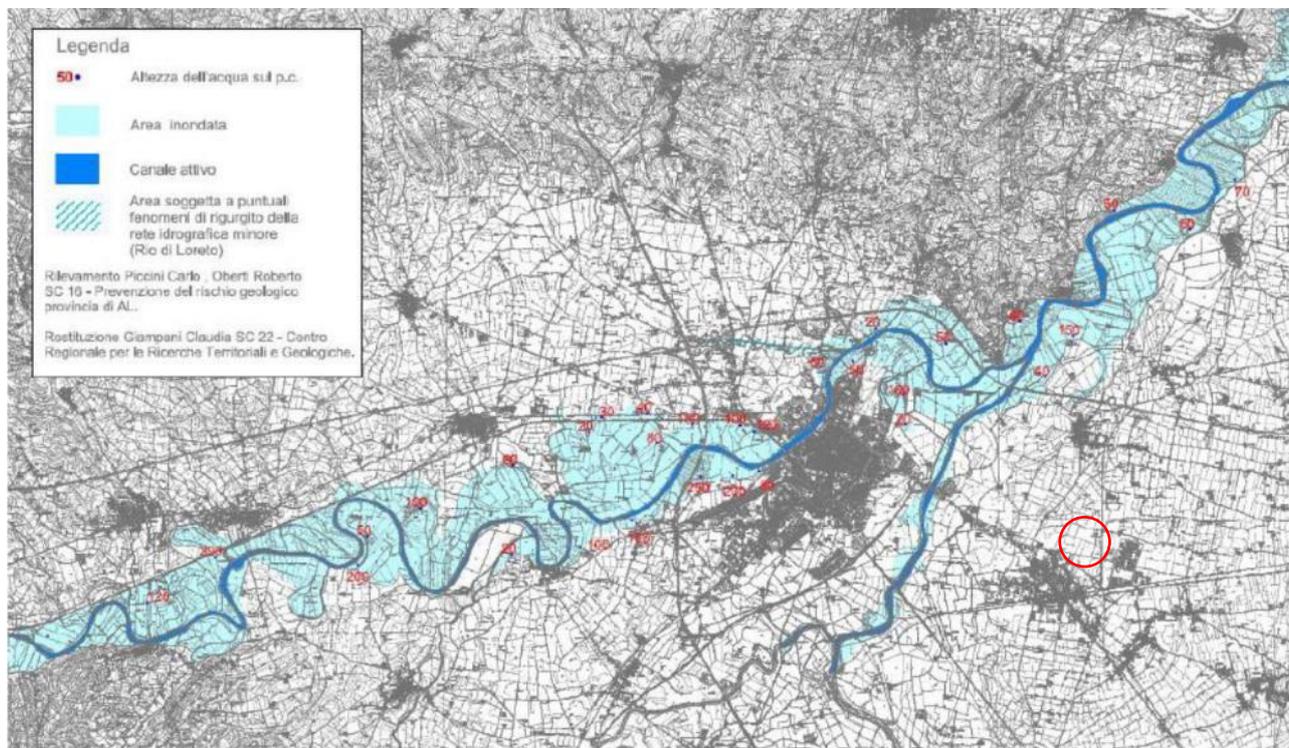


Figura 12 – Campo di inondazione durante l’evento del 26-28/04/2009 (Fonte: ARPA, 2009). Il Cerchio rosso individua l’area in oggetto.

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	Ottobre 2022	17 di 56

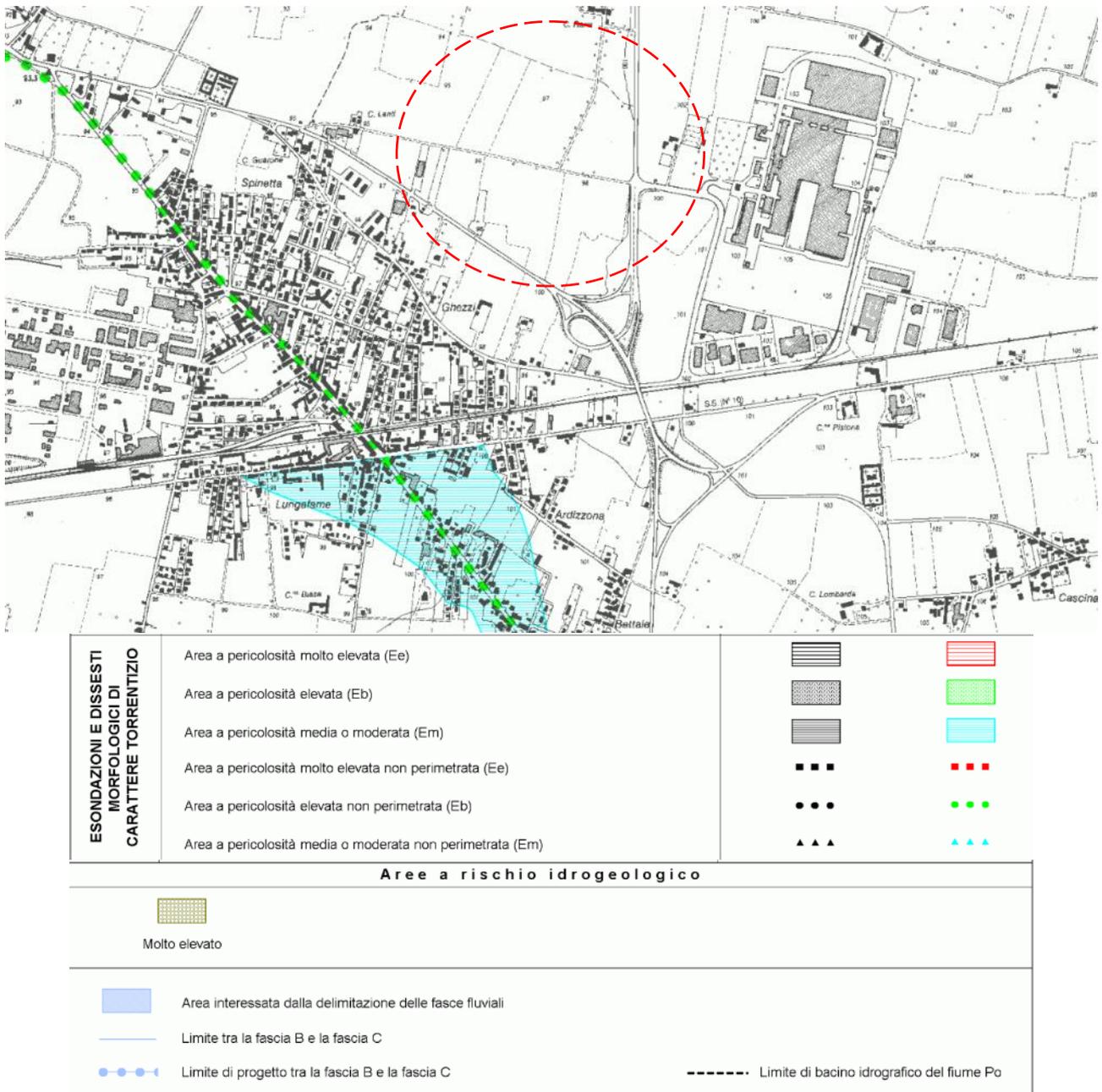


Figura 13 – Stralcio della carta PAI (tavola 177 IV) con relativa legenda e indicata da un cerchio rosso l'area di studio. Dalla carta soprariportata si evince che l'area in esame non ricade in aree cartografate come pericolose dal punto di vista delle esondazioni e dissesti morfologici di carattere torrentizio o in aree a rischio idrogeologico (compresivi dei limiti PAI di fascia fluviale).

Di seguito viene riportato lo stralcio della carta "Zonizzazione in classi di pericolosità geomorfologica", in scala 1: 10.000, dedotta dal PRGC del Comune di Alessandria, dalla quale si evince che l'area in esame ricade in classe 1 di pericolosità geomorfologica, alla quale corrisponde una pericolosità bassa o nulla. In tali aree ricadono le porzioni di territorio dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre limiti alle scelte urbanistiche. Gli interventi sia pubblici che privati, sono di norma consentiti nel rispetto delle prescrizioni del D.M.L.P. 11/03/1988



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 14 – 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	Ottobre 2022	19 di 56

8 CAMPAGNE D'INDAGINE GEOGNOSTICHE

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 della campagna d'indagine eseguita a maggio 2022:

Livello stratigrafico	Profondità [m da p.c.]	Litologia
1	0,0-0,30/	Terreno Vegetale
2	0,30-1,50/3,50	Sabbie limose e limi argillosi
3	1,50/3,50-4,0/8,0	Limo argilloso
4	>4,0/8,00	Sabbie con ghiaie e ghiaie sabbiose in matrice fine con strati sottili di limi sabbiosi

Tabella 1 –Stratigrafia generale dell'area.

La superficie libera della falda freatica si pone ad una quota media di -7,00/10,00m dal piano campagna e risulta soggetta ad escursioni stagionali fino a raggiungere quote massime di -6,00 m circa dal p.c.

Dalla stratigrafia soprariportata s'evidenzia:

- Nella prova DPSH₁ si intercetta lo strato 5 già a 2m da p.c.;
- Lo strato 3 è stato intercettato alla quota di 3,50-4,0m da p.c. nelle DPSH 5-6
- Lo strato 4 presenta una litologia sabbiosa ghiaiosa matrice fine con strati sottili di limi sabbiosi mediamente nei primi 4m di spessore per poi passare in profondità a ghiaie sabbiose in matrice fine, più consistenti.

8.2 CAMPAGNA D'INDAGINE 2022

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

- n.6 prove penetrometriche dinamiche D.P.S.H. (Dynamic Probing Super Heavy) spinte a profondità variabili da -6.0m a -12.40m (P1, P2, P3, P4, P5 e P6) dalla quota dell'attuale p.c.;
- n.1 stendimento sismico M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) della lunghezza complessiva di 60.0m (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.

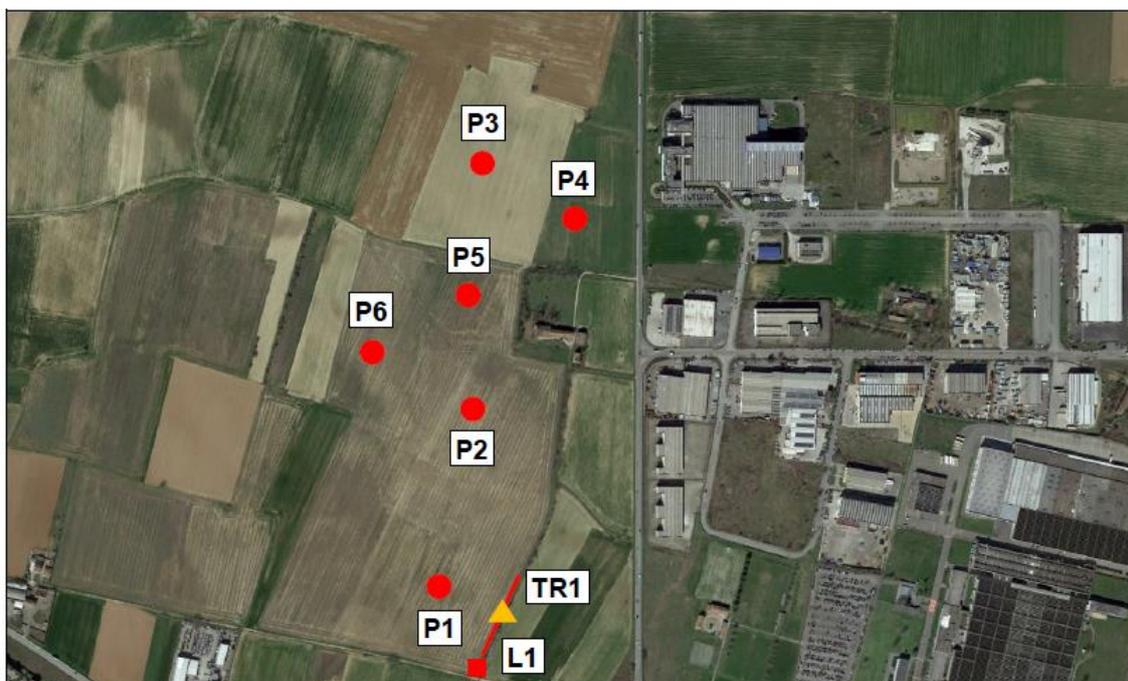


Figura 15 – Foto satellitare con ubicazione punti di indagine

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	Ottobre 2022	21 di 56

9 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

9.1 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.

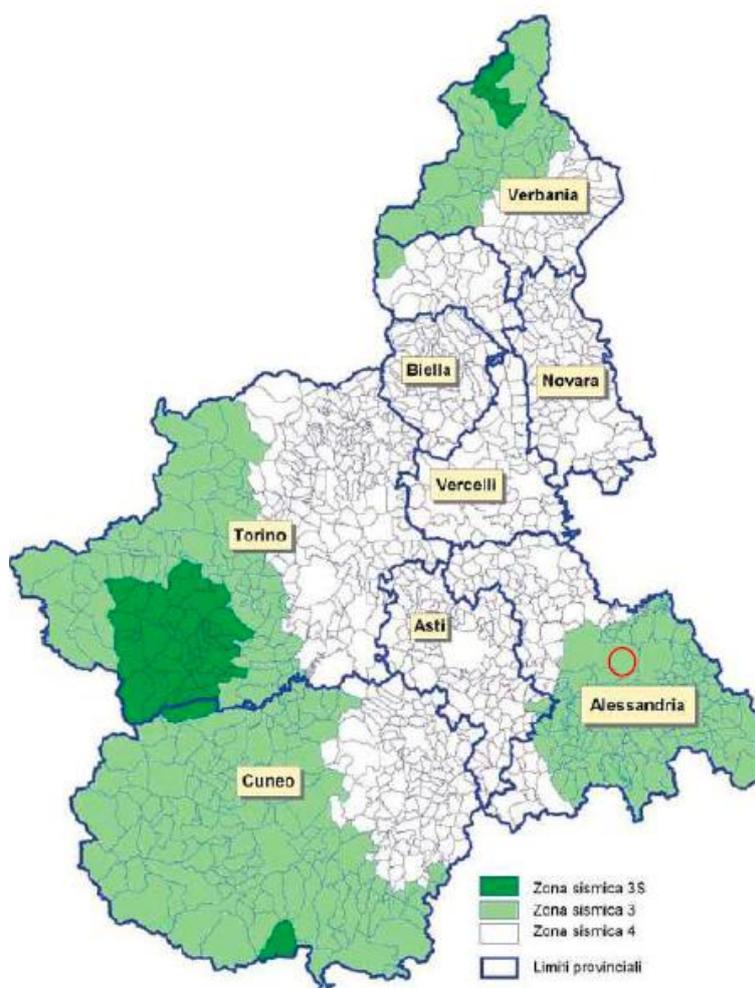


Figura 16 – mappa della classificazione sismica dei comuni della Regione Piemonte (Deliberazione della Giunta Regionale 21 maggio 2014, n. 65-7656) con indicazione della zona sismica di appartenenza

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	Ottobre 2022	22 di 56

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 2– 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 17** 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**.

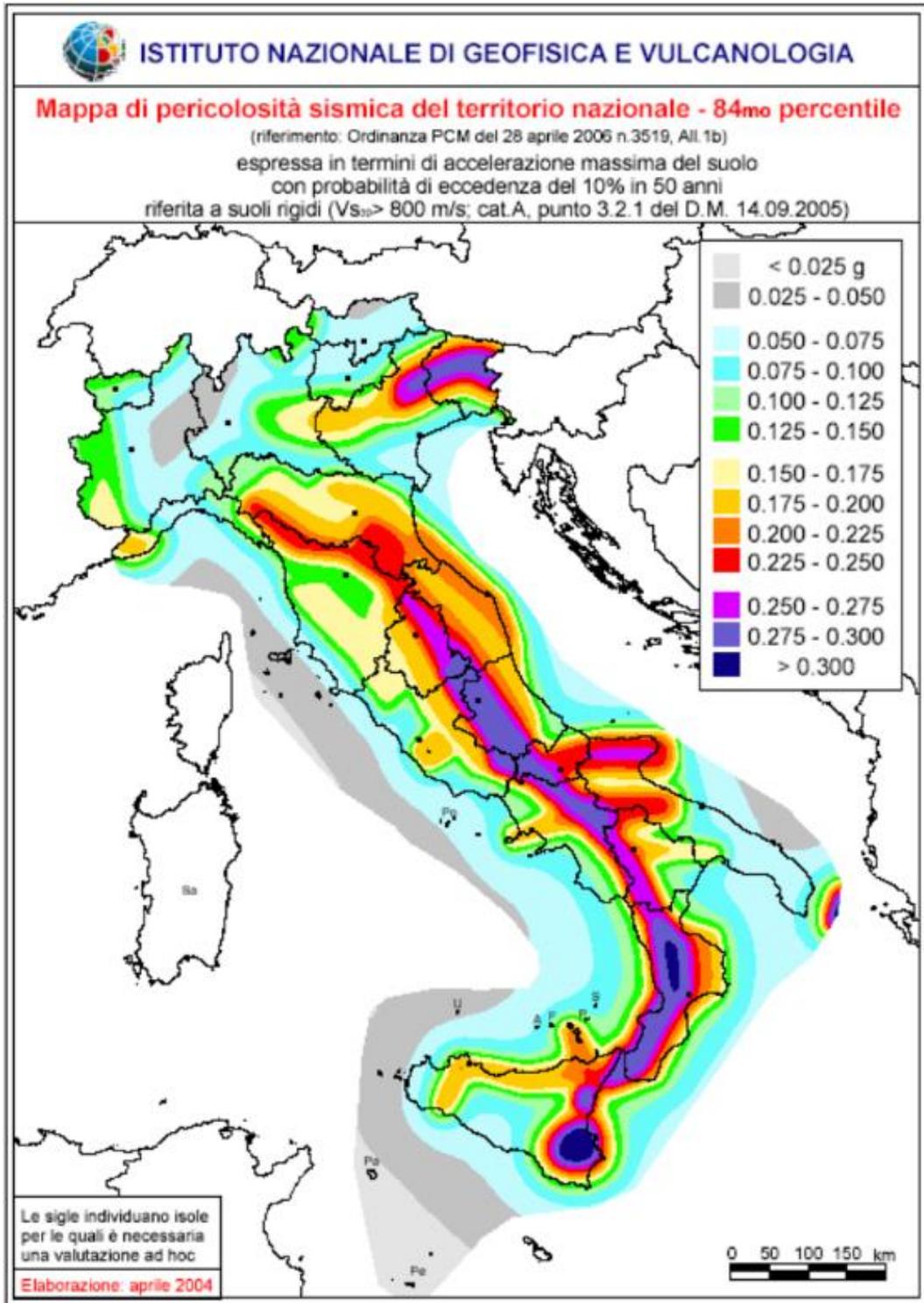


Figura 17 –All.1b dell’Ordinanza PCM 3598 del 28/04/2006 - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale in cui l’accelerazione massima del suolo viene espressa con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

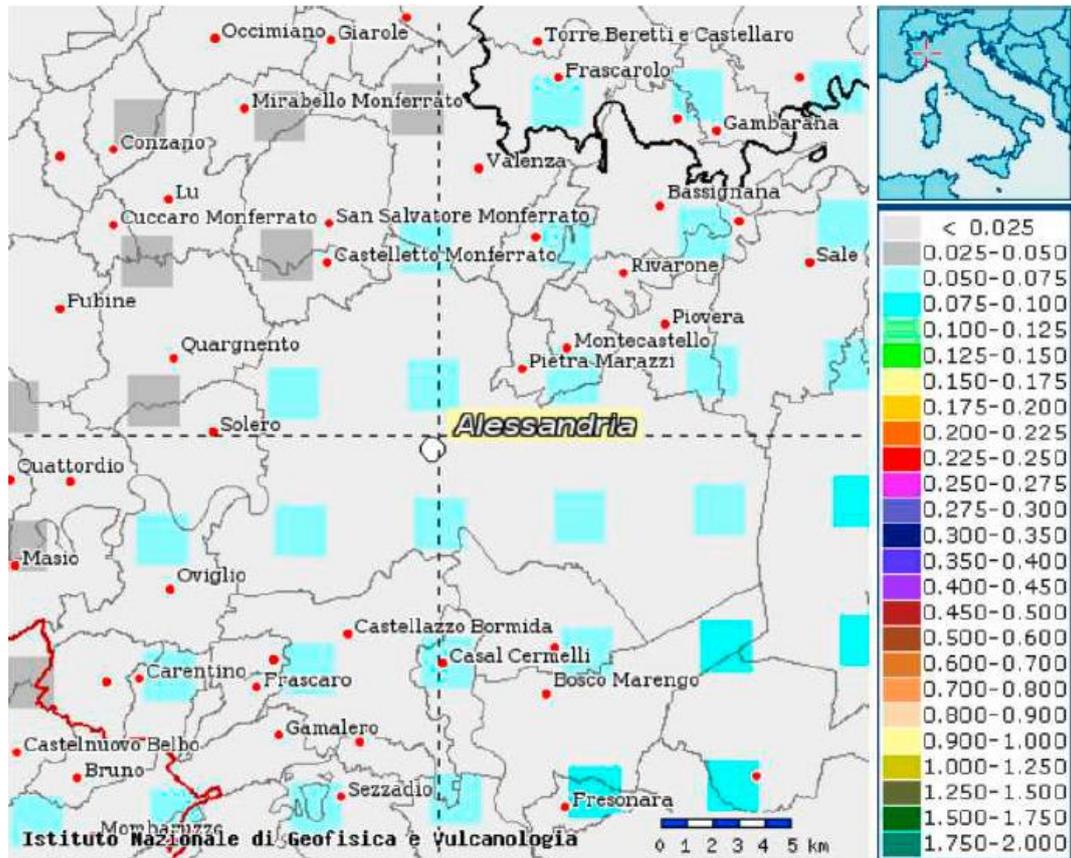


Figura 18 –INGV: Mappa della pericolosità sismica del territorio nazionale – Comune di Alessandria

Le figure Figura 19 e Figura 20 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.

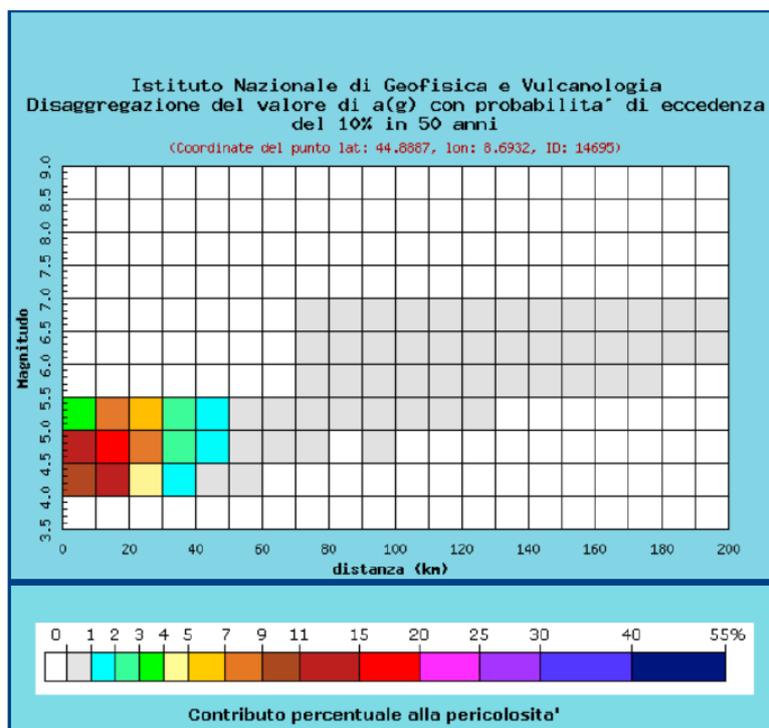


Figura 19 – disaggregazione del valore a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (INGV). – Comune di Alessandria

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 44.8887, lon: 8.6932, ID: 14695)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	10.600	13.000	3.980	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	12.000	18.800	8.080	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	4.450	8.900	5.290	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	1.130	2.910	2.280	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.241	1.060	1.110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.006	0.318	0.554	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.055	0.263	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.002	0.114	0.073	0.087	0.016	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.080	0.229	0.239	0.045	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.094	0.339	0.358	0.031	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.075	0.359	0.396	0.022	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.030	0.298	0.404	0.016	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.006	0.228	0.393	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.143	0.339	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.077	0.257	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.064	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.029	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.019	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.800	71.500	0.733

Figura 20 – 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

9.1.1 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 21 – zonazione sismogenetica ZS9, dove l'area comunale di Alessandria è 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	Ottobre 2022	27 di 56

9.1.2 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	Ottobre 2022	28 di 56

Effetti:	In occasione del terremoto del:			
I [MCS]	Data	Az	Np	Io Me
7-8	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 BIGLIEPA	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	1854 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 SUSÀ	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'Ilasi	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	Farmense	850	6-7 5.06 ±0.09
5-6	2000 08 21 17:1	Monferrato	597	6 4.86 ±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

9.2 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.

9.3 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	Ottobre 2022	30 di 56

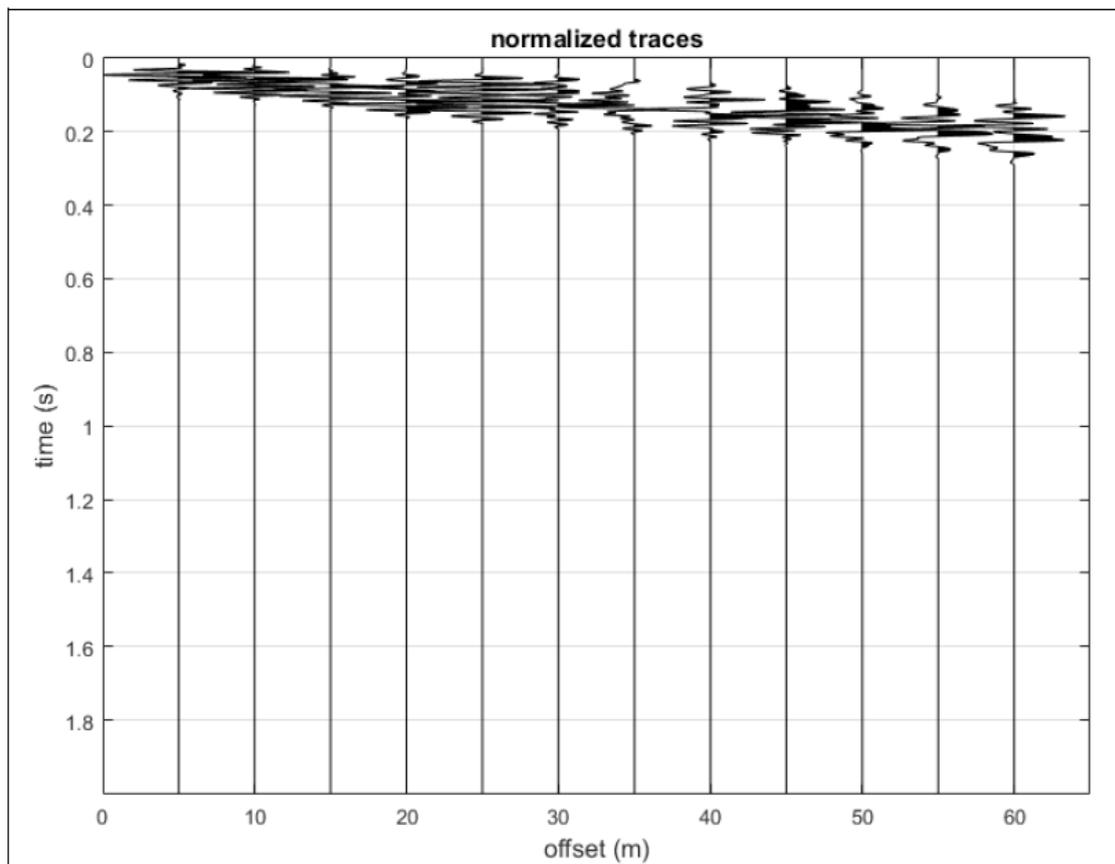


Figura 22 – Sismogramma ZVF (onde Rayleigh) base sismica L1.

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.

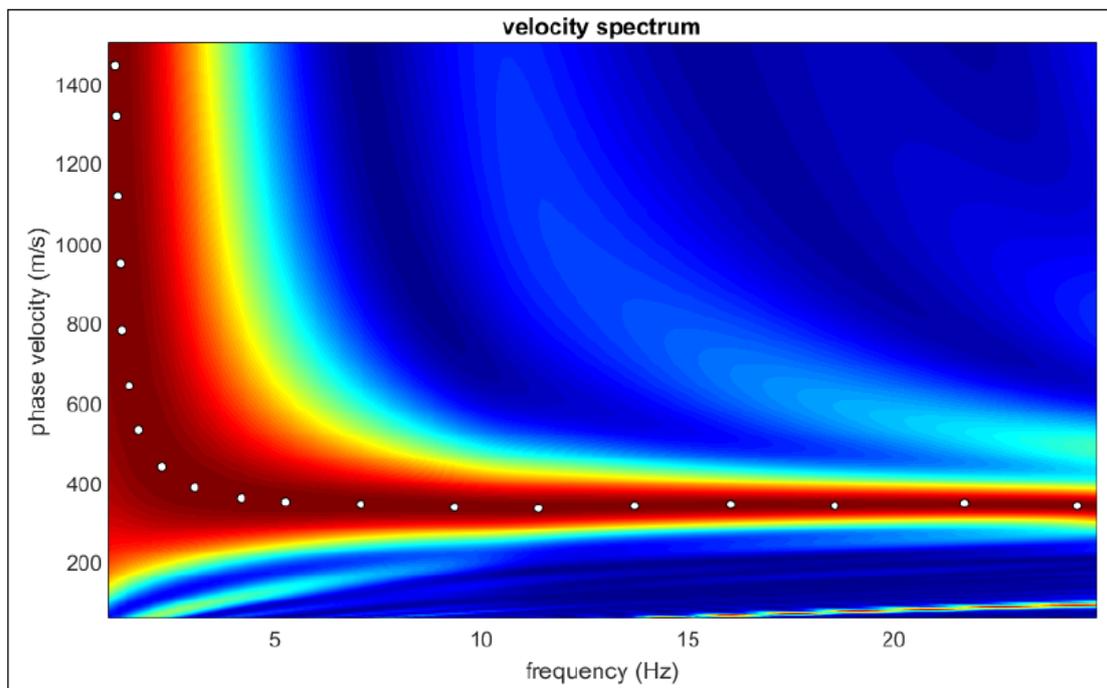


Figura 23 – Spettro di velocità base sismica L1 con picking.

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

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 24 –Ricostruzione del sottosuolo sismico tramite la MASW L1

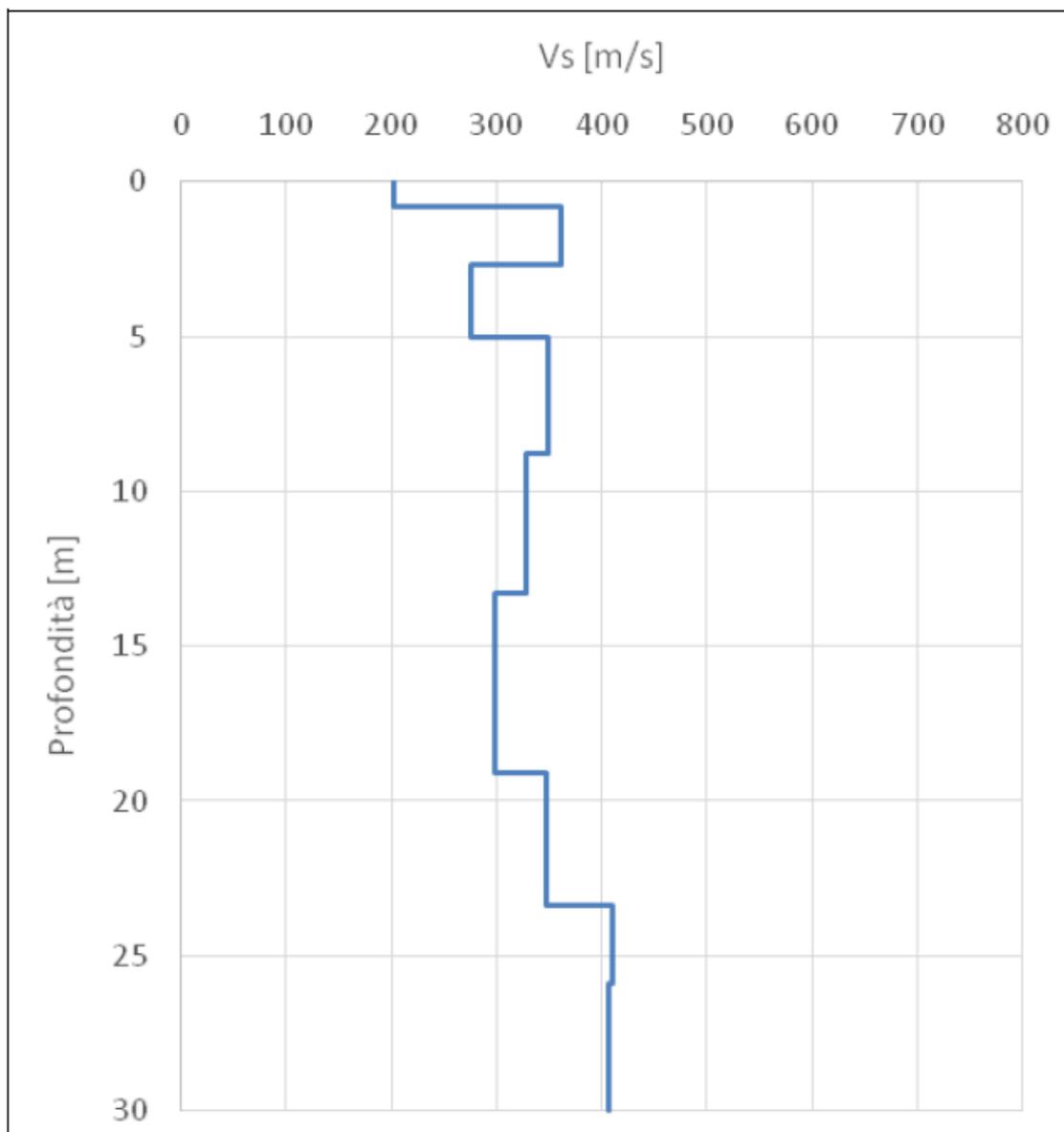


Figura 25 – Diagramma delle velocità Vs riferite ai vari strati intercettati nella base sismica L1.

9.4 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 $V_s > 800 \text{ m/s}$
- 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.

Dall'elaborazione di tali dati il terreno presenta per la linea eseguita, 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*".

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	Ottobre 2022	34 di 56

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , 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.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , 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.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Figura 26 – 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 27), 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	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Figura 27 – Tabella 3.2. III “Categorie topografiche” – D.M. 17.01.2018.

9.5 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	Ottobre 2022	36 di 56

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.

9.5.1 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	Ottobre 2022	37 di 56

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 3-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.**

Ricavati i valori di V_N e C_U , è possibile calcolare il periodo di riferimento V_R , che qui vale: $V_R = 50 * 2 = 100$ anni.

9.5.2 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	Ottobre 2022	39 di 56

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 4- 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 5- Stati limite e rispettivi tempi di ritorno, nel periodo di riferimento VR

9.5.3 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	Ottobre 2022	41 di 56

ID	LON	LAT	T _R = 30			T _R = 50			T _R = 72			T _R = 101		
			a _g	F _o	T* _c	a _g	F _o	T* _c	a _g	F _o	T* _c	a _g	F _o	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 6- 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_o, 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 , F_0 , TC^*) corrispondente al punto considerato, p_i è il valore di tale parametro nell' i -esimo vertice della maglia elementare contenente il punto in esame e d_i è la distanza del punto in esame dall' i -esimo vertice della suddetta maglia.

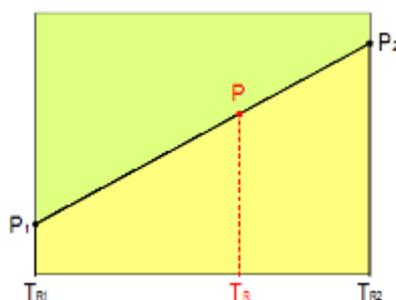


Figura 28 – Interpolazione dei periodi di ritorno, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC18

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

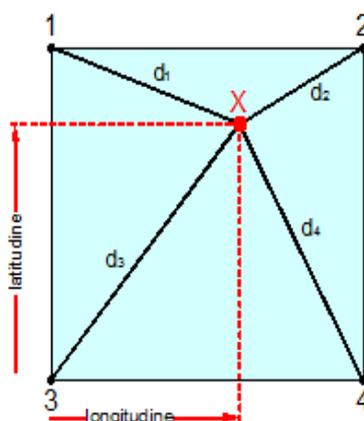


Figura 29 – Interpolazione delle coordinate geografiche, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC18.

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.

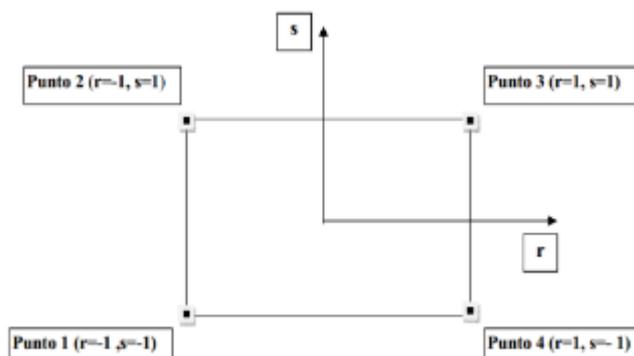


Figura 30 – Applicazione dell'interpolazione bilineare.

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	Ottobre 2022	44 di 56

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

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

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.

9.5.4 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).

9.5.5 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	Ottobre 2022	45 di 56

9.5.6 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 7-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:** $S_T = 1.40$.

9.5.7 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

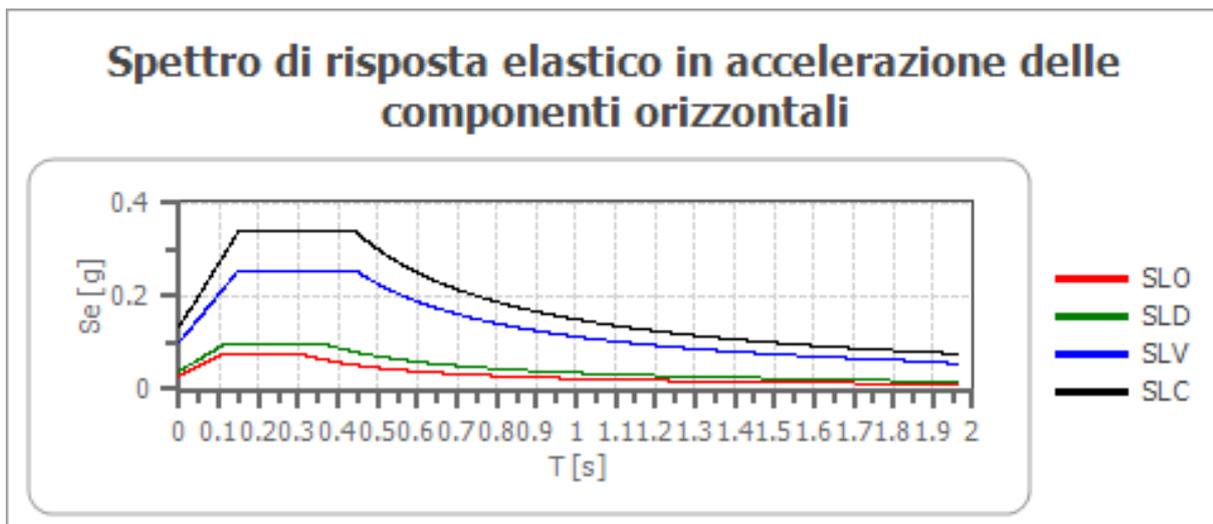
9.5.8 Pericolosità sismica di sito

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

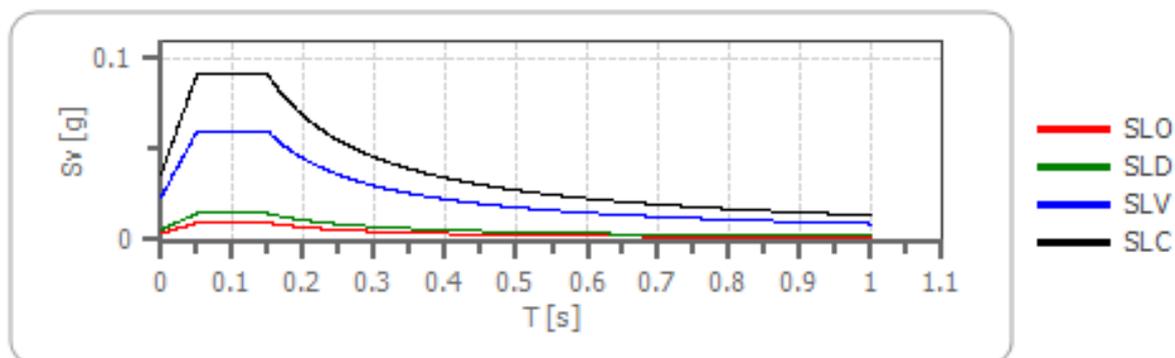


	cu	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(o) [g]	Se(T B) [g]
SLO	1.0	0.020	2.527	0.164	1.500	1.910	1.000	1.500	1.000	0.104	0.313	1.678	0.029	0.074
SLD	1.0	0.026	2.512	0.201	1.500	1.780	1.000	1.500	1.000	0.119	0.357	1.706	0.040	0.100
SLV	1.0	0.068	2.502	0.276	1.500	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

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



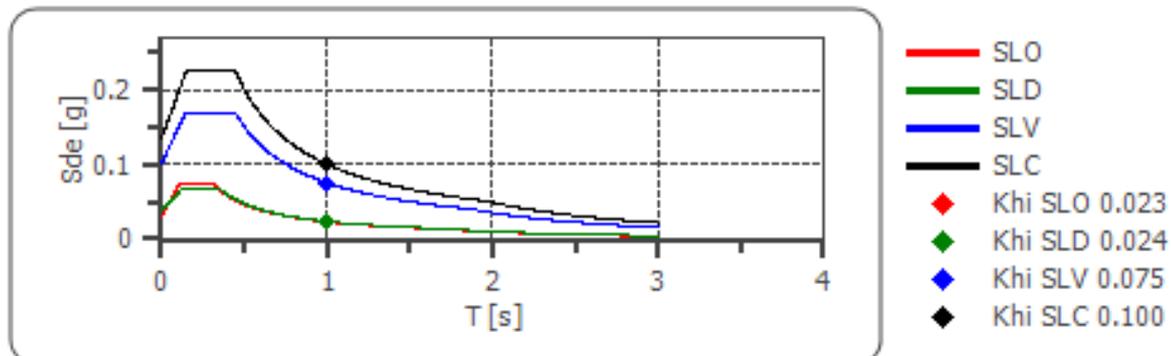
	cu	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(o) [g]	Se(T B) [g]
SLO	1.0	0.020	2.527	0.164	1	1.910	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.004	0.009
SLD	1.0	0.026	2.512	0.201	1	1.780	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.006	0.015
SLV	1.0	0.068	2.502	0.276	1	1.610	1.000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

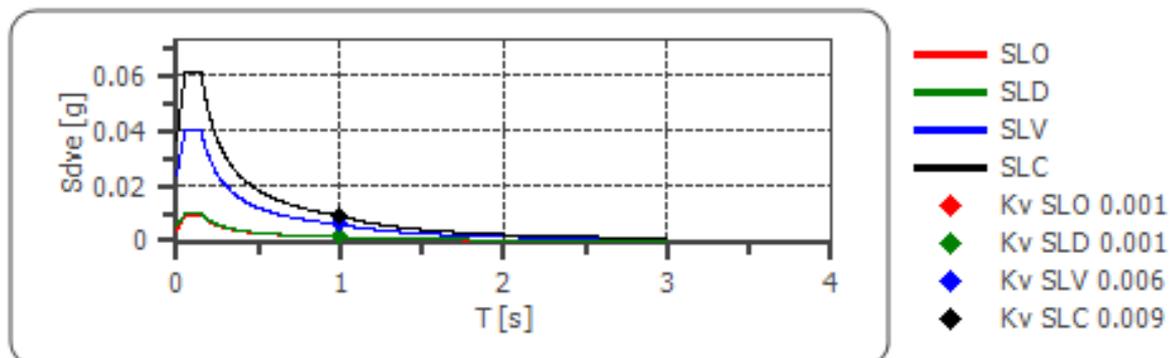
Fattore di struttura spettro orizzontale q:	1.50
Fattore di struttura spettro verticale q:	1.50
Periodo fondamentale T:	1.00 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
k _{hi} = S _d e(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

10 CONCLUSIONI

Su incarico della committenza The Blossom Avenue Partners è stato redatto il presente documento che costituisce il supporto geologico alla progettazione di un nuovo impianto logistico, tra via Fitzgerald John Kennedy e via Rana, in località Spinetta Marengo, nel Comune di Alessandria.

I risultati emersi dall'indagine geologica preliminare eseguita per la valutazione della fattibilità geologica del progetto, non hanno evidenziato particolari controindicazioni di carattere geologico, idrogeologico, geotecnico e sismico per la realizzazione dell'intervento e fanno ritenere l'area in esame compatibile dal punto di vista geologico, fatte salve le prescrizioni di carattere geologico tecnico già espresse nei capitoli precedenti.

Nello specifico dovranno essere redatte le relazioni Geologica, Geotecnica e Sismica ai sensi del D.M. 17.01.2018, pianificate delle indagini al fine di determinare l'esatta definizione delle caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche del terreno di fondazione delle future strutture, al dimensionamento della tipologia fondazionale scelta in relazione all'entità dell'intervento previsto (in considerazione della tipologia della struttura si suggerisce l'ipotesi del ricorso a fondazioni profonde) 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 valutazione del potenziale di liquefazione dei terreni.

La più idonea soluzione dovrà in ogni caso essere valutata e dimensionata in fase di progettazione esecutiva degli interventi edilizi sulla base di opportune verifiche di compatibilità tecnico-normative.

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	Ottobre 2022	54 di 56

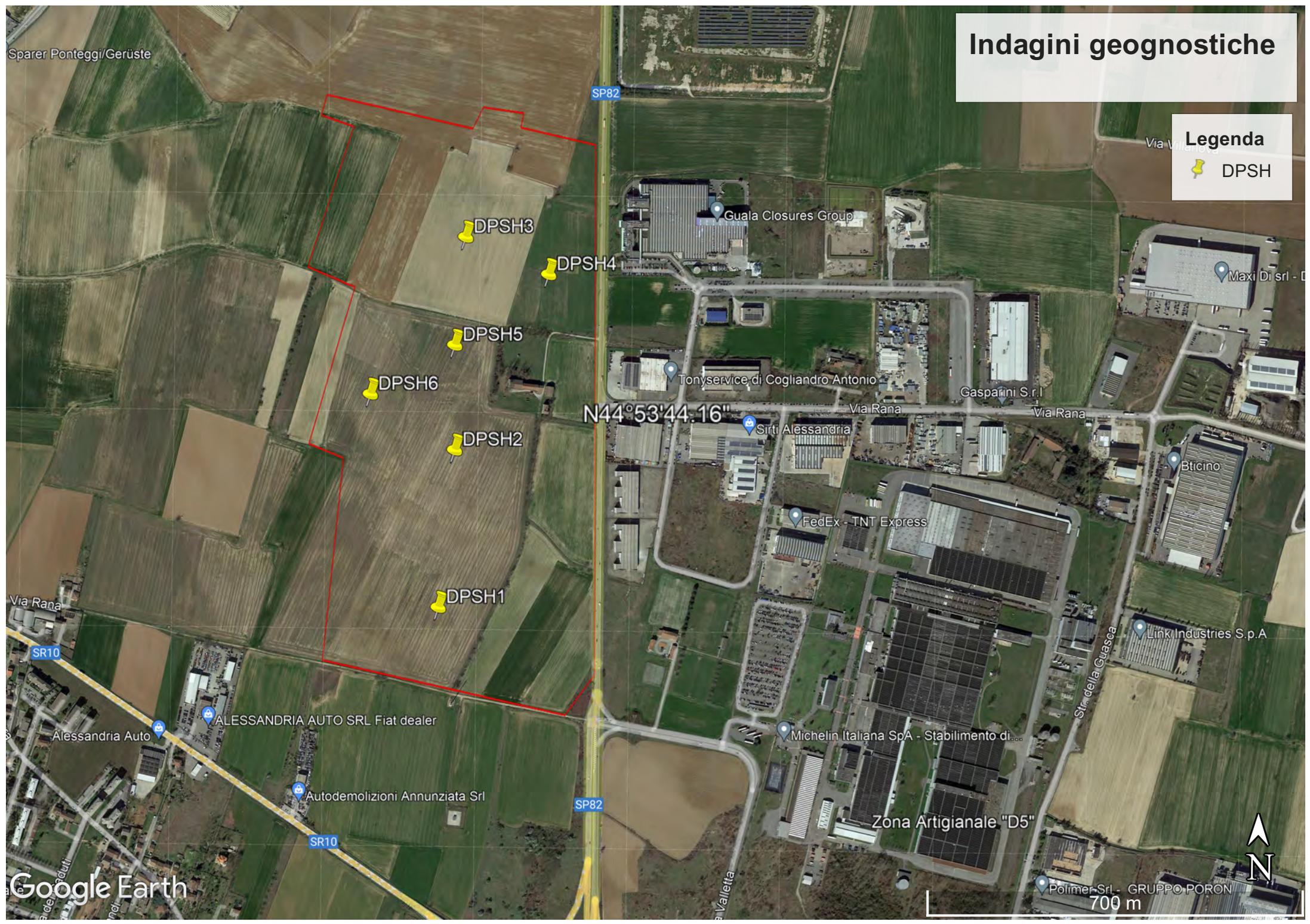
ALLEGATO 1

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners S.r.l. C.so Italia 13, 20122, Milano	COMUNE DI VOGHERA (PV) Area Di Trasformazione ATP 17 - ATP 15 Relazione Geologica NTC 2018	Maggio 2022	57 di 127

Indagini geognostiche

Legenda

 DPSH



Sparer Ponteggi/Gerüste

Via V...

Maxi Di srl - D...

N44°53'44.16"

Via Rana

SR10

ALESSANDRIA AUTO SRL Fiat dealer

Alessandria Auto

Autodemolizioni Annunziata Srl

SP82

SR10

Via Valleretta

Zona Artigianale "D5"

Strada della Guasca



Google Earth

700 m

ALLEGATO 2

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners S.r.l. C.so Italia 13, 20122, Milano	COMUNE DI VOGHERA (PV) Area Di Trasformazione ATP 17 - ATP 15 Relazione Geologica NTC 2018	Maggio 2022	59 di 127

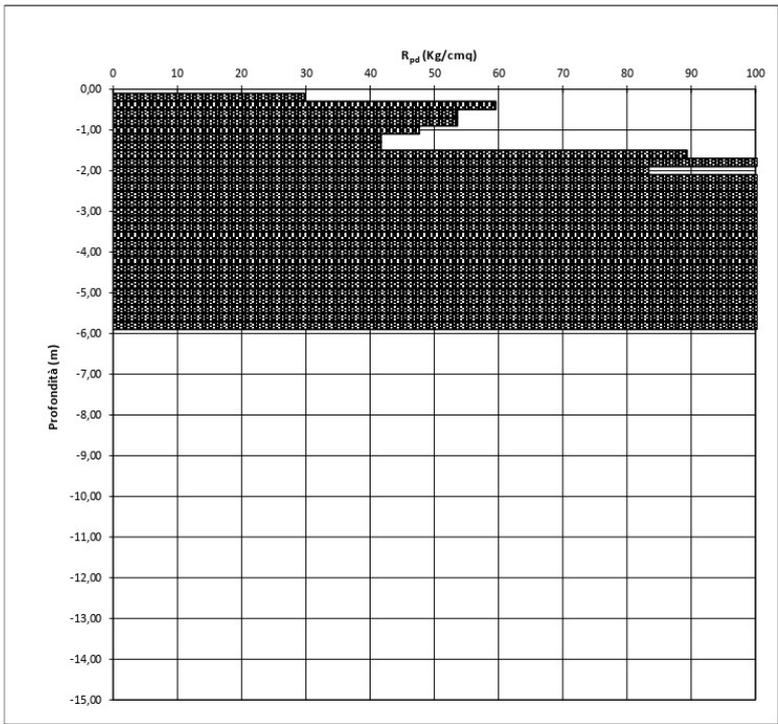
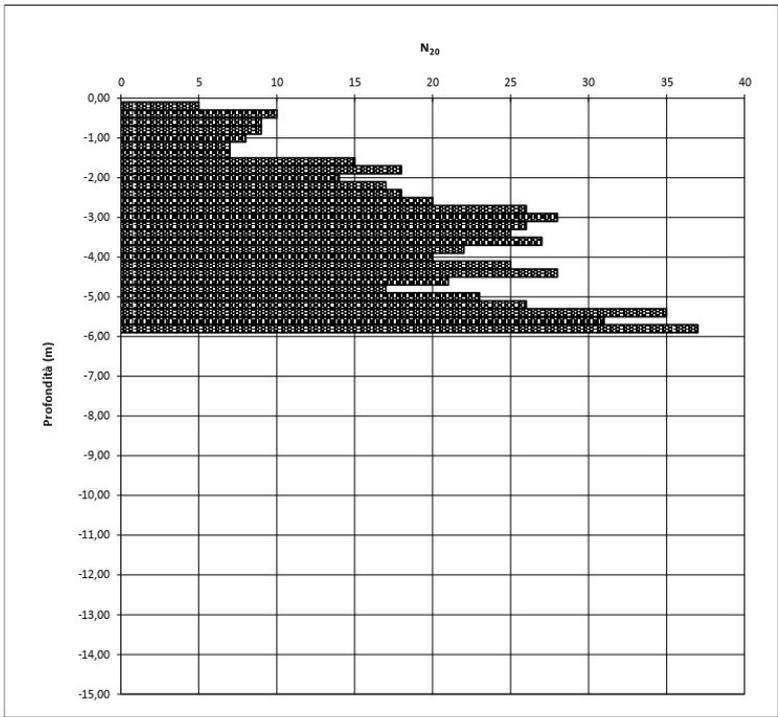
ALLEGATO 1 - GRAFICI PROVE PENETROMETRICHE

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: **13.05.2022**
 Quota inizio: **piano campagna**



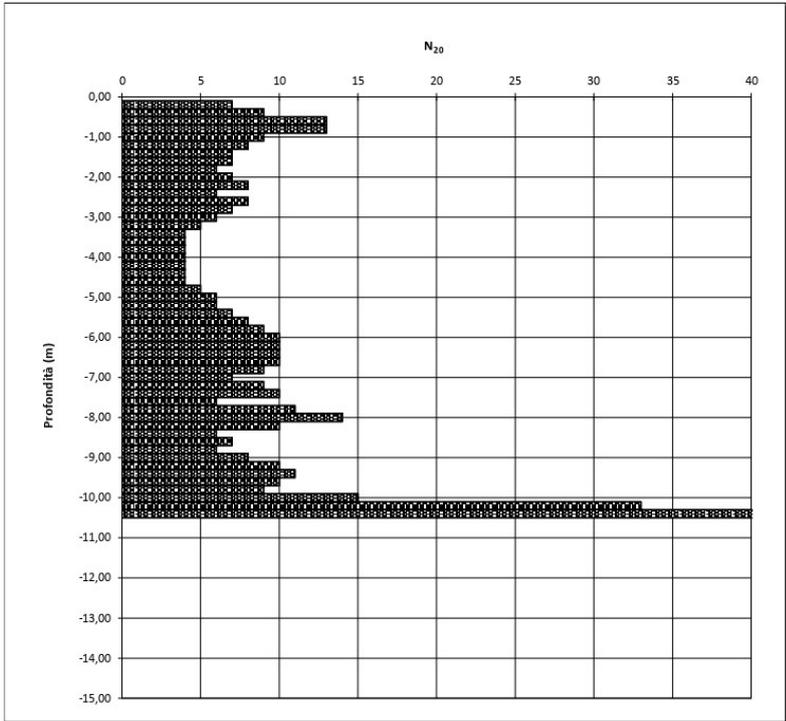
Quota	N ₂₀	R _{pd}	N _{corr}
0,00	0	0	0
-0,20	5	30	7
-0,40	10	60	15
-0,60	9	54	13
-0,80	9	54	13
-1,00	8	48	12
-1,20	7	42	10
-1,40	7	42	10
-1,60	15	89	22
-1,80	18	107	26
-2,00	14	83	21
-2,20	17	101	25
-2,40	18	107	26
-2,60	20	119	29
-2,80	26	155	38
-3,00	28	167	41
-3,20	26	155	38
-3,40	25	149	37
-3,60	27	161	40
-3,80	22	131	32
-4,00	20	119	29
-4,20	25	149	37
-4,40	28	167	41
-4,60	21	125	31
-4,80	17	101	25
-5,00	23	137	34
-5,20	26	155	38
-5,40	35	208	51
-5,60	31	185	46
-5,80	37	220	54
-6,00		RIFIUTO	
-6,20			
-6,40			
-6,60			
-6,80			
-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)

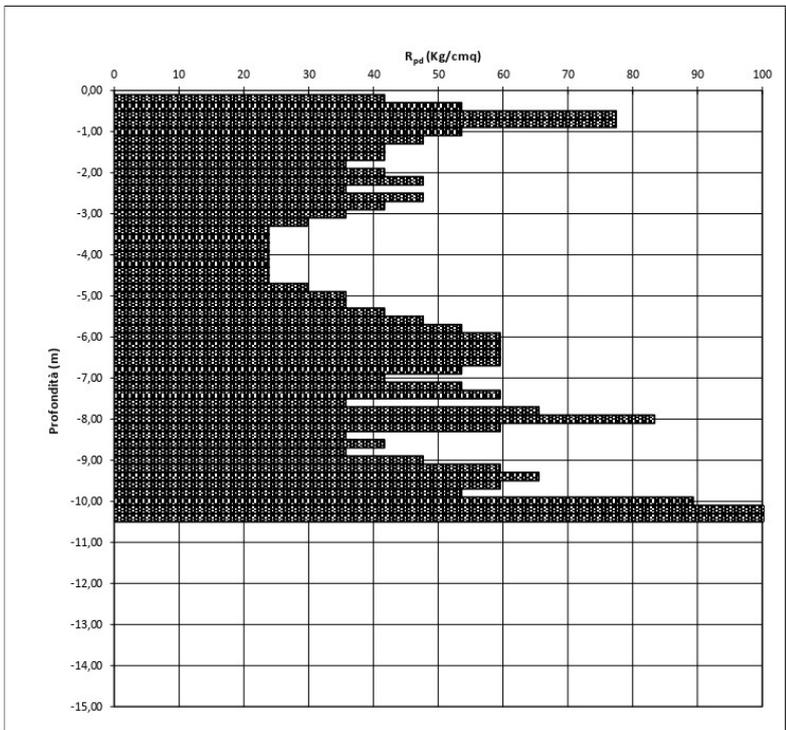
Prova penetrometrica dinamica n. D.P.S.H. 2

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

Data: **13.05.2022**
 Quota inizio: **piano campagna**



Quota	N ₂₀	R _{pd}	N _{corr}
0,00	0	0	0
-0,20	7	42	10
-0,40	9	54	13
-0,60	13	77	19
-0,80	13	77	19
-1,00	9	54	13
-1,20	8	48	12
-1,40	7	42	10
-1,60	7	42	10
-1,80	6	36	9
-2,00	7	42	10
-2,20	8	48	12
-2,40	6	36	9
-2,60	8	48	12
-2,80	7	42	10
-3,00	6	36	9
-3,20	5	30	7
-3,40	4	24	6
-3,60	4	24	6
-3,80	4	24	6
-4,00	4	24	6
-4,20	4	24	6
-4,40	4	24	6
-4,60	4	24	6
-4,80	5	30	7
-5,00	6	36	9
-5,20	6	36	9
-5,40	7	42	10
-5,60	8	48	12
-5,80	9	54	13
-6,00	10	60	15
-6,20	10	60	15
-6,40	10	60	15
-6,60	10	60	15
-6,80	9	54	13
-7,00	7	42	10
-7,20	9	54	13
-7,40	10	60	15
-7,60	6	36	9
-7,80	11	66	16
-8,00	14	83	21
-8,20	10	60	15
-8,40	6	36	9
-8,60	7	42	10
-8,80	6	36	9
-9,00	8	48	12
-9,20	10	60	15
-9,40	11	66	16
-9,60	10	60	15
-9,80	9	54	13
-10,00	15	89	22
-10,20	33	197	49
-10,40	47	280	69



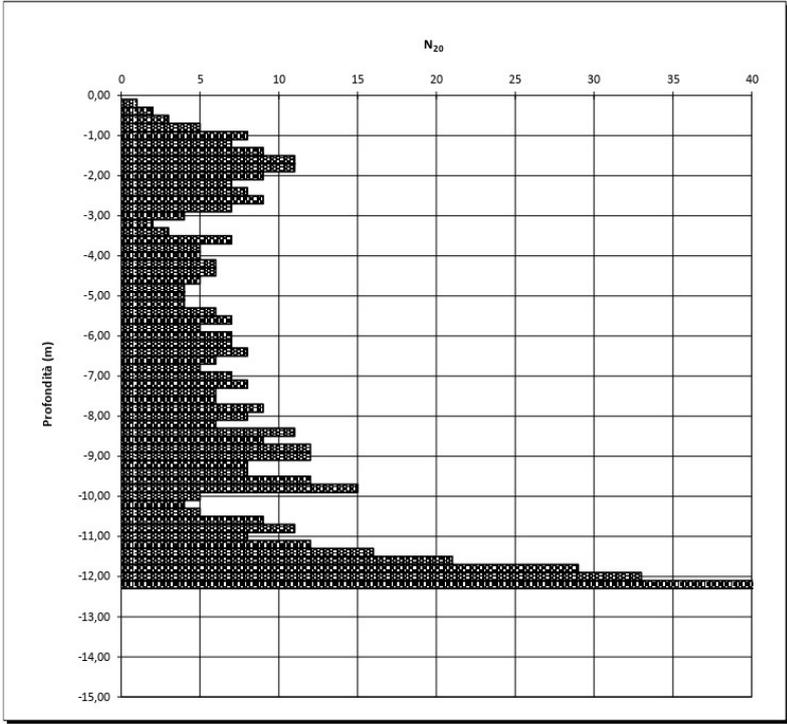
Quota	N ₂₀	R _{pd}	N _{corr}
-10,60			
-10,80			
-11,00			
-11,20			
-11,40			
-11,60			
-11,80			
-12,00			
-12,20			
-12,40			
-12,60			
-12,80			
-13,00			
-13,20			
-13,40			
-13,60			
-13,80			
-14,00			
-14,20			
-14,40			
-14,60			
-14,80			
-15,00			

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

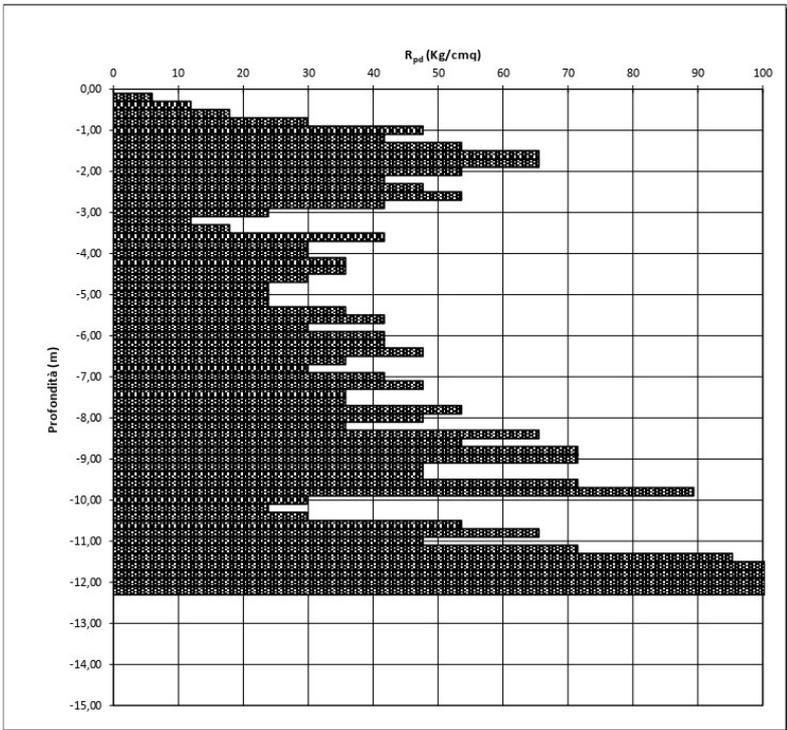
Prova penetrometrica dinamica n. D.P.S.H. 3

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

Data: **13.05.2022**
 Quota inizio: **piano campagna**



Quota	N ₂₀	R _{pd}	N _{corr}
0,00	0	0	0
-0,20	1	6	1
-0,40	2	12	3
-0,60	3	18	4
-0,80	5	30	7
-1,00	8	48	12
-1,20	7	42	10
-1,40	9	54	13
-1,60	11	66	16
-1,80	11	66	16
-2,00	9	54	13
-2,20	7	42	10
-2,40	8	48	12
-2,60	9	54	13
-2,80	7	42	10
-3,00	4	24	6
-3,20	2	12	3
-3,40	3	18	4
-3,60	7	42	10
-3,80	5	30	7
-4,00	5	30	7
-4,20	6	36	9
-4,40	6	36	9
-4,60	5	30	7
-4,80	4	24	6
-5,00	4	24	6
-5,20	4	24	6
-5,40	6	36	9
-5,60	7	42	10
-5,80	5	30	7
-6,00	7	42	10
-6,20	7	42	10
-6,40	8	48	12
-6,60	6	36	9
-6,80	5	30	7
-7,00	7	42	10
-7,20	8	48	12
-7,40	6	36	9
-7,60	6	36	9
-7,80	9	54	13
-8,00	8	48	12
-8,20	6	36	9
-8,40	11	66	16
-8,60	9	54	13
-8,80	12	71	18
-9,00	12	71	18
-9,20	8	48	12
-9,40	8	48	12
-9,60	12	71	18
-9,80	15	89	22
-10,00	5	30	7
-10,20	4	24	6
-10,40	5	30	7
-10,60	9	54	13
-10,80	11	66	16
-11,00	8	48	12
-11,20	12	71	18
-11,40	16	95	24
-11,60	21	125	31
-11,80	29	173	43
-12,00	33	197	49
-12,20	43	256	63
-12,40		RIFIUTO	
-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			

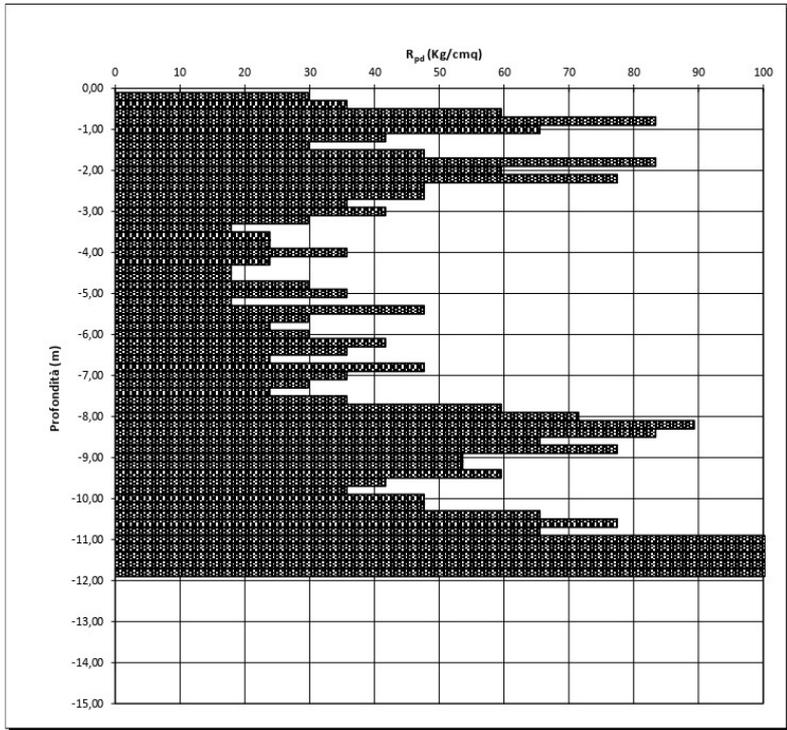
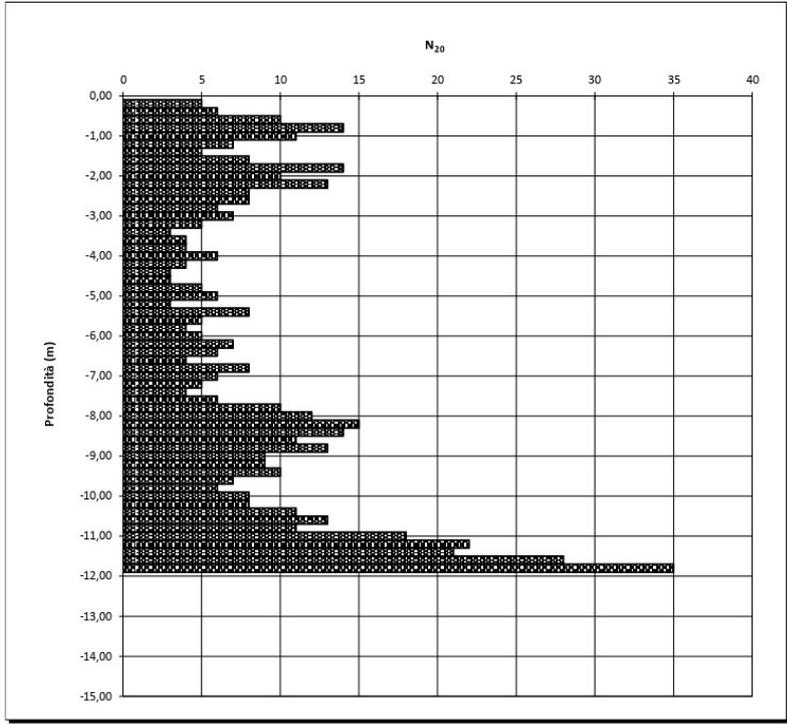


Dott. Marco Sala
GEOLOGO
 GEOLOGIA APPLICATA E AMBIENTALE - GEOTECNICA
 Via Della Maiolica n.4 - 27057 Varzi (PV)

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: **13.05.2022**
 Quota inizio: **piano campagna**



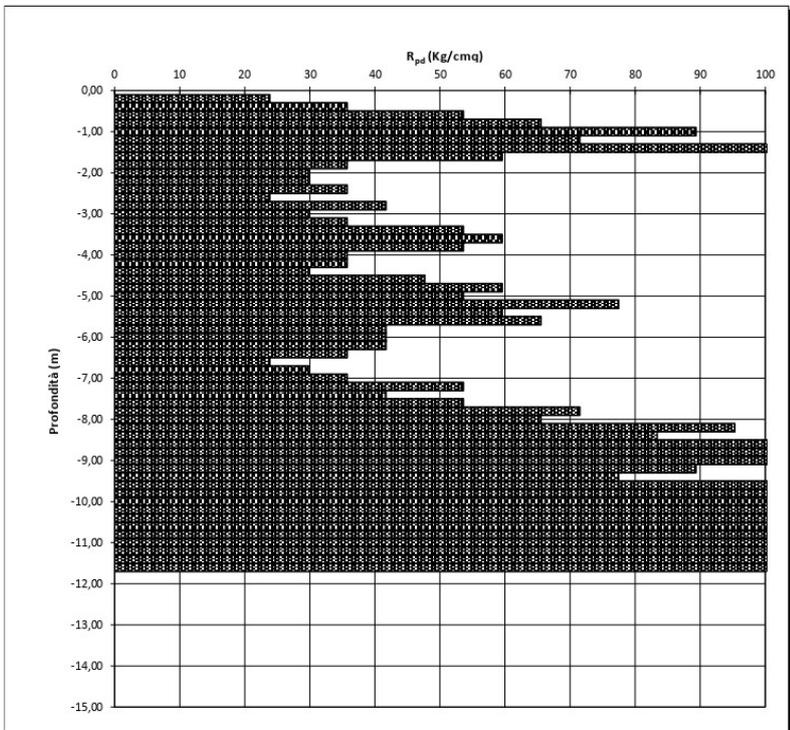
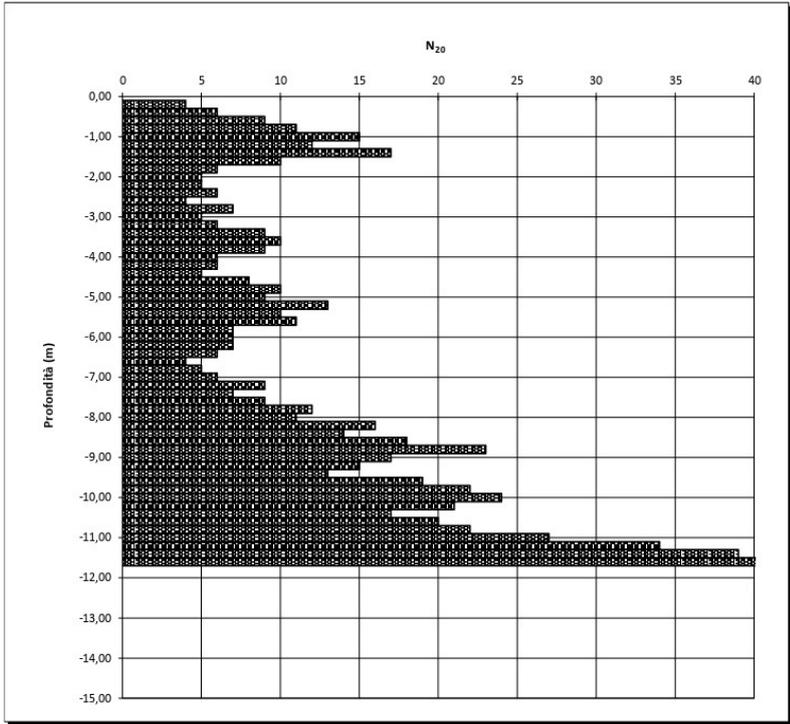
Quota	N ₂₀	R _{pd}	N _{corr}
0,00	0	0	0
-0,20	5	30	7
-0,40	6	36	9
-0,60	10	60	15
-0,80	14	83	21
-1,00	11	66	16
-1,20	7	42	10
-1,40	5	30	7
-1,60	8	48	12
-1,80	14	83	21
-2,00	10	60	15
-2,20	13	77	19
-2,40	8	48	12
-2,60	8	48	12
-2,80	6	36	9
-3,00	7	42	10
-3,20	5	30	7
-3,40	3	18	4
-3,60	4	24	6
-3,80	4	24	6
-4,00	6	36	9
-4,20	4	24	6
-4,40	3	18	4
-4,60	3	18	4
-4,80	5	30	7
-5,00	6	36	9
-5,20	3	18	4
-5,40	8	48	12
-5,60	5	30	7
-5,80	4	24	6
-6,00	5	30	7
-6,20	7	42	10
-6,40	6	36	9
-6,60	4	24	6
-6,80	8	48	12
-7,00	6	36	9
-7,20	5	30	7
-7,40	4	24	6
-7,60	6	36	9
-7,80	10	60	15
-8,00	12	71	18
-8,20	15	89	22
-8,40	14	83	21
-8,60	11	66	16
-8,80	13	77	19
-9,00	9	54	13
-9,20	9	54	13
-9,40	10	60	15
-9,60	7	42	10
-9,80	6	36	9
-10,00	8	48	12
-10,20	8	48	12
-10,40	11	66	16
-10,60	13	77	19
-10,80	11	66	16
-11,00	18	107	26
-11,20	22	131	32
-11,40	21	125	31
-11,60	28	167	41
-11,80	35	208	51
-12,00		RIFUOTO	
-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. 5

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

Data: **13.05.2022**
 Quota inizio: **piano campagna**



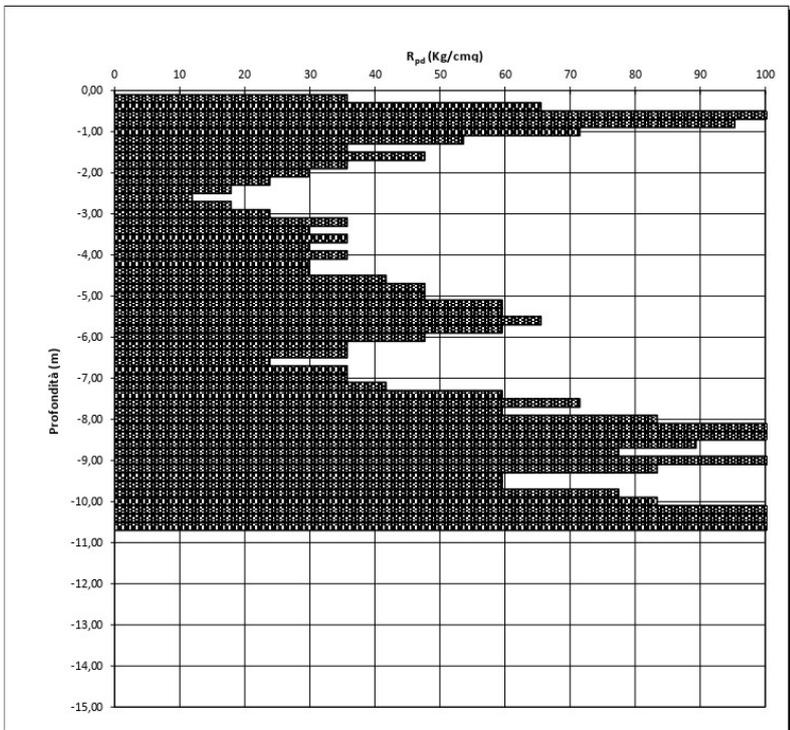
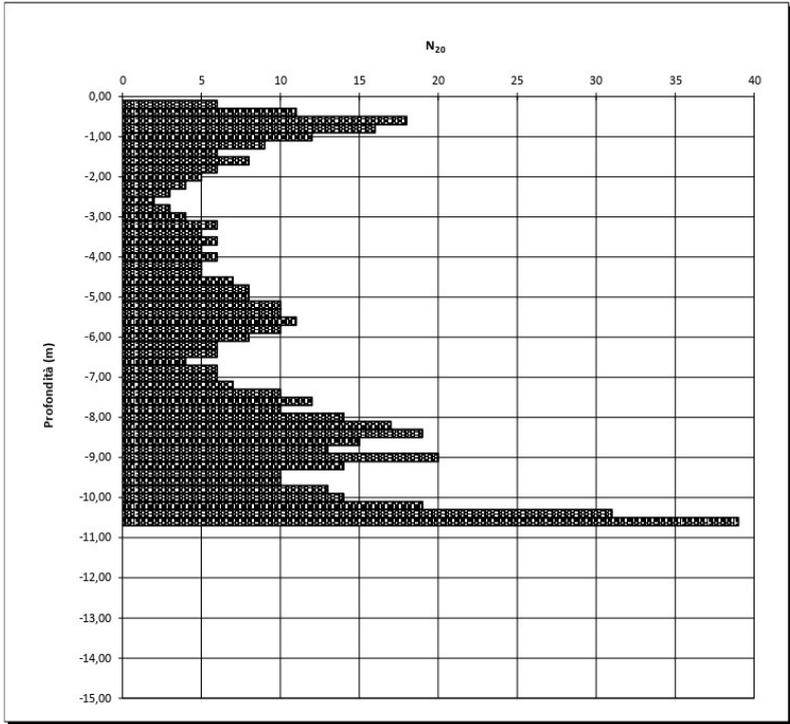
Quota	N ₂₀	R _{pd}	N _{cor}
0,00	0	0	0
-0,20	4	24	6
-0,40	6	36	9
-0,60	9	54	13
-0,80	11	66	16
-1,00	15	89	22
-1,20	12	71	18
-1,40	17	101	25
-1,60	10	60	15
-1,80	6	36	9
-2,00	5	30	7
-2,20	5	30	7
-2,40	6	36	9
-2,60	4	24	6
-2,80	7	42	10
-3,00	5	30	7
-3,20	6	36	9
-3,40	9	54	13
-3,60	10	60	15
-3,80	9	54	13
-4,00	6	36	9
-4,20	6	36	9
-4,40	5	30	7
-4,60	8	48	12
-4,80	10	60	15
-5,00	9	54	13
-5,20	13	77	19
-5,40	10	60	15
-5,60	11	66	16
-5,80	7	42	10
-6,00	7	42	10
-6,20	7	42	10
-6,40	6	36	9
-6,60	4	24	6
-6,80	5	30	7
-7,00	6	36	9
-7,20	9	54	13
-7,40	7	42	10
-7,60	9	54	13
-7,80	12	71	18
-8,00	11	66	16
-8,20	16	95	24
-8,40	14	83	21
-8,60	18	107	26
-8,80	23	137	34
-9,00	17	101	25
-9,20	15	89	22
-9,40	13	77	19
-9,60	19	113	28
-9,80	22	131	32
-10,00	24	143	35
-10,20	21	125	31
-10,40	17	101	25
-10,60	20	119	29
-10,80	22	131	32
-11,00	27	161	40
-11,20	34	209	50
-11,40	39	232	57
-11,60	42	250	62
-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. 6

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

Data: **13.05.2022**
 Quota inizio: **piano campagna**



Quota	N ₂₀	R _{pd}	N _{cor}
0,00	0	0	0
-0,20	6	36	9
-0,40	11	66	16
-0,60	18	107	26
-0,80	16	95	24
-1,00	12	71	18
-1,20	9	54	13
-1,40	6	36	9
-1,60	8	48	12
-1,80	6	36	9
-2,00	5	30	7
-2,20	4	24	6
-2,40	3	18	4
-2,60	2	12	3
-2,80	3	18	4
-3,00	4	24	6
-3,20	6	36	9
-3,40	5	30	7
-3,60	6	36	9
-3,80	5	30	7
-4,00	6	36	9
-4,20	5	30	7
-4,40	5	30	7
-4,60	7	42	10
-4,80	8	48	12
-5,00	8	48	12
-5,20	10	60	15
-5,40	10	60	15
-5,60	11	66	16
-5,80	10	60	15
-6,00	8	48	12
-6,20	6	36	9
-6,40	6	36	9
-6,60	4	24	6
-6,80	6	36	9
-7,00	6	36	9
-7,20	7	42	10
-7,40	10	60	15
-7,60	12	71	18
-7,80	10	60	15
-8,00	14	83	21
-8,20	17	101	25
-8,40	19	113	28
-8,60	15	89	22
-8,80	13	77	19
-9,00	20	119	29
-9,20	14	83	21
-9,40	10	60	15
-9,60	10	60	15
-9,80	13	77	19
-10,00	14	83	21
-10,20	19	113	28
-10,40	31	185	46
-10,60	39	232	57
-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			

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



Stendimento sismico L1



Rilevazione sismica passiva TR1