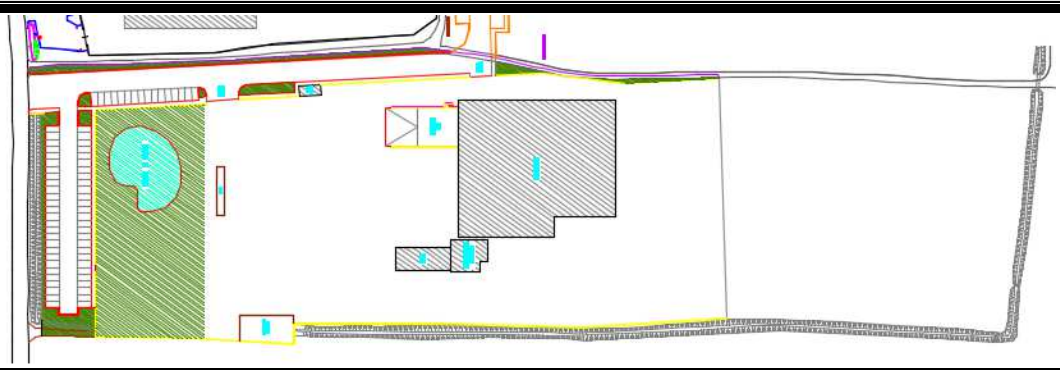
REGIONE LOMBARDIA
PROVINCIA DI BRESCIA
COMUNE DI DELLO

RELAZIONE GEOLOGICA R1+R3
RELAZIONE GEOTECNICA R2



Elaborato

SUAP PER VARIAZIONE URBANISTICA CON REALIZZAZIONE NUOVE STRUTTURE

D.M. 17.01.2018 – DGR 2616/2011 – DGR X/5001

Committente	**Molino Braga srl**
Estensore	**A. & P. sas**

Il presente elaborato è confidenziale e ne è vietata la riproduzione o l'utilizzo da terzi non autorizzati

Informazioni documento

Operazione	**Soggetto**	**Data**
Redatto	A & P sas – Dr. ssa Gallo Samanta	04.03.2026
Approvato	A & P sas – Dr. Aletti Corrado	14.03.2026
File	relazione_suap.docx	
Commessa	2024.01.008	

INDICE

1. Introduzione 3
2. Inquadramento geografico 4
3. Inquadramento geologico e morfologico del territorio 5
3.1. Litostratimetria 7
3.2. Idrogeologia e vulnerabilità naturale 9
4. Sismica 11
4.1. Indagine sismica 13
4.1.1. Tecnica di misurazione e strumentazione 13
4.1.2. Effetti di sito: risposta sismica locale 14
4.1.3. Profilo onde S e classificazione del sottosuolo da NTC 14
4.1.4. Vulnerabilità sismica dell'opera 16
4.1.5. Risultati dell'analisi 17
4.2. Analisi di II livello 19
4.3. Parametri sismici 21
4.4. Stima della magnitudo di riferimento 22
4.5. Verifica alla liquefazione 25
5. Sintesi e Vincoli 28
6. Fattibilità 29
7. Geotecnica 31
7.1. Modello geotecnico 34
8. Terre da scavo 36
9. Indicazioni sull'invarianza 38
10. Conclusioni 40

1. INTRODUZIONE

La presente relazione geologica e geotecnica, redatta per conto della Ditta Molino Braga srl, ha lo scopo di definire il quadro geolitologico, stratigrafico, idrogeologico, sismico e geotecnico delle aree interessate da una nuova espansione produttiva e dalla realizzazione di nuove strutture a servizio della Ditta Committente in Comune di Dello (BS). Gli studi e le indagini conoscitive dei terreni sono stati svolti in ottemperanza a quanto prescritto dalla vigente normativa (D.M. 11/03/1988 - Suppl. n. 127 del 01/06/1988 e relativa Circ. LL.PP. 24/09/1988 n. 30483; D.M. 16/01/1996; D.M. 14/01/2008; Circolare 02/02/09 "Istruzioni per l'applicazione nelle NTC" Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici; Allegato al voto n.36 del 27/07/07 "Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale" Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici; Eurocodice 8 – Parte 5; Eurocodice 7.1 – Parte 1; Eurocodice 7.2 – Parte 2; Eurocodice 7.3 – Parte 3; L.R. 12/2005; D.M 17/01/2018), ai fini della definizione delle pressioni interstiziali, e ai fini sismici. Le relazione è stata redatta ai sensi della DGR 2616/2011 (R3) e ai sensi delle NTC (R1). Allo scopo di determinare le caratteristiche geolitologiche e litotecniche dei terreni sono state effettuate 5 prove penetrometriche statiche (CPT), una prova penetrometrica dinamica (DPSH) e si è fatto riferimento ad indagini penetrometriche pregresse, effettuate per altri edifici aziendali limitrofi. Per quanto riguarda l'indagine sismica di dettaglio in sito è stata effettuata una verifica sismica mediante la tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio). La presente relazione è corredata dai seguenti allegati:

Allegato 1 – Ubicazione indagini

Allegato 2 – Prove penetrometriche

Considerata la tipologia dell'intervento e la situazione al contorno si è ritenuto sufficiente lo studio ed il rilievo delle aree direttamente coinvolte e di un limitato intorno e lo sviluppo in stretta chiave geotecnica. Sono stati consultati gli elaborati della componente geologica del PGT per la valutazione delle problematiche di area vasta.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area in studio è localizzata nel settore settentrionale del territorio comunale di Dello, nell'area industriale posta a nord della Via S. Zenone così come rappresentato in Figura 1.

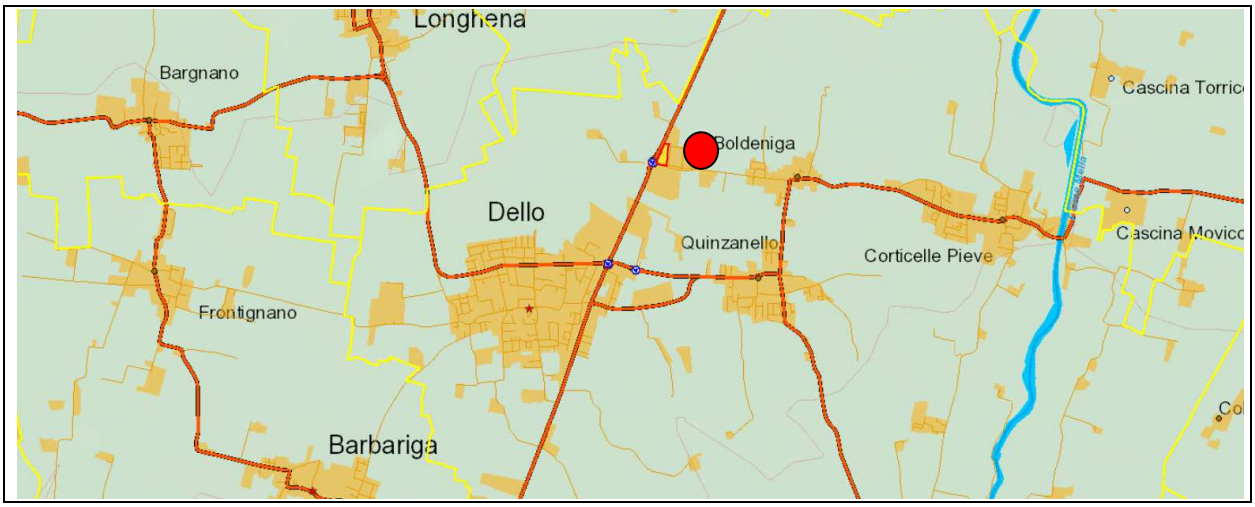


Figura 1 – Ubicazione dell'area in studio

Il progetto prevede una nuova espansione produttiva con conseguente realizzazione di strutture a silos, un capannone, una palazzina uffici etc. come indicato in Figura 2. I mappali interessati sono il 191 e il 193 del foglio 4 del NCTR del Comune di Dello (BS).

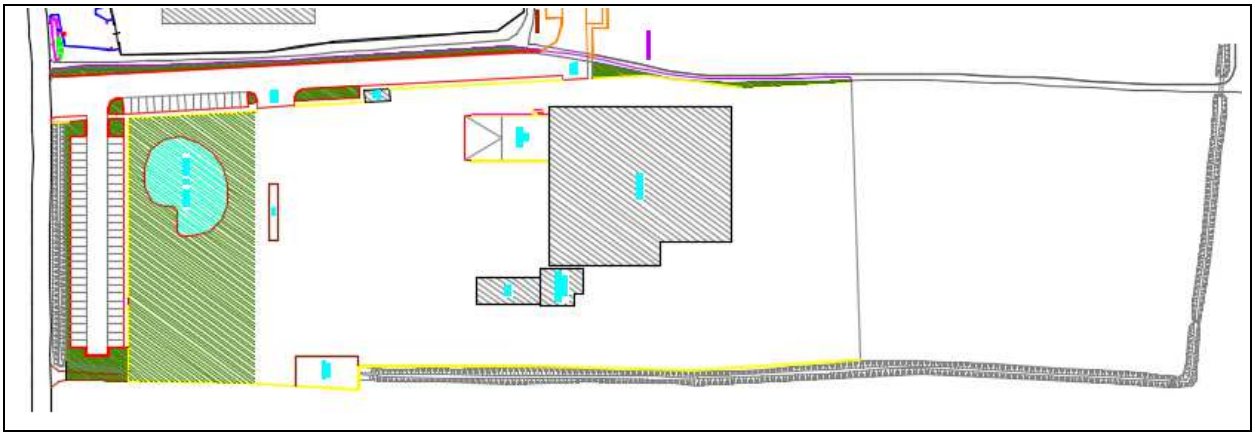


Figura 2 – Planimetria di progetto

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E MORFOLOGICO DEL TERRITORIO

L'assetto geologico dell'area d'intervento è stato determinato durante il Quaternario continentale dagli intensi eventi deposizionali che hanno portato a colmamento il bacino Padano. In particolare, ci si riferisce al Pleistocene e all'Olocene, in cui la nota climatica dominante fu rappresentata da un ripetuto alternarsi di climi caldi e freddi, con una netta tendenza al progressivo raffreddamento, reso evidente con l'avvento delle glaciazioni. I depositi di quest'area sono legati alle dinamiche caratteristiche dell'ambiente fluvioglaciale e fluviale riferibili come età al Wurm (Alluvioni fluviali Wurm – cfr. Figura 3) e costituenti il "***livello fondamentale della pianura"*** (S. Tagliavini e F. Petrucci – Carta Geologica d'Italia Foglio "Brescia").

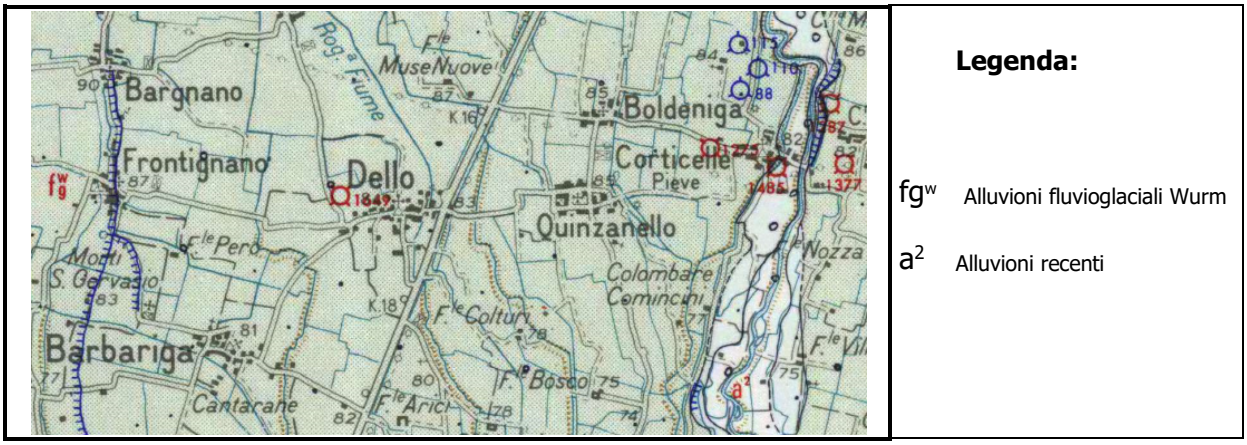


Figura 3 – Stralcio della Carta Geologica d'Italia foglio Brescia

La fase fluviale würmiana ha originato l'ultimo esteso colmamento della pianura nel Pleistocene. La successiva fase erosiva, iniziata nell'Olocene, è responsabile della zona ribassata delimitata da scarpate entro cui oggi scorre il fiume Mella. La geologia profonda (sedimenti pre-quaternari), le cui strutture non condizionano le forme superficiali, è caratterizzata da un'ampia monoclinale che immerge verso Sud, con pendenza decrescente all'aumentare della profondità. La diminuzione della pendenza della monoclinale è localmente favorita dall'intersezione di sedimenti pliocenici, che risultano aver smussato le irregolarità dovute all'antecedente tettonica alpina. Importanti anomalie all'andamento regolare della

monoclinale sono rappresentate dalla dorsale orientata SW-NE ovvero da Orzinuovi a Mazzano. Detta dorsale sepolta è responsabile dell'emergenza dei rilievi di Pievedizio–Monte Netto-Castenedolo-Ciliverghe. Dal punto di vista litologico, in superficie dominano le sabbie accompagnate da frazioni fini prevalentemente limose e da giaietto spostandosi in profondità (Figura 4).

Figura 4 –Carta della litologia di superficie (arancione = sabbie con limo; blu = sabbie e ghiaie)

L'attuale assetto del territorio è correlato ai processi legati all'azione delle acque superficiali prevalentemente incanalate ovvero all'azione di erosione, deposito e trasporto dei corsi d'acqua, variamente influenzati dalle oscillazioni climatiche e dalla tettonica. Morfologicamente l'area risulta pianeggiante, posta sul livello fondamentale della pianura alla quota indicativa di 88.00/89.00 m.s.m. con cadente topografica verso S e gradiente nell'ordine dello 0.2 %. L'area si presenta a quote leggermente diverse secondo la suddivisione catastale, resa evidente da un modesto salto morfologico lungo il canale che divide i due mappali secondo la direzione E – W. La differenza di quota si accentua in direzione ovest. L'idrografia principale è rappresentata dalla rete irrigua e scolante fitta e ben articolata seguendo un percorso corrispondente alle necessità di colo e irrigazione. La roggia più prossima è la Roggia Quinzanella che scorre a circa 110 metri in direzione est. I canali principali sono stati catalogati dallo studio del reticolo idrico minore a cui si rimanda per ogni dettaglio. Dal punto di vista idraulico l'area risulta esterna alle fasce fluviali definite dal Piano PAI, ovvero le aree inondate durante periodi di piena con tempi di ritorno differenti, e alle zone allagabili

cartografate dal PGRA della Regione Lombardia (Figura 6). Visto l'attuale assetto geoclimatico non sono stati rilevati forme o processi geomorfologici attivi.

Figura 5 – Stralcio della tavola del RIM

Figura 6 – Direttiva alluvioni 2007/60/CE – Revisione 2022

3.1. Litostratimetria

La litostratimetria dell'area indagata è stata desunta da studi effettuati nella zona, e dalle interpretazioni delle prove penetrometriche. L'assetto stratigrafico si configura conforme all'ambiente ed all'evoluzione deposizionale a cui è andata soggetta l'area, fortemente condizionata dalla dinamica fluvioglaciale e fluviale legata ad ambienti ad alta energia, con significative variazioni d'alveo e ad elevata competenza. Le prove sono correlabili anche se con variazioni locali dovute a passaggi litologici tipici della sedimentazione fluviale (chiusura di barre, riempimenti di canali abbandonati etc). In linea generale si assiste ad una fitta

stratificazione dei depositi con granulometrie via via maggiori procedendo in profondità (Figura 7).

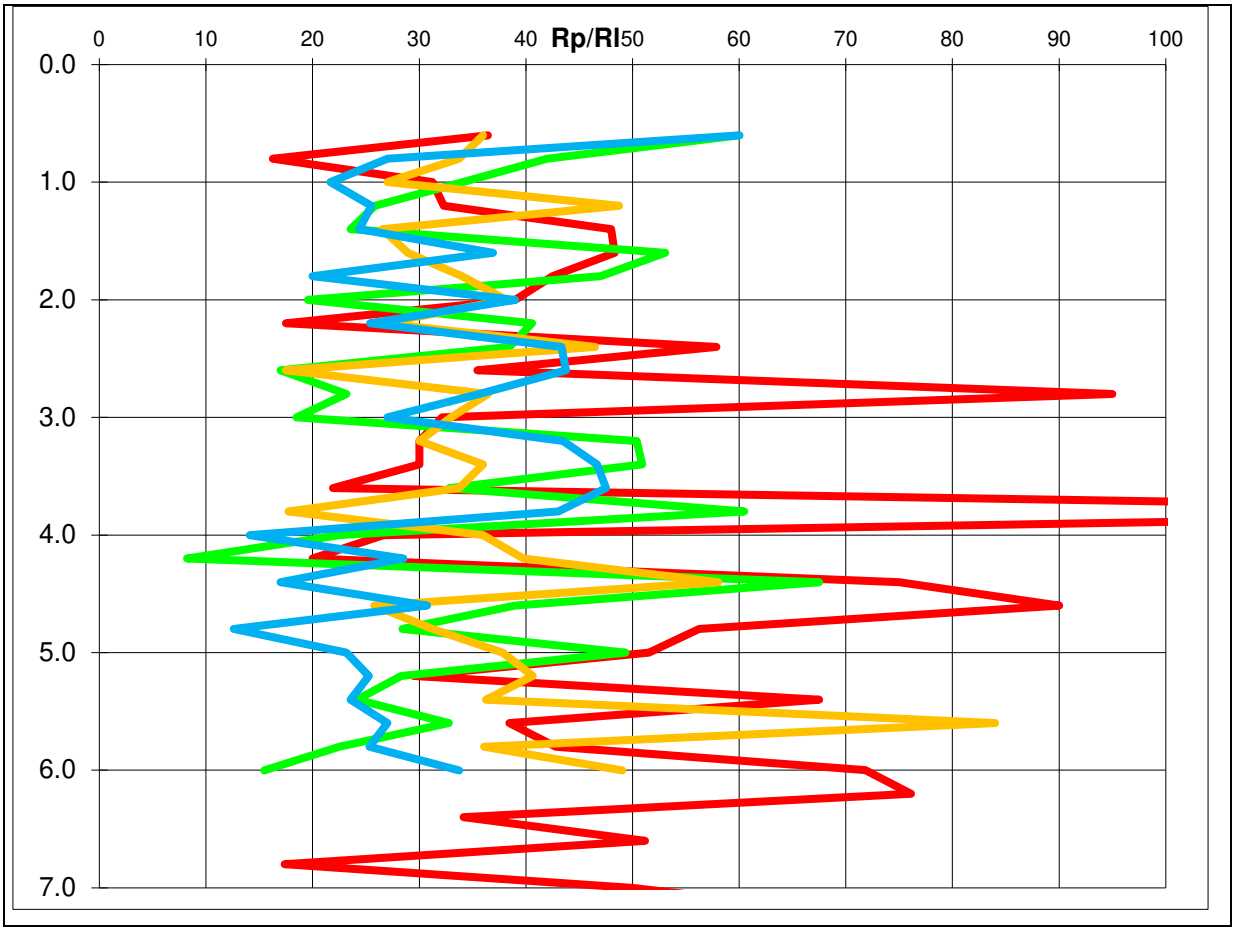


Figura 7 – Diagrammi prove CPT

Al di sotto di una copertura di circa 3.00 m dove prevalgono i termini granulari, per lo più sabbie e sabbie limose, si rinviene un livello costituito da termini fini, presumibilmente limi prevalenti, di spessore inferiore al metro. Seguono sino alle massime profondità raggiunte depositi granulari grossolani, prima sabbie e poi ghiaie. Questi depositi si mantengono costanti sino ad almeno 20 m da p.c. come documentato nelle prove penetrometriche dinamiche eseguite dal Dr. Fasser nel 2000 (Figura 8) nel lotto limitrofo dell'attuale stabilimento Molino Braga. All'interno del livello ghiaioso sono presenti lenti ad addensamento minore riconducibili a granulometria più minute che tuttavia non modificano il comportamento dell'ammasso. Ovviamente sono presenti differenze locali nello spessore dei diversi strati che hanno risvolti

non trascurabili ai fini geotecnici.

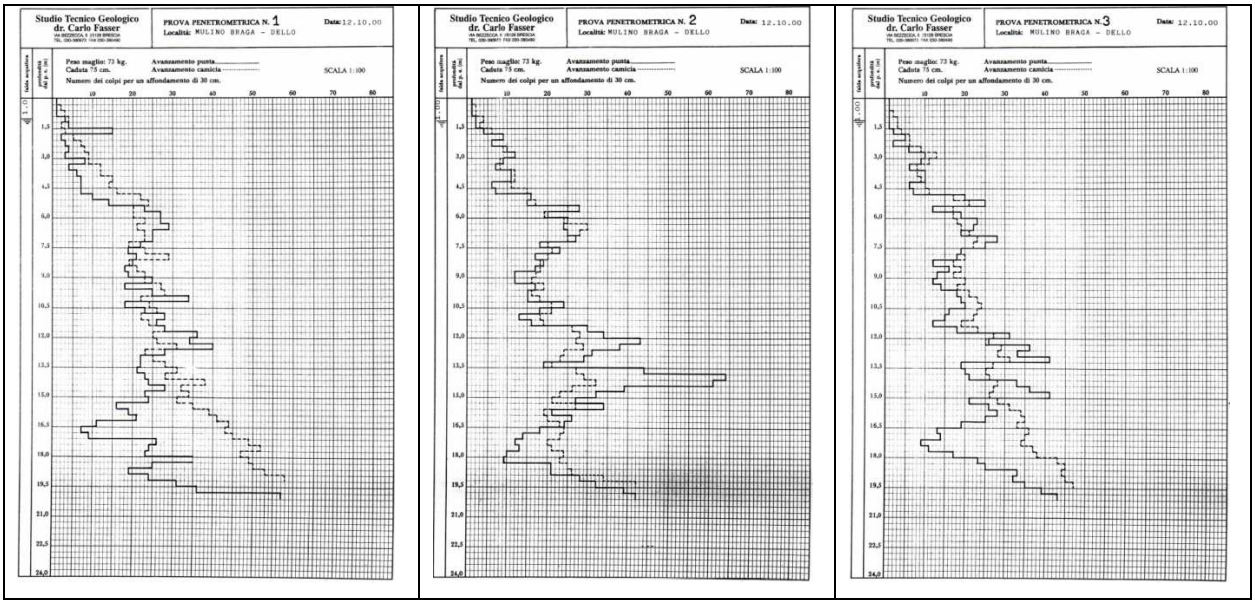


Figura 8 – Diagrammi prove DPSH

La superficie freatica è stata individuata a quote variabili tra 3.30 e 3.70 m da p.c. attuale nel Gennaio 2022 in occasione della campagna geognostica. La situazione trova coerenza con i dati contenuti nella cartografia tematica del PGT, dove si indica l'area appartenente alla classe di soggiacenza 2-5 metri (Figura 9).

Figura 9 – Stralcio della carta idrogeologica da PGT

3.2. Idrogeologia e vulnerabilità naturale

Le informazioni stratigrafiche rilevate in campo e gli studi eseguiti nell'area e nel suo contorno, permettono di definire con sufficiente precisione le caratteristiche idrogeologiche sia generali che locali. I depositi che caratterizzano il territorio indagato sono caratterizzati

prevalentemente da sabbie con intercalazioni limose, generalmente in subordine, e ghiaietto e per tale motivo possono essere considerati depositi a buona permeabilità. In considerazione della finalità dell'indagine è stato valutato il rischio di inquinamento delle acque sotterranee. La sede del primo acquifero è da ricondurre a strati prevalentemente sabbiosi e ghiaiosi presenti in profondità. Per i fattori sopra illustrati si ritiene di attribuire un grado di vulnerabilità elevato, riferito alla falda superficiale, valutato secondo la metodologia proposta dal GNDCI-CNR, come rappresentato in Figura 10.

Grado di vulnerabilità	Litologia di superficie	Profondità del tetto delle ghiaie	Caratteristiche dell'acquifero
Basso	Argilla	> 10 m	confinata/libera
	Limo	> 10 m	confinata
Medio	Argilla	< 10 m	confinata/libera
	Limo	< 10 m	confinata
	Limo	> 10 m	libera
	Sabbia/ghiaia	> 10 m	confinata
Alto	Limo	< 10 m	libera
	Sabbia	> 10 m	libera
	Sabbia	< 10 m	confinata
	Ghiaia	< 10 m	confinata
Elevato	Sabbia	< 10 m	libera
	Ghiaia	>10m – <10m	libera
Estremamente Elevato	Ghiaia	0 m	alveo

Figura 10 – Tabella per la valutazione della vulnerabilità idrogeologica (GNDCI-CNR)

4. SISMICA

La verifica del rischio sismico si è resa altresì necessaria in merito alla recente adozione, con Ordinanza del Presidente del Consiglio in data 20 marzo 2003, pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n° 105 del 08 maggio 2003, dei criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e delle normative tecniche per le costruzioni in zona sismica, così come modificata dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio n° 3316. Secondo tale ordinanza, in prima applicazione, ovvero sino alle deliberazioni delle Regioni, le zone sismiche sono individuate sulla base del documento "Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale" elaborato dal Gruppo di Lavoro costituito dal Servizio Sismico Nazionale, in base alla risoluzione approvata dalla Commissione Nazionale di Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi nella seduta del 23 aprile 1997.

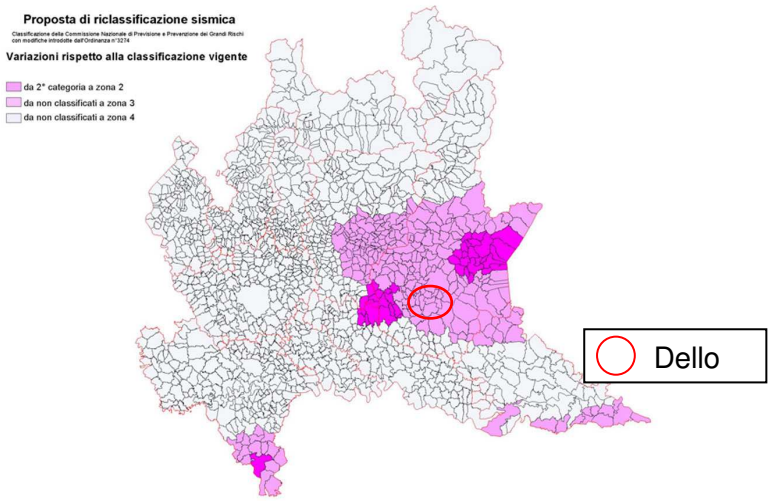


Figura 11 - Proposta di riclassificazione sismica 2003

L'entrata in vigore di tale ordinanza è stata più volte prorogata sino al 23 ottobre 2005, quando con l'entrata in vigore delle "Norme tecniche per le costruzioni" il grado di sismicità è stato riconfermato, così come modificato dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio n° 3316 e n° 3431. La classificazione proposta ordina il territorio comunale di Dello (codice ISTAT 03017066) come ricadente nella zona 3 (cfr. Figura 11) a cui corrisponde un'accelerazione orizzontale compresa tra 0,05 e 0,15 a_g/g con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni. **La riclassificazione della Regione Lombardia (Delibera Giunta Regionale 11 luglio**

2014 n. X/2129) in vigore dal 11.10.2014 e quindi prorogata al 10.04.2016 ha riconfermato, per il comune di Dello, la classe 3 (Figura 12**).** In riferimento alla pericolosità sismica locale (studio di I livello da PGT), l'area ricade nella classe Z4a, ovvero *Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi* e quindi classe di pericolosità sismica H2 conseguente a possibili amplificazioni sismiche dovute alla litologia (Figura 13).

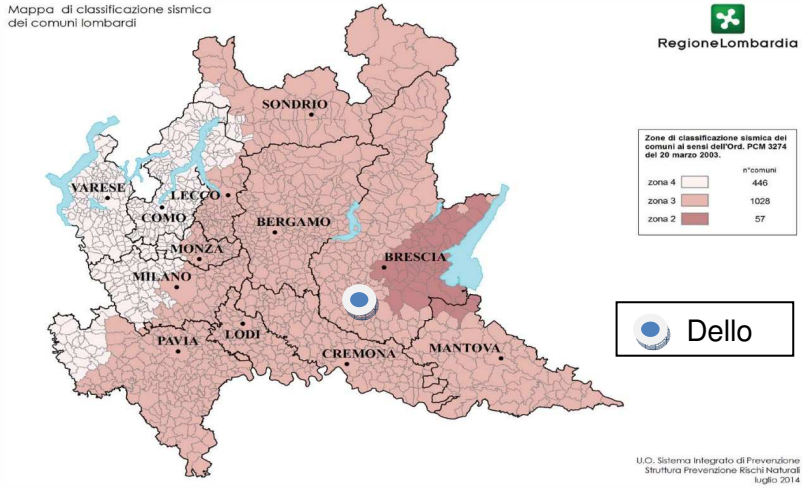


Figura 12 - Riclassificazione sismica 2014

Dagli approfondimenti eseguiti si escludono amplificazioni morfologiche, pertanto si assegna la classe topografica T1. Di seguito è riportata l'analisi sismica di dettaglio condotta in sito mediante la tecnica HVSR e la relativa analisi di II livello per la stima dei fattori di amplificazione litologica obbligatoria per lo scenario di pericolosità sismica locale Z4.

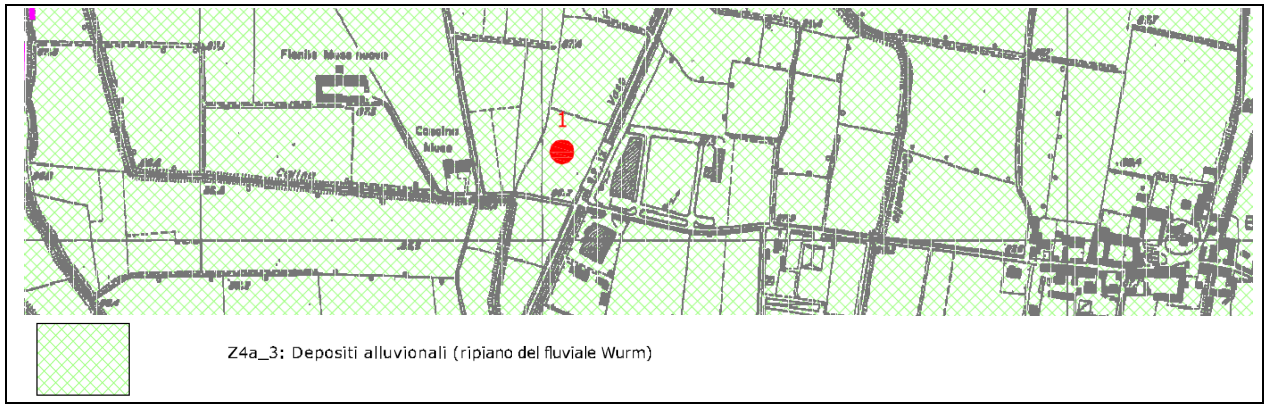


Figura 13- Stralcio della Carta della pericolosità sismica locale (da PGT)

4.1. Indagine sismica

4.1.1. Tecnica di misurazione e strumentazione

La tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) consiste nel misurare direttamente, sfruttando il rumore di fondo ambientale (microtremori), le frequenze di risonanza degli edifici e dei terreni costituenti il sottosuolo, allo scopo di stimare gli effetti di sito e la vulnerabilità sismica dell'opera. Per rumore ambientale di fondo s'intende l'insieme delle vibrazioni che si propagano nel terreno dovute sia a fenomeni naturali, moto ondoso, perturbazioni atmosferiche, ecc., sia all'azione antropica, traffico veicolare, macchinari, ecc.. Si è riconosciuto, a partire dagli anni settanta, che i microtremori tendono a eccitare le frequenze naturali di oscillazione dei terreni, permettendone l'individuazione. In pratica ciò che viene misurato sono, in certo intervallo di frequenze, solitamente 0.1-100 Hz, le velocità dei microtremori lungo il piano orizzontale e verticale (H e V) e il rapporto fra le due componenti (H/V). I valori di massimo locale (picchi positivi) di H/V ai quali corrispondono minimi locali di V individuano le frequenze di risonanza degli strati di terreno lungo la verticale di misura. Più elevato è il valore del rapporto H/V maggiore è il contrasto di impedenza sismica e quindi la variazione di velocità delle onde S fra livelli stratigrafici contigui. La tecnica HVSR richiede l'utilizzo di un tromografo digitale, cioè di un sismometro a stazione singola in grado di registrare i microtremori lungo le due direzioni orizzontali (X, Y) e lungo quella verticale (Z), in un ampio intervallo di frequenze (0.1-100 Hz) e per una durata sufficientemente lunga (mediamente 10-20 minuti). Il moto indotto nel terreno viene misurato in termini di velocità attraverso tre velocimetri, uno per ogni direzione di misura (X, Y e Z), secondo il passo di campionamento impostato dall'operatore. Le misure registrate vengono poi elaborate e restituite graficamente in forma di spettri H/V (rapporto H/V in funzione della frequenza, dove H è la media delle misure lungo X e Y) e spettri V (componente verticale del moto in funzione della frequenza). Attraverso la tecnica HVSR è possibile:

- valutare in maniera quantitativa gli effetti di sito (risposta sismica locale e liquefazione);
- ricavare il profilo delle velocità delle onde S con la profondità e calcolare il parametro V_{seq};

- analizzare la vulnerabilità sismica degli edifici, esistenti o in progetto.

4.1.2. Effetti di sito: risposta sismica locale

Le onde di taglio (S) sono le principali responsabili delle lesioni che subiscono gli edifici durante un evento sismico. Infatti, mentre le onde di compressione (P) agiscono sulle sovrastrutture in direzione prevalentemente verticale (moto sussultorio), le onde S sollecitano le stesse con forze di taglio lungo il piano orizzontale (moto ondulatorio), dove gli elementi strutturali sono più vulnerabili. Nelle analisi di pericolosità sismica è quindi fondamentale esaminare in dettaglio in che modo le onde S si propagano. E' infatti ampiamente dimostrato che questo tipo di oscillazione durante il percorso verso la superficie può subire un'azione di filtraggio che tende a ridistribuire l'energia associata al treno d'onda, concentrandola in determinate frequenze, corrispondenti alle frequenze naturali di vibrazione dei terreni attraversati. L'effetto finale è quello di amplificare le onde S che andranno a sollecitare l'opera. Questo fenomeno può essere dovuto sia a particolarità topografiche del sito (amplificazione topografica), come valli sepolte o zone di cresta o di versante in pendii naturali o artificiali, sia a variazioni brusche nelle caratteristiche meccaniche dei terreni attraversati lungo la verticale (amplificazione stratigrafica). Lermo e Chavez-Garcia (1993), basandosi sul lavoro di Nakamura (1989), suggeriscono che lo spettro H/V possa essere visto, a tutti gli effetti, come rappresentativo della funzione di trasferimento del moto sismico dal bedrock alla superficie. Secondo questi Autori quindi le ampiezze dei picchi stratigrafici nello spettro H/V possono essere interpretate direttamente come fattori di amplificazione del moto sismico, almeno per quanto riguarda la componente stratigrafica.

4.1.3. Profilo onde S e classificazione del sottosuolo da NTC

Il D.M. 14.01.2008 (riconfermato dal D.M. 17.01.2018) propone come riferimento di calcolo dell'amplificazione sismica locale, in particolare della componente stratigrafica, un metodo semplificato basato sulla stima del parametro V_{seq}. Per V_{seq} s'intende la media pesata

delle velocità delle onde S negli strati di copertura fino alla H in cui giace il bedrock, caratterizzato da Vs>800 m/s, calcolata secondo la relazione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

dove H viene posto uguale a 30 metri nel caso in cui il bedrock si trovi a una profondità superiore. Sulla base del valore calcolato di V_{seq} vengono identificate 5 classi, A, B, C, D ed E alle quali corrispondono un differente spettro di risposta elastico. Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è il seguente:

CATEGORIE DI SOTTOSUOLO			
Categoria sottosuolo	**Descrizione**	**Spessore (m)**	**Vs (m/s)**
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.	Qualsiasi	≥ 800
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.	> 30 m	≥360 ≤800
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.	> 30 m	≥180 ≤360
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.	> 30 m	< 180
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.	Fino a 30 m	≈ C e D

Una valutazione del parametro V_{seq} può essere condotta attraverso l'inversione vincolata dello spettro H/V ricavata con il velocimetro triassiale. In pratica viene utilizzata la relazione che lega la frequenza di risonanza del terreno (f) alla velocità delle onde S nel terreno stesso (Vs):

$$f(Hz) = \frac{Vs}{4h}$$

dove *h* è la profondità della base dello strato. Nota la profondità di un singolo livello stratigrafico, solitamente il primo, è possibile procedere all'inversione dello spettro H/V, modellando la curva sintetica in modo da ottenere la sovrapposizione con quella misurata. Normalmente i picchi alle alte frequenze (>10 Hz) segnalano la presenza di passaggi

stratigrafici molto superficiali, quelli alle basse frequenze (<1 Hz) variazioni stratigrafiche profonde. Poiché le inversioni di velocità, cioè il passaggio andando in profondità da livelli veloci a livelli meno veloci, non da origine a picchi nello spettro H/V, queste non possono essere rilevate direttamente. Un indizio della presenza di inversioni di velocità può essere fornito però, indirettamente, dall'andamento dello spettro H/V: ampi intervalli di frequenza in cui costantemente il rapporto H/V si mantiene minore di uno sono spesso associabili a variazioni negative delle velocità con la profondità. Si tenga presente infine che in realtà i microtremori sono costituiti in parte da onde di superficie e non solo quindi da onde di taglio, ma poiché le velocità dei due tipi di oscillazione sono confrontabili la procedura descritta può essere impiegata senza introdurre errori significativi. Si tenga presente infine che in realtà i microtremori sono costituiti in parte da onde di superficie e non solo quindi da onde di taglio, ma poiché le velocità dei due tipi di oscillazione sono confrontabili la procedura descritta può essere impiegata senza introdurre errori significativi.

4.1.4. Vulnerabilità sismica dell'opera

Per vulnerabilità sismica s'intende la suscettibilità di un'opera a subire lesioni in seguito alle sollecitazioni indotte dal sisma. E' stato dimostrato che la vulnerabilità agli eventi sismici di un edificio di edificazione relativamente recente è solo marginalmente collegabile alle modalità costruttive dello stesso. Molto più gravoso è l'effetto dell'amplificazione sismica locale, che tende a aumentare in maniera importante l'intensità delle forze sismiche agenti sulla struttura. In particolare se la frequenza di risonanza dell'edificio è confrontabile con quella dei terreni di fondazione si verifica il fenomeno della risonanza accoppiata che comporta un'amplificazione delle sollecitazioni sismiche sull'opera. Nel caso di edifici in fase di progettazione o di realizzazione la frequenza di risonanza fondamentale dell'opera può essere valutata con formule semplificate, quale quella indicata nel D.M. 14.01.2008:

$$fs = \frac{1}{C_1 Z^{\frac{3}{4}}}$$

in cui C_1 è un fattore che dipende dalla tipologia costruttiva.

Tipologia	C_1
Costruzioni con struttura a telaio in acciaio	0,085
Costruzioni con struttura a telaio in calcestruzzo armato	0,075
Costruzioni con qualsiasi altro tipo di struttura	0,050

La relazione è valida per edifici con Z non superiore ai 40 metri e massa distribuita, approssimativamente, in maniera uniforme lungo l'altezza. Negli edifici esistenti il valore della frequenza fondamentale di risonanza può essere invece misurato direttamente con il tromografo digitale. In questo caso è necessario misurare il rapporto H_i/H_0, dove H_0 è lo spettro della componente orizzontale, lungo X o Y, riferita al piano terra e H_i la stessa componente misurata al piano i-esimo. Nella pratica spesso si eseguono solo due misure, ubicate lungo la stessa verticale, una al piano terra e una all'ultimo piano dell'edificio. Il picco positivo massimo dello spettro H_i/H_0 indica direttamente la frequenza di risonanza fondamentale della struttura.

4.1.5. Risultati dell'analisi

Si riportano di seguito in Figura 14 gli spettri H/V e V registrati nel sito in esame. Nello spettro H/V sono stati individuati i picchi positivi che corrispondono ad altrettanti minimi locali nello spettro V (Up-Down component in legenda), fatto questo che consente di riconoscere le frequenze associate ai picchi H/V come frequenze di risonanza del terreno.

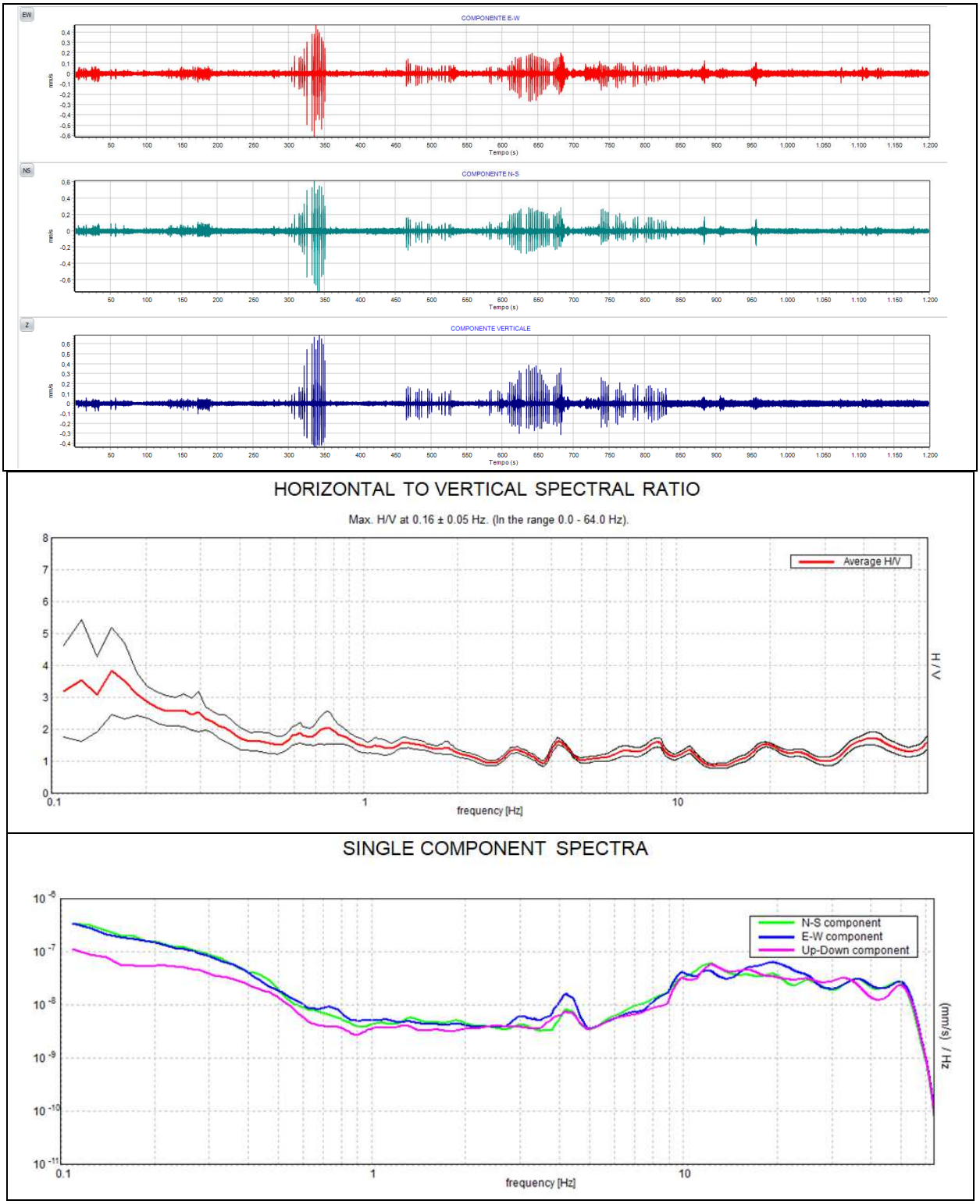


Figura 14 – Andamento degli spettri

La curva H/V sintetica è stata modellata in modo da sovrapporsi ai picchi stratigrafici misurati (Figura 15).

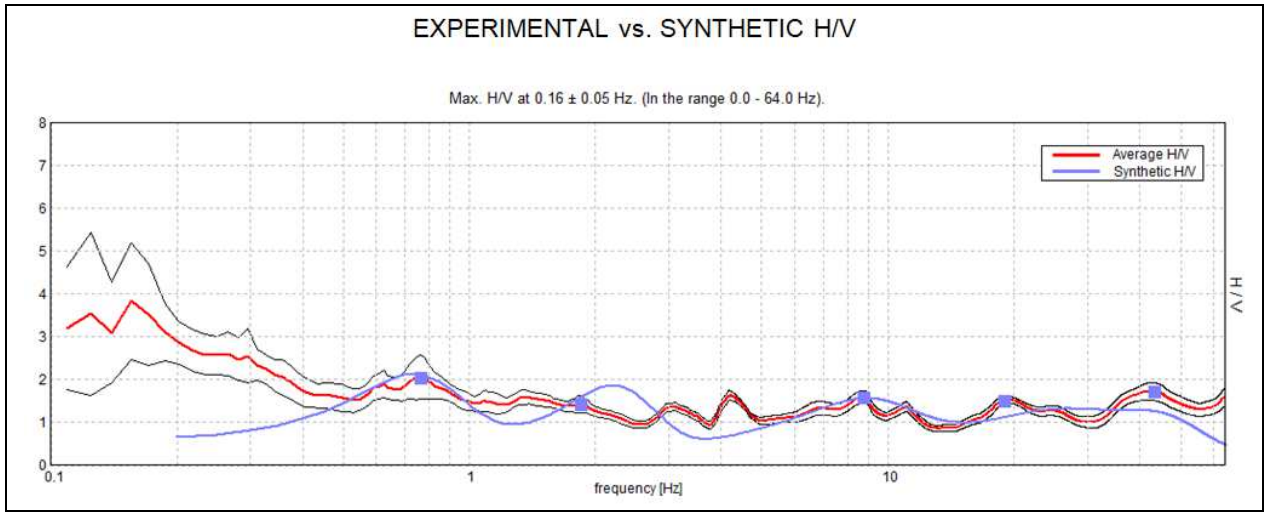


Figura 15 – Andamento della frequenza caratteristica

L'inversione ha consentito di ricavare il profilo delle velocità delle onde S in funzione della profondità.

Profondità da (m)	a (m)	z (m)	Vs (m/s)	Inversioni di velocità
0.00	0.60	0.60	104	-
0.60	2.40	1.80	192	-
2.40	7.40	5.00	252	-
7.40	42.40	35.00	357	-
Oltre 42.40			625	-

Il valore di Vseq calcolato da piano campagna è risultato uguale a 305 m/s, che pone il sito nella categoria di sottosuolo C secondo D.M. 17.01.2018. La frequenza fondamentale del sito è risultata pari a 0.77 Hz.

4.2. Analisi di II livello

La procedura permette la caratterizzazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi e la verifica dei valori proposti dalla normativa nazionale. A tale scopo verrà stimato il valore del Fattore di amplificazione (*Fa*) e confrontato con quello proposto dalla Regione Lombardia. Il valore di *Fa* si riferisce agli intervalli di periodo tra 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s: i due intervalli di periodo nei quali viene calcolato il valore di *Fa* sono stati scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale; in particolare l'intervallo tra 0.1-0.5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e

piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0.5-1.5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili. Si possono presentare quindi due situazioni:

- il valore di *Fa* è inferiore o uguale al valore di soglia corrispondente: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;
- il valore di *Fa* è superiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione e quindi è necessario effettuare analisi più approfondite (3° livello) in fase di progettazione edilizia. In alternativa è possibile utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di sottosuolo superiore.

Sulla base delle risultanze della prova HVSR sono state valutate le velocità delle onde sismiche, quindi sono state scelte le curve corrispondenti per litologia o profilo di Vs (Rif. Allegato 5 Direttive LR 12.05).

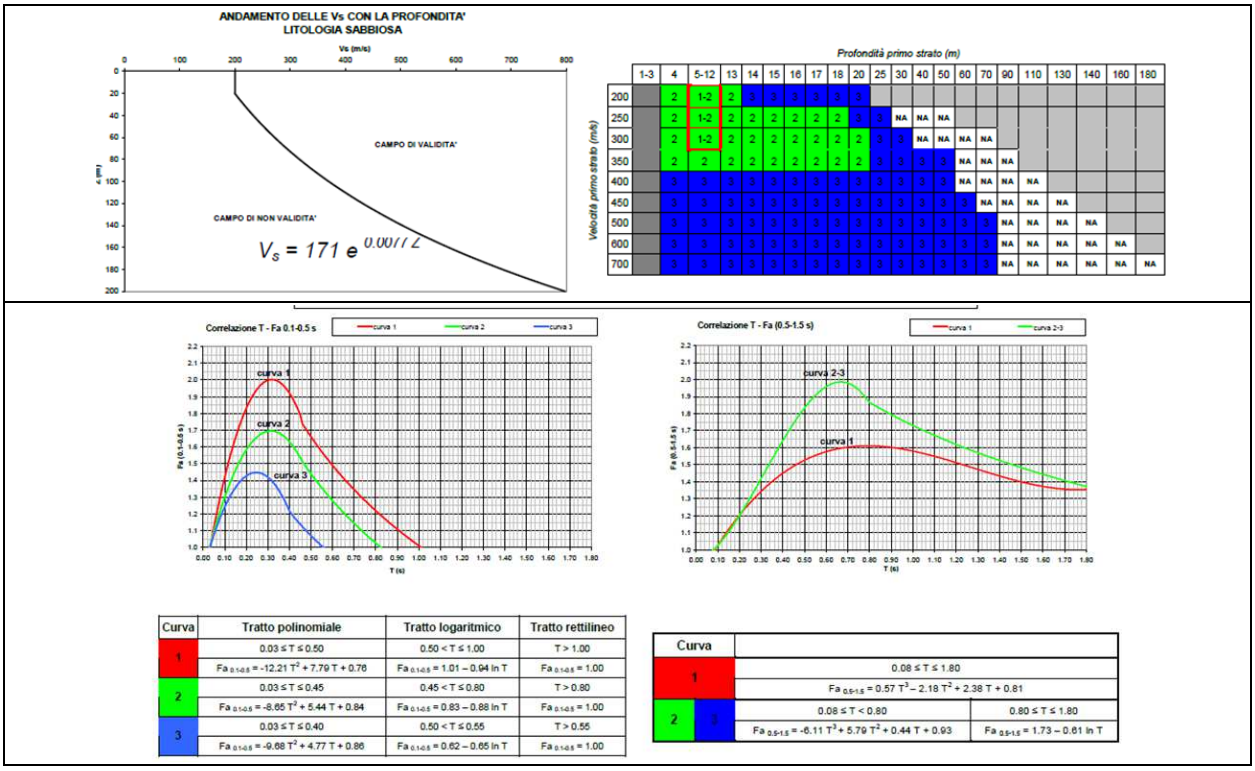


Figura 16 – Scheda sabbiosa

Nel caso esista la scheda di valutazione per la litologia esaminata ma l'andamento delle

V_s con la profondità non ricadesse nel campo di validità della scheda potrà, in questa prima fase, essere scelta un'altra scheda che presenti l'andamento delle V_s con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine. Nel caso in esame la scheda di riferimento è risultata la sabbiosa (Figura 16). Sulla base dei dati sopradescritti è stato calcolato il valore del periodo proprio del sito (T = inverso della frequenza fondamentale) che è risultato uguale a 1.30 s. Sulla base della scheda di riferimento e del valore risultante di T è stato calcolato il fattore di amplificazione Fa per le diverse tipologie di intervallo: 0.1 – 0.5 s e 0.5 – 1.5 s.

Intervallo	Fa calcolato	Fa di riferimento per suolo C
0.1 – 0.5 s	1.0	1.9
0.5 – 1.5 s	1.6	2.4

Applicando ai valori di amplificazione calcolati la tolleranza prevista pari a ±0.1 risultano entrambe minori o uguali ai valori soglia proposti dalla normativa regionale per la categoria di sottosuolo C nel Comune di Dello. *Pertanto in entrambe i casi si ritiene valida la classificazione sismica vigente e quindi si potrà utilizzare lo spettro proposto dalla stessa.* L' attendibilità dei dati utilizzati è stata espressa con la tabella proposta in allegato 5 e la categoria assegnata è quella evidenziata in rosso direttamente sulla tabella di seguito riportata.

Dati	*Attendibilità*	*Tipologia*
Litologici	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Alta	Da prove di laboratorio su campioni e da prove in sito
Stratigrafici (spessori)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette (penetrometriche e/o geofisiche)
	Alta	Da indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo)
Geofisici (*Vs*)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette e relazioni empiriche
	Alta	Da prove dirette (sismica in foro o sismica superficiale)

Figura 17 – Livelli di attendibilità (Tab 3 - All. 5 D.g.r. 28 Maggio 2008 n. 8/7374)

4.3. Parametri sismici

L'entrata in vigore del D.M. 14.01.2008 ha introdotto un approccio alla classificazione sismica di tipo *sitodipendente*, ovvero i parametri significativi della zona devono essere calcolati in base a misure dirette ed elaborati secondo metodi semplificati che tengano conto

delle possibili amplificazioni locali dovute alla stratigrafia e alla topografia. Questo approccio è stato confermato dal D.M. 17.01.2018. Di seguito sono riportati i valori delle accelerazioni corrispondenti ai diversi stati limite attesi calcolati per l'area in studio. I parametri utilizzati sono leggibili direttamente nello schema di Figura 18. Con riferimento alle nuove costruzioni si rimanda alle indicazioni ed ai criteri di calcolo previsti dalla nuova normativa.

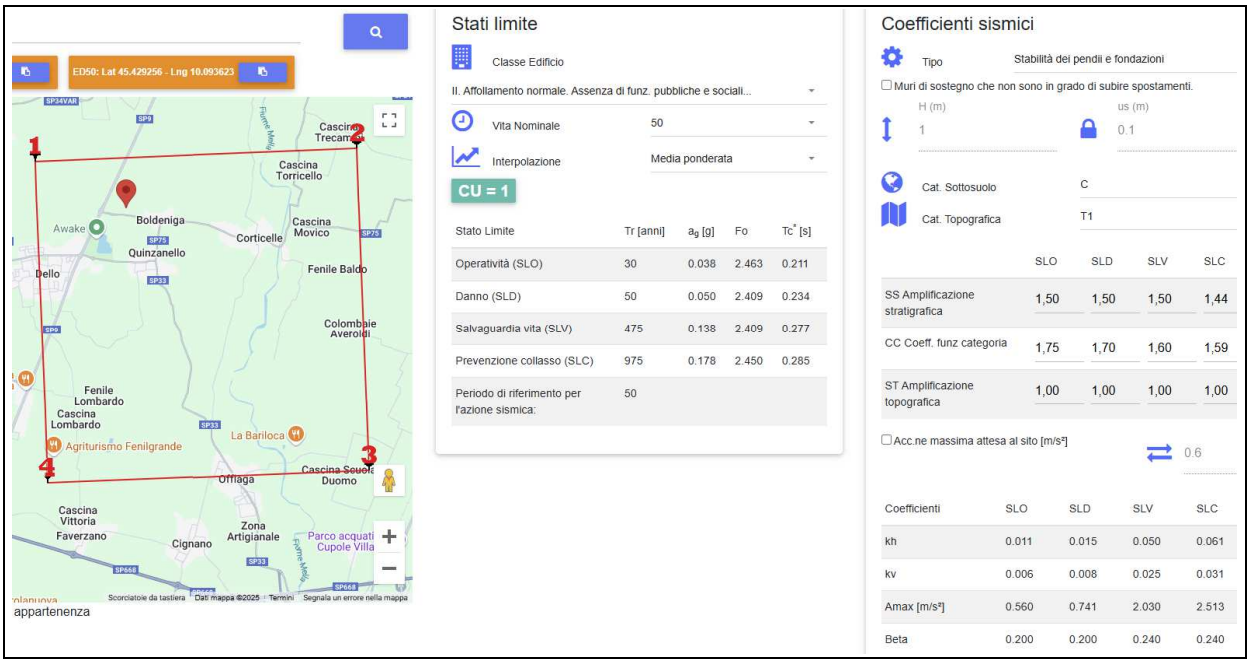


Figura 18 – Calcolo dei parametri sismici dell'area

4.4. Stima della magnitudo di riferimento

Nel settore di appartenenza del comunale di Dello i lineamenti tettonici sono riconducibili a diversi sistemi regionali che generano complessi campi tensionali. Il territorio comunale, in particolare, si pone nella parte settentrionale di un'area in sollevamento, con zone stabili, o in abbassamento durante il Pliocene inferiore e in forte sollevamento durante il Pliocene medio-superiore e il Quaternario. La sismicità di questa zona è legata quindi alla tettonica molto complessa del margine padano settentrionale. Le sorgenti sismogenetiche dovrebbero trovarsi ad una profondità compresa tra 5 e 15 km, in corrispondenza dello scollamento tra il basamento cristallino e la sovrastante copertura sedimentaria. L'analisi della sismicità, intesa

come distribuzione spazio-temporale dei terremoti in una determinata area, costituisce il primo tassello per gli studi di valutazione della pericolosità sismica di base. Trattandosi di modelli probabilistici, infatti, le caratteristiche sismo-tettoniche e le modalità di rilascio dell'energia sismica pregressa consentono la messa a punto di modelli previsionali dell'attività sismica attraverso una quantificazione dei livelli di accelerazione attesi.

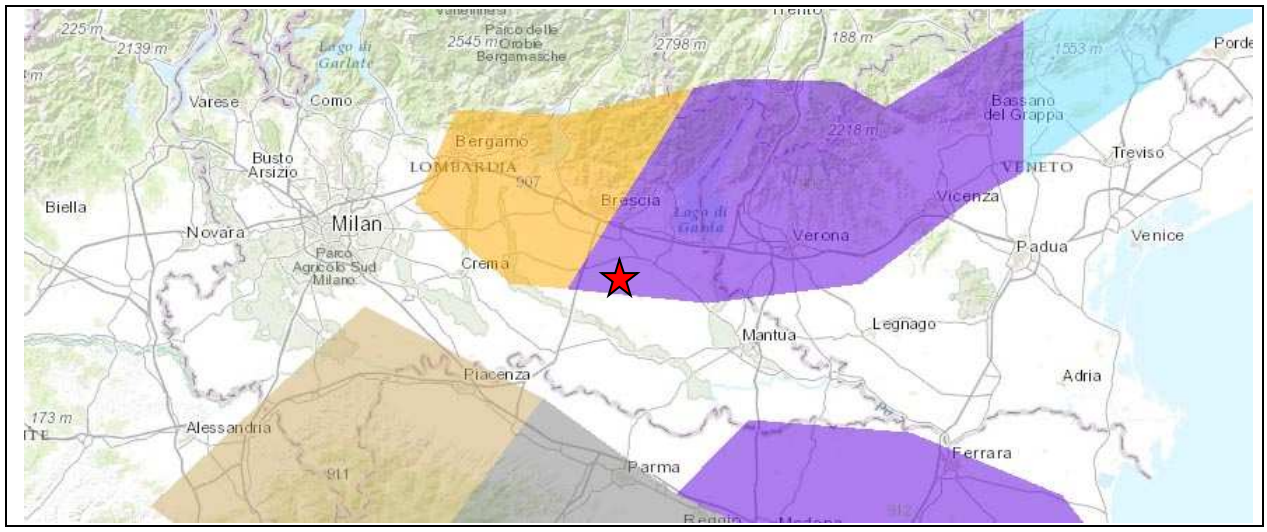
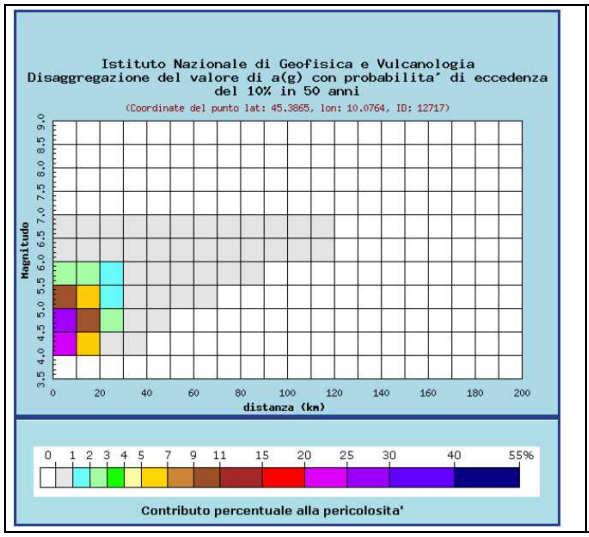


Figura 19 – Schema Zonizzazione Sismogenetica ZS9

L'attività sismica storica nel Bresciano rappresenta la naturale continuazione di quella pliocenica e quaternaria e risulta correlata alla collocazione, delle aree di studio, tra zone sismogenetiche riferibili, da una parte al fronte alpino e dall'altra al fronte appenninico, sepolti al di sotto della coltre fluvioglaciale-alluvionale della Pianura Padana. Storicamente la zona risente di effetti macroscopici in funzione della relativa vicinanza alle aree epicentrali dei forti terremoti storici, che colpiscono le provincie di Brescia e Verona. Alcuni sismi recenti, con le massime intensità storiche, si sono risentiti, per la relativa vicinanza con l'area sismogenetica del Reggiano-Ferrarese-Parmense e dell'edificio appenninico sepolto al di sotto delle coltri quaternarie dei depositi di pianura. L'area in esame secondo il modello sismotettonico riassunto nella zonazione sismogenetica ZS9 ricade nella zona sorgente 906 (Figura 19). In questo caso, ai fini della verifica alla liquefazione, si dovrebbe assumere il valore della Magnitudo Mw pari 6.60. In alternativa è possibile il calcolo con la metodologia della disaggregazione della pericolosità sismica che somma i contributi dovuti alle singole coppie

magnitudo-distanza dagli epicentri ricadenti nell'area di riferimento, allo scopo di ricavare l'evento sismico dominante. In questo modo si ottiene il terremoto di scenario, caratterizzato da una valore univoco della magnitudo, della distanza e del tempo di ritorno; ciò lo rende utilizzabile ai fini progettuali nelle verifiche agli stati limite. Il metodo si basa sulla mappa della pericolosità sismica messa a disposizione dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) attraverso il proprio portale web.



Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 45.3865, lon: 10.0764, ID: 12717)									
	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	24.000	29.800	9.300	2.210	0.142	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	5.920	10.900	5.950	2.390	0.543	0.061	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.675	2.120	1.870	1.100	0.388	0.053	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.004	0.291	0.595	0.490	0.237	0.037	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.007	0.153	0.214	0.139	0.025	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.013	0.072	0.079	0.016	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.021	0.044	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Figura 20 - Verifica Magnitudo

Il sistema consente di visualizzare e interrogare mappe probabilistiche della pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa con diversi parametri dello scuotimento su una griglia regolare a passo 0.05°. Per ogni singolo nodo della griglia di riferimento è possibile richiedere il dettaglio in forma grafica e tabellare dell'analisi di disaggregazione (vale a dire il contributo delle possibili coppie di valori di magnitudo-distanza alla pericolosità del nodo) della relativa **a(g)**. Per il comune di Dello il valore medio di riferimento propone una magnitudo pari a 4.80 ad una distanza di 9.59 km. Il valore non è però riferito alla magnitudo momento Mw, ma bensì alla magnitudo locale media. Per questo devono essere sommati i singoli contributi sino all'ottenimento di un valore superiore al 90%. Sommando i contributi da 0 a 50 km si raggiunge un valore superiore al 90% per magnitudo fino a 6.0.

4.5. Verifica alla liquefazione

Durante un evento sismico vengono indotte nel terreno delle sollecitazioni cicliche di taglio, dovute alla propagazione delle onde sismiche verso la superficie, mentre la pressione litostatica resta costante. Per tutta la durata della scossa ogni elemento di terreno è soggetto ad una serie di sforzi tangenziali che cambiano ripetutamente verso ed ampiezza. Nel terreno si possono generare fenomeni di liquefazione se la scossa sismica produce un numero di cicli tale da far si che la pressione interstiziale uguagli la pressione di confinamento. Nei depositi la pressione di confinamento aumenta con la profondità, mentre l'ampiezza dello sforzo di taglio indotto dal sisma diminuisce. La resistenza alla liquefazione quindi è maggiore con la profondità. Quindi, maggiore è la durata di un terremoto più alta è la possibilità che si arrivi (maggior numero di cicli) alla liquefazione. Inoltre, maggiore è l'ampiezza della vibrazione e della deformazione indotta e minore è il numero di cicli necessari per giungere a tale condizione. La probabilità che un deposito raggiunga le condizioni per la liquefazione dipende anche dallo stato di addensamento, dalla composizione granulometrica, dalle condizioni di drenaggio, dalla storia delle sollecitazioni sismiche e dall'età del deposito stesso. Tanto minore è il grado di addensamento del materiale (elevato indice dei vuoti e bassa densità relativa) tanto maggiore è la probabilità che, a parità di altre condizioni, un deposito raggiunga lo stato di liquefazione. I depositi sabbiosi sotto falda sono i terreni con più alto potenziale di liquefazione in particolare se sono di recente (in termini geologici) deposizione, e di granulometria fine o media come riportato nella Figura 21. Tutti i metodi semplificati permettono di esprimere la suscettibilità alla liquefazione del deposito attraverso un coefficiente di sicurezza, dato dal rapporto fra la resistenza al taglio mobilitabile nello strato (CSR) e lo sforzo tagliante indotto dal sisma (CRR). Cioè in pratica si ha:

$$F_s = \frac{CRR}{CSR}$$

Un deposito dovrà essere considerato suscettibile di liquefazione, se il coefficiente di sicurezza sarà minore di 1 (di 1.25 secondo l'Eurocodice 8). La grandezza CSR dipende dai parametri del sisma di progetto (accelerazione sismica e magnitudo di progetto). CRR è

funzione delle caratteristiche meccaniche dello strato, principalmente del suo stato di addensamento, e può essere ricavato direttamente attraverso correlazioni con i risultati di prove penetrometriche dinamiche e statiche o con i valori delle velocità delle onde S ricavati da indagine geofisica.

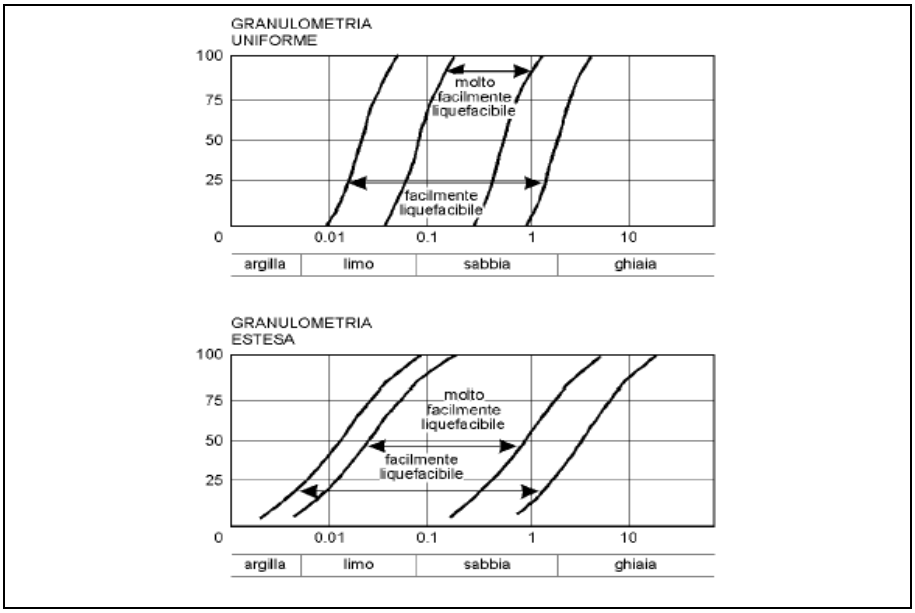


Figura 21 – Valutazione della suscettibilità alla liquefazione – fasce granulometriche critiche

La grandezza CSR viene ricavata attraverso la relazione:

$$T = 0.65 \frac{a_{\max}}{g} \frac{\sigma_{v0}}{\sigma_{v0}'} r_d \frac{1}{MSF};$$

dove:

a_{max} = accelerazione sismica massima;
g = accelerazione di gravità = 980.7 cm/s^2;
σ_{v0} = pressione verticale totale alla profondità z dal p.c.;
σ_{v0}' = pressione verticale efficace alla profondità z dal p.c.;
r_d = coefficiente funzione della profondità dal p.c.;
MSF = coefficiente correttivo funzione della magnitudo del sisma,

La grandezza rd può essere valutata attraverso alcune correlazioni empiriche note in letteratura. Nel caso in esame è stata utilizzata la seguente:

ANDRUS e STOKOE (2000)

$$CRR = 0{,}022 \cdot \left(\frac{K_c \cdot V_{S1}}{100} \right)^2 + \frac{2.8}{(V_{S1C} - K_c \cdot V_{S1})} - \frac{2.8}{V_{S1C}}$$

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

L'analisi ha riguardato i primi 30 metri da p.c.. Per la verifica del coefficiente di sicurezza è stato utilizzato il programma LIQUEF ver. 2.2 della PROGRAMGEO che impiega l'approccio

probabilistico-statistico di Gumbel per ottenere la massima accelerazione di picco prevedibile nel sito per un determinato tempo di ritorno attraverso l'estrazione dal Catalogo sismico. La verifica è stata eseguita sulla base del modello sismico derivato dall'indagine sismica di dettaglio, con particolare riferimento all'andamento delle velocità Vs. Attraverso opportune elaborazioni (Andrus e Stokoe) è stato ottenuto il coefficiente di sicurezza in funzione della profondità. Il procedimento di calcolo ha previsto la suddivisione in strati omogenei con un valore di Vs caratteristico secondo i seguenti modelli (da indagine HVSR):

1° strato: velocità media onde Vs 104 m/sec spessore medio 0.60 m
2° strato: velocità media onde Vs 192 m/sec spessore medio 1.80 m
3° strato: velocità media onde Vs 252 m/sec spessore medio 5.00 m
4° strato: velocità media onde Vs 357 m/sec spessore medio 22.60 m

Per il profilo è stata considerata un'accelerazione pari a 0.207 g (0.138x1.5) ricavata dal valore dello stato limite SLV per edifici di classe II moltiplicata per il coefficiente di amplificazione stratigrafica (1.5) e una soggiacenza cautelativa di 2.20 metri. Il calcolo ha verificato che il coefficiente di sicurezza Fs è per tutto il profilo superiore a 1. Di conseguenza il coefficiente Ic è pari a 0.0 indicando un rischio molto basso alla liquefazione (Figura 22).

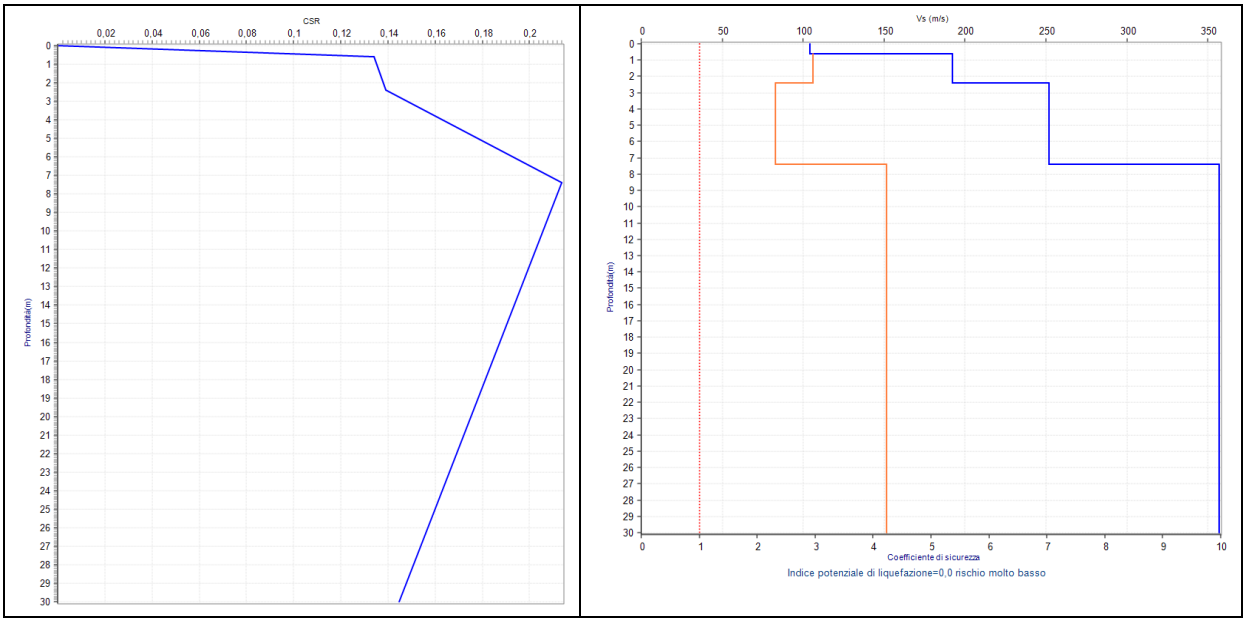


Figura 22 – Andamento del coefficiente CSR e Fs con la profondità (linea arancione)

5. SINTESI E VINCOLI

In Figura 23 e Figura 24 sono state rappresentate le principali limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative in vigore di contenuto idrogeologico e paesaggistico e da problematiche geologiche.

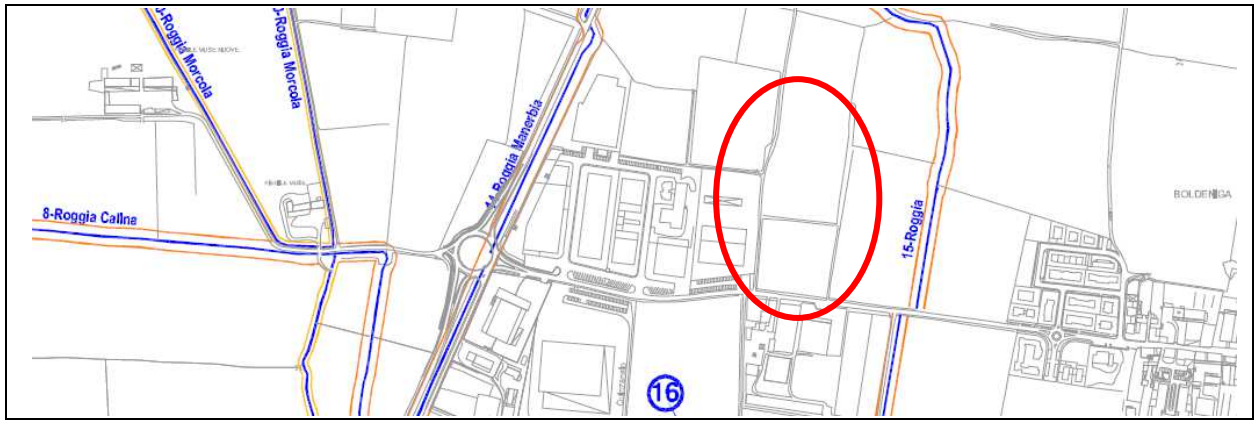


Figura 23 – Stralcio della Carta dei Vincoli

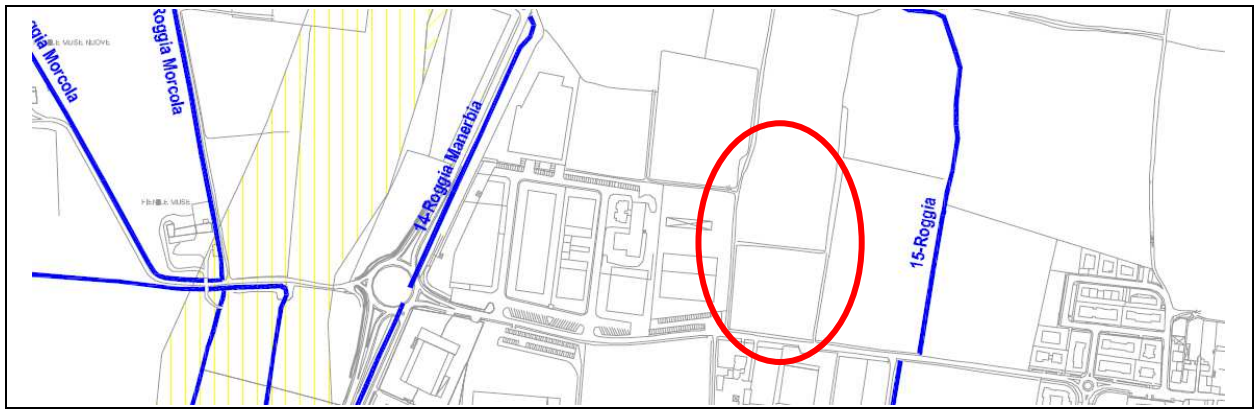


Figura 24 – Stralcio della Carta di Sintesi

Come si può notare dalla cartografia la nuova area in variante non è interessata da alcun vincolo geologico. La Variante in progetto è coerente con la Carta dei vincoli vigente.

Le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità/vulnerabilità riguardano la presenza di aree vulnerabili per motivi idrogeologici. Questo scenario si configura a seguito della presenza di depositi a buona permeabilità ed alla bassa soggiacenza della falda.

6. FATTIBILITÀ

L'area in studio è identificata nella cartografia comunale con la classe di fattibilità 2, ovvero fattibilità con modeste limitazioni al cambio d'uso dovute alla ridotta soggiacenza dell'acquifero freatico (Figura 25).

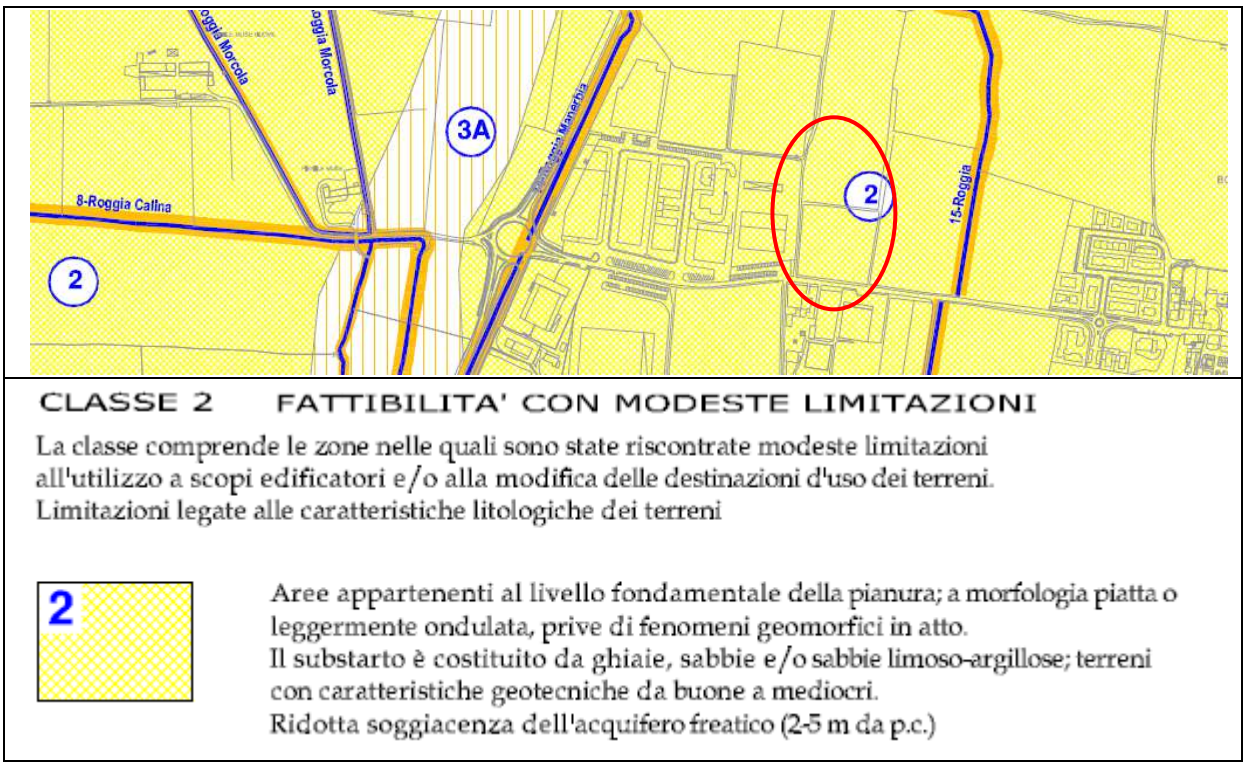


Figura 25 – Stralcio della carta della fattibilità (Studio geologico a corredo del PGT)

Si riporta di seguito quanto prescritto dalle Norme Tecniche per le costruzioni in riferimento a tali classi:

Classe 2 → aree caratterizzate da terreni con caratteristiche geotecniche da buone a mediocri (ghiaie, sabbie e/o sabbie limoso-argillose). L'acquifero freatico, ubicato mediamente a profondità comprese tra 2 e 5 m dal piano campagna, risulta dotato di un medio grado di protezione per la presenza di suoli protetti profondit e/o di orizzonti argillosi nelle porzioni più superficiali del substrato. Nelle suddette aree va direttamente applicato quanto prescritto dalle Norme Tecniche per le costruzioni. I progetti di nuove costruzioni e gli interventi su costruzioni esistenti (previsti nel cap. 8 del sopracitato D.M. 14/01/2008 e successive modifiche) dovranno essere supportati da indagini geologiche, idrogeologiche e geotecniche commisurate

all'importanza ed alla estensione dell'opera. La modifica di destinazione d'uso di ambiti produttivi necessita la verifica dello stato di qualità ambientale dei terreni da determinarsi ai sensi della normativa vigente. Quale norma generale a salvaguardia della falde idrica sotterranea è necessario che:

- per tutte le tipologie di insediamenti che alterano o potenzialmente potrebbero alterare la qualità delle acque sotterranee, la relazione geologica e geotecnica verificherà anche la compatibilità dell'intervento con lo stato di vulnerabilità delle risorse idriche sotterranee e, se necessario, darà apposite prescrizioni sulle modalità di attuazione degli interventi stessi;
- per ogni nuovo insediamento sia residenziale che non, sia previsto ed effettivamente realizzabile il colletta mento degli scarichi idrici (acque nere) in fognatura;
- si prevedano interventi di regimazione idraulica per la raccolta e lo smaltimento delle acque superficiali.

Considerate le evidenze rilevate in sito si riconferma la classe di fattibilità identificata all'interno del PGT comunale e la normativa conseguente. Le opere in progetto non si configurano come potenzialmente idroinquinanti. Gli scavi per il posizionamento delle fondazioni saranno eseguiti con tecniche tradizionali senza l'impiego di sostanze chimiche o possibili inquinanti per la falda freatica pertanto non si ravvisano potenziali rischi per quest'ultima. Al fine di preservare la falda da eventuali contaminazioni, andrà rivolta particolare attenzione alla gestione delle acque di scarico se presenti: le fognature miste o nere dovranno essere realizzate a tenuta bidirezionale, ovvero dall'interno verso l'esterno e viceversa; le tubazioni dovranno essere realizzate con tecnologie atte ad evitare possibili perdite. L'indagine geotecnica è riportata nel capitolo seguente.

La variante in progetto è compatibile con la fattibilità indicata.

7. GEOTECNICA

La definizione delle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione è stata effettuata sulla base dei risultati dei valori di resistenza penetrometrica della prova eseguita in sito e dai dati bibliografici validi per litologie similari. In sito è stata effettuata n. 1 prova penetrometrica dinamica superpesante (DPSH) che ha permesso di indagare i terreni di fondazione sino ad una profondità massima di circa 10.0 m da p.c. attuale e 5 prove statiche (CPT) spinte ad una profondità massima di 8.00 m da p.c.. La prova penetrometrica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N o la pressione necessaria all'avanzamento della punta stessa (Figura 26).

DIMENSIONI E PESI			
	DP	CPT	DP + CPT
H [mm]	1600	1480	1600
L [mm]	2450	2200	2450
P [mm]	1040	1040	1040
Peso [kg]	910	810	980

DATI TECNICI		
Motore	Tipo	Benzina; 2 cil.; V
	Potenza [HP (kW) - RPM]	16 (12) - 3600
	Raffreddamento	Aria
Traslazione	Cingolato a trasmissione idrostatica	Cingolato Gommato
	Velocità di traslazione [km/h]	0 ÷ 1.8
	Pendenza Max %	25
Pompa Idraulica	Numero di Pompe	2
	Max. pressione operativa [bar]	245
Stabilizzatori	Numero	3
	Tipo	Idraulico

Figura 26 – Prova penetrometrica statica da 20 ton e dinamica superpesante

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica. Nella prova penetrometrica dinamica lo sforzo necessario per l'infissione è misurato dal numero dei colpi del maglio le cui caratteristiche tecnico-strumentali sono le seguenti (DPSH):

Rif. Norme	DIN 4094	
Peso Massa battente	73	Kg
Altezza di caduta libera	0.75	m
Peso sistema di battuta	7	Kg
Diametro punta conica	50.46	mm
Area di base punta	20	cm²
Lunghezza delle aste	1	m
Peso aste a metro	8	Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.80	m
Avanzamento punta	0.30	m
Numero colpi per punta	N(30)	
Coeff. Correlazione	1.15	
Rivestimento/fanghi	Si	
Angolo di apertura punta	60°	

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

$$\mathbf{Nspt = \beta_t\ N}$$

Dove:

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

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Qspt 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;
δ = passo di avanzamento.

Nella prova statica lo sforzo necessario per l'infissione è misurato per mezzo di

manometri, collegati al martinetto mediante una testa di misura idraulica o attraverso una cella di carico a lettura digitale. La punta conica (del tipo telescopico) è dotata di un manicotto sovrastante, per la misura dell'attrito laterale : punta / manicotto tipo **"Begemann"**. Le dimensioni della punta / manicotto sono standardizzate, e precisamente :

- diametro Punta Conica meccanica ∅ = 35,7 mm
- area di punta Ap = 10 cm^2
- angolo di apertura del cono α = 60 °
- superficie laterale del manicotto Am = 150 cm^2

Le resistenze specifiche **Qc, Ql** vengono desunte tramite opportune costanti e sulla base dei valori specifici dell'area di base della punta e dell'area del manicotto di frizione.

Figura 27 – Postazione di prova

I risultati della prova sono riportati in Allegato 2, completi dei diagrammi e delle letture, mentre l'ubicazione delle indagini è riportata in Allegato 1 ed in Figura 27.

7.1. Modello geotecnico

Per la definizione dei parametri geotecnici si è fatto riferimento alle usuali correlazioni semiempiriche che definiscono i valori di coesione non drenata c_u, angolo di attrito interno ϕ, densità γ, e modulo elastico E, in relazione alla resistenza penetrometrica. Nel dettaglio la prova ha evidenziato la presenza, al di sotto di un primo livello di suolo dello spessore di circa 0.40 m, di depositi a comportamento prevalentemente granulare seguiti da un livello coesivo e quindi ancora granulare. Lo studio dei parametri misurati deve essere sviluppato in termini non più deterministici ma bensì aleatori, cioè ciò che prima era identificato da un valore adesso è descritto da una variabile che rappresenta un insieme di numeri riferiti alla stessa grandezza fisica. La distribuzione di questa grandezza può quindi essere rappresentata da una funzione continua di tipo normale (gaussiano) dove sulle ascisse sono riportati i valori della variabile (Fs) e sulle ordinate la loro frequenza. Una evoluzione di questa particolare funzione è chiamata distribuzione di Student che ben si adatta nei casi in cui si può assistere a compensazione. Nel caso in esame per compensazione si intende il seguente concetto: il volume della eventuale massa interessata dal sovraccarico delle fondazioni è maggiore della scala di fluttuazione dei parametri che la governano, cioè di quelle porzioni di terreno che presentano geometrie o valori di resistenza differenti. E' pertanto plausibile che nel volume della massa instabile siano presenti porzioni di terreno con caratteristiche differenti. In questi casi maggiore è la tendenza a compensare le zone deboli con le forti giustificando il riferimento a valori prossimi ai valori medi. Tutte queste considerazioni sono ritenute valide in assenza di superfici di rottura preferenziali come nel caso in esame. Al fine di operare a favore di sicurezza è stato estratto il valore riferito al 5° percentile della distribuzione, ovvero ***il valore caratteristico*** tale che la probabilità calcolata di valori più sfavorevoli, che determinano la manifestazione dello stato limite, non sia maggiore del 5%. Questa procedura è peraltro

documentata negli Eurocodici EC7 ed EC8 ed è stata ripresa nella stesura delle Norme Tecniche delle Costruzioni 2018. Sulla base delle correlazioni effettuate è stato definito il seguente modello geotecnico di massima:

STRATO A: da p.c. sino a –1.00 m: suolo. Parametri caratteristici: Φ_k = 28° γ = 1.7 kg/dm^3 E = 100 kg/cm^2.

STRATO B: da –1.00 m sino a –2.40 m: depositi prevalentemente granulari mediamente addensati. Parametri caratteristici: Φ_k = 32° γ = 1.8 kg/dm^3 E = 200 kg/cm^2.

STRATO C: da –2.40 m sino a –3.80 m: depositi prevalentemente coesivi moderatamente compatti. Parametri caratteristici: Cu_k = 0.6 kg/cm^2 γ = 1.8 kg/dm^3 E = 70 kg/cm^2.

STRATO D: da –3.80 m sino a –5.40 m: depositi granulari mediamente addensati. Parametri caratteristici: Φ_k = 32° γ = 1.8 kg/dm^3 E = 300 kg/cm^2.

STRATO E: da –5.40 m sino a –10.0 m: depositi granulari addensati. Parametri caratteristici: Φ_k = 35° γ = 1.8 kg/dm^3 E = 500 kg/cm^2.

A completamento del modello geotecnico è stata attribuita la categoria di appartenenza del profilo stratigrafico dei terreni di fondazione per la definizione dell'azione sismica di progetto. Viste le risultanze delle prove sismiche effettuate e dell'analisi di II livello, il profilo stratigrafico dei terreni di fondazione è classificabile come **tipo C** secondo i disposti della Ordinanza del Presidente del Consiglio 20 marzo 2003 n.3274 e successive modifiche.

8. TERRE DA SCAVO

Si ricorda che tutte le opere che prevedono la produzione di terre da scavo (fondazioni, interrati, sbancamenti etc) sono normate dal D.Lgs 3 aprile 2006 n. 152 (Norme in materia ambientale) e dai relativi Allegati come modificato dal D. lgs. 4/2008 dal D. lgs. 205/2010, dal D.M. 10.08.2012 n.161, dalla Legge n.98 del 09.08.2013 conversione del Decreto del Fare e recentemente dal DPR 120 del 13.06.2017 in vigore dal 22.08.2017. In sostanza la legislazione prevede che le terre prodotte dagli scavi siano considerate rifiuto e come tale debbano essere smaltite, ovvero debbano essere conferite alle discariche autorizzate con la compilazione del formulario. La norma prevede altresì che le terre possano essere esonerate dal regime dei rifiuti purché siano rispettate contemporaneamente le seguenti condizioni:

1. presenza di inquinanti nei limiti di legge
2. effettivo riutilizzo
3. esclusione da preventivi trattamenti per il riutilizzo, ad eccezione delle normali pratiche industriali e di cantiere.

Un ulteriore differenza risiede nella natura autorizzativa dell'opera in progetto che configura scenari diversi nel caso in cui si tratti di Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) o di Verifica di Impatto Ambientale (VIA). In questi casi si applica l'iter previsto dal D.M. 10.08.2012 n.161. Pertanto in tutti gli altri casi, fatte salve le condizioni sopra riportate, i materiali da scavo (di cui all'art.1, comma1, lettera b del D.M. 161/2012) sono sottoposti al regime dei sottoprodotti di cui all'art. 4 del DPR 120 del 13.06.2017, il proponente o il produttore deve attestare il rispetto delle suddette condizioni tramite dichiarazione resa all'Agenzia regionale per la protezione ambientale (ARPA) ai sensi e per gli effetti del Testo Unico del DPR 445/2000. L'Arpa si riserva la facoltà di effettuare il controllo sia su base documentale, attraverso gli atti in possesso dell'Agenzia, sia attraverso controlli diretti in campo ove lo ritenga necessario e provvedere ad effettuare sopralluoghi ed eventuali campionamenti in contraddittorio con il Proponente, finalizzati a verificare il rispetto dei limiti previsti dalla norma e come dichiarato nella certificazione. Qualora in accordo al comma 3

dell'art.71 del DPR 445/2000 Arpa rilevi nelle dichiarazioni ricevute e per gli aspetti ambientali di competenza " delle irregolarità o delle omissioni rilevabili d'ufficio, non costituenti falsità, dà notizia all'interessato di tale irregolarità. Questi è tenuto alla regolarizzazione o al completamento della dichiarazione; in mancanza il procedimento non ha seguito" e, conseguentemente, i materiali da scavo devono essere considerati rifiuti, e come tali trattati. Medesima conclusione è prevista qualora dai controlli effettuati si dimostri che i materiali di scavo non rispettano i requisiti previsti dall'art.4 del DPR 120 del 13.06.2017, decadendo le condizioni per poterli considerare quali sottoprodotti. In questi casi rientrando nel regime normativo dei rifiuti dovranno essere valutate le conseguenti eventuali ipotesi di reato per il Proponente, il Ricevente, il Trasportatore. Si ricorda che i reati in campo ambientale sono soggetti a procedimento penale oltre che amministrativo. **La nuova normativa ha chiarito in modo preciso anche il trattamento dei materiali di scavo reimpiegati nel cantiere di produzione. Tali materiali sono esentati dal regime dei rifiuti se conformi ai requisiti di cui all'art. 185, comma 1, lettera c, del decreto legislativo 152/2006; la non contaminazione deve essere verificata secondo i disposti dell'allegato 4 del DPR 120/2017.**

9. INDICAZIONI SULL'INVARIANZA

La nuova regionale sulla difesa del suolo, sulla prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e sulla gestione dei corsi d'acqua (l.r. n. 4 del 15 marzo 2016) ha come scopo principale l'attenuazione del livello di rischio idrogeologico al fine della tutela dei cittadini e delle attività economiche, attraverso iniziative capaci di mettere in sicurezza il territorio. La legge specifica e disciplina le attività di competenza di Regione Lombardia riguardanti la difesa del suolo, la gestione dei corsi d'acqua e del demanio idrico nel territorio regionale. Inoltre, stabilisce gli strumenti utili a realizzare tali attività per raggiungere gli obiettivi legati alla difesa del suolo, alla gestione del demanio idrico fluviale e al riassetto idraulico e idrogeologico. I principali temi che la legge affronta sono:

- gestione coordinata del reticolo idrico minore, di competenza comunale, e dei reticoli principale e consortile
- rispetto dell'invarianza idraulica, dell'invarianza idrogeologica e del drenaggio urbano sostenibile
- attività di polizia idraulica nel demanio idrico fluviale
- manutenzione continuata e diffusa del territorio, dei corsi d'acqua, delle opere di difesa del suolo, delle strutture e dei sistemi agroforestali di difesa del suolo
- ripristino delle condizioni di maggiore naturalità dei corsi d'acqua, recupero delle aree di pertinenza idraulica e riqualificazione fluviale
- riordino delle competenze sulla navigazione interna delle acque
- nuove competenze in tema di difesa del suolo per i Consorzi di bonifica e irrigazione.

Nel caso in studio, il tema d'interesse riguarda l'invarianza idraulica che in sintesi consiste nella limitazione dei deflussi delle acque verso il reticolo idrico o la fognatura in caso di realizzazione di nuovi edifici civili e industriali, di parcheggi e strade e di interventi di riqualificazione o comunque di trasformazione del suolo.

CLASSE DI INTERVENTO		SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFF. DEFLUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITA' DI CALCOLO AMBITI TERRITORIALI (ARTICOLO 7)	
				AREA A - B	AREA C
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	≤0.03 ha (≤ 300 mq)	qualsiasi	Requisiti minimi art.12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	Da > 0.03 a ≤ 0.1 ha (da > 300 a ≤ 1000 mq)	≤ 0.4	Requisiti minimi art.12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	Da > 0.03 a ≤ 0.1 ha (da > 300 a ≤ 1.000 mq)	> 0.4	Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11 e allegato G)	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
		Da > 0.1 a ≤ 1 ha (da > 1.000 a ≤ 10.000 mq)	qualsiasi		
		Da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	≤ 0.4		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	Da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	> 0.4	Procedura dettagliata (vedi articolo 11 e allegato G)	

Figura 28 – Tabella 1 - RR 08/2019

Nello specifico l'articolo di riferimento è il n.7 che introduce il concetto ed apporta modifiche al testo della legge regionale n.12/2005 (Legge per il Governo del Territorio). Al comma 5, l'articolo fa riferimento al Regolamento (R.R. 7/2017 del 23.11.2017 e R.R. 8/2019 del 24.04.2019) contenete i metodi e i criteri per il rispetto dell'invarianza idraulica ed idrogeologica. Sulla base di diversi fattori indicati dal Regolamento i contenuti del progetto di invarianza configurano tipologie di studi via via più approfonditi (articolo 9). La tipologia del caso in studio dovrà essere verificata nella tabella di Figura 28.

10. CONCLUSIONI

L'indagine effettuata e i rilievi eseguiti consentono di trarre le seguenti conclusioni:

1. *L'area in studio ricade nel Comune di Dello, classificato dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio in data 20 marzo 2003 n.3274 come di classe 3. La riclassificazione della Regione Lombardia ha riconfermato la classe di appartenenza.*
2. *Secondo i disposti dell'Ordinanza Presidente del Consiglio n.3274/2003 e le indicazioni contenute nel PGT i terreni di fondazione sono classificabili come di tipo C. L'analisi di II livello ha verificato l'adeguatezza delle soglie Regionali. Dagli approfondimenti eseguiti si assegna la classe topografica T1.*
3. *L'area in variante è costituita da alluvioni fluvioglaciali e fluviali a litologia prevalentemente sabbiosa passanti a ghiaie in profondità.*
4. *Durante le indagini Gennaio 2025 la falda è stata intercettata a profondità variabili tra 3.30 e 3.70 m da p.c..*
5. *I terreni di fondazione non saranno soggetti a liquefazione in caso di sisma.*
6. *Le terre da scavo dovranno essere trattate nel rispetto della normativa vigente.*

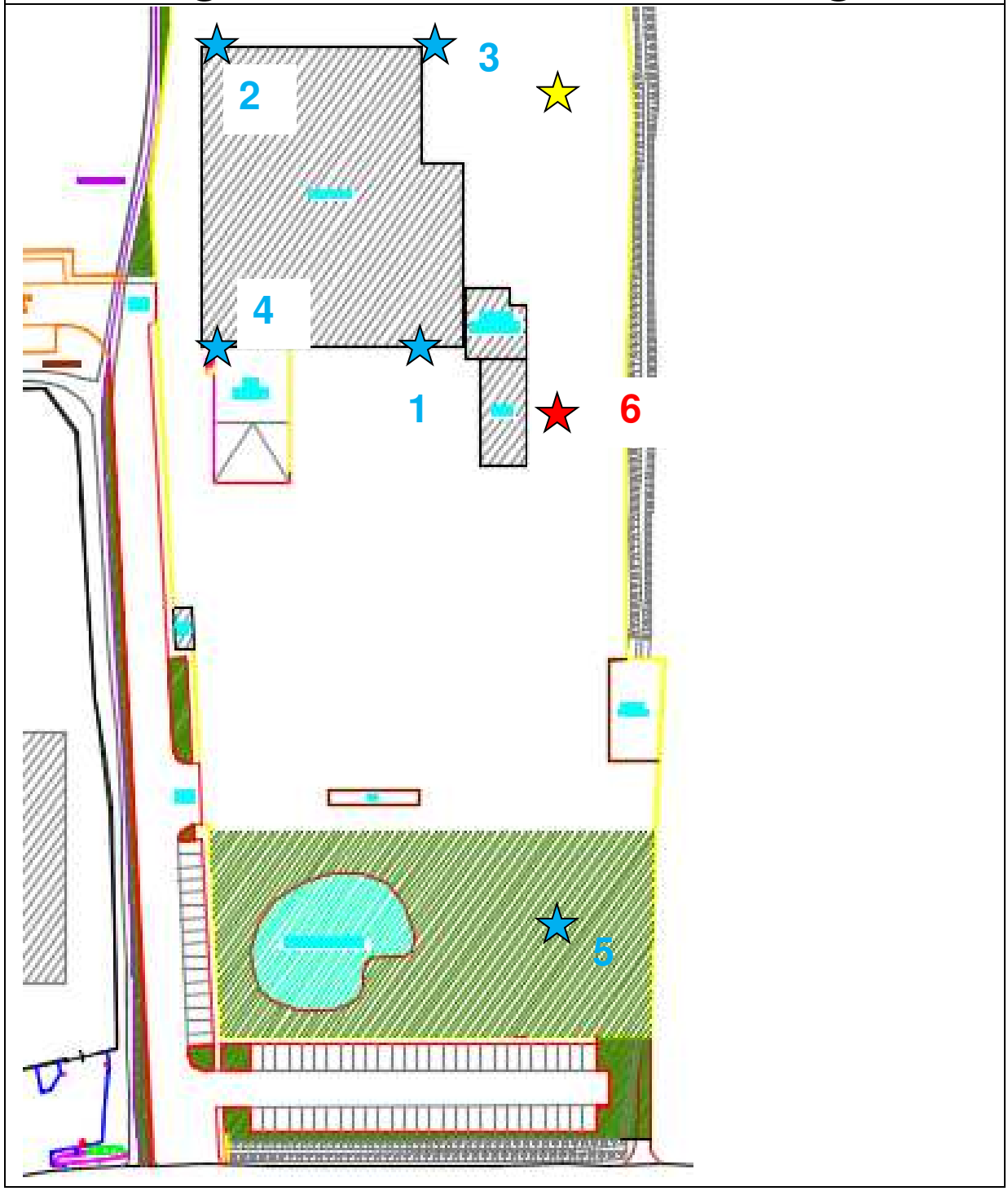
Per quanto esposto ed illustrato si dichiara la fattibilità dell'intervento, sotto il profilo geologico, idrogeologico e geotecnico.

Dr. Geol. Corrado Aletti

documento firmato digitalmente

Seniga 25.03.2026

Allegato 1 – Ubicazione indagini



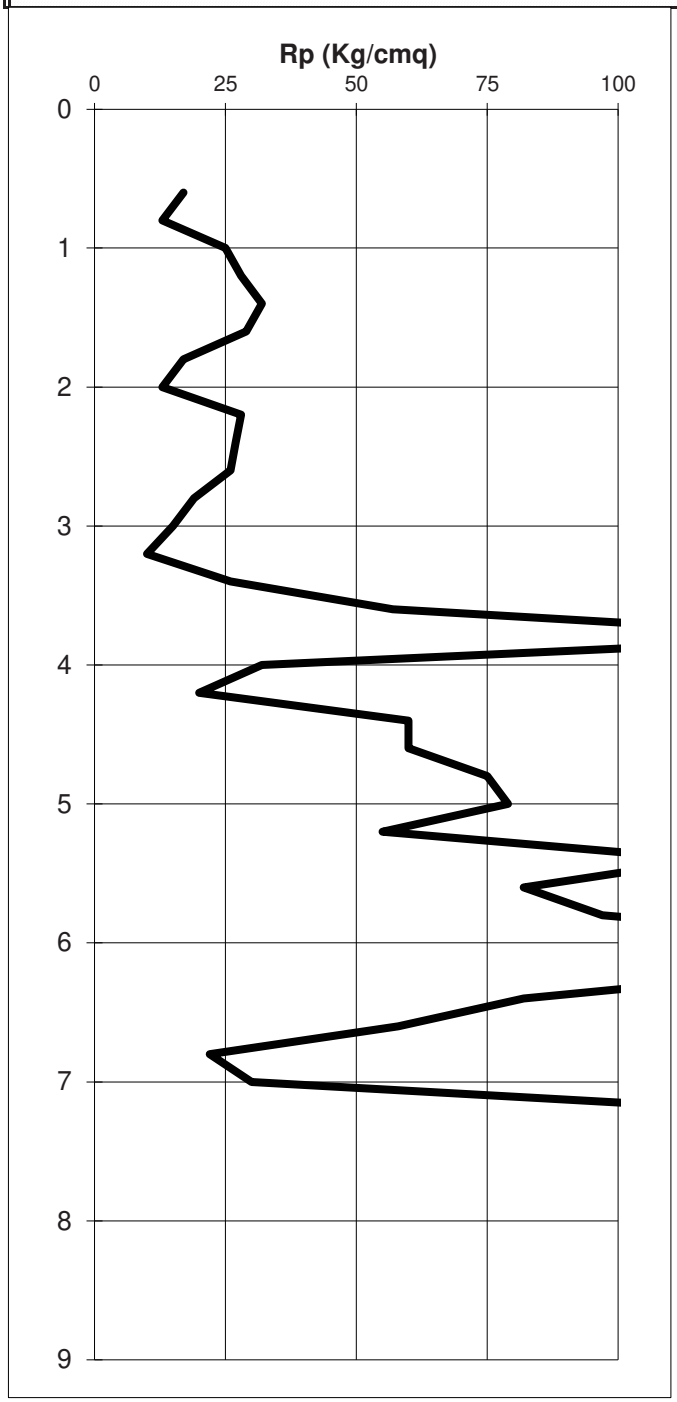
- HVSR
- DPSH
- CPT

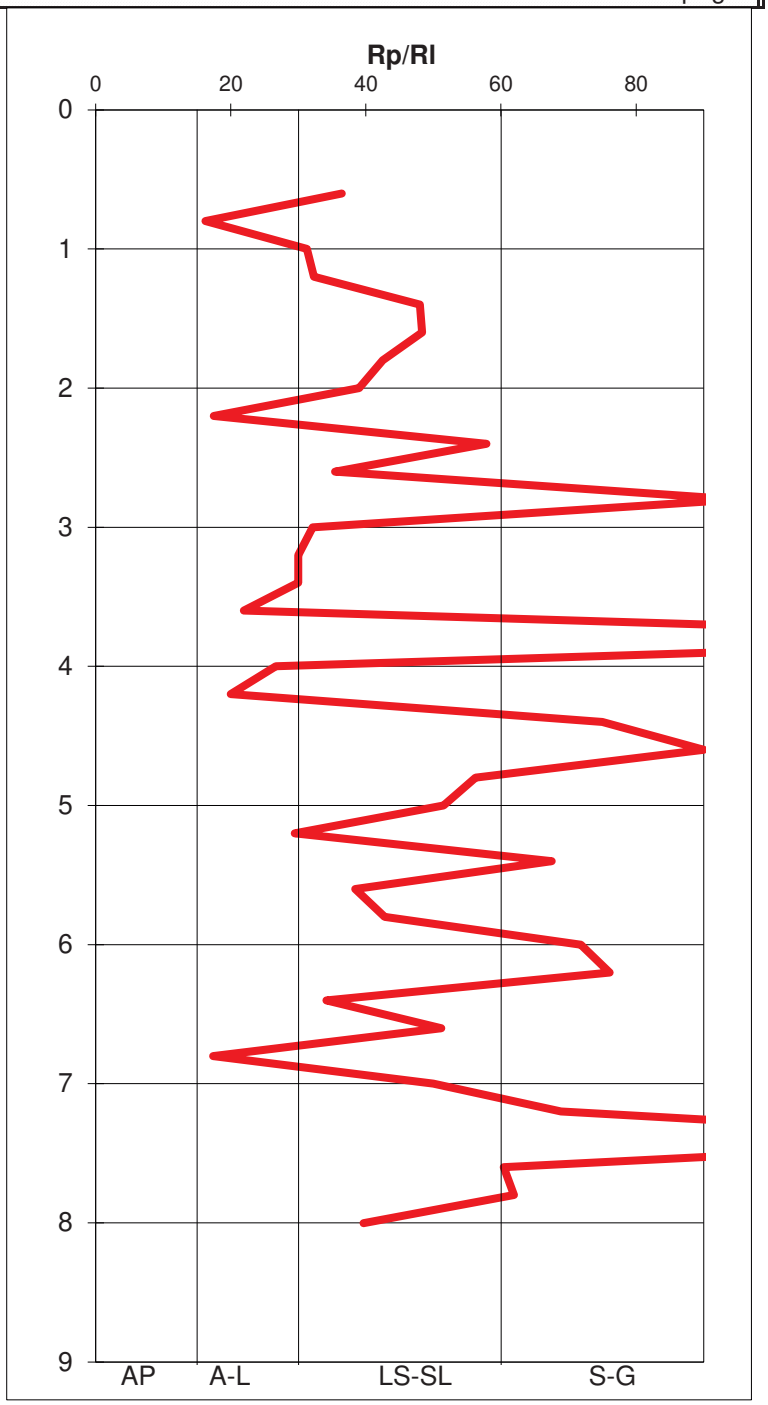
Allegato 2 – Prova penetrometrica

Prova n°	***1***	**Data**	***24/01/2024***
Committente	***Molino Braga***	**Falda**	***3.59***
Comune	***Dello***	**Quota**	***p.c.***
Cantiere	***Nuovo insediamento***		

Prof. m	P Kg/cmq	P+L Kg/cmq	Rt Kg/cmq	Rp Kg/cmq	Rl Kg/cmq	Rp/Rl	litologia (A.G.I. 1977)
0.0							
0.2							
0.4							
0.6	17	24		17	0.47	36	sabbie lim. e limi sabb.
0.8	13	25		13	0.80	16	argille e limi
1.0	25	37		25	0.80	31	sabbie lim. e limi sabb.
1.2	28	41		28	0.87	32	sabbie lim. e limi sabb.
1.4	32	42		32	0.67	48	sabbie lim. e limi sabb.
1.6	29	38		29	0.60	48	sabbie lim. e limi sabb.
1.8	17	23		17	0.40	43	sabbie lim. e limi sabb.
2.0	13	18		13	0.33	39	sabbie lim. e limi sabb.
2.2	28	52		28	1.60	18	argille e limi
2.4	27	34		27	0.47	58	sabbie lim. e limi sabb.
2.6	26	37		26	0.73	35	sabbie lim. e limi sabb.
2.8	19	22		19	0.20	95	sabbie e ghiaie
3.0	15	22		15	0.47	32	sabbie lim. e limi sabb.
3.2	10	15		10	0.33	30	argille e limi
3.4	26	39		26	0.87	30	argille e limi
3.6	57	96		57	2.60	22	argille e limi
3.8	148	162		148	0.93	159	sabbie e ghiaie
4.0	32	50		32	1.20	27	argille e limi
4.2	20	35		20	1.00	20	argille e limi
4.4	60	72		60	0.80	75	sabbie e ghiaie
4.6	60	70		60	0.67	90	sabbie e ghiaie
4.8	75	95		75	1.33	56	sabbie lim. e limi sabb.
5.0	79	102		79	1.53	52	sabbie lim. e limi sabb.
5.2	55	83		55	1.87	29	argille e limi
5.4	117	143		117	1.73	68	sabbie e ghiaie
5.6	82	114		82	2.13	38	sabbie lim. e limi sabb.
5.8	97	131		97	2.27	43	sabbie lim. e limi sabb.
6.0	158	191		158	2.20	72	sabbie e ghiaie
6.2	137	164		137	1.80	76	sabbie e ghiaie
6.4	82	118		82	2.40	34	sabbie lim. e limi sabb.
6.6	58	75		58	1.13	51	sabbie lim. e limi sabb.
6.8	22	41		22	1.27	17	argille e limi
7.0	30	39		30	0.60	50	sabbie lim. e limi sabb.
7.2	124	151		124	1.80	69	sabbie e ghiaie
7.4	123	136		123	0.87	142	sabbie e ghiaie
7.6	149	186		149	2.47	60	sabbie lim. e limi sabb.
7.8	194	241		194	3.13	62	sabbie e ghiaie
8.0	267	368		267	6.73	40	sabbie lim. e limi sabb.
8.2							
8.4							
8.6							
8.8							
9.0							
9.2							
9.4							
9.6							
9.8							
10.0							

Prova n°	***1***	**Data**	***24/01/2024***
Committente	***Molino Braga***	**Falda**	***3.59***
Comune	***Dello***	**Quota**	***p.c.***
Cantiere	***Nuovo insediamento***		

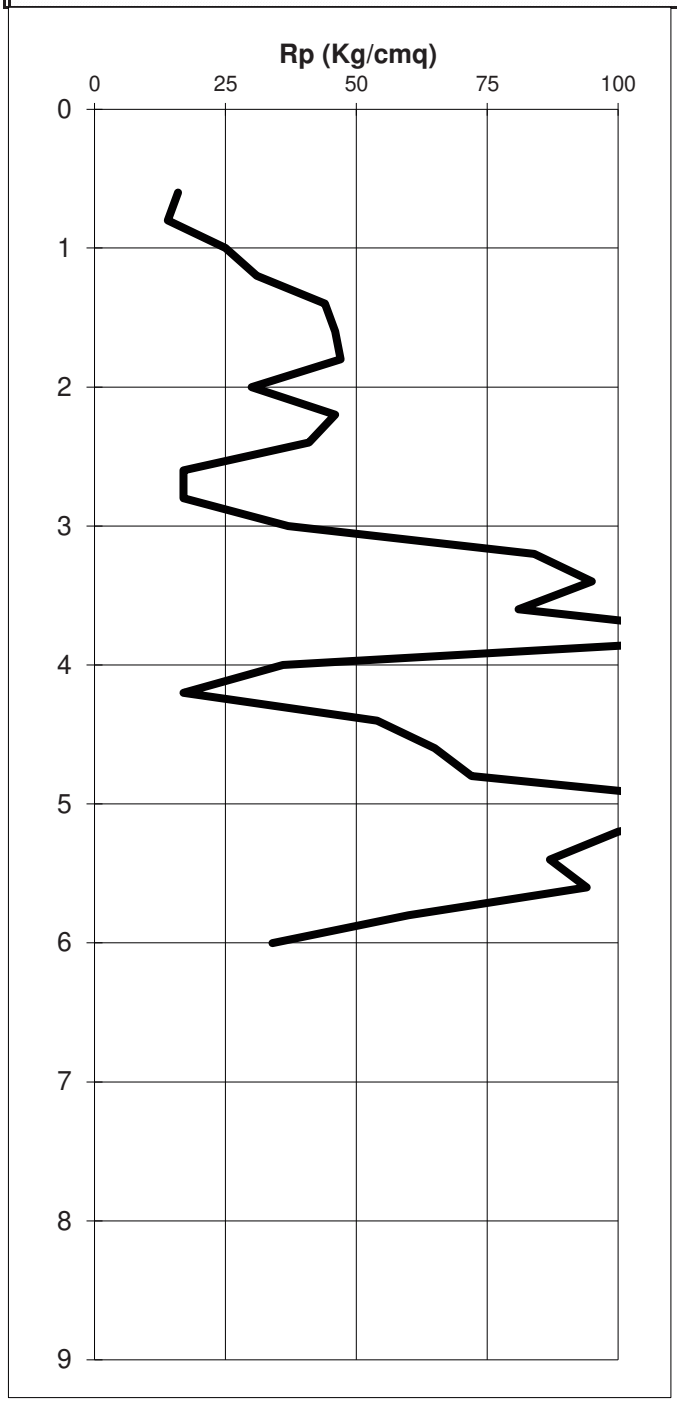


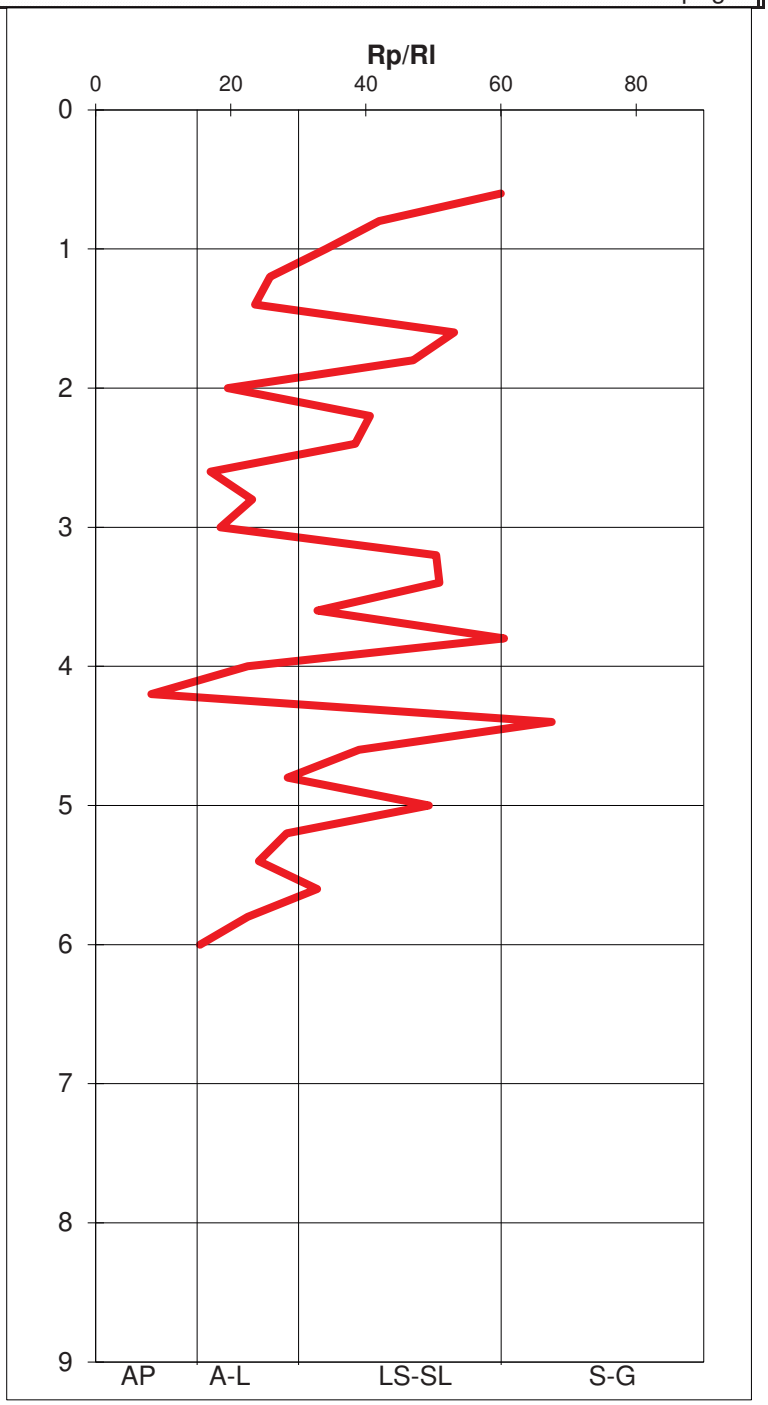


Prova n°	***2***	**Data**	***03/02/2025***
Committente	***Molino Braga***	**Falda**	***3.70***
Comune	***Dello***	**Quota**	***p.c.***
Cantiere	***Nuovo insediamento***		

Prof. m	P Kg/cmq	P+L Kg/cmq	Rt Kg/cmq	Rp Kg/cmq	Rl Kg/cmq	Rp/Rl	litologia (A.G.I. 1977)
0.0							
0.2							
0.4							
0.6	16	20		16	0.27	60	sabbie lim. e limi sabb.
0.8	14	19		14	0.33	42	sabbie lim. e limi sabb.
1.0	25	36		25	0.73	34	sabbie lim. e limi sabb.
1.2	31	49		31	1.20	26	argille e limi
1.4	44	72		44	1.87	24	argille e limi
1.6	46	59		46	0.87	53	sabbie lim. e limi sabb.
1.8	47	62		47	1.00	47	sabbie lim. e limi sabb.
2.0	30	53		30	1.53	20	argille e limi
2.2	46	63		46	1.13	41	sabbie lim. e limi sabb.
2.4	41	57		41	1.07	38	sabbie lim. e limi sabb.
2.6	17	32		17	1.00	17	argille e limi
2.8	17	28		17	0.73	23	argille e limi
3.0	37	67		37	2.00	19	argille e limi
3.2	84	109		84	1.67	50	sabbie lim. e limi sabb.
3.4	95	123		95	1.87	51	sabbie lim. e limi sabb.
3.6	81	118		81	2.47	33	sabbie lim. e limi sabb.
3.8	129	161		129	2.13	60	sabbie lim. e limi sabb.
4.0	36	60		36	1.60	23	argille e limi
4.2	17	48		17	2.07	8	argille plastiche
4.4	54	66		54	0.80	68	sabbie e ghiaie
4.6	65	90		65	1.67	39	sabbie lim. e limi sabb.
4.8	72	110		72	2.53	28	argille e limi
5.0	125	163		125	2.53	49	sabbie lim. e limi sabb.
5.2	100	153		100	3.53	28	argille e limi
5.4	87	141		87	3.60	24	argille e limi
5.6	94	137		94	2.87	33	sabbie lim. e limi sabb.
5.8	60	100		60	2.67	23	argille e limi
6.0	34	67		34	2.20	15	argille e limi
6.2							
6.4							
6.6							
6.8							
7.0							
7.2							
7.4							
7.6							
7.8							
8.0							
8.2							
8.4							
8.6							
8.8							
9.0							
9.2							
9.4							
9.6							
9.8							
10.0							

Prova n°	***2***	**Data**	***03/02/2025***
Committente	***Molino Braga***	**Falda**	***3.70***
Comune	***Dello***	**Quota**	***p.c.***
Cantiere	***Nuovo insediamento***		

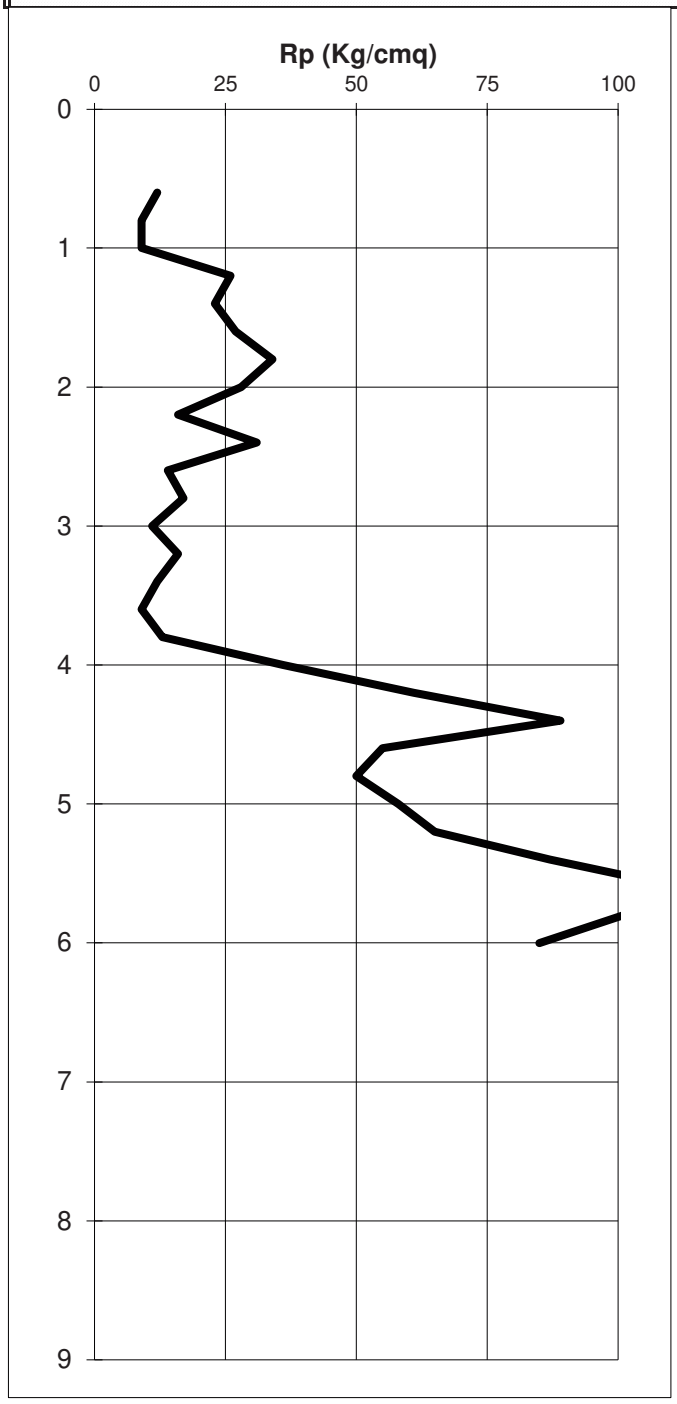


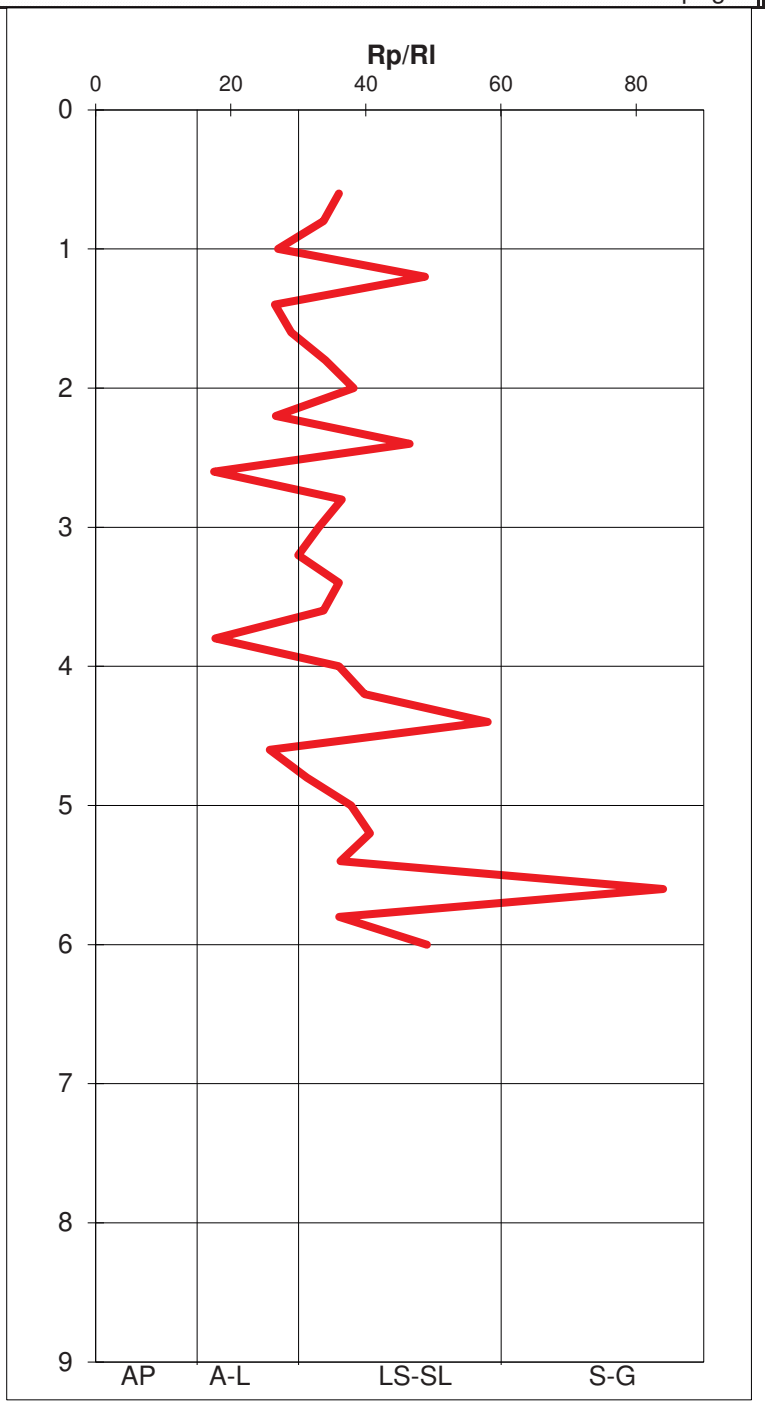


Prova n°	***3***	**Data**	***03/02/2025***
Committente	***Molino Braga***	**Falda**	***3.90***
Comune	***Dello***	**Quota**	***p.c.***
Cantiere	***Nuovo insediamento***		

Prof. m	P Kg/cmq	P+L Kg/cmq	Rt Kg/cmq	Rp Kg/cmq	Rl Kg/cmq	Rp/Rl	litologia (A.G.I. 1977)
0.0							
0.2							
0.4							
0.6	12	17		12	0.33	36	sabbie lim. e limi sabb.
0.8	9	13		9	0.27	34	sabbie lim. e limi sabb.
1.0	9	14		9	0.33	27	argille e limi
1.2	26	34		26	0.53	49	sabbie lim. e limi sabb.
1.4	23	36		23	0.87	27	argille e limi
1.6	27	41		27	0.93	29	argille e limi
1.8	34	49		34	1.00	34	sabbie lim. e limi sabb.
2.0	28	39		28	0.73	38	sabbie lim. e limi sabb.
2.2	16	25		16	0.60	27	argille e limi
2.4	31	41		31	0.67	47	sabbie lim. e limi sabb.
2.6	14	26		14	0.80	18	argille e limi
2.8	17	24		17	0.47	36	sabbie lim. e limi sabb.
3.0	11	16		11	0.33	33	sabbie lim. e limi sabb.
3.2	16	24		16	0.53	30	argille e limi
3.4	12	17		12	0.33	36	sabbie lim. e limi sabb.
3.6	9	13		9	0.27	34	sabbie lim. e limi sabb.
3.8	13	24		13	0.73	18	argille e limi
4.0	36	51		36	1.00	36	sabbie lim. e limi sabb.
4.2	61	84		61	1.53	40	sabbie lim. e limi sabb.
4.4	89	112		89	1.53	58	sabbie lim. e limi sabb.
4.6	55	87		55	2.13	26	argille e limi
4.8	50	74		50	1.60	31	sabbie lim. e limi sabb.
5.0	58	81		58	1.53	38	sabbie lim. e limi sabb.
5.2	65	89		65	1.60	41	sabbie lim. e limi sabb.
5.4	87	123		87	2.40	36	sabbie lim. e limi sabb.
5.6	112	132		112	1.33	84	sabbie e ghiaie
5.8	101	143		101	2.80	36	sabbie lim. e limi sabb.
6.0	85	111		85	1.73	49	sabbie lim. e limi sabb.
6.2							
6.4							
6.6							
6.8							
7.0							
7.2							
7.4							
7.6							
7.8							
8.0							
8.2							
8.4							
8.6							
8.8							
9.0							
9.2							
9.4							
9.6							
9.8							
10.0							

Prova n°	***3***	**Data**	***03/02/2025***
Committente	***Molino Braga***	**Falda**	***3.90***
Comune	***Dello***	**Quota**	***p.c.***
Cantiere	***Nuovo insediamento***		

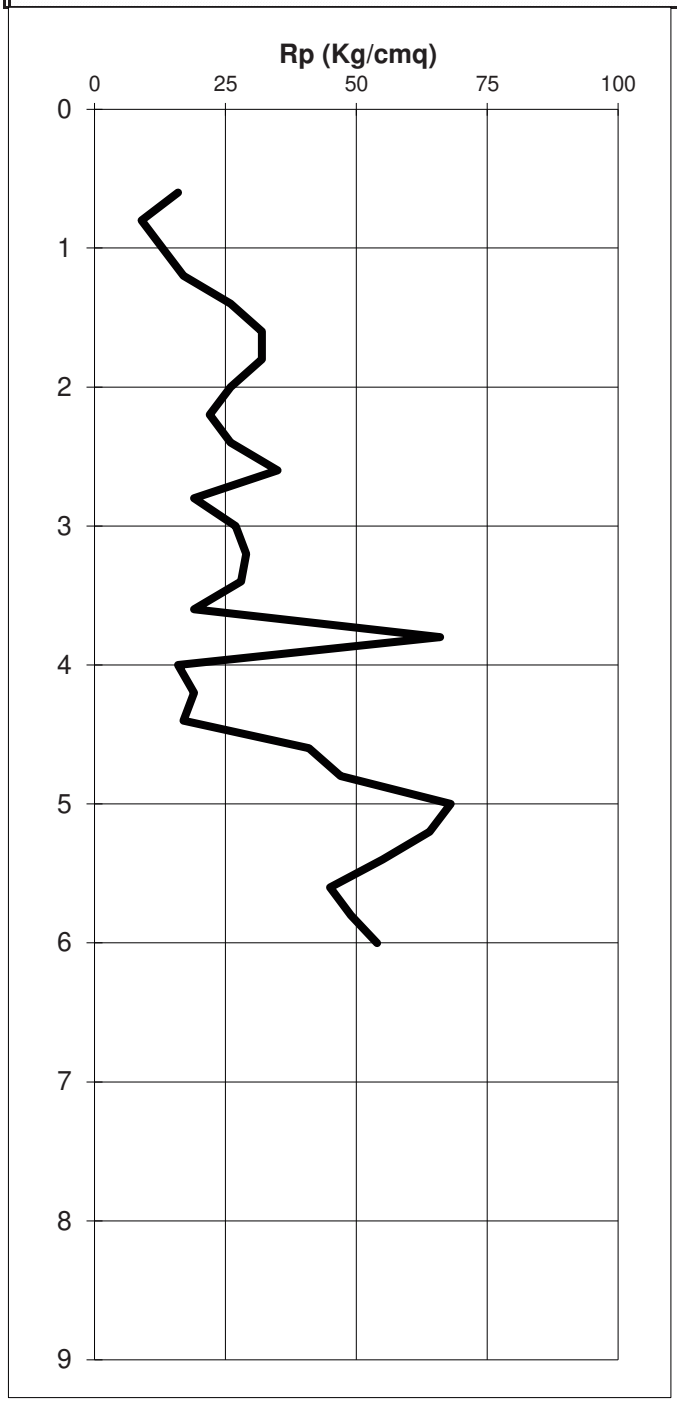


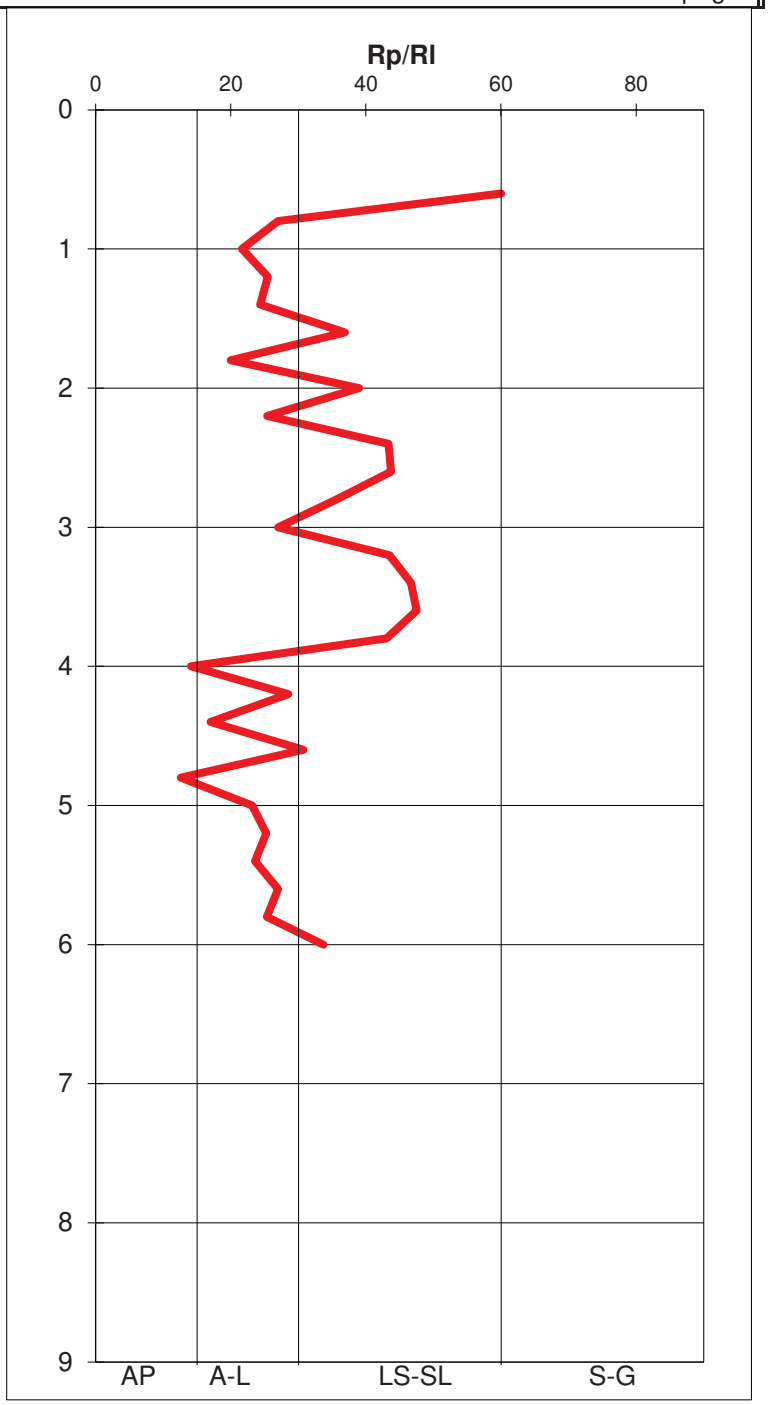


Prova n°	***4***	**Data**	***03/02/2025***
Committente	***Molino Braga***	**Falda**	***3.50***
Comune	***Dello***	**Quota**	***p.c.***
Cantiere	***Nuovo insediamento***		

Prof. m	P Kg/cmq	P+L Kg/cmq	Rt Kg/cmq	Rp Kg/cmq	Rl Kg/cmq	Rp/Rl	litologia (A.G.I. 1977)
0.0							
0.2							
0.4							
0.6	16	20		16	0.27	60	sabbie lim. e limi sabb.
0.8	9	14		9	0.33	27	argille e limi
1.0	13	22		13	0.60	22	argille e limi
1.2	17	27		17	0.67	26	argille e limi
1.4	26	42		26	1.07	24	argille e limi
1.6	32	45		32	0.87	37	sabbie lim. e limi sabb.
1.8	32	56		32	1.60	20	argille e limi
2.0	26	36		26	0.67	39	sabbie lim. e limi sabb.
2.2	22	35		22	0.87	25	argille e limi
2.4	26	35		26	0.60	43	sabbie lim. e limi sabb.
2.6	35	47		35	0.80	44	sabbie lim. e limi sabb.
2.8	19	27		19	0.53	36	sabbie lim. e limi sabb.
3.0	27	42		27	1.00	27	argille e limi
3.2	29	39		29	0.67	44	sabbie lim. e limi sabb.
3.4	28	37		28	0.60	47	sabbie lim. e limi sabb.
3.6	19	25		19	0.40	48	sabbie lim. e limi sabb.
3.8	66	89		66	1.53	43	sabbie lim. e limi sabb.
4.0	16	33		16	1.13	14	argille plastiche
4.2	19	29		19	0.67	29	argille e limi
4.4	17	32		17	1.00	17	argille e limi
4.6	41	61		41	1.33	31	argille e limi
4.8	47	103		47	3.73	13	argille plastiche
5.0	68	112		68	2.93	23	argille e limi
5.2	64	102		64	2.53	25	argille e limi
5.4	55	90		55	2.33	24	argille e limi
5.6	45	70		45	1.67	27	argille e limi
5.8	49	78		49	1.93	25	argille e limi
6.0	54	78		54	1.60	34	sabbie lim. e limi sabb.
6.2							
6.4							
6.6							
6.8							
7.0							
7.2							
7.4							
7.6							
7.8							
8.0							
8.2							
8.4							
8.6							
8.8							
9.0							
9.2							
9.4							
9.6							
9.8							
10.0							

Prova n°	***4***	**Data**	***03/02/2025***
Committente	***Molino Braga***	**Falda**	***3.50***
Comune	***Dello***	**Quota**	***p.c.***
Cantiere	***Nuovo insediamento***		

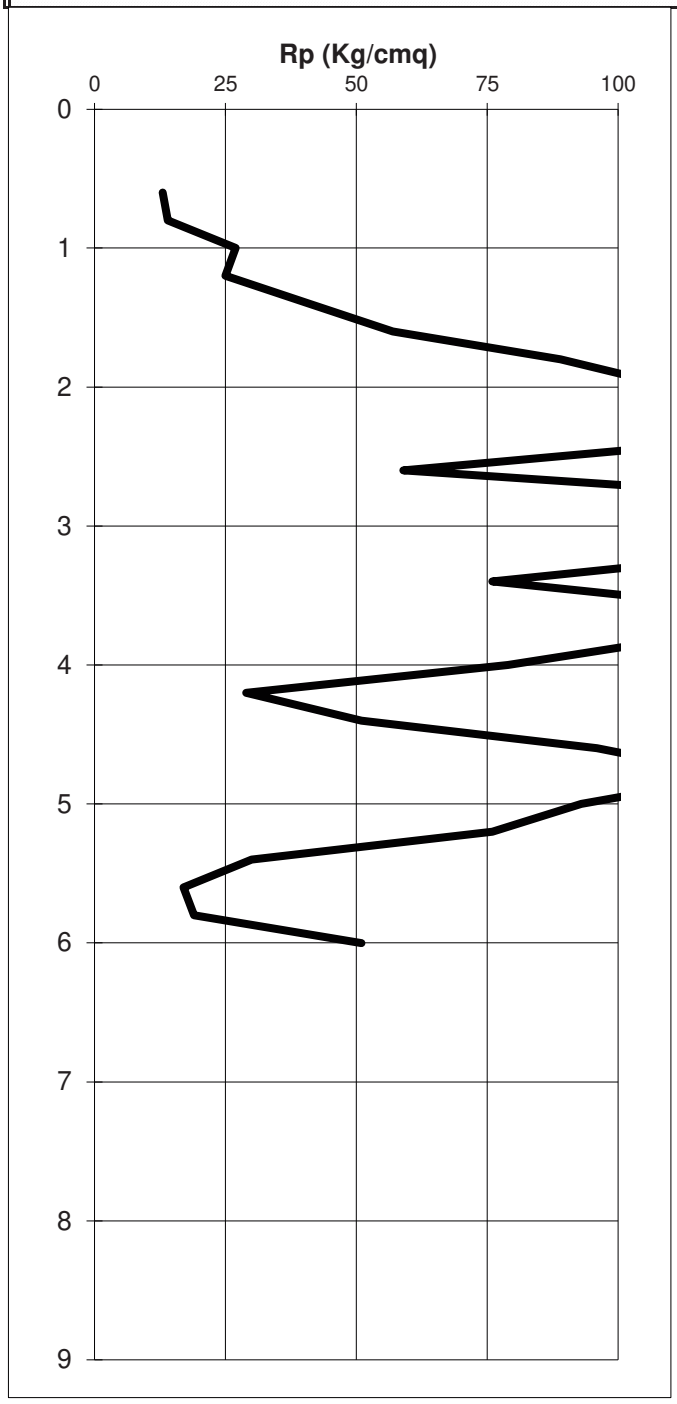


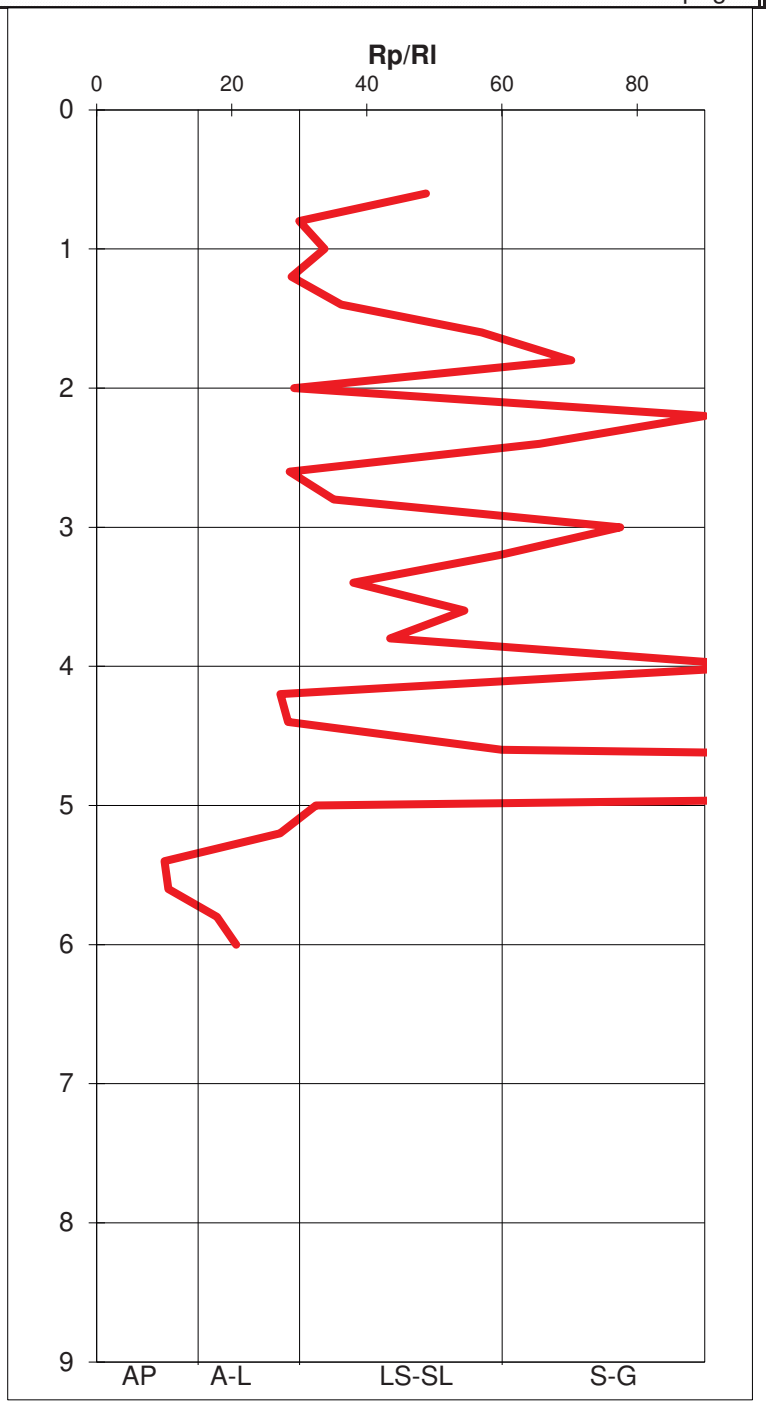


Prova n°	***5***	**Data**	***03/02/2025***
Committente	***Molino Braga***	**Falda**	***3.30***
Comune	***Dello***	**Quota**	***p.c.***
Cantiere	***Nuovo insediamento***		

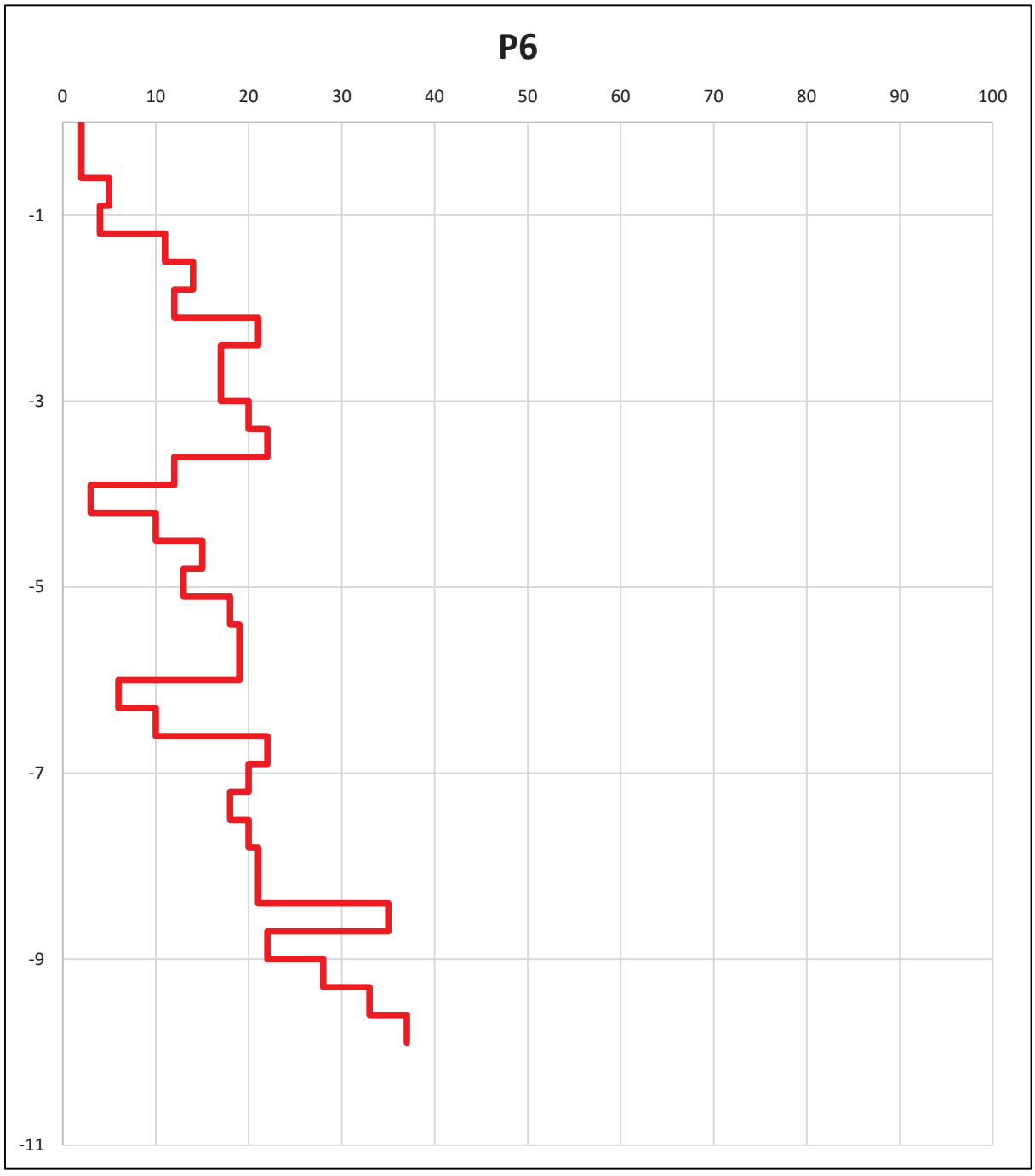
Prof. m	P Kg/cmq	P+L Kg/cmq	Rt Kg/cmq	Rp Kg/cmq	Rl Kg/cmq	Rp/Rl	litologia (A.G.I. 1977)
0.0							
0.2							
0.4							
0.6	13	17		13	0.27	49	sabbie lim. e limi sabb.
0.8	14	21		14	0.47	30	argille e limi
1.0	27	39		27	0.80	34	sabbie lim. e limi sabb.
1.2	25	38		25	0.87	29	argille e limi
1.4	41	58		41	1.13	36	sabbie lim. e limi sabb.
1.6	57	72		57	1.00	57	sabbie lim. e limi sabb.
1.8	89	108		89	1.27	70	sabbie e ghiaie
2.0	111	168		111	3.80	29	argille e limi
2.2	156	182		156	1.73	90	sabbie e ghiaie
2.4	118	145		118	1.80	66	sabbie e ghiaie
2.6	59	90		59	2.07	29	argille e limi
2.8	138	197		138	3.93	35	sabbie lim. e limi sabb.
3.0	124	148		124	1.60	78	sabbie e ghiaie
3.2	127	159		127	2.13	60	sabbie lim. e limi sabb.
3.4	76	106		76	2.00	38	sabbie lim. e limi sabb.
3.6	127	162		127	2.33	54	sabbie lim. e limi sabb.
3.8	113	152		113	2.60	43	sabbie lim. e limi sabb.
4.0	79	91		79	0.80	99	sabbie e ghiaie
4.2	29	45		29	1.07	27	argille e limi
4.4	51	78		51	1.80	28	argille e limi
4.6	96	120		96	1.60	60	sabbie lim. e limi sabb.
4.8	123	128		123	0.33	369	sabbie e ghiaie
5.0	93	136		93	2.87	32	sabbie lim. e limi sabb.
5.2	76	118		76	2.80	27	argille e limi
5.4	30	75		30	3.00	10	argille plastiche
5.6	17	41		17	1.60	11	argille plastiche
5.8	19	35		19	1.07	18	argille e limi
6.0	51	88		51	2.47	21	argille e limi
6.2							
6.4							
6.6							
6.8							
7.0							
7.2							
7.4							
7.6							
7.8							
8.0							
8.2							
8.4							
8.6							
8.8							
9.0							
9.2							
9.4							
9.6							
9.8							
10.0							

Prova n°	***5***	**Data**	***03/02/2025***
Committente	***Molino Braga***	**Falda**	***3.30***
Comune	***Dello***	**Quota**	***p.c.***
Cantiere	***Nuovo insediamento***		





Direzione lavori	A&P di Corrado Aletti
Progetto	Nuove strutture
Cantiere	Via S. Zenone - Dello (BS)
Data	24/01/2025



Impresa esecutrice	Crestana S.r.l.s.	**Falda**	-
Penetrometro	Pagani TG-200	**Aste umide**	-
Normativa	DIN-4094	**Note**	-