

REGIONE LOMBARDIA

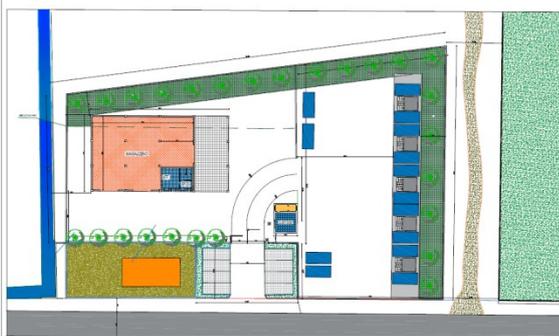
PROVINCIA DI CREMONA

COMUNE DI SERGNANO



RELAZIONE GEOLOGICA R1+R3

RELAZIONE GEOTECNICA R2



Elaborato

AMPLIAMENTO DEL CENTRO COMUNALE DI RACCOLTA RIFIUTI

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

Committente



Amministrazione Comunale di Sergnano

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	03.03.2023
Approvato	A & P sas – Dr. Aletti Corrado	08.03.2023
File	relazione.docx	
Commessa	2023.02.076	



Elaborato	Data	Rev.	Pag.
Relazione	Marzo 2023	0	1 di 46
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

INDICE

1. Introduzione	4
2. Inquadramento geografico	5
3. Inquadramento geologico e morfologico del territorio	6
3.1. Litostratimetria	7
3.2. Fattibilità	9
3.3. Sismica	10
3.4. Indagine sismica	13
3.4.1. Tecnica di misurazione e strumentazione.....	13
3.4.2. Effetti di sito: risposta sismica locale	14
3.4.3. Profilo onde S e classificazione del sottosuolo da NTC	15
3.4.4. Vulnerabilità sismica dell'opera	16
3.4.5. Risultati dell'analisi	17
3.5. Analisi sismica di II livello di dettaglio.....	19
3.6. Parametri sismici	21
3.7. Stima della magnitudo di riferimento	23
3.7.1. Verifica alla liquefazione.....	25
4. Geotecnica	29
4.1. Modello geotecnico	32
4.2. Analisi delle soluzioni fondali	33
4.3. Calcolo della capacità portante	34
4.3.1. Approccio 2 combinazione unica A1+M1+R3	34
4.3.2. Verifica allo slittamento	35
4.4. Calcolo dei cedimenti.....	35
4.5. Terre da scavo	37
5. Indicazioni relative all'invarianza	39
6. Conclusioni	41

7. Tabella riassuntiva parametri geologici 42

1. INTRODUZIONE

La presente relazione geologica e geotecnica, redatta per conto dell'Amministrazione Comunale di Sergnano, ha lo scopo di definire il quadro geolitologico, stratigrafico, idrogeologico, sismico e geotecnico delle aree interessate dall'ampliamento ed adeguamento strutturale del centro comunale di raccolta rifiuti, con realizzazione di un'apposita area protetta per il deposito dei rifiuti del Comune di Sergnano (BS) al fine esclusivo della verifica delle fondazioni. 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. La 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 di fondazione sono state eseguite n. 1 prova penetrometrica statica (CPT) e n. 1 prova penetrometrica dinamica superpesante (DPSH). Per quanto riguarda l'indagine sismica ci si è riferiti ad un'analisi mediante tecnica HVSR (Horizontal Vertical Spectral Ratio) effettuata dallo scrivente nelle immediate vicinanze del sito in esame. 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.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Marzo 2023	0	4 di 46
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area in studio è localizzata nel settore centrale del territorio comunale di Sergnano, lungo il margine N di Via Vallarsa, così come rappresentato in Figura 1.



Figura 1 – Ubicazione dell'area in studio

Il progetto prevede l'ampliamento ed adeguamento strutturale del centro comunale di raccolta rifiuti, con realizzazione di apposita area protetta per il deposito di questi ultimi. Le opere in progetto insisteranno sul Foglio 11, Mappali 37, 178 e 1393 del NCT del Comune di Sergnano (CR).

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Marzo 2023	0	5 di 46
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E MORFOLOGICO DEL TERRITORIO

Il territorio in esame appartiene al settore settentrionale della Pianura Padana la cui evoluzione geologica risulta connessa allo sviluppo della catena alpina prima e di quella appenninica nella fase successiva, costituendo l'avanfossa di entrambi i sistemi. Dal Pliocene ad oggi tale depressione, dal profilo asimmetrico, con minore inclinazione del lato settentrionale, è stata progressivamente colmata da sedimenti dapprima marino-transizionali e quindi strettamente continentali, denotando una accentuata subsidenza. L'assetto geologico dell'area 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 fluvioglaciali e fluviali Wurm – cfr. Figura 2) e costituenti il "**livello fondamentale della pianura**".

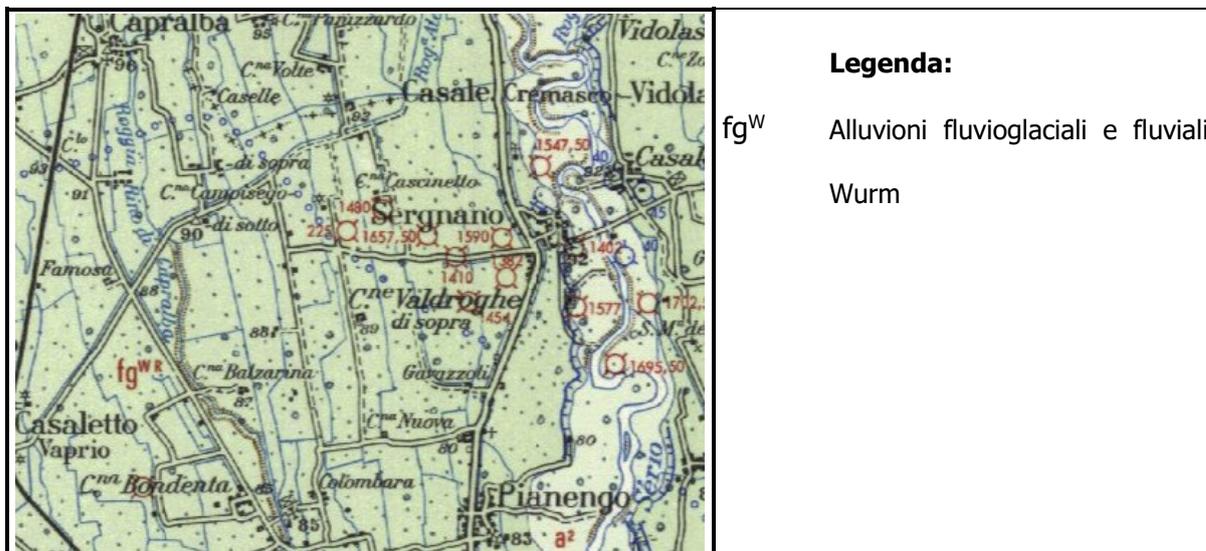


Figura 2 – Stralcio della Carta Geologica d'Italia foglio Treviglio

La litologia superficiale risulta costituita da depositi sabbioso ghiaiosi con coperture sabbioso limose di spessore metrico. In relazione all'intenso intervento antropico attuato

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Marzo 2023	0	6 di 46
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

nell'area, oltre che alla prolungata assenza dell'attività fluviale, la superficie del livello fondamentale della pianura presenta oggi generalmente una morfologia regolare per lo più pianeggiante. Altimetricamente il sito in studio si colloca alla quota indicativa di circa 91.00 m.s.l.m., con cadente topografica verso SSE. L'idrografia a contorno è caratterizzata dalla presenza del fiume Serio, posto a circa 1 chilometro in direzione E e da una fitta rete minore con funzione di bonifica ed irrigazione. L'area d'intervento, secondo i dati contenuti nel PGT, non risulta soggetta ad alcun tipo di dissesto. Dal punto di vista idraulico è importante segnalare che l'area in analisi risulta esterna sia alle fasce fluviali delimitate dal PAI (Piano di Assetto Idrogeologico), ovvero le aree inondate in caso di piene con diversi tempi di ritorno, sia alle zone allagabili definite dal PGRA 2022 (Piano di Gestione Rischio Alluvioni) della Regione Lombardia (Figura 3). Visto l'attuale assetto geoclimatico non sono stati rilevati forme o processi geomorfologici attivi e si esclude l'esondabilità e l'allagabilità del sito. Nelle attuali condizioni geoclimatiche il sito appare stabile.



Figura 3 – Direttiva alluvioni 2007/60/CE – Revisione 2022

3.1. Litostratimetria

La litostratimetria dell'area in esame è stata desunta da studi effettuati nella zona, e dalle interpretazioni delle prove penetrometriche effettuate in corrispondenza del sito d'interesse. L'assetto stratigrafico si configura conforme all'ambiente ed all'evoluzione deposizionale a cui è andata soggetta l'area fortemente condizionata dalla dinamica

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Marzo 2023	0	7 di 46
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

fluvioglaciale e fluviale legata ad ambienti ad alta energia, con significative variazioni d'alveo e ad elevata competenza. Dal punto di vista genetico i depositi si presentano uniformi sull'area in studio seppure con differenze locali legate alla granulometria e al grado di addensamento. In sito sono state effettuate n. 1 prova penetrometrica statica con penetrometro da 20 tonnellate (CPT) e n. 1 prova penetrometrica dinamica superpesante (DPSH), rispettivamente rinominate P1 e P2. Le prove sono state spinte sino ad una profondità massima pari a 4.40 m da p.c. (P1) e 5.40 m da p.c. (P2) ed hanno restituito il medesimo risultato. Si osserva la presenza di un primo livello di copertura costituito da suolo dello spessore di circa 0.50 m, cui fanno seguito limi sabbioso argillosi continue sino a circa 3.00 m da p.c.. Al di sotto e sino alla massima profondità investigata è presente un orizzonte prevalentemente ghiaioso sabbioso. Questa situazione è coerente con le stratigrafie dei pozzi perforati nelle vicinanze i quali evidenziano che il livello ghiaioso sabbioso può essere esteso sino a circa 21.00 metri (Figura 4).



Figura 4 – Stratigrafia pozzo limitrofo

Durante la campagna geognostica del Marzo 2023 la falda è stata rilevata a circa 3.50 m da p.c. in corrispondenza di P1. Dai dati riportati nella cartografia geologica a corredo del PGT, si può notare che l'area risulta circa alla quota dell'isopieza 86.5, indicando una soggiacenza di circa 4.0 m (Figura 5). Considerata l'esiguità delle misurazioni e la mancanza di una serie storica di dati non è possibile fornire un valore attendibile dell'intervallo di oscillazione della falda freatica.

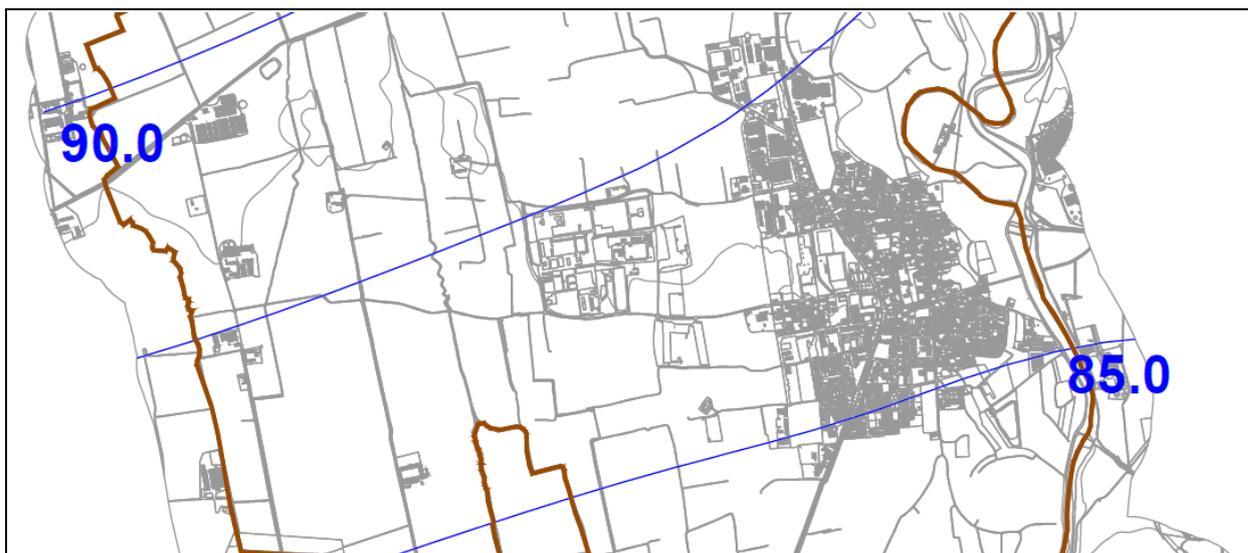


Figura 5 – Carta idrogeologica (stralcio da PGT)

3.2. Fattibilità

Per quanto riguarda la fattibilità, l'area in esame ricade parzialmente nella classe di fattibilità 2, ovvero fattibilità con modeste limitazioni legate alla vulnerabilità del primo acquifero (Figura 6). In particolare le prescrizioni dettate dalle Norme tecniche di attuazioni sono le seguenti:

Ricadono in questa sottoclasse le aree ad alta vulnerabilità dell'acquifero superficiale che determinano problematiche di natura idrogeologica. La classe d'ingresso sarebbe la 3, ma considerato che le captazioni idropotabili dell'acquedotto pubblico sono impostate in un acquifero protetto separato dal superficiale (quantomeno nel territorio comunale) si è ritenuto opportuno attribuirvi la classe di fattibilità 2. E' necessario che gli studi di dettaglio, relativi ad interventi in queste aree, approfondiscano la conoscenza delle caratteristiche idrogeologiche locali con particolare attenzione all'andamento della soggiacenza della falda. Sono consentite tutte le tipologie di intervento edilizio; per le attività produttive/agricola potenzialmente idroinquinanti dovrà essere eseguita un'indagine idrogeologica che valuti il possibile impatto sulle acque sotterranee e che preveda, se necessario, l'adozione di accorgimenti in grado di tutelare la falda acquifera e che ne consentano il monitoraggio. La vulnerabilità idrogeologica

 geologia geotecnica e dati	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Marzo 2023	0	9 di 46
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

da nitrati di origine agricola e zootecnica impone la stretta osservanza di quanto previsto dal “Programma d’azione regionale per la protezione delle acque dall’inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole nelle zone vulnerabili ai sensi della direttiva nitrati 91/676/CEE – 2020-2023” (D.g.r. 2 marzo 2020 - n. XI/2893). Oltre a quanto indicato, dovranno essere sempre applicati i disposti delle Norme Tecniche delle Costruzioni del 17/01/2018.

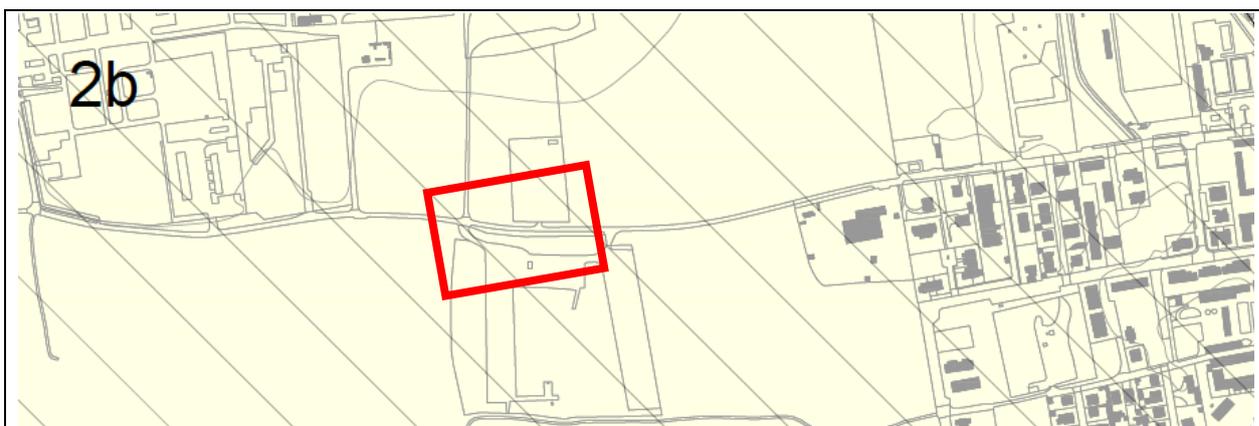


Figura 6 – Stralcio della carta della fattibilità di PGT

Le strutture in progetto non si configurano come potenzialmente idroinquinanti. Tuttavia, al fine di preservare la falda da eventuali contaminazioni, andrà rivolta particolare attenzione alla gestione delle acque di scarico: le fognature miste o nere, se presenti, 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. Si ricorda che le strutture dovranno essere adeguatamente impermeabilizzate. Gli aspetti geotecnici e sismici saranno trattati nei paragrafi successivi.

3.3. 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

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Marzo 2023	0	10 di 46
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

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. 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 Sergnano (codice ISTAT 019094) come ricadente nella zona 3 (cfr. Figura 7) 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 ripropone per il comune di Sergnano la classe 3 (Figura 8).**

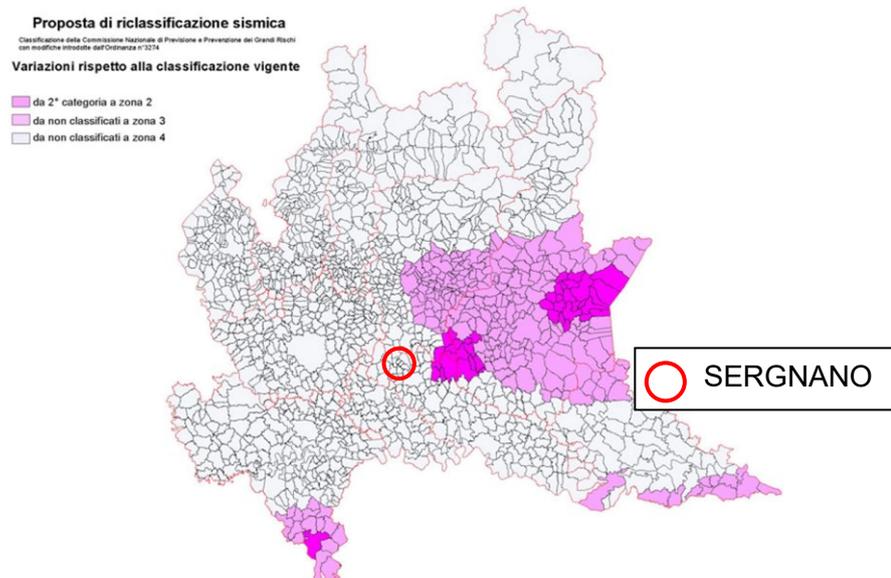


Figura 7 - Proposta di riclassificazione sismica 2003

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Marzo 2023	0	11 di 46
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

Mappa di classificazione sismica dei comuni lombardi

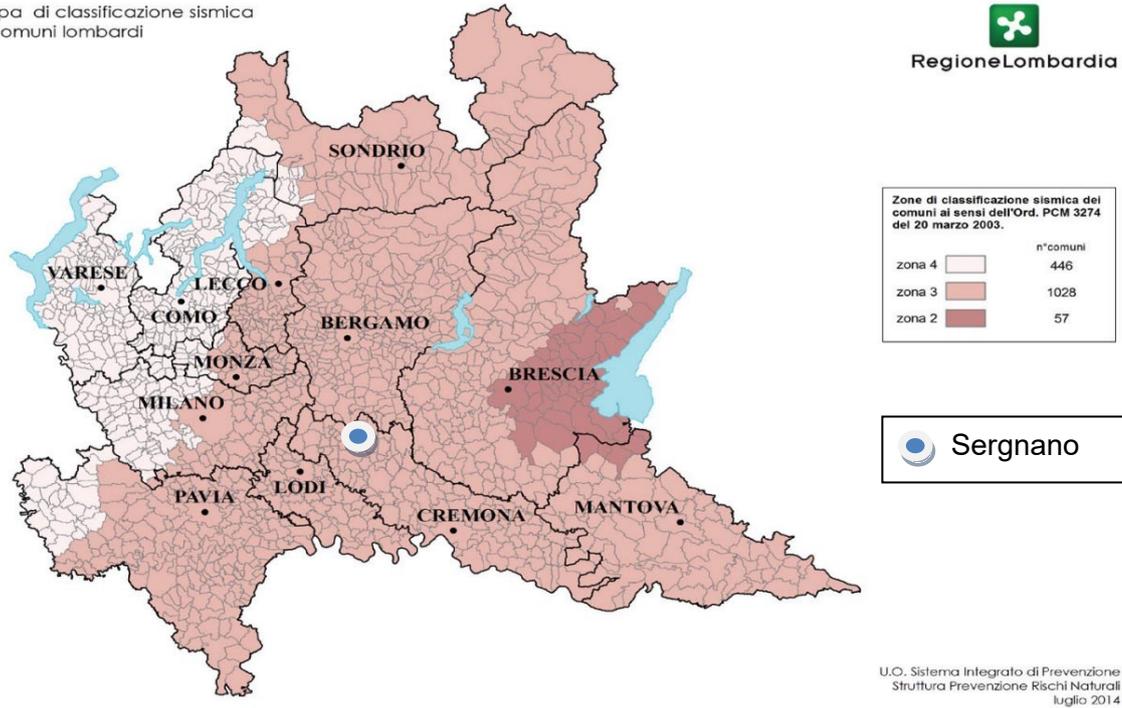


Figura 8 - Riclassificazione sismica 2014

In riferimento alla pericolosità sismica locale (studio di I livello da PGT), negli elaborati allegati al 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 9).



Figura 9 – Stralciamento della carta della PSL (da PGT)

Dagli approfondimenti eseguiti si assegna la classe topografica T1. Per l'analisi sismica di dettaglio si è fatto riferimento ad un'indagine sismica effettuata dallo scrivente nelle

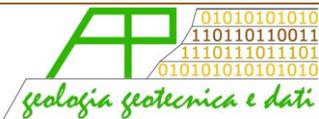
	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Marzo 2023	0	12 di 46
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

immediate vicinanze del sito in esame mediante la tecnica HVSR. I risultati dell'indagine sono riportati nei capitoli seguenti. Sulla base di ciò è stata poi eseguita l'analisi di II livello obbligatoria per lo scenario di PSL Z4.

3.4. Indagine sismica

3.4.1. 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

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Marzo 2023	0	13 di 46
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

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.

3.4.2. 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.

 <p>01010101010 110110110011 1110111011101 0101010101010</p> <p>geologia geotecnica e dati</p>	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Marzo 2023	0	14 di 46
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

3.4.3. 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 $V_s > 800$ 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 (V_s):

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Marzo 2023	0	15 di 46
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

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

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.

3.4.4. 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

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Marzo 2023	0	16 di 46
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

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:

$$f_s = \frac{1}{C_1 Z^4}$$

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.

3.4.5. Risultati dell'analisi

Si riportano di seguito in Figura 10 gli spettri H/V e V registrati nelle immediate vicinanze del sito in studio. 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.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Marzo 2023	0	17 di 46
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

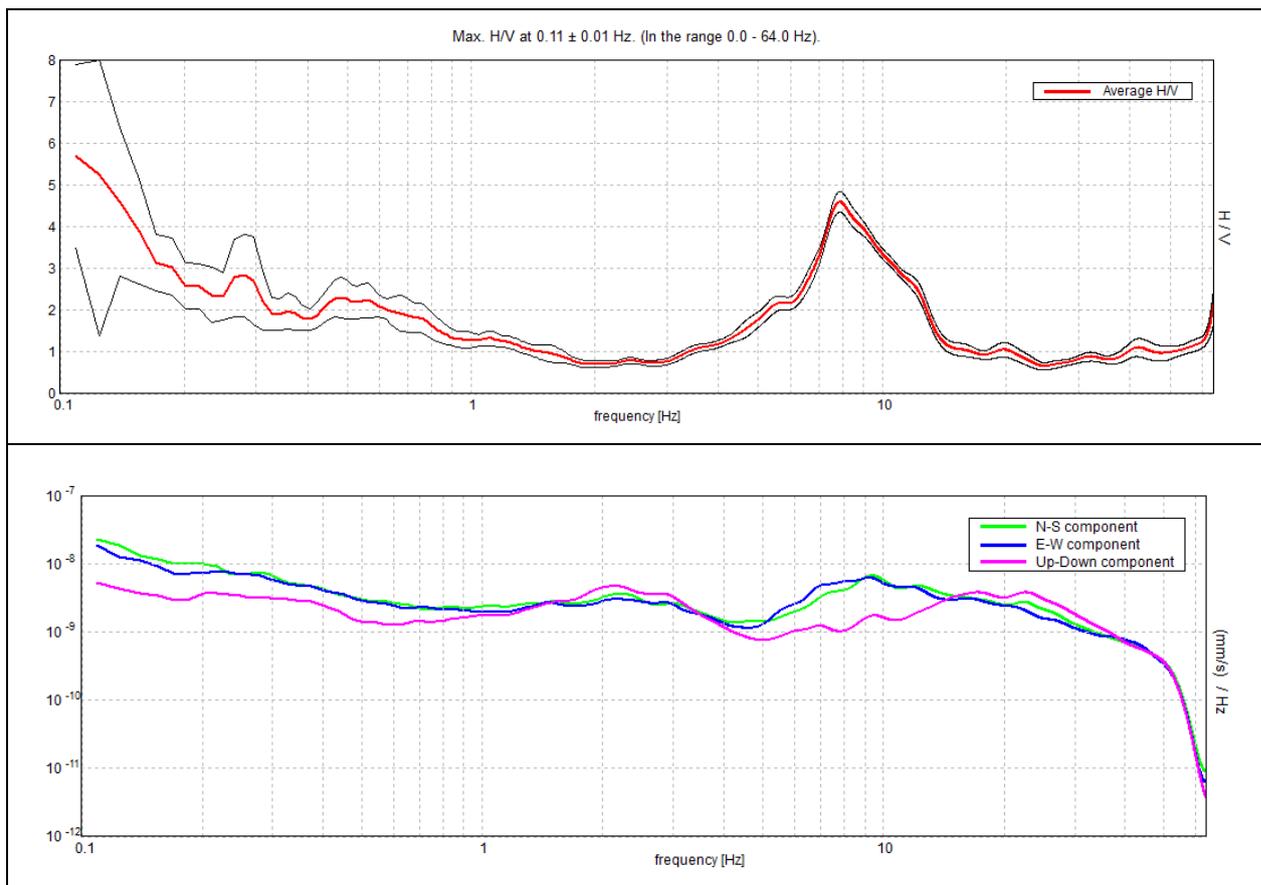


Figura 10 – Andamento degli spettri

La curva H/V sintetica è stata modellata in modo da sovrapporsi ai picchi stratigrafici misurati (Figura 11).

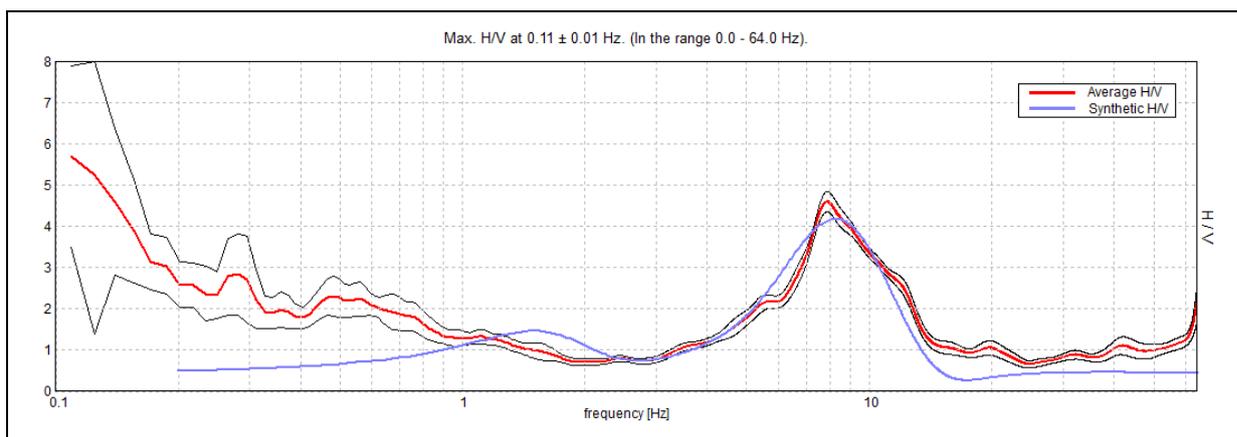


Figura 11 – Andamento della frequenza caratteristica

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

Profondità da (m) a (m)		Δz (m)	Vs (m/s)	Inversioni di velocità
0.0	3.80	3.80	155	-
3.80	11.90	8.10	332	-
11.90	72.10	60.20	461	-
Oltre 72.10			705	-

Il valore di V_{seq} calcolato è risultato uguale a 340 m/s, che pone il sito nella classe di sottosuolo C secondo il D.M. 17.01.2018. Da piano fondazione la categoria è la medesima. Per l'analisi di II livello è stato necessario calcolare il periodo fondamentale del sito (T). Per fare ciò è stata utilizzata la seguente relazione:

$$T(s) = \frac{4 \times \sum_{i=1,N} h_i}{\frac{\sum_{i=1,N} h_i \times V_{Si}}{\sum_{i=1,N} h_i}}$$

Dove h_i è lo spessore in metri dello strato i-esimo, V_{si} è la velocità delle onde di taglio dello strato i-esimo e N è il numero di strati. L'applicazione della relazione implica di conoscere l'andamento delle velocità con la profondità sino a raggiungimento di velocità delle onde di taglio ≥ 800 m/sec. Nel caso in esame non è stato individuato il bedrock sismico fino a circa 72.10 m da p.c., pertanto si è dovuto stimare l'andamento delle velocità in profondità ipotizzando un andamento lineare di quest'ultima. In questo modo il periodo fondamentale del sito (T) è risultato pari a 0.72 s.

3.5. Analisi sismica di II livello di dettaglio

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 (F_a) e confrontato con quello proposto dalla Regione Lombardia. Il valore di F_a 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 F_a 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

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Marzo 2023	0	19 di 46
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

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 F_a 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 F_a 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 V_s (Rif. Allegato 5 Direttive LR 12.05). 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 12).

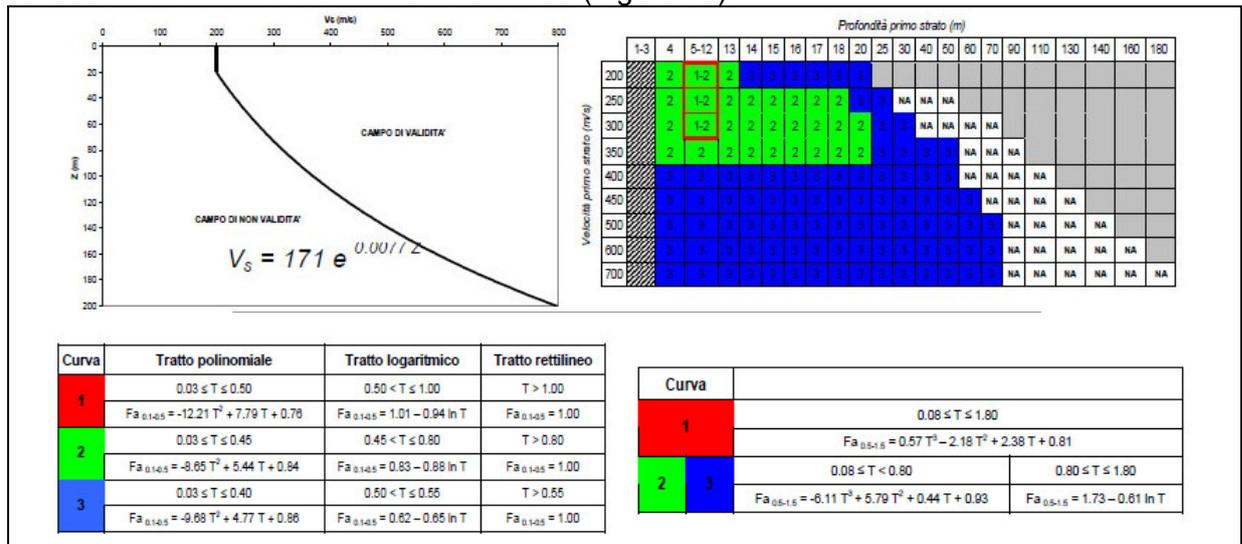


Figura 12 – Scheda di riferimento sabbiosa

Il periodo di oscillazione fondamentale della colonna lito-stratigrafica è risultato uguale a 0.72 s per Tr1. Utilizzando questo dato si sono ricavati i seguenti valori di Fa (fattori di amplificazione spettrali):

Fa (nell'intervallo 0.1-0.5 s) = $1.1 \pm 0.1 < 1.9$ (soglia di Normativa per il Comune in esame)

Fa (nell'intervallo 0.5-1.5 s) = $2.0 \pm 0.1 < 2.4$ (soglia di Normativa per il Comune in esame).

Applicando ai valori di amplificazione calcolati la tolleranza prevista pari a ± 0.1 risultano entrambe minori o uguali ai valori proposti dalla normativa regionale vigente per la categoria di sottosuolo C, per il Comune di Sergnano (1.9 e 2.4 rispettivamente). 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 (Figura 13) 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 13 – Tabella per la valutazione dell'attendibilità dei dati (cfr. allegato 5)

3.6. 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 14. Con riferimento alle nuove costruzioni si

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Marzo 2023	0	21 di 46
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

rimanda alle indicazioni ed ai criteri di calcolo previsti dalla nuova normativa.

Stati limite

Classe Edificio: II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali.

Vita Nominale: 50

Interpolazione: Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a_y [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0.031	2.458	0.200
Danno (SLD)	50	0.039	2.502	0.218
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.105	2.453	0.277
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.137	2.473	0.284

Periodo di riferimento per l'azione sismica: 50

Coefficienti sismici

Tipo: Stabilità dei pendii e fondazioni

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m): 1 us (m): 0.1

Cat. Sottosuolo: C

Cat. Topografica: T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,50
CC Coeff. funz. categoria	1,78	1,74	1,60	1,59
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]: 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.009	0.012	0.038	0.049
kv	0.005	0.006	0.019	0.025
Amax [m/s²]	0.457	0.577	1.547	2.021
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

Figura 14 – Calcolo dei parametri sismici dell'area

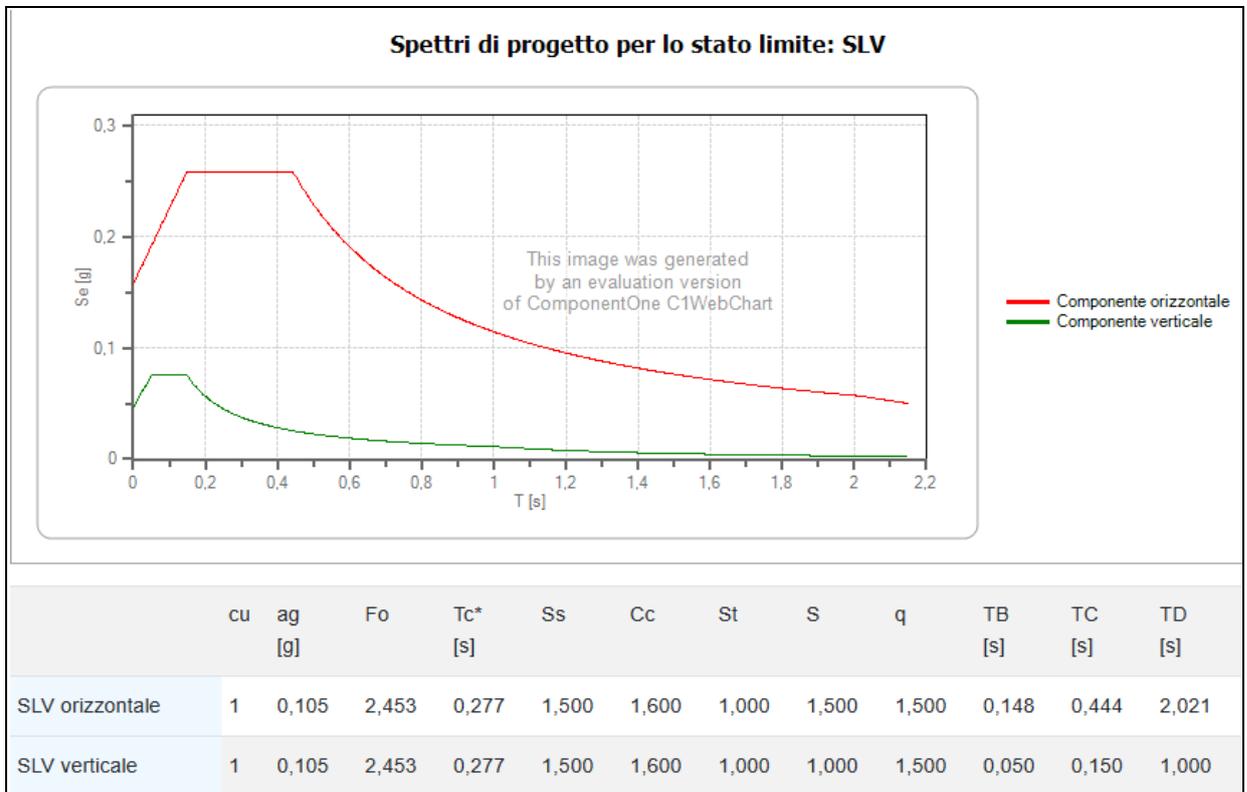


Figura 15 – Spettri di progetto SLV

3.7. Stima della magnitudo di riferimento

Nel settore di appartenenza del comune di Serignano 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.

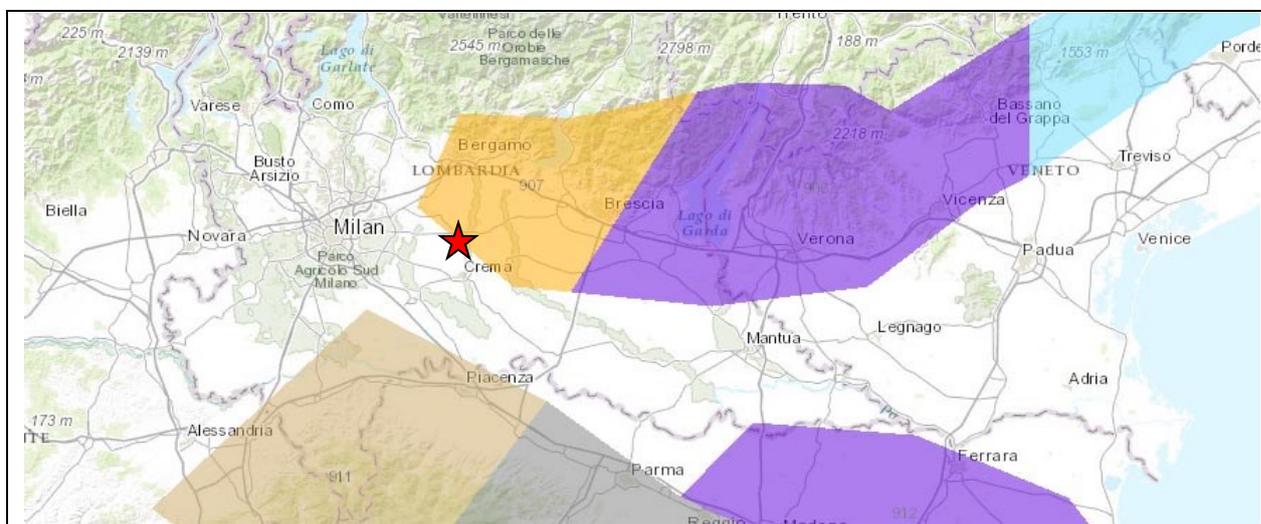


Figura 16 – Schema Zonizzazione Sismogenetica ZS9

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

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Marzo 2023	0	23 di 46
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

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 sismotettonco riassunto nella zonazione sismogenetica ZS9 ricade nella nelle immediate vicinanze della zona sorgente 907 (Figura 16). In questo caso, ai fini della verifica alla liquefazione, si assume il valore della Magnitudo Mw pari a quello della zona, ovvero 6.14, ricalcolata in base alla distanza. E' possibile il calcolo anche 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.

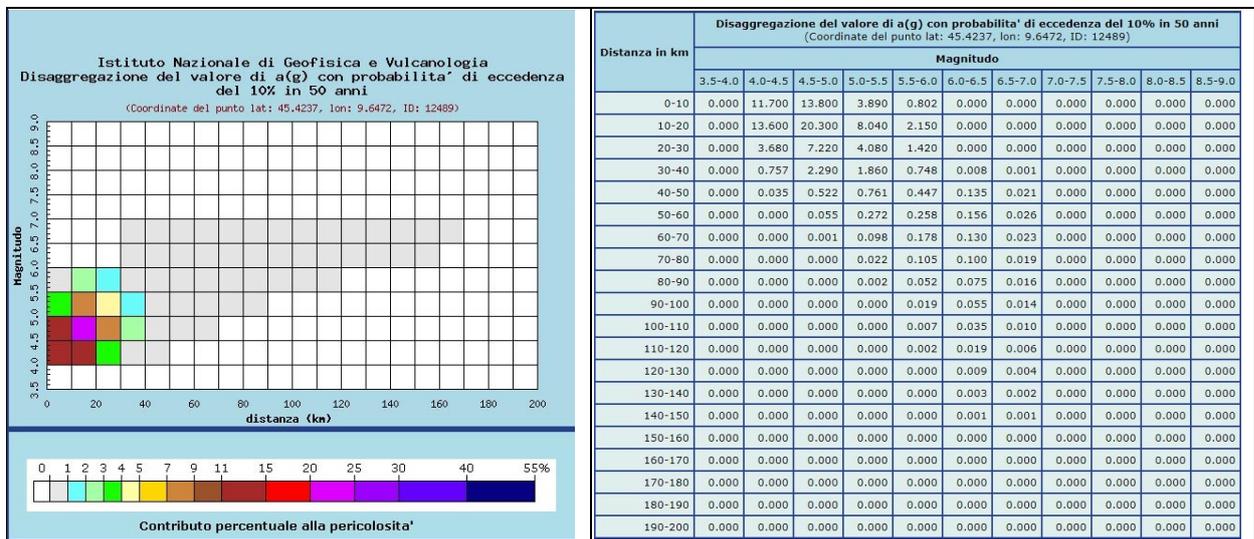


Figura 17 - Verifica Magnitudo

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. 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 Sergnano il valore medio di riferimento propone una magnitudo pari a 4.79 ad una distanza di 16.5 km. Il valore non è però riferito alla magnitudo momento M_w , 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 40 km si raggiunge un valore superiore al 90% per magnitudo fino a 5.5. I valori calcolati con entrambe i metodi convergono su un risultato confrontabile.

3.7.1. 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 sì 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)

 geologia geotecnica e dati	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Marzo 2023	0	25 di 46
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

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 18.

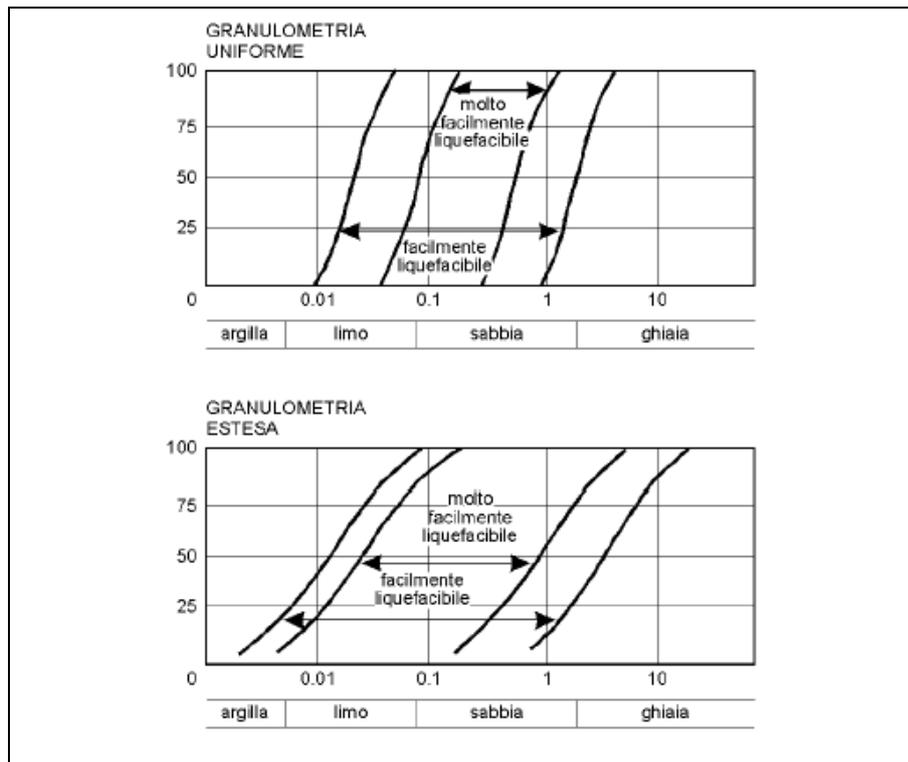


Figura 18 – Valutazione della suscettibilità alla liquefazione – fasce granulometriche critiche

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 mobilabile 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. La grandezza CSR viene ricavata attraverso la relazione:

$$CSR = \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \cdot r_d \cdot \frac{1}{MSF}$$

dove:

- a_{max} = accelerazione sismica massima;
- g = accelerazione di gravità = 980.7 cm/s²;
- σ_{vo} = pressione verticale totale alla profondità z dal p.c.;
- σ'_{vo} = 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 r_d può essere valutata attraverso alcune correlazioni empiriche note in letteratura. Nel caso in esame è stata utilizzata la seguente:

ANDRUS e STOKOE (2000)

$$CRR = 0,022 \cdot \left(\frac{K_c \cdot V_{sl}}{100} \right)^2 + \frac{2.8}{(V_{slc} - K_c \cdot V_{sl})} - \frac{2.8}{V_{slc}} \qquad CSR = \frac{\tau_{av}}{\sigma'_{vo}} = 0,65 \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \cdot r_d \cdot \frac{1}{MSF}$$

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 155 m/sec spessore medio 3.80 m
- 2° strato: velocità media onde Vs 332 m/sec spessore medio 8.10 m
- 3° strato: velocità media onde Vs 461 m/sec spessore medio 18.10 m

Per il profilo è stata considerata un'accelerazione pari a 0.157 g (0.105x1.5) ricavata per edifici di classe II allo stato limite SLV. La falda è stata posta ad una profondità cautelativa di 1.00 m da p.c. attuale. Il calcolo ha verificato che il coefficiente di sicurezza Fs è per tutto il

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Marzo 2023	0	27 di 46
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

profilo superiore a 1. Di conseguenza il coefficiente I_c è pari a 0.0 indicando un rischio molto basso (Figura 19).

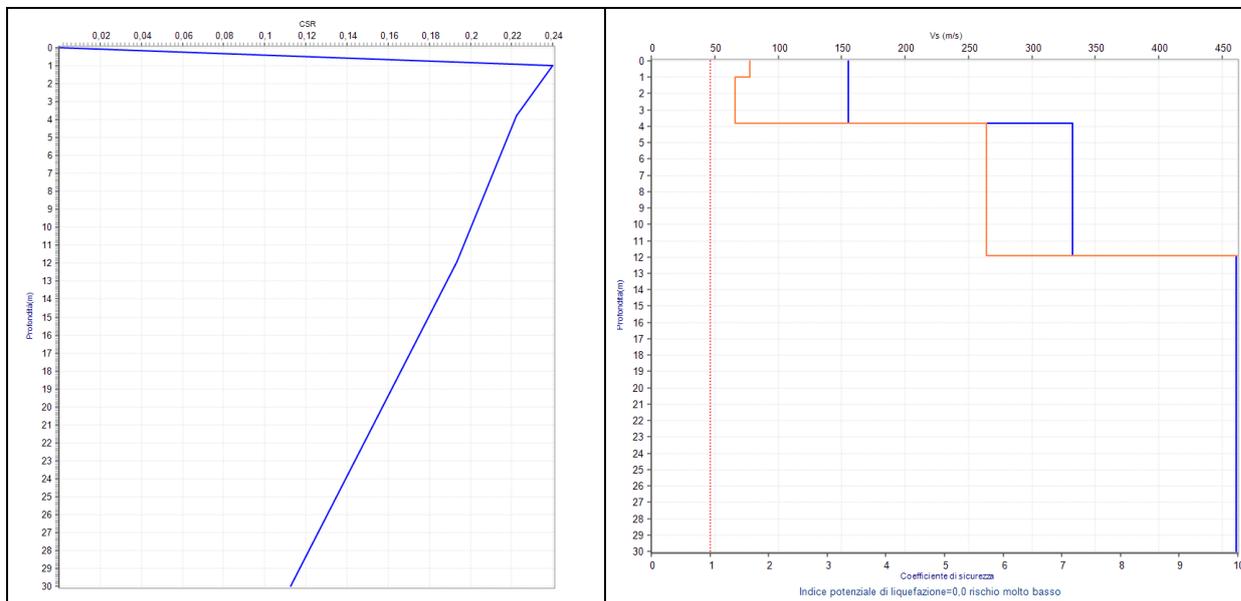


Figura 19 – Andamento del coefficiente CSR CRR e F_s (linea arancio grafico di destra)

In tutti gli strati indagati risultano verificate le condizioni di sicurezza di cui sopra.

4. GEOTECNICA

La definizione delle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione è stata effettuata sulla base dei risultati dei valori di resistenza penetrometrica delle prove eseguite in sito e dai dati bibliografici validi per litologie simili. In sito sono state effettuate n. 1 prova penetrometrica statica (CPT) e n. 1 prova penetrometrica dinamica superpesante (DPSH). Le prove sono state interrotte ad una profondità massima di circa 5.40 metri per il raggiungimento del rifiuto all'avanzamento. 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 20).

DIMENSIONI E PESI				DATI TECNICI		
	DP	CPT	DP + CPT	Motore	Tipo	Benzina; 2 cil.; V
H [mm]	1600	1480	1600		Potenza [HP (kW) - RPM]	16 (12) - 3600
L [mm]	2450	2200	2450		Raffreddamento	Aria
P [mm]	1040	1040	1040	Traslazione	Cingolato a trasmissione idrostatica	Cingolato Gommato
Peso [kg]	910	810	980		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 20 – 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 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 \varnothing = 35,7 mm
- area di punta A_p = 10 cm²
- angolo di apertura del cono α = 60 °
- superficie laterale del manicotto A_m = 150 cm²

Le resistenze specifiche **Qc** (Resistenza alla punta **RP**) e **Ql** (Resistenza Laterale **RL** o **fs** attrito laterale specifico che considera la superficie del manicotto di frizione) vengono desunte tramite opportune costanti e sulla base dei valori specifici dell'area di base della punta e dell'area del manicotto di frizione. 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	cm ²
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 N_{spt} ottenuto con la suddetta prova (differente da quelle eseguite),

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Marzo 2023	0	30 di 46
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con Nspt. Il passaggio viene dato da:

$$N_{spt} = \beta_t N$$

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.

I risultati delle prove sono riportati in Allegato 2, completi dei diagrammi e delle letture, mentre l'ubicazione delle indagini è riportata in Allegato 1 ed in Figura 21.

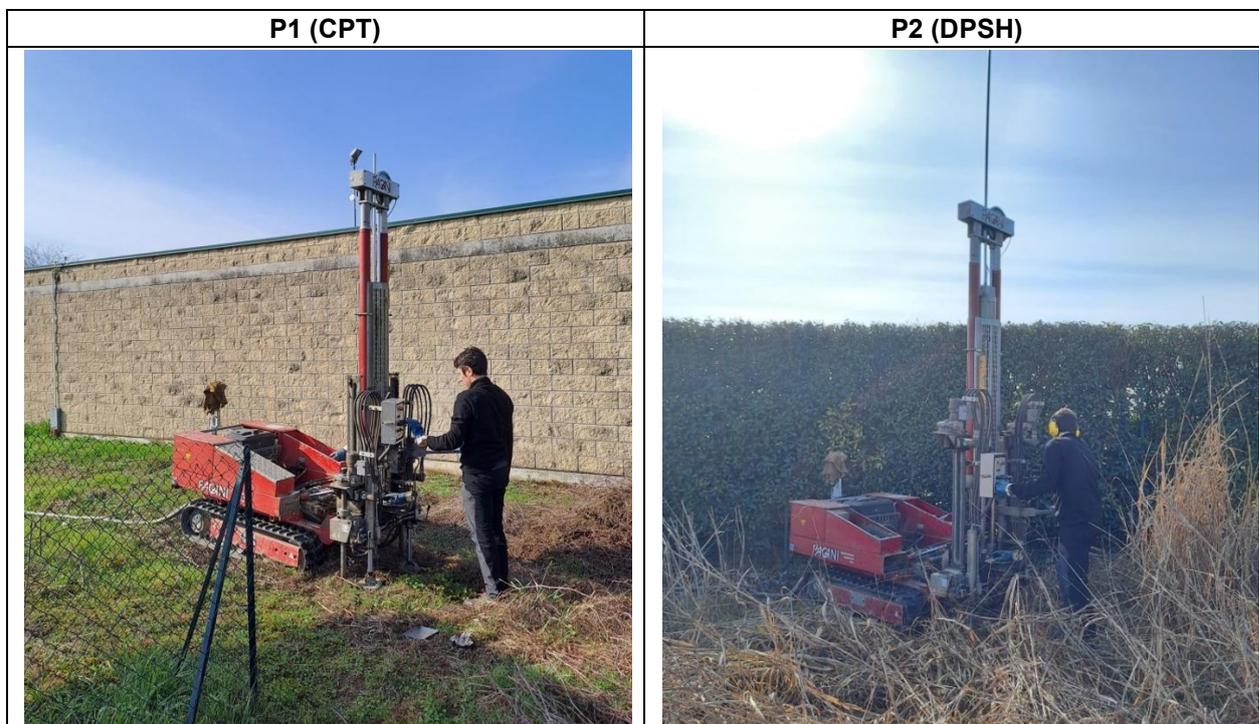


Figura 21 – Postazione di prova

4.1. 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 le prove hanno evidenziato la presenza, al di sotto di un primo livello di copertura dello spessore di circa 0.50 m, di depositi a comportamento prevalentemente coesivo (supporto di matrice) e quindi granulare sino alla massima profondità indagata pari a circa 5.40 m da p.c.. 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 (F_s) 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 e della buona omogeneità dei terreni è stato definito un unico modello

 geologia geotecnica e dati	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Marzo 2023	0	32 di 46
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

così schematizzato partendo dal piano campagna originale:

STRATO A: da p.c. sino a -0.50 m: suolo. Parametri caratteristici: $\gamma = 1.7 \text{ kg/dm}^3$.

STRATO B: da -0.50 a -3.00 m: depositi granulari scarsamente addensati. Parametri caratteristici: $C_{u_k} = 0.6 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.8 \text{ kg/dm}^3$.

STRATO C: da -3.00 a -5.40 m: depositi granulari addensati. Parametri caratteristici: $\Phi_k = 35^\circ$ $\gamma = 1.9 \text{ kg/dm}^3$.

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.

4.2. Analisi delle soluzioni fondali

L'applicazione di un carico concentrato sulla superficie del terreno produce un fascio di reazioni con intensità decrescente allontanandosi in orizzontale ed approfondendosi sulla verticale rispetto al punto di applicazione. In funzione della geometria e delle dimensioni della fondazione o del piano di appoggio, i carichi saranno diffusi a profondità differenti. Le proprietà geotecniche dei terreni permettono l'impiego di fondazioni superficiali di qualsiasi tipologia, a plinto, nastriformi o a platea. Nell'ipotesi di progetto le fondazioni saranno plinti aventi un incastro minimo di almeno 1.30 m, compreso il magrone di sottofondazione. *Durante le operazioni di scavo delle fondazioni si dovrà riservare attenzione alla natura dei depositi e dovranno essere segnalate eventuali difformità o repentine variazioni litologiche non rilevabili dall'indagine svolta in particolare in prossimità del fabbricato esistente.* In riferimento all'aggressività dei terreni di fondazione (UNI EN 206-1) questi possono essere classificati come XC2. Il calcestruzzo impiegato per le opere di fondazione dovrà garantire le prestazioni minime riportate nella tabella seguente.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Marzo 2023	0	33 di 46
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

Denom. della classe	Descrizione dell'ambiente	Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi le classi di esposizione	UNI 9858	A/C MAX	R'ck min.	Dos. Min. Cem. KG.
XC2	Bagnato, raramente asciutto	Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo.	2a	0,60	30	300

4.3. Calcolo della capacità portante

Sulla base delle informazioni desunte dal modello geotecnico e considerando la tipologia di fondazioni adottata, così come illustrato in precedenza, è possibile definire la capacità portante del terreno di imposta, il cui calcolo della capacità limite può essere eseguito con la formula di Brinch Hansen valida per fondazioni superficiali, modificata per il carico inclinato, che tiene conto dei fattori di forma, di fondazione, di profondità, di inclinazione del carico e degli effetti inerziali dovuti all'azione sismica. In ottemperanza a quanto prescritto dalla normativa vigente ed in accordo con il Progettista si è scelto un metodo di tipo semiprobabilistico che in dettaglio corrisponde all'approccio 2 combinazione unica (STR+GEO). I riferimenti per la trasformazione della portata di progetto, ovvero i coefficienti riduttivi sono riportati nelle tabelle 6.4.II e 6.4.IV delle NTC2018. Il Progettista dovrà poi verificare che sia soddisfatta la disequaglianza:

$$Ed \leq Rd$$

dove Ed rappresenta il valore di progetto dell'azione o degli effetti delle azioni nelle varie combinazioni di carico mentre Rd rappresenta la resistenza del terreno.

4.3.1. Approccio 2 combinazione unica A1+M1+R3

Questo tipo di combinazione prevede l'impiego dei parametri caratteristici (M1) del modello geotecnico così come riportato nel capitolo precedente. Effettuando il calcolo secondo la formula sopra riportata e riducendo la capacità portante secondo i valori della tabella 6.4.I riferendosi al coefficiente γ_r relativo a R3 (2.30) raggiungeremo la seguente portata di progetto Rd da confrontare con le azioni corrispondenti ad A1:

$$\text{in condizioni statiche } Rd = 2.1 \text{ Kg/cm}^2$$

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Marzo 2023	0	34 di 46
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

in condizioni sismiche $R_d = 1.4 \text{ Kg/cm}^2$

Nel dimensionamento delle fondazioni è tuttavia necessario tener conto non solo della resistenza al taglio dei terreni, ma anche dei cedimenti indotti dal carico applicato. E' stata pertanto eseguita una verifica dei cedimenti indotti nel terreno di fondazione per stimare il sovraccarico di esercizio (SLE) da attribuire ai depositi indagati in modo che i cedimenti derivati siano compatibili con le strutture in progetto.

4.3.2. Verifica allo slittamento

In conformità con i criteri di progetto allo SLU, la stabilità della fondazione deve essere verificata rispetto al collasso per slittamento oltre a quello per rottura generale. Rispetto al collasso per slittamento la resistenza viene valutata come somma di una componente dovuta all'adesione e una dovuta all'attrito fondazione-terreno; la resistenza laterale derivante dalla spinta passiva del terreno non è stata messa in conto. La resistenza di calcolo per attrito ed adesione è valutata secondo l'espressione:

$$FR_d = N_{sd} \tan \delta + c_a A'$$

Nella quale N_{sd} è il valore di calcolo della forza verticale, δ è l'angolo di resistenza al taglio alla base della fondazione, c_a è l'adesione fondazione-terreno e A' è l'area della fondazione efficace, intesa, in caso di carichi eccentrici, come area ridotta al centro della quale è applicata la risultante. Riducendo gli esiti dei calcoli secondo i valori della tabella 6.4.1 riferendosi al coefficiente γ_r relativo a R3 (1.10), la resistenza allo slittamento considerando un carico di fondazione pari 2.10 kg/cm^2 (carico SLU) risulta: **$R_d = 0.37 \text{ Kg/cm}^2$** .

4.4. Calcolo dei cedimenti

Il cedimento di una fondazione è riconducibile allo stato limite di esercizio della struttura (SLE), ed in questo caso i valori caratteristici dei parametri geotecnici sono uguali ai valori di progetto ($f_d = f_k$). Inoltre i coefficienti parziali sulle azioni A e sui parametri di resistenza R sono sempre unitari: $A_1+M_1+R_1$. Il calcolo dei cedimenti indotti sul terreno dal carico

 geologia geotecnica e dati	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Marzo 2023	0	35 di 46
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

trasmesso dalle fondazioni delle opere in progetto è stato effettuato sulla base del modello geotecnico; l'andamento dell'incremento di pressione verticale con la profondità è stato calcolato nell'ipotesi di validità della teoria di Bousinnesq per un punto in asse alla fondazione. I cedimenti sono dovuti alla deformazione elastica e plastica del terreno e, nel caso di terreni poco permeabili (argille e limi), al processo di lenta espulsione dell'acqua contenuta al loro interno (consolidazione). In quanto le caratteristiche geotecniche del terreno variano da punto a punto, così come spesso variano da punto a punto anche le condizioni di carico, i cedimenti possono assumere localmente valori differenti. Il cedimento calcolato in un punto prende il nome di cedimento assoluto; la differenza fra i cedimenti assoluti misurati in due o più punti prende il nome di cedimento differenziale. Il cedimento assoluto totale è dato dalla somma di tre componenti:

$$S_{tot} = S_{imm} + S_{con} + S_{sec}$$

S_{imm} = **cedimento immediato**, dovuto alla deformazione iniziale, senza variazione di volume, del terreno caricato; è prevalente nei terreni incoerenti (coesione=0), trascurabile in quelli coesivi (coesione>0);

S_{con} = **cedimento di consolidazione**, legato alla variazione di volume del terreno saturo, in seguito alla lenta espulsione dell'acqua contenuta al suo interno; è dominante nei terreni coesivi, poco permeabili, e trascurabile in quelli incoerenti (da mediamente a molto permeabili);

S_{sec} = **cedimento secondario**, dovuto alla deformazione viscosa dello scheletro solido del terreno; normalmente trascurabile in tutti i tipi di terreno.

I cedimenti sono stati calcolati mediante la teoria dell'elasticità. Si tratta di un metodo speditivo utile per avere una prima indicazione dell'ammontare del cedimento. La relazione utilizzata è la seguente:

$$S = DH \times Q_z / Ed;$$

dove:

DH = spessore dello strato;

Q_z = incremento di pressione dovuto al sovraccarico applicato a metà strato;

Ed = Modulo di deformazione dello strato 1/mv.

 geologia geotecnica e dati	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Marzo 2023	0	36 di 46
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

La fondazione è stata considerata rigida. Da questa formula, imponendo un carico di esercizio (SLE) sulla fondazione pari a 1.20 kg/cm² si ricavano valori dei cedimenti nell'ordine dei 20/25 millimetri. Il procedimento fornisce il cedimento corrispondente alla sola componente immediata, quella secondaria viene considerata trascurabile. I valori sono conformi con il grado di addensamento rilevato nei depositi. Si consiglia di non superare i valori di esercizio indicati (SLE) al fine di contenere i cedimenti.

4.5. 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

 geologia geotecnica e dati	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Marzo 2023	0	37 di 46
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

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.**

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Marzo 2023	0	38 di 46
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

5.INDICAZIONI RELATIVE ALL'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. 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

 geologia geotecnica e dati	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Marzo 2023	0	39 di 46
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

(R.R. 7/2017 del 23.11.2017 come modificato dal R.R. 8/2019 del 19.04.2019) 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 22.

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 22 – Tabella 1 - RR 08/2019

6. CONCLUSIONI

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

1. L'area in studio ricade nel Comune di Sergnano, classificato dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio in data 20 marzo 2003 n.3274 come di classe 3. La riclassificazione della Regione Lombardia non ha alterato la classe di appartenenza, mantenendo la categoria 2.
2. Secondo i disposti dell'Ordinanza Presidente del Consiglio n.3274/2003 i terreni di fondazione sono classificabili come di tipo C. L'analisi di II livello ha verificato l'adeguatezza delle soglie Regionali relativamente all'amplificazione litologica dei suoli appartenenti alla classe C. Dagli approfondimenti eseguiti si assegna la classe topografica T1.
3. I terreni di fondazione sono costituiti da depositi fluvioglaciali e fluviali caratterizzati da sabbie e ghiaie immerse in abbondanti matrici limoso argillose.
4. Durante la campagna geognostica del Marzo 2023 è stata rilevata la presenza di falda in corrispondenza del sito di prova P1 ad una profondità pari a 3.50 m da p.c., mentre non è stata rilevata in corrispondenza del sito di prova P2. Con riferimento alla falda freatica la carta idrogeologica a corredo del PGT indica una soggiacenza di circa 1.00 m.
5. Il calcolo della capacità portante è stato effettuato secondo la metodologia proposta dall'approccio 2. I valori sono riportati all'interno della relazione.
6. Il calcolo dei cedimenti è stato effettuato sulla base della teoria dell'elasticità. I cedimenti sono conformi al grado di addensamento dei depositi rilevati.
7. I terreni di fondazione non saranno soggetti a liquefazione in caso di sisma.
8. 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.

 geologia geotecnica e dati	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Marzo 2023	0	41 di 46
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

7. TABELLA RIASSUNTIVA PARAMETRI GEOLOGICI

FOGLIO	11					
MAPPALE	37 / 178 / 1393					
QUOTA (m.s.m)	91.00					
QUOTA FALDA (m.s.m)	90.00 (da PGT)					
SOGGIACENZA (m)	1.00 (da PGT) / 3.50 (misurata in corrispondenza di P1) / >5.40 (misurata in corrispondenza di P2)					
CLASSE FATTIBILITA'	2 / 3					
ZONA SISMICA	3					
PERICOLOSITA' SISMICA	Z4a					
ANALISI SISMICA DI II LIVELLO	Fa < Soglia					
CLASSE TOPOGRAFICA	T1					
CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO	C					
CLASSE DELL'EDIFICIO	II					
PARAMETRI SISMICI		Ag (g)		Fo		Tc (s)
	SLV	0.105		2.453		0.277
	SLD	0.039		2.502		0.218
AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA SS	1.50					
AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA ST	1.00					
PERIODO FONDAMENTALE (s)	0.72					
LIQUEFAZIONE	NO					
MODELLO GEOTECNICO	Nome	Profondità	γ (kg/cm ³)	ϕ (°)	Cu (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)
	A	0.00 – 0.50	1.7	/	/	/
	B	0.50 – 3.00	1.8	/	0.6	80
	C	3.00 – 5.40	1.9	35	/	400
TIPO DI FONDAZIONE	PLINTI					
RESISTENZA SLU FONDAMENTALE kg/cm ²	3.3					
RESISTENZA SLU SISMICA kg/cm ²	2.5					

Dr. Geol. Corrado Aletti

Seniga 08.03.2023

(documento firmato digitalmente)

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Marzo 2023	0	42 di 46
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

Allegato 1 – Ubicazione indagini

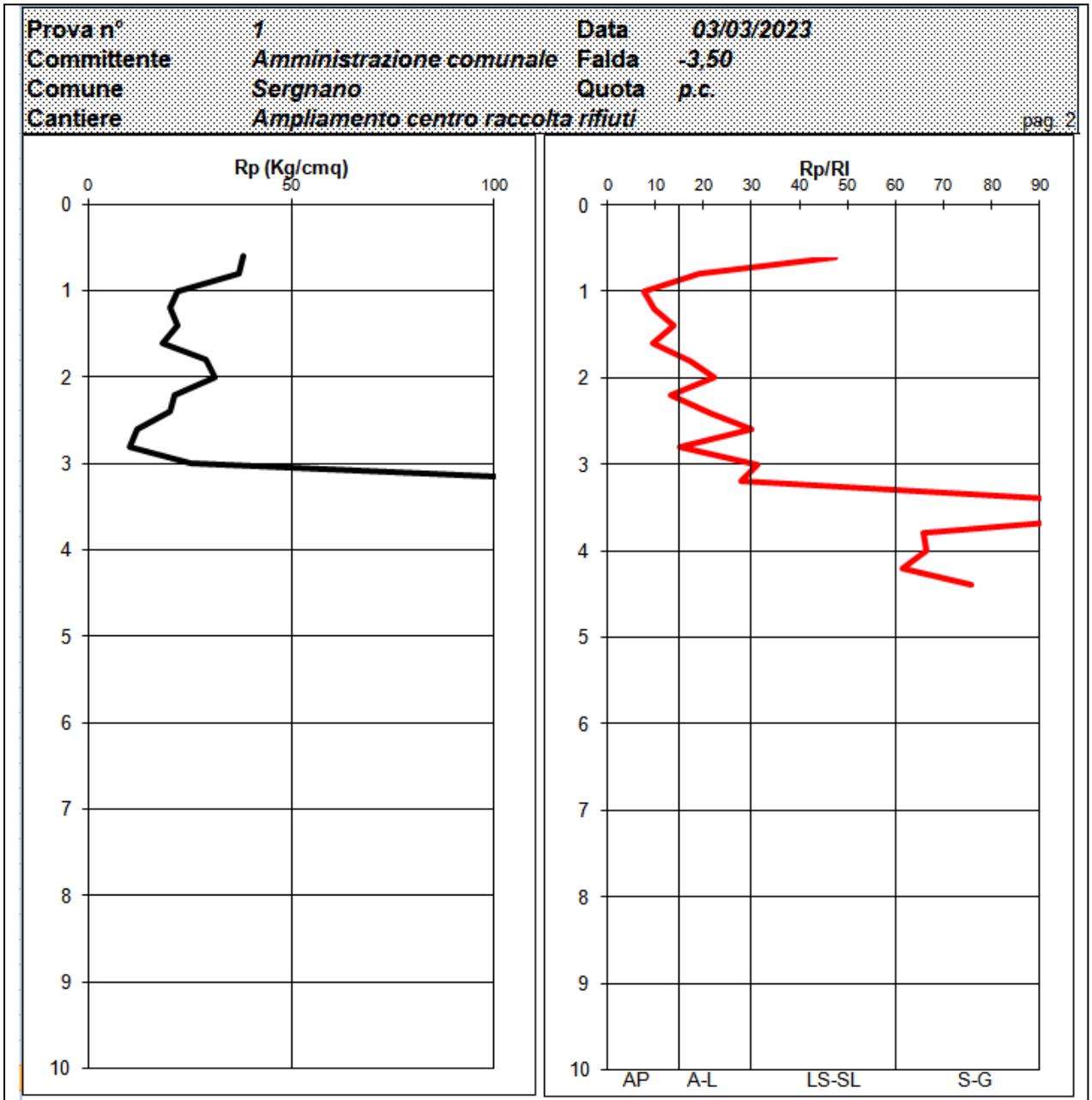


-  - CPT
-  - DPSH

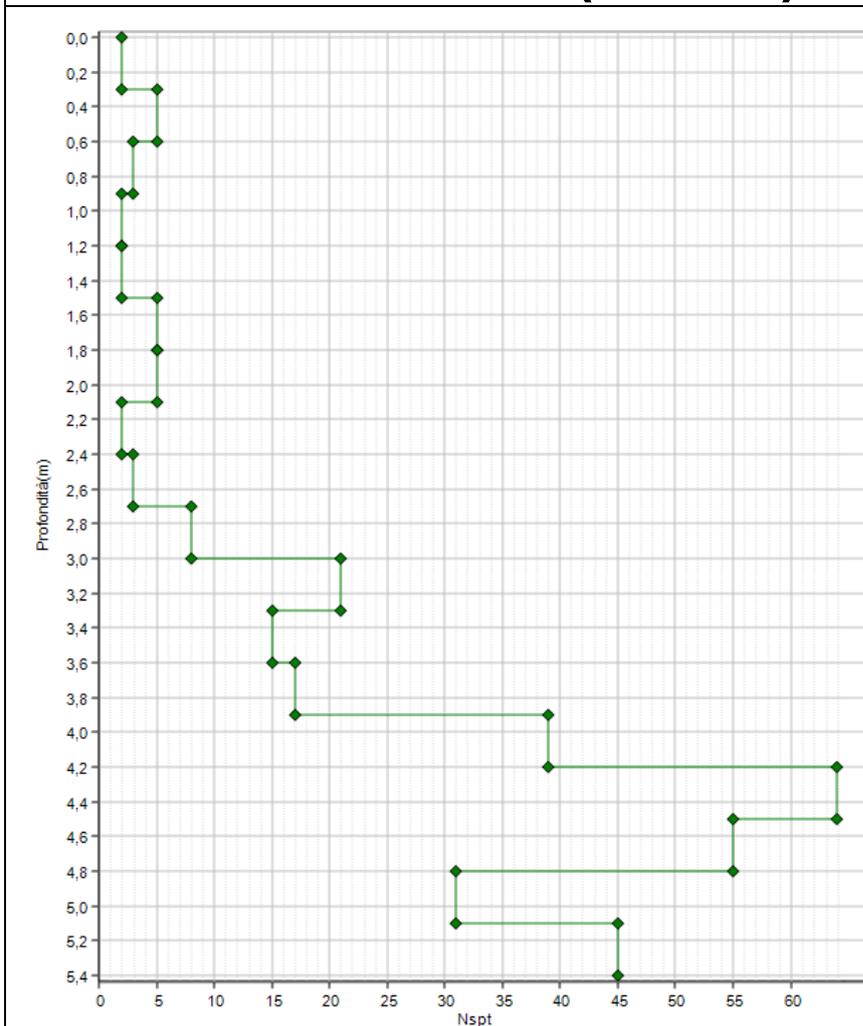
 geologia geotecnica e dati	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Marzo 2023	0	43 di 46
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

Allegato 2 – Prove penetrometriche P1 (CPT)

Prova n°		1		Data		03/03/2023	
Committente		Amministrazione comunale		Falda		-3.50	
Comune		Sergnano		Quota		p.c.	
Cantiere		Ampliamento centro raccolta rifiuti				pag. 1	
Prof. m	P Kg/cmq	P+L Kg/cmq	Rt Kg/cmq	Rp Kg/cmq	RI Kg/cmq	Rp/RI	litologia (A.G.I. 1977)
0,0							
0,2							
0,4							
0,6	38	50		38	0,80	48	sabbie lim. e limi sabb.
0,8	37	66		37	1,93	19	argille e limi
1,0	22	66		22	2,93	8	argille plastiche
1,2	20	51		20	2,07	10	argille plastiche
1,4	22	46		22	1,60	14	argille plastiche
1,6	18	47		18	1,93	9	argille plastiche
1,8	29	54		29	1,67	17	argille e limi
2,0	31	52		31	1,40	22	argille e limi
2,2	21	45		21	1,60	13	argille plastiche
2,4	20	34		20	0,93	21	argille e limi
2,6	12	18		12	0,40	30	argille e limi
2,8	10	20		10	0,67	15	argille e limi
3,0	25	37		25	0,80	31	sabbie lim. e limi sabb.
3,2	126	194		126	4,53	28	argille e limi
3,4	303	352		303	3,27	93	sabbie e ghiaie
3,6	492	561		492	4,60	107	sabbie e ghiaie
3,8	382	469		382	5,80	66	sabbie e ghiaie
4,0	368	451		368	5,53	67	sabbie e ghiaie
4,2	254	316		254	4,13	61	sabbie e ghiaie
4,4	415	497		415	5,47	76	sabbie e ghiaie
4,6							
4,8							
5,0							



P2 (DPSH)



Prof.(m)	N.punta
0,30	2
0,60	4
0,90	3
1,20	2
1,50	2
1,80	4
2,10	4
2,40	2
2,70	3
3,00	7
3,30	18
3,60	13
3,90	15
4,20	34
4,50	56
4,80	48
5,10	27
5,40	39



Regione
Lombardia

MODULO 10

DICHIARAZIONE / ASSEVERAZIONE DELL'ESTENSORE DELLA RELAZIONE GEOTECNICA DI CONGRUITA' DEI CONTENUTI DELLA RELAZIONE GEOTECNICA AI REQUISITI RICHIESTI DAL PARAGRAFO 6.2.2 NTC 2018

Il sottoscritto ALETTI CORRADO

iscritto ALL'ORDINE DEI GEOLOGI DELLA REGIONE LOMBARDIA

incaricato in data 28/02/2023

da AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI SERGNANO

per conto di _____

di redigere la relazione geotecnica relativa al seguente intervento

AMPLIAMENTO DEL CENTRO COMUNALE DI RACCOLTA RIFIUTI - VERIFICA FONDAZIONI

eseguito in Comune di SERGNANO

Località _____

Indirizzo VIA VALLARSA

n° SNC _____

cap

2	6	0	1	0
---	---	---	---	---

Comune Catastale l627

Foglio n. 11

Mappale o Particella

37/178/1393

consapevole che in caso di dichiarazione mendace sarà punito ai sensi del Codice Penale secondo quanto prescritto dall'art. 76 del D.P.R. 445/2000 e che, inoltre, qualora dal controllo effettuato emerga la non veridicità del contenuto di taluna delle dichiarazioni rese, decadranno i benefici conseguenti al provvedimento eventualmente emanato sulla base della dichiarazione non veritiera (art. 75 D.P.R. 445/2000),

DICHIARA

A. di aver fatto riferimento al modello geologico desunto da specifica relazione a firma del Geologo

ALETTI CORRADO

B. di aver redatto il modello geotecnico del sito considerando un volume significativo di terreno compatibile con le caratteristiche dell'intervento e la natura e caratteristiche del sottosuolo

C. di aver considerato nei relativi calcoli geotecnici l'effetto delle azioni sismiche attese, tenendo adeguatamente in considerazione:

1. gli effetti di amplificazione stratigrafica, attraverso:

- analisi di risposta sismica locale
- procedura semplificata basata sulla definizione della seguente categoria di sottosuolo (paragrafo 3.2.2 NTC 2018):
 - A
 - B
 - C
 - D
 - E

2. gli effetti di amplificazione topografica, attraverso:

- analisi di risposta sismica locale
- procedura semplificata basata sulla definizione della seguente categoria topografica (paragrafo 3.2.2 NTC 2018):
 - T1
 - T2
 - T3
 - T4

D. di aver adeguatamente tenuto in considerazione i risultati della verifica di sicurezza del terreno di fondazione nei confronti della liquefazione

E. di aver individuato i seguenti parametri geotecnici caratteristici del terreno di fondazione:

peso dell'unità di volume:	1.8 KG/DM3
angolo di resistenza al taglio:	0°
coesione efficace:	0 KG/CM2
coesione non drenata:	0.6 KG/CM2

F. di avere redatto la presente relazione conformemente a quanto previsto dalle norme tecniche per le costruzioni di cui al DM 17-01-2018

ASSEVERA

ai sensi dell'art. 481 del Codice Penale la conformità di quanto eseguito ai fini della relazione in oggetto alla normativa nazionale e regionale vigente e la piena osservanza della relazione alle norme sismiche vigenti e delle relative istruzioni applicative.

Dichiara infine di essere informato, ai sensi e per gli effetti del Regolamento UE 2016/679 che i dati personali raccolti saranno trattati, anche con strumenti informatici, esclusivamente nell'ambito del procedimento per il quale la presente dichiarazione viene resa.

luogo SENIGA

data 07/03/2023

L'ESTENSORE DELLA RELAZIONE GEOTECNICA
ALETTI CORRADO

(timbro e firma)

Salva Bozza

Conferma



Regione
Lombardia

MODULO 9

DICHIARAZIONE / ASSEVERAZIONE DEL GEOLOGO DI CONGRUITA' DEI CONTENUTI DELLA RELAZIONE GEOLOGICA AI REQUISITI RICHIESTI DAL PARAGRAFO 6.2.1 NTC 2018 e/o DALLA D.G.R. 2616/2011

Il sottoscritto ALETTI CORRADO

iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione LOMBARDIA

incaricato in data 28/02/2023

da AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI SERGNANO

per conto di _____

di redigere la relazione geologica relativa al seguente intervento

AMPLIAMENTO DEL CENTRO COMUNALE DI RACCOLTA RIFIUTI - VERIFICA FONDAZIONI

da eseguire in Comune di SERGNANO

Località _____

indirizzo VIA VALLARSA

n° SNC _____

CAP

2	6	0	1	0
---	---	---	---	---

Comune Catastale l627

Foglio n. 11

Mappale o Particella

37/178/1393

consapevole che in caso di dichiarazione mendace sarà punito ai sensi del Codice Penale secondo quanto prescritto dall'art. 76 del D.P.R. 445/2000 e che, inoltre, qualora dal controllo effettuato emerga la non veridicità del contenuto di taluna delle dichiarazioni rese, decadranno dai benefici conseguenti al provvedimento eventualmente emanato sulla base della dichiarazione non veritiera (art. 75 D.P.R. 445/2000),

DICHIARA

A. che la relazione geologica in oggetto è stata redatta ai sensi di:

- D.M. 17 gennaio 2018 (paragrafo 6.2.1 NTC 2018)
- D.G.R. 2616/2011 e D.M. 17 gennaio 2018 (paragrafo 6.2.1 NTC 2018)
- D.M. 17 gennaio 2018 (paragrafo 6.2.1 NTC 2018), recependo quanto contenuto in una relazione geologica già depositata, redatta ai sensi della D.G.R. 2616/2011 per il rilascio del titolo abilitativo relativo all'intervento in questione

B. che, nello studio geologico comunale (PGT vigente) redatto in attuazione dell'art. 57 comma 1 della L.R. 12/2005, al sito di intervento sono state attribuite le seguenti caratteristiche geologiche:

1. SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE PSL 1 LIV – DGR 2616/2011 all. 5 p.to 2.1

- Z1 Instabilità dei versanti Z2a Cedimenti Z2b Liquefazione
 Z3 Amplificazione topografica Z4 Amplificazione Stratigrafica
 Z5 Comportamenti differenziali Nessuno scenario

1.1 VERIFICA SISMICA DI SECONDO LIVELLO PSL 2 LIV – DGR 2616/2011 all. 5 p.to 2.2

- Fattore di amplificazione sismica calcolato (FAC) > Soglia comunale (FAS)*
 Fattore di amplificazione sismica calcolato (FAC) <= Soglia comunale (FAS)*
 Analisi di secondo livello non effettuata

* tenuto conto delle tolleranze ammesse nell'Allegato 5 della D.G.R. 2616/2011

2. CLASSE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA – DGR 2616/2011 p.to 3.1

- 1 senza particolari limitazioni
 2 con modeste limitazioni
 3 con consistenti limitazioni
 4 con gravi limitazioni

2.1 TIPO DI LIMITAZIONE ALLA FATTIBILITA' GEOLOGICA – DGR 2616/2011 p.to 3.2

- a) Instabilità dei versanti
 b) Vulnerabilità idrogeologica
 c) Vulnerabilità idraulica
 d) Scadenti caratteristiche geotecniche
 nessuna particolare limitazione

DICHIARA INOLTRE

in fase di predisposizione dello studio geologico a supporto della progettazione

C. di aver seguito tutte le prescrizioni previste dalle norme geologiche di piano vigenti riportate nel piano delle regole del PGT del Comune di SERGNANO

D. di aver eseguito ai sensi degli allegati alla DGR 2616/2011, conformemente alle linee guida disponibili:

- Approfondimento relativo all'instabilità dei versanti dal punto di vista statico (App1)
 Approfondimento relativo alla vulnerabilità idrogeologica (App2)
 Approfondimento relativo alla vulnerabilità idraulica (App3)
 Approfondimento relativo alle scadenti caratteristiche geotecniche (App4)
 Approfondimento relativo agli aspetti sismici (App5), la cui tipologia e grado sono dettagliatamente descritte nelle successive schede
 Nessun particolare approfondimento

E. di aver redatto il modello geologico del sito sulla base di:

- indagini appositamente eseguite nel sito d'interesse o nel suo immediato intorno, del tipo

PROVE PENETROMETRICHE

- indagini pregresse, la cui estendibilità al sito d'interesse è stata adeguatamente motivata in relazione, del tipo

HVSR

F. di aver valutato i fenomeni di amplificazione sismica di tipo stratigrafico attraverso:

- analisi di risposta sismica locale
- procedura semplificata basata sulla definizione della categoria di sottosuolo, di cui al paragrafo 3.2.2 NTC 2018, la cui applicabilità è stata adeguatamente motivata in relazione; pertanto è stata individuata la seguente categoria di sottosuolo:

A B C D E

mediante la seguente tipologia d'indagine HVSR

la cui idoneità al caso specifico è stata adeguatamente motivata in relazione

G. di aver valutato i fenomeni di amplificazione sismica di tipo topografico attraverso:

- analisi di risposta sismica locale
- procedura semplificata basata sulla definizione della categoria topografica, di cui al paragrafo 3.2.2 NTC 2018, la cui applicabilità è stata adeguatamente motivata in relazione; pertanto è stata individuata la seguente categoria topografica:

T1 T2 T3 T4

mediante analisi morfologica condotta su base topografica a scala 1:10000

la cui idoneità al caso specifico è stata adeguatamente motivata in relazione

H. di aver adeguatamente considerato la sicurezza nei confronti del fenomeno della liquefazione, mediante:

- esclusione della verifica (paragrafo 7.11.3.4.2 NTC 2018), opportunamente motivata in relazione
- verifica della stabilità (paragrafo 7.11.3.4.3 NTC 2018) mediante la seguente metodologia

RAPPORTO CRR/CSR - METODO ANDRUS E STOKOE

I. che l'intervento previsto risulta fattibile e compatibile con l'assetto geologico del sito:

- senza esecuzione di opere e/o interventi specifici per la mitigazione del rischio
- previa esecuzione di opere e/o accorgimenti costruttivi da eseguirsi durante i lavori relativi all'intervento in oggetto
- previa esecuzione di specifiche opere e/o interventi per la mitigazione del rischio da eseguirsi prima dei lavori relativi all'intervento in oggetto; in relazione a questo si specifica che tali lavori:
 - non sono stati eseguiti o sono stati eseguiti solo parzialmente
 - sono stati eseguiti nel rispetto delle prescrizioni contenute nello studio specifico e con il quale risultano compatibili

ASSEVERA

ai sensi dell'art. 481 del Codice Penale la conformità di quanto eseguito ai fini della relazione in oggetto alla normativa nazionale e regionale vigente e la piena osservanza della relazione alle norme sismiche vigenti .

Dichiara infine di essere informato, ai sensi e per gli effetti del Regolamento UE 2016/679 e del Dlgs 101/2018 che i dati personali raccolti saranno trattati, anche con strumenti informatici, esclusivamente nell'ambito del procedimento per il quale la presente dichiarazione viene resa.

luogo SENIGA data 07/03/2023

IL GEOLOGO

DOTT. GEOL. ALETTI CORRADO

(timbro e firma)

Salva Bozza

Conferma

MODULO 9: Approfondimento 5 relativo agli aspetti sismici (App5) - INSTABILITA'

Nel caso di scenari PSL di tipo Z1a, Z1b e Z1c (Tabella 1 p.to 2.1 Allegato 5 D.G.R. 2616/2011) per tipologia di frane in terra

	1° grado	2° grado	3° grado
Conoscenze minime obbligatorie al 1° grado di approfondimento	<input type="checkbox"/> Modello geologico del sito <input type="checkbox"/> Classificazione USCS dei materiali <input type="checkbox"/> Modello geotecnico del sito		
Verifiche e modellazioni al 1° grado di approfondimento	<input type="checkbox"/> Analisi all'equilibrio limite in condizioni statiche (FS) e pseudo-statiche (FSps)		
Risultati al 1° grado di approfondimento	<input type="checkbox"/> FSps ≥ 1.3 Fine approfondimento SITO STABILE	<input type="checkbox"/> $1.1 \leq FSps < 1.3$ Obbligo del 2° grado di approfondimento	<input type="checkbox"/> FSps < 1.1 Obbligo del 3° grado di approfondimento
Indagini integrative minime obbligatorie al 2° grado di approfondimento		<input type="checkbox"/> Prove in sito per determinazione indiretta dei parametri di resistenza	
Verifiche e modellazioni al 2° grado di approfondimento		<input type="checkbox"/> Stima dello spostamento atteso mediante relazioni empiriche disponibili in letteratura opportunamente scelte e motivate	
Risultati al 2° grado di approfondimento		<input type="checkbox"/> Spostamento ≤ 2 cm Fine approfondimento SITO STABILE	<input type="checkbox"/> Spostamento > 2 cm Obbligo del 3° grado di approfondimento
Indagini integrative minime obbligatorie al 3° grado di approfondimento			<input type="checkbox"/> Rilievo topografico di dettaglio <input type="checkbox"/> Indagine di sismica rifrazione <input type="checkbox"/> Indagini in sito di tipo diretto tramite sondaggio/i a carotaggio continuo <input type="checkbox"/> Prove in foro <input type="checkbox"/> Prove di laboratorio su campioni indisturbati
Verifiche e modellazioni al 3° grado di approfondimento			<input type="checkbox"/> Analisi dinamiche semplificate (metodo degli spostamenti)
Risultati al 3° grado di approfondimento			<input type="checkbox"/> Spostamento ≤ 5 cm Fine approfondimento SITO STABILE <input type="checkbox"/> Spostamento > 5 e ≤ 15 cm Verifica DI AMMISSIBILITA' DELLO SPOSTAMENTO <input type="checkbox"/> Spostamento > 15 cm OPERE DI SISTEMAZIONE E MITIGAZIONE DEL RISCHIO
<input type="checkbox"/> Eventuali verifiche di stabilità con metodi avanzati di analisi dinamica (da non intendere come sostitutivi dei metodi precedenti)			

MODULO 9: Approfondimento 5 relativo agli aspetti sismici (App5) - AMPLIFICAZIONE

Nel caso di scenari PSL di tipo Z3, Z4 e relativi sottotipi (Tabella 1 p.to 2.1 Allegato 5 D.G.R. 2616/2011), qualora l'analisi sismica di II° livello non fosse stata eseguita nel sito d'indagine, sebbene obbligatoria, o fosse stata eseguita ma il fattore di amplificazione sismica calcolato (FAC) risulti maggiore del valore di soglia comunale (FAS), *previo specifica tolleranza ammessa dalla normativa regionale (Allegato 5 D.G.R. 2616/2011); tali approfondimenti saranno da prevedere anche nel caso dello scenario PSL di tipo Z5 (Tabella 1 p.to 2.1 Allegato 5 D.G.R. 2616/2011)

	1° grado	2° grado	3° grado
Conoscenze minime obbligatorie al 1° grado di approfondimento	<input checked="" type="checkbox"/> Modello sismo-stratigrafico del sito		
Verifiche e modellazioni al 1° grado di approfondimento	<input checked="" type="checkbox"/> Analisi di II° livello ai sensi dell'Allegato 5 DGR 2616/2011 applicata al sito oggetto di intervento, previa verifica dei requisiti di applicabilità, ovvero: 1- Assenza di fenomeni 2D legati alla risonanza di bacino 2- Assenza di inversioni di velocità significative 3- Contrasti di impedenza sismica < 3 4- Valori di VSH > 250 m/s		
Risultati al 1° grado di approfondimento	<input checked="" type="checkbox"/> FAC ≤ FAS* Fine approfondimento Compatibilità energetica del metodo semplificato proposto dalle NTC con i fenomeni attesi al sito: utilizzo della Cat. Sottosuolo corrispondente al VS30 misurato <input type="checkbox"/> FAC > FAS* Fine approfondimento Non compatibilità energetica del metodo semplificato proposto dalle NTC con i fenomeni attesi al sito: utilizzo della Cat. Sottosuolo superiore a quella corrispondente al VS30 misurato	<input type="checkbox"/> FAC > FAS* Nel caso non siano disponibili schede di II° livello valide per la situazione investigata o nel caso si voglia aumentare il grado di accuratezza delle previsioni 2° grado di approfondimento	<input type="checkbox"/> Non applicabilità dell'analisi di II° livello Obbligo del 3° grado di approfondimento Oppure nel caso <input type="checkbox"/> FAC > FAS* e nel caso si scelga di NON utilizzare la Categoria di Sottosuolo superiore a quella corrispondente al VS30 misurato 3° grado di approfondimento
Indagini integrative minime obbligatorie al 2° grado di approfondimento		<input type="checkbox"/> Indagine sismica di tipo MASW e/o rifrazione onde SH	
Verifiche e modellazioni al 2° grado di approfondimento		<input type="checkbox"/> Verifica ed integrazione del modello geofisico del sottosuolo e analisi numeriche, utilizzando gli accelerogrammi di input regionali e calcolo di FAC	
Risultati al 2° grado di approfondimento		<input type="checkbox"/> FAC ≤ FAS* Fine approfondimento Compatibilità energetica del metodo semplificato proposto dalle NTC con i fenomeni attesi al sito: utilizzo della Cat. Sottosuolo corrispondente al VS30 misurato <input type="checkbox"/> FAC > FAS* Fine approfondimento Non compatibilità energetica del metodo semplificato proposto dalle NTC con i fenomeni attesi al sito: utilizzo della Cat. Sottosuolo superiore a quella corrispondente al VS30 misurato	Nel caso <input type="checkbox"/> FAC > FAS* e nel caso si scelga di NON utilizzare la Categoria di Sottosuolo superiore a quella corrispondente al VS30 misurato 3° grado di approfondimento

Indagini integrative minime obbligatorie al 3° grado di approfondimento			<input type="checkbox"/> Indagine di sismica superficiale combinata con più tecniche, compreso ARRAY2D con velocimetri ad acquisizione sincrona nei casi di substrato rigido posto a profondità maggiori di 20-30 m
Verifiche e modellazioni al 3° grado di approfondimento			<input type="checkbox"/> Analisi di risposta sismica locale con sets accelerometrici di input opportunamente selezionati (almeno due gruppi ciascuno da 7 accelerogrammi per SLV e SLD)
Risultati al 3° grado di approfondimento			<input type="checkbox"/> Spettri di risposta elastici e/o accelerogrammi calcolati al piano di fondazione Fine approfondimento

MODULO 9: Approfondimento 5 relativo agli aspetti sismici (App5) - LIQUEFAZIONE

Nel caso di scenari PSL di tipo Z2b (Tabella 1 p.to 2.1 Allegato 5 D.G.R. 2616/2011) soggetti a fenomeni di liquefazione

	1° grado	2° grado	3° grado
Conoscenze minime obbligatorie al 1° grado di approfondimento	<input checked="" type="checkbox"/> Valore di Magnitudo massima attesa <input checked="" type="checkbox"/> Valore di a_{max} in superficie <input checked="" type="checkbox"/> Soggiacenza della falda <input type="checkbox"/> Curva granulometrica e valori di resistenza penetrometrica normalizzata negli orizzonti non coesivi saturi presenti entro il volume significativo di sottosuolo		
Verifiche e modellazioni al 1° grado di approfondimento	<input checked="" type="checkbox"/> Valutazione dei requisiti per l'esclusione della verifica di sicurezza alla liquefazione		
Risultati al 1° grado di approfondimento	<input type="checkbox"/> Assenza dei fattori scatenanti e/o predisponenti Fine approfondimento SITO STABILE	<input checked="" type="checkbox"/> Presenza dei fattori scatenanti e predisponenti Obbligo del 2° grado di approfondimento	
Indagini integrative minime obbligatorie al 2° grado di approfondimento		<input type="checkbox"/> Prove in sito per determinazione indiretta dei parametri di resistenza ciclica CRR <input checked="" type="checkbox"/> Determinazione sperimentale della frazione di fine FC alle profondità di analisi	
Verifiche e modellazioni al 2° grado di approfondimento		<input checked="" type="checkbox"/> Stima del coefficiente di sicurezza alla liquefazione (FL) tramite applicazione puntuale di metodi storico-empirici ad almeno 3 diverse profondità ritenute significative	
Risultati al 2° grado di approfondimento		<input checked="" type="checkbox"/> $FL \geq 1.0$ (per tutti i punti d'analisi) Fine approfondimento SITO STABILE	<input type="checkbox"/> $FL < 1.0$ (per almeno un punto d'analisi) Obbligo del 3° grado di approfondimento
Indagini integrative minime obbligatorie al 3° grado di approfondimento			<input type="checkbox"/> Prove penetrometriche statiche con punta elettrica (CPTe) o piezocono (CPTu)
Verifiche e modellazioni al 3° grado di approfondimento			<input type="checkbox"/> Stima dell'andamento del coefficiente di sicurezza alla liquefazione con la profondità tramite applicazione di metodi storico-empirici e calcolo del potenziale di liquefazione I_L valido per una profondità critica almeno pari al volume significativo di sottosuolo
Risultati al 3° grado di approfondimento			<input type="checkbox"/> $I_L \leq 2.0$ Fine approfondimento SITO STABILE <input type="checkbox"/> $2.0 < I_L \leq 5.0$ Verifica DI AMMISSIBILITA' DELLO SPOSTAMENTO <input type="checkbox"/> $I_L > 5.0$ OPERE DI SISTEMAZIONE E MITIGAZIONE DEL RISCHIO

Eventuali verifiche di sicurezza con metodi avanzati di analisi dinamica (da non intendere come sostitutivi dei metodi precedenti)