

REGIONE LOMBARDIA
PROVINCIA DI BRESCIA

COMUNE DI PASSIRANO



PROPONENTI

Società BStransfo srl
Ospitaletto (BS) - via Padana superiore 208
CF - P.IVA: 04331630980
info@bstransfo.com



FASTNED

SUAP FASTNED in variante al PGT

art.97 L.R. 11 marzo 2005 n.12 e s.m.i.

PIANO zero
p r o g e t t i

S.R.L. STP

Ing. Cesare Bertocchi
Arch. Cristian Piovanelli
Plan. Alessandro Martinelli
Ing. Ilaria Garletti

P.IVA: 04259650986
Tel. 030 674924
indirizzo: via Palazzo, 5; Bedizzole (BS); 25081
Mail: info@pianozeroprogetti.it
PEC: pianozeroprogettisrlstp@legalmail.it

COMPONENTE GEOLOGICA

Tavola numero

CS GEO

RELAZIONE GEOLOGICA

Data

Dicembre 2024

Scala

--

Delibera Adozione

Delibera Approvazione

Note

TECNICO INCARICATO

Dr. Geol. Aletti Corrado

REGIONE LOMBARDIA
PROVINCIA DI BRESCIA
COMUNE DI PASSIRANO




RELAZIONE GEOLOGICA



Elaborato

SUAP FASTNED IN VARIANTE AL PGT

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

Committente	FASTNED
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. Aletti Corrado	20.12.2024
Approvato	A & P sas – Dr. Aletti Corrado	14.01.2024
File	relazione.docx	
Commessa	2025.01.013	

INDICE

1. Introduzione.....	3
2. Inquadramento geografico	4
3. Inquadramento geologico e morfologico del territorio.....	5
3.1. Litostratimetria	7
3.2. Fattibilità	8
3.3. Sismica.....	9
3.4. Indagine sismica	12
3.4.1. Tecnica di misurazione e strumentazione.....	12
3.4.2. Effetti di sito: risposta sismica locale	14
3.4.3. Profilo velocità delle onde S e classificazione del sottosuolo	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	21
3.7.1. Verifica alla liquefazione dei terreni	24
4. Geotecnica	27
4.1. Modello geotecnico	29
4.2. Terre da scavo.....	30
5. Indicazioni sull'invarianza	33
6. Conclusioni	35

1. INTRODUZIONE

La presente relazione geologica, redatta per conto della Società Fastned, ha lo scopo di definire il quadro geolitologico, stratigrafico, idrogeologico, sismico e geotecnico delle aree interessate dalla realizzazione di una stazione di ricarica veicoli elettrici in Comune di Passirano (BS), mediante procedura SUAP. 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; DGR X/5001; D.M. 17.01.2018), ai fini della definizione delle pressioni interstiziali, e ai fini sismici. Le relazione è stata redatta ai sensi della DGR 2616/2011 (R3) e ai sensi delle NTC (R1). Allo scopo di determinare le caratteristiche geolitologiche e litotecniche dei terreni di fondazione si è fatto riferimento a prove pregresse eseguite a margine del sito d'interesse. Per quanto riguarda la verifica sismica si è fatto riferimento ad un'indagine di dettaglio condotta mediante la tecnica ReMi, per la stesura della componente geologica, in un sito limitrofo nello stesso contesto geolitologico e rinominata **1**. 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.

 <div>01010101010 110110110011 1110111011101 0101010101010</div>	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Dicembre 2024	0	3 di 35
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area in studio è localizzata nel settore meridionale del territorio comunale di Passirano, a margine di Via Vallosa, così come rappresentato in Figura 1.



Figura 1 – Ubicazione dell'area in studio

Il progetto prevede la realizzazione di una stazione di ricarica per veicoli elettrici così come raffigurato in Figura 2. La nuova struttura insisterà sul Mappale 6105 del Foglio 33 del NCTR del Comune di Passirano.



Figura 2 – Stazione tipo

	01010101010 110110110011 1110111011101 0101010101010	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
		Relazione	Dicembre 2024	0	4 di 35
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E MORFOLOGICO DEL TERRITORIO

L'assetto geologico dell'area d'intervento è stato determinato durante il Quaternario continentale dagli intensi eventi deposizionali che hanno portato a colmamento il bacino Padano. In particolare, ci si riferisce al Pleistocene e all'Olocene, in cui la nota climatica dominante fu rappresentata da un ripetuto alternarsi di climi caldi e freddi, con una netta tendenza al progressivo raffreddamento, reso evidente con l'avvento delle glaciazioni. Seppure con diversi accenti ed interpretazioni diversi studi, basati sostanzialmente su correlazioni di dati stratigrafici e idrogeologici di pozzo, hanno messo in evidenza il carattere tendenzialmente regressivo della successione sedimentaria plio-pleistocenica Padana: alla base sono presenti depositi torbiditici di mare profondo, ricoperti da un prisma sedimentario progradante. In tale prisma è possibile identificare, con l'ausilio della sismica e dei dati di pozzo, le seguenti facies sedimentarie: scarpata, piattaforma esterna, litorale, deltizia/lagunare e fluviale. Nei profili sismici si riconoscono due direzioni prevalenti di progradazione dei corpi sedimentari: la prima assiale rispetto al bacino Padano, Est vergente, originata dal paleo-delta del Po; la seconda trasversale, Sud-Est vergente, originata dai sistemi deltizi ad alimentazione alpina. Il riempimento del bacino marino ed il passaggio alla sedimentazione continentale è il risultato di eventi tettonico-sedimentari parossistici, separati nel tempo da periodi di forte subsidenza bacinale e attività ridotta delle strutture compressive. I depositi di quest'area sono legati dapprima alle dinamiche caratteristiche dell'ambiente glaciale, e più nel dettaglio all'azione del ghiacciaio sebino che durante il Pleistocene, in fasi successive, ha costruito l'anfiteatro morenico di Iseo e successivamente alle dinamiche fluvioglaciali. Il sito in esame risulta caratterizzato da depositi alluvionali fluvioglaciali appartenenti all'alta pianura (Figura 3). La geologia profonda (sedimenti pre-quaternari), le cui strutture non condizionano le forme superficiali, è caratterizzata da un'ampia monoclinale che immerge verso Sud, con pendenza decrescente all'aumentare della profondità. La diminuzione della pendenza della monoclinale è localmente favorita dall'intersezione di sedimenti pliocenici, che risultano aver smussato le irregolarità dovute all'antecedente tettonica alpina.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Dicembre 2024	0	5 di 35
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

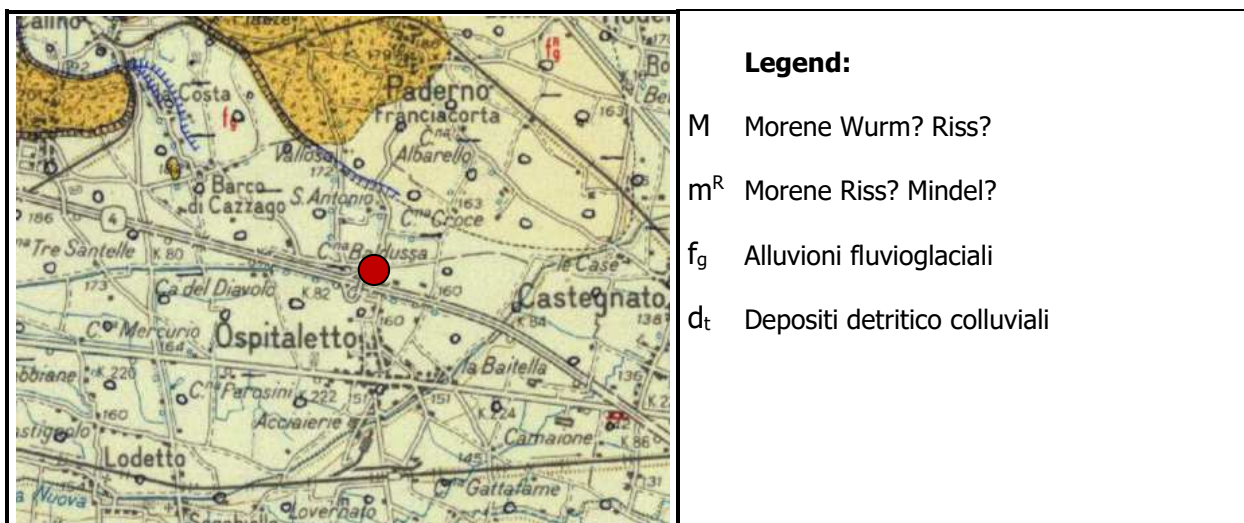


Figura 3 – Stralcio della Carta Geologica d'Italia foglio Brescia

Dal punto di vista litologico, in corrispondenza del sito in esame, sono prevalenti le ghiaie sabbiose con presenza di matrice limoso argillosa (Figura 4). Dal punto di vista morfologico l'area risulta sub pianeggiante, ed è posta alla quota indicativa di circa 163.00 m.s.m. con cadente topografico in direzione SW. L'idrografia naturale al contorno è rappresentata essenzialmente dalla rete irrigua e scolante. Dal punto di vista idraulico l'area risulta esterna alle fasce fluviali definite dal Piano PAI e risulta esterna alle aree allagabili perimetrare dal PGRA della Regione Lombardia del 2022. Visto l'attuale assetto geoclimatico non sono stati rilevati forme o processi geomorfologici attivi e si esclude l'esondabilità dell'area.

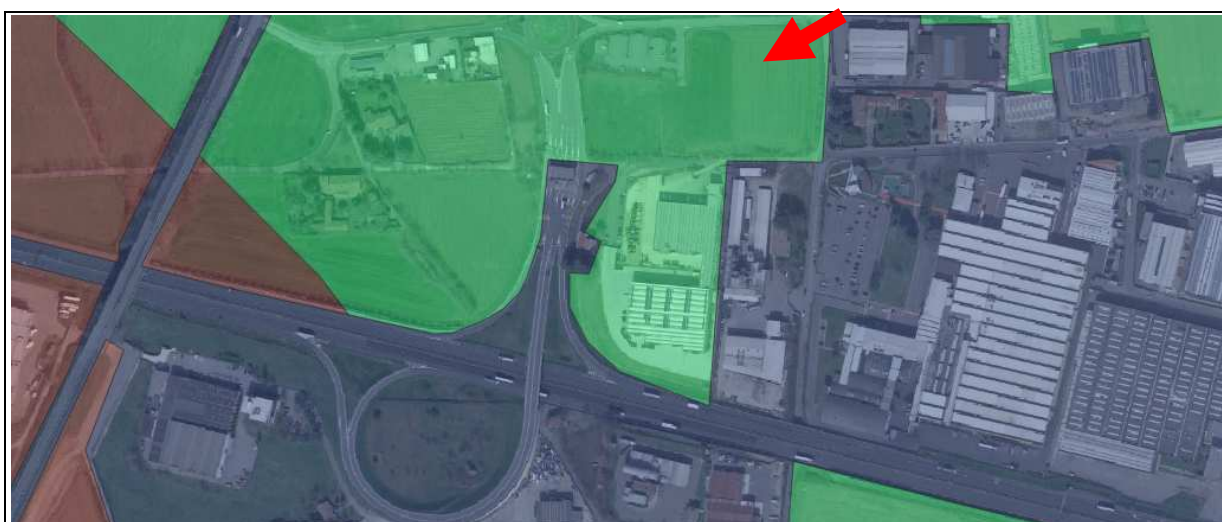


Figura 4 – Carta della litologia superficiale (verde=ghiaie limose con sabbia)

sabbiosi fino alla profondità massima indagata di 5.10 m. Dai dati contenuti nella cartografia idrogeologica a corredo del PGT comunale il sito in esame si colloca circa in corrispondenza della zona mediana compresa tra l'isopieza 113.80 e 113.60 m.s.m. ad indicare una soggiacenza di circa 60 m (Figura 6). 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.

3.2. Fattibilità

L'area in studio è identificata nel PGT con la classe di fattibilità 2, ovvero fattibilità con modeste limitazioni (Figura 7) dovute alla vulnerabilità idrogeologica dell'area.

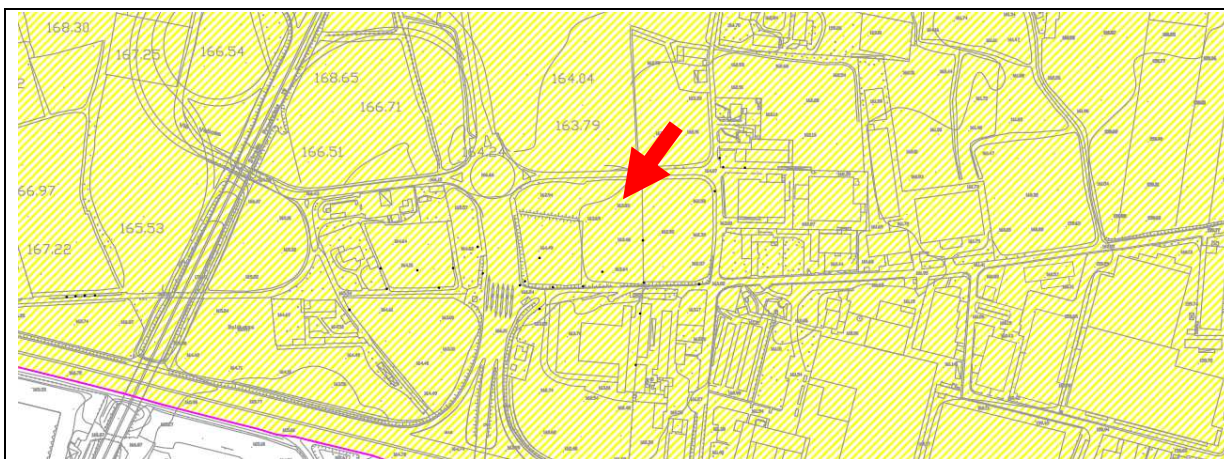


Figura 7 – Stralcio della carta della fattibilità di PGT

In particolare le prescrizioni dettate dalle Norme tecniche di attuazioni sono le seguenti:

CLASSE 2E - Area ad elevata vulnerabilità idrogeologica per la presenza di depositi grossolani. Le limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso individuate per le aree definite in classe 2, possono essere superate mediante approfondimenti d'indagine e accorgimenti tecnico-costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa. In particolare, per la sottoclasse 2E, qualsiasi intervento dovrà essere supportato da indagine geologica che verifichi la natura dei depositi presenti e valuti, in particolare, la compatibilità dell'intervento stesso con le caratteristiche geologiche ed idrogeologiche del sito. Allo scopo di tutelare le acque sotterranee, da possibili contaminazioni o alterazioni qualitative, qualsiasi

 geologia geotecnica e dati	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Dicembre 2024	0	8 di 35
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

intervento che possa costituire una potenziale sorgente di inquinamento (quale lo stoccaggio di sostanze inquinanti e di reflui, gli impianti di depurazione, lo scarico di acque reflue nel suolo, la dispersione di fanghi utilizzati anche a scopo agronomico ecc.) dovrà essere preceduto da uno studio circostanziato sulla fattibilità dell'attività in progetto in relazione alla vulnerabilità dell'acquifero, prevedendo soluzioni finalizzate a prevenire o mitigare l'impatto sulla risorsa idrica sotterranea. Per qualsiasi trasformazione di uso di suolo dovrà essere rispettato il principio di invarianza idraulica e idrologica, secondo quanto previsto dalla L.R. 12 marzo 2016 n.4. Sono, inoltre, sempre da prevedere idonei sistemi di collettamento e/o trattamento delle acque reflue, in ottemperanza al R.R. n°3 del 24/03/06.

In merito alle opere in progetto, esse non si configurano come potenzialmente idroinquinanti per la falda freatica. Al fine di preservare il corpo idrico da eventuali contaminazioni, andrà comunque 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. Le acque meteoriche dovranno essere trattate secondo quanto previsto dalla vigente normativa.

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 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

	01010101010 110110110011 1110111011101 0101010101010	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
		Relazione	Dicembre 2024	0	9 di 35
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

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 Passirano (codice ISTAT 03017136) come ricadente nella zona 3 (cfr. Figura 8) 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 Passirano la classe 3 (Figura 9).** In riferimento alla pericolosità sismica locale, l'area ricade nella classe Z4a, ovvero *Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi*, e quindi classe di pericolosità sismica H2 conseguente a possibili amplificazioni sismiche dovute alla litologia (Figura 10).

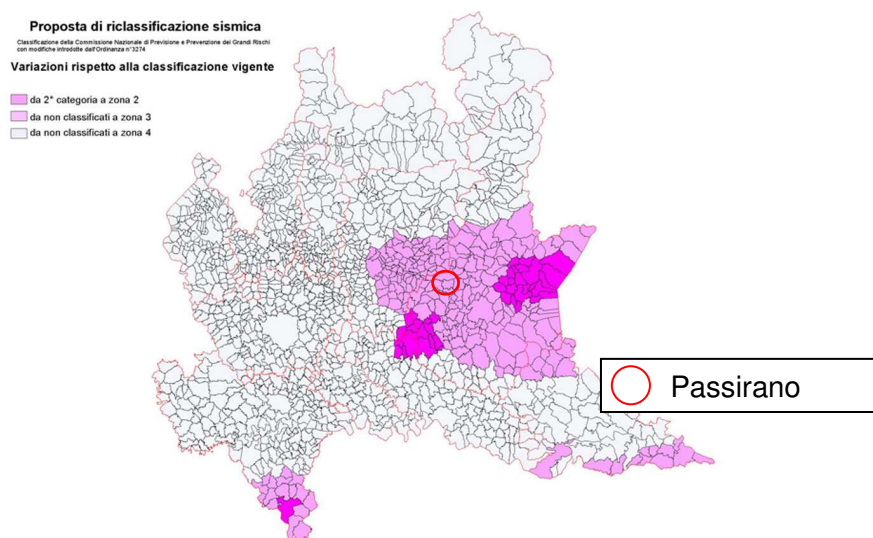


Figura 8 - Proposta di riclassificazione sismica 2003

Dalle osservazioni effettuate in campo non sono previste amplificazioni di natura topografica, si assegna pertanto la classe topografica T1. Per l'indagine sismica di dettaglio ci si è riferiti alla verifica sismica mediante la tecnica ReMi effettuata in sede di PGT nel Sito 1, il quale risulta posto nelle vicinanze e nel medesimo contesto geolitologico del sito in esame. Nei

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Dicembre 2024	0	10 di 35
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

capitoli seguenti verrà descritta l'indagine condotta nel Sito 1 e l'analisi di II livello effettuata sulla base dei risultati della sopracitata indagine sismica, obbligatoria per lo scenario di pericolosità sismica Z4.

Mappa di classificazione sismica
dei comuni lombardi

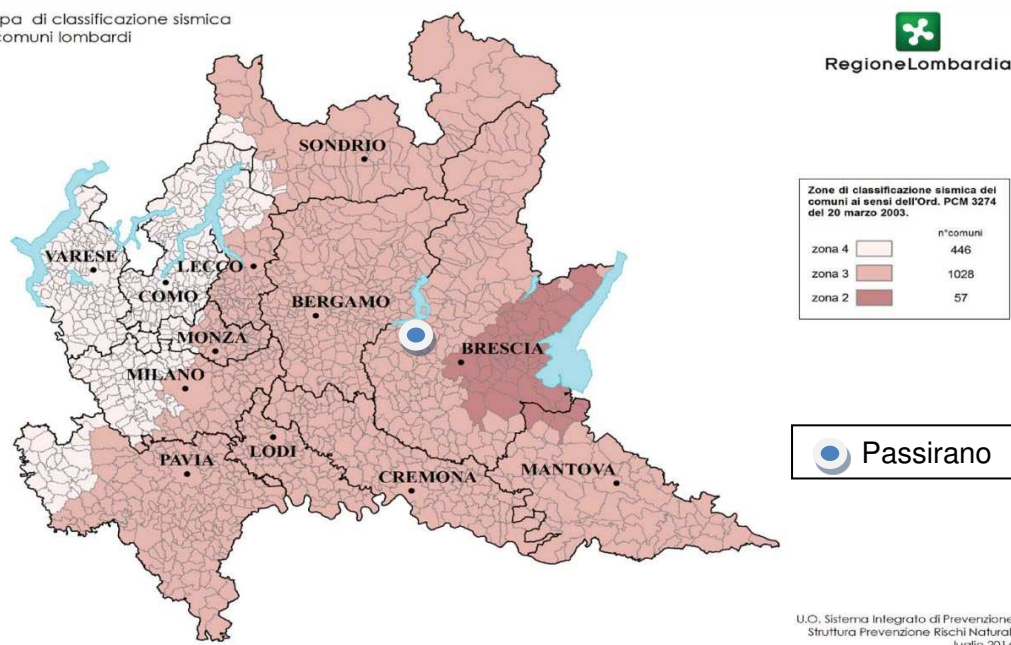


Figura 9 - Riclassificazione sismica 2014



Figura 10 – Stralcio della Carta della Pericolosità Sismica Locale (da PGT)

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Dicembre 2024	0	11 di 35
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

3.4. Indagine sismica

3.4.1. Tecnica di misurazione e strumentazione

Il profilo verticale delle Vs può essere ricavato per inversione monodimensionale o per modellizzazione diretta della velocità di fase delle onde di superficie (Rayleigh e/o Love) (Dorman e Ewing, 1962). Le onde di Rayleigh (1885) costituiscono un particolare tipo di onde di superficie che si trasmettono sulla superficie libera di un mezzo isotropo e omogeneo e sono il risultato dell'interferenza tra onde di pressione (P-waves) e di taglio verticali (Sv-waves). Tali onde sono presenti in natura e sono conosciute con il termine di microtremiti. Possono venire accuratamente captate ed analizzate nei loro contenuti cromatici ed energetici con un array geometrico lineare simile a quelli utilizzati nella prospezione sismica classica. In un mezzo stratificato queste onde sono di tipo guidato e dispersivo e vengono definite pseudo-Rayleigh. La dispersione è un fenomeno indotto dalla deformazione del treno d'onda che produce una variazione di propagazione di velocità con la frequenza. Le componenti a frequenza minore penetrano più in profondità rispetto a quelle a frequenza maggiore, per un dato modo, e presentano normalmente più elevate velocità di fase. Un apposito grafico (spettro p-f) in cui è diagrammato in ascissa la frequenza f (Hz) ed in ordinata lo slowness, che altro non è che l'inverso della velocità di fase (m/s), consente agevolmente di individuare il trend dispersivo che contraddistingue il sito sottoposto ad indagine. Dalla curva di dispersione si passa al profilo di velocità verticale mediante modellazione diretta. Viene cioè costruito il modello teorico la cui curva di dispersione calcolata presenta il minor errore rispetto alla curva sperimentale. Il processo di modellazione diretta soffre delle limitazioni prodotte dal principio dell'equivalenza secondo il quale possono esistere più modelli che soddisfano la medesima curva di dispersione. In questo caso quindi diventa importante avere dei punti di calibrazione per una ricostruzione "litologica" della struttura sismica del sottosuolo. Tuttavia questa limitazione non inficia la correttezza della determinazione dei valori di V_{seq} che rappresentano una relazione tra spessori e velocità dei singoli strati. Per l'acquisizione dei dati, in sede di PGT è stato utilizzato un digitalizzatore a 24 bit multicanale dotato di array da 24 geofoni da 4,5Hz mentre per il loro

 <div>01010101010 110110110011 1110111011101 0101010101010</div>	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Dicembre 2024	0	12 di 35
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

trattamento è stato utilizzato il software ReMi® aggiornato alla sua ultima versione V.4 e commercializzato dalla Optim LLC (Reno, Nevada -USA). La tecnica di indagine adottata a supporto di questo studio è conosciuta come *metodo di Nakamura* (1989), dal nome dello scienziato giapponese che l'ha messa a punto, parte dal presupposto che: 1) Il rumore ambientale è generato da riflessioni e rifrazioni di onde di taglio con gli strati superficiali e dalle onde di superficie; 2) Le sorgenti di rumore superficiale non interessano il rumore ambientale alla base di una struttura non consolidata; 3) Gli strati soffici non amplificano la componente verticale del rumore ambientale: questo è composto da onde di superficie tipo Rayleigh generate dall'interazione del vento con le strutture, dal traffico e da altre attività urbane. Le funzioni di trasferimento SE e AS che sono rispettivamente l'effetto intrinseco di sito e l'effetto della singola onda Rayleigh possono essere definite come: **$SE=H_s/H_b$ $As=Vs/Vb$**

Dove H e V sono gli spettri per le componenti orizzontali e verticali delle registrazioni di rumore ambientale alla superficie (s) o al top del basamento rigido. Gli effetti di sito, che non comprendono il contributo della sorgente, sono definiti da SM come: **$SM= Se/As$**
 $SM=H_sV_b/V_sH_b$

Nakamura e Theodulidis *et al.* (1996) hanno dimostrato che gli spettri delle componenti verticali (Vb) e orizzontali (Hb) sono equivalenti al top del basamento rigido: **$Se H_b/V_b = 1$ allora $SM= H_s/V_s$**

Alla fine quindi, gli effetti di sito SM (ampiezza del rapporto spettrale) posso essere espressi come rapporto spettrale delle componenti orizzontali e verticali del rumore ambientale alla superficie del suolo. In conclusione questa affermazione implica che una stima della risposta del terreno in un determinato sito può essere ottenuta con un singolo sismometro a tre componenti. Il prodotto del test di Nakamura è costituito dalla curva dei rapporti spettrali tra le componenti orizzontali sulla verticale (HVSr) su un range di frequenze che è significativo per questo tipo di applicazione (0,5-50Hz). Da questa curva si dovrebbe evidenziare la frequenza del modo fondamentale del terreno quando le caratteristiche di questo picco soddisfano i parametri proposti dalle linee guida del progetto SESAME. Tra i più significativi vi è il valore

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Dicembre 2024	0	13 di 35
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

dell'ampiezza (>2) e la certezza che la sorgente che produce questo picco non sia di origine antropico-industriale. Unitamente alla curva dei rapporti spettrali vengono anche fornite le curve spettrali delle componenti singole dal cui esame è possibile raccogliere informazioni per una corretta interpretazione sulla natura delle f_0 . Esperienze di campagna hanno dimostrato che registrazioni di una quindicina di minuti per sito sono sufficienti per fornire risultati stabili nei differenti contesti urbani. Per la registrazione delle serie temporali è stato utilizzato un sistema di casa Nanometrics che consiste nell'unità di registrazione "Taurus" e nel sensore tridimensionale "Trillium 40s". L'analisi dei dati è stata operata a mezzo software freeshare "Geopsy v.2.4.0".

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.

 <div>01010101010 110110110011 1110111011101 0101010101010</div>	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Dicembre 2024	0	14 di 35
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

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.

3.4.3. Profilo velocità delle onde S e classificazione del sottosuolo

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	$\approx C$ 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):

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

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

 <div>01010101010 110110110011 1110111011101 0101010101010</div>	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Dicembre 2024	0	16 di 35
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

tende a aumentare in maniera importante l'intensità delle forze sismiche agenti sulla struttura. In particolare se la frequenza di risonanza dell'edificio è confrontabile con quella dei terreni di fondazione si verifica il fenomeno della risonanza accoppiata che comporta un'amplificazione delle sollecitazioni sismiche sull'opera.

Nel caso di edifici in fase di progettazione o di realizzazione la frequenza di risonanza fondamentale dell'opera può essere valutata con formule semplificate, quale quella indicata nel D.M. 14.01.2008:

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

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

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

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

3.4.5. Risultati dell'analisi

Si riportano di seguito in Figura 11 i risultati dell'indagine sismica condotta nel sito di misura denominato, in sede di PGT, Sito 1, limitrofo al sito in esame.

Profondità da (m)	a (m)	□ z (m)	Vs (m/s)	Inversioni di velocità
0.00	1.30	1.30	301	-
1.30	2.80	1.50	230	x
2.80	9.10	6.30	351	-

9.10	24.90	15.80	524	-
24.90	32.70	7.80	590	-
32.70	50.20	17.50	492	x

Il valore di V_{seq} calcolato da piano campagna attuale è risultato uguale a 444 m/s, che pone il sito nella classe di sottosuolo B 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 proprio del sito (T) che si calcola considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità V_s è uguale o superiore a 800 m/s. La formula utilizzata è la seguente:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

dove h_i e V_{s_i} sono lo spessore e la velocità dello strato i -esimo del modello. Nel caso specifico l'indagine ReMi non ha permesso di raggiungere il substrato sismico con velocità V_s pari a 800 m/s, tuttavia, ammettendo un trend lineare della V_s con la profondità, il valore di T risulta pari a 0.41 s.

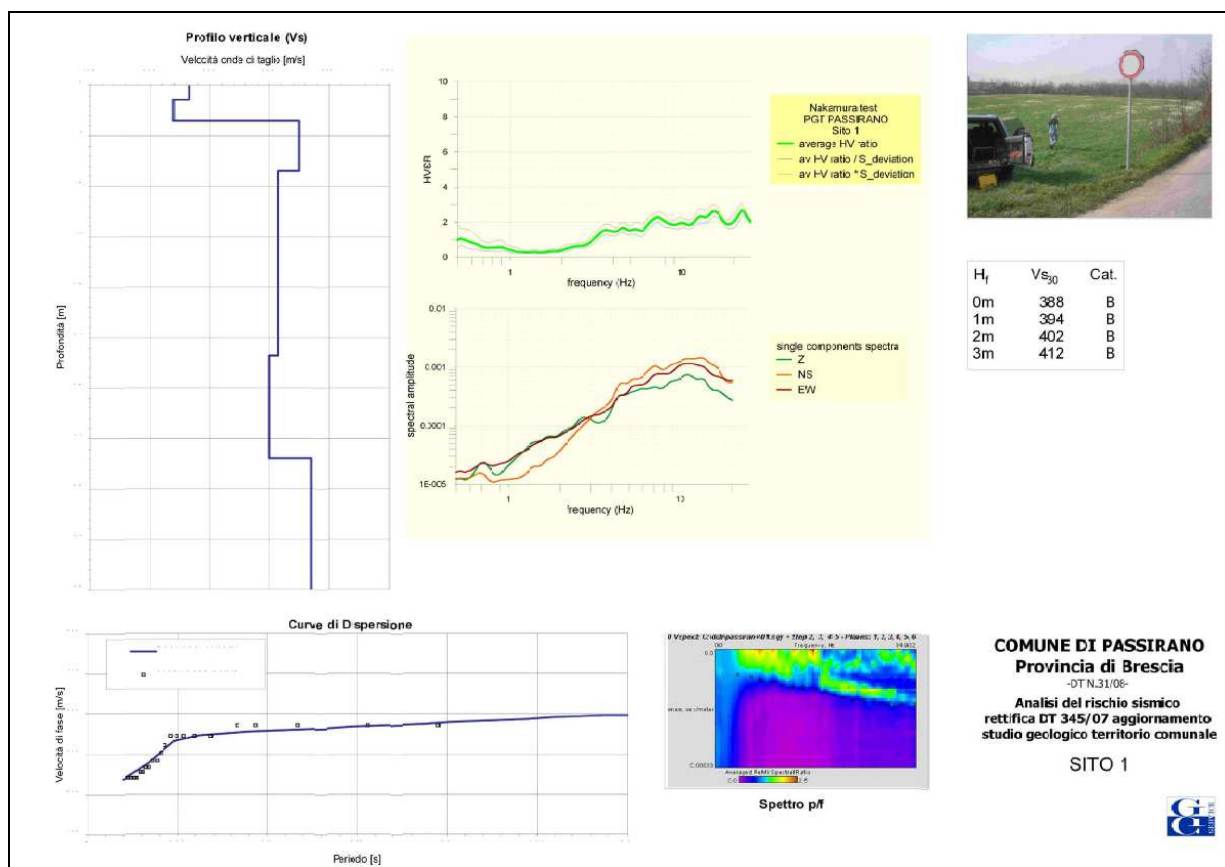


Figura 11 – Risultati della prova sismica effettuata in sede di PGT nel Sito 1

3.5. Analisi sismica di II livello di dettaglio

Adottando il criterio previsto dalla Normativa regionale, sulla base dell'andamento del profilo della velocità delle onde S ricavato con l'indagine geofisica, si è selezionata la scheda litologica sabbiosa (Figura 11) di riferimento. Il periodo di oscillazione fondamentale della colonna lito-stratigrafica è calcolato con la precedente formula ed è risultato uguale a 0.41 s. Utilizzando questo dato si sono ricavati i seguenti valori di Fa:

Fa (nell'intervallo 0.1-0.5 s) = $1.4 \pm 0.1 < 1.4$ (soglia di Normativa per il Comune in esame)

Fa (nell'intervallo 0.5-1.5 s) = $1.2 \pm 0.1 < 1.7$ (soglia di Normativa per il Comune in esame)

Questi valori sono stati confrontati con quelli di soglia previsti dalla Normativa regionale, nel caso di sottosuolo di tipo B, per il Comune di Passirano (1.4 e 1.7 rispettivamente). Il valore di Fa calcolato per entrambi gli intervalli risulta inferiore o uguale a quello di soglia. Sarà quindi

possibile applicare lo spettro previsto per la categoria di sottosuolo identificata senza procedere con ulteriori approfondimenti o declassare il sito.

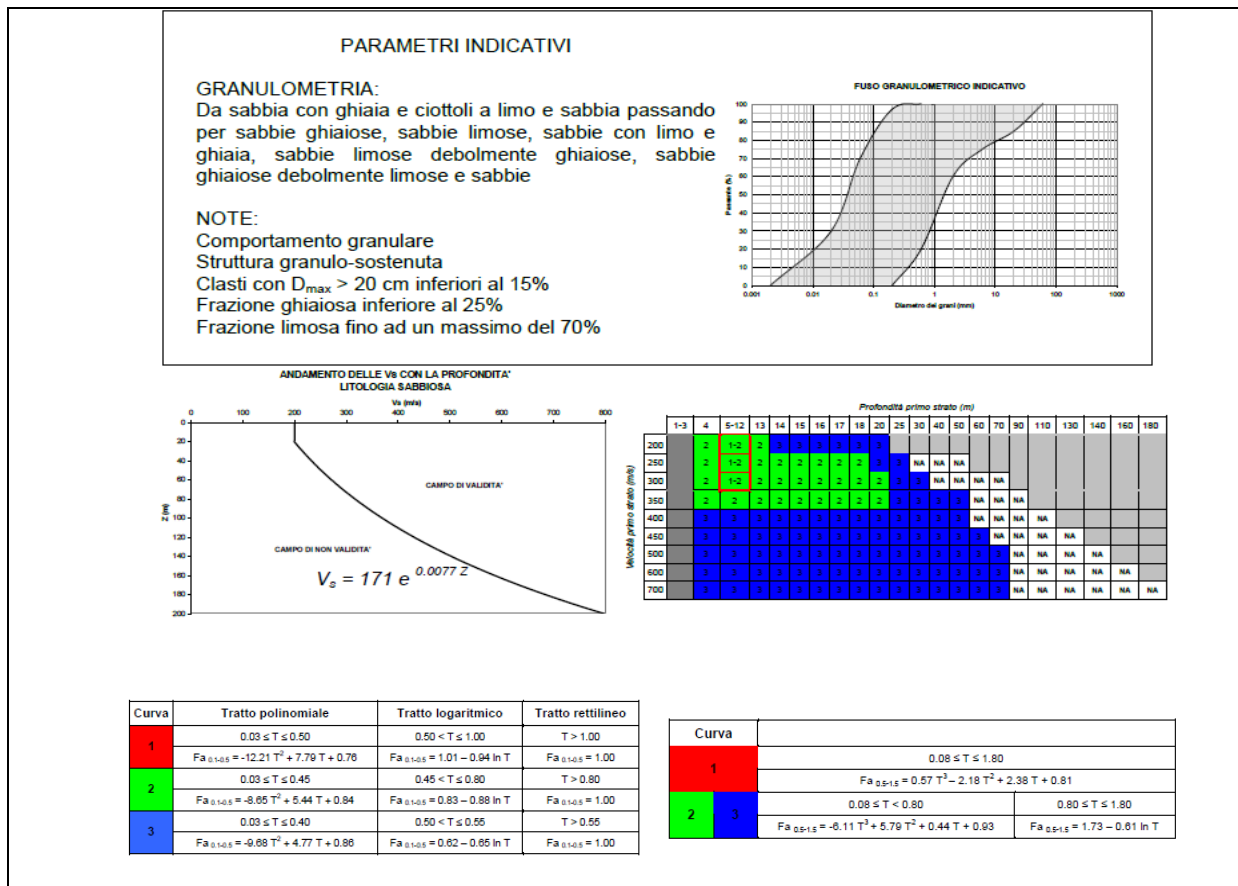


Figura 12 - Stima effetti litologici - Scheda sabbiosa

L'attendibilità dei dati è stata espressa con la tabella proposta sempre in allegato 5 e la categoria assegnata è quella evidenziata in arancio 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)
Geofisici (Vs)	Alta	Da indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo)
	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 dell'attendibilità dei dati (cfr. Allegato 5)

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Dicembre 2024	0	20 di 35
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

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. L'entrata in vigore del D.M. 17.01.2018 ha riconfermato questo tipo di approccio. 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.

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]	ag [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0.040	2.456	0.212
Danno (SLD)	50	0.054	2.396	0.232
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.143	2.431	0.277
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.184	2.443	0.288
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: B

Cat. Topografica: T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,20
CC Coeff. funz categoria	1,50	1,47	1,42	1,41
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	0.010	0.013	0.041	0.053
kv	0.005	0.006	0.021	0.026
Amax [m/s²]	0.467	0.630	1.677	2.164
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

Figura 14 – Calcolo dei parametri sismici dell'area

3.7. Stima della magnitudo di riferimento

Nel settore di appartenenza del Comune di Passirano 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. 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.

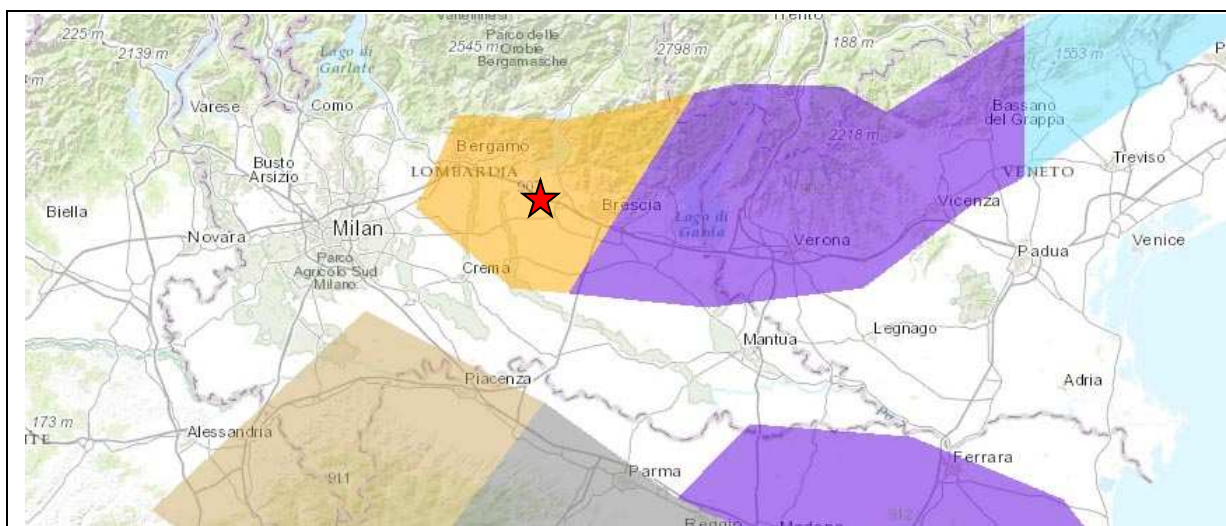


Figura 15 – Schema Zonizzazione Sismogenetica ZS9

Storicamente la zona risente di effetti macroscopici in funzione della relativa vicinanza alle aree e 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

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Dicembre 2024	0	22 di 35
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

secondo il modello sismotettonco riassunto nella zonazione sismogenetica ZS9 ricade nella zona sorgente 907 (Figura 15). In questo caso, ai fini della verifica alla liquefazione, si assume il valore della Magnitudo M_w pari a quello della zona, ovvero 6.14. Per un calcolo più preciso è possibile utilizzare la metodologia della disaggregazione della pericolosità sismica che somma i contributi dovuti alle singole coppie magnitudo-distanza dagli epicentri ricadenti nell'area di riferimento, allo scopo di ricavare l'evento sismico dominante. In questo modo si ottiene il terremoto di scenario, caratterizzato da una valore univoco della magnitudo, della distanza e del tempo di ritorno; ciò lo rende utilizzabile ai fini progettuali nelle verifiche agli stati limite. Il metodo si basa sulla mappa della pericolosità sismica messa a disposizione dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) attraverso il proprio portale web.

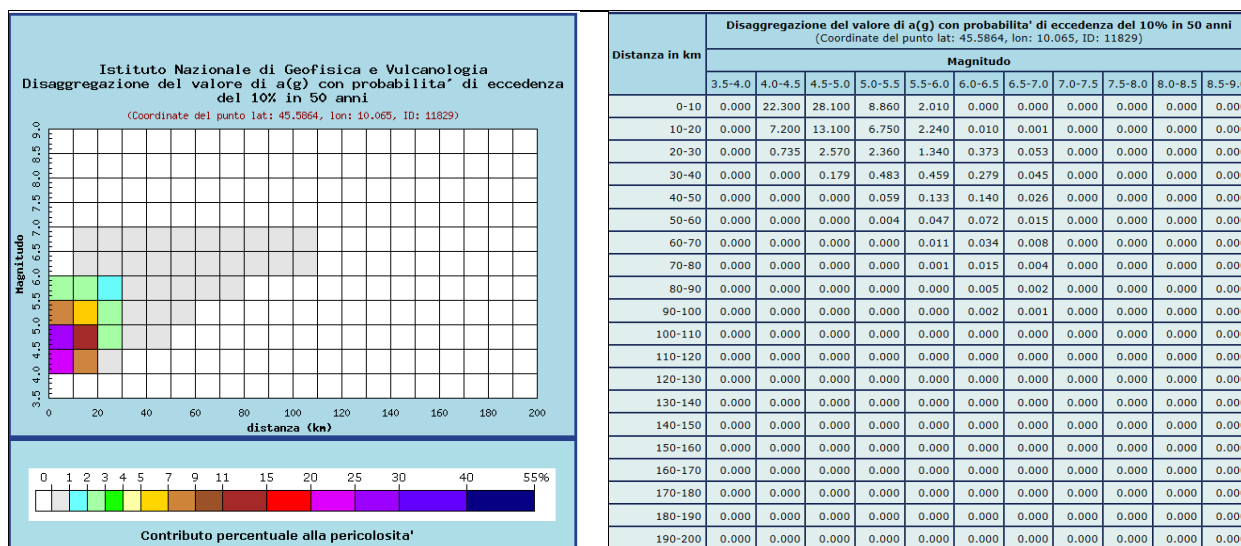


Figura 16 - Verifica Magnitudo

Il sistema consente di visualizzare e interrogare mappe probabilistiche della pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa con diversi parametri dello scuotimento su una griglia regolare a passo 0.05° . Per ogni singolo nodo della griglia di riferimento è possibile richiedere il dettaglio in forma grafica e tabellare dell'analisi di disaggregazione (vale a dire il contributo delle possibili coppie di valori di magnitudo-distanza alla pericolosità del nodo) della relativa $a(g)$. Per il sito in studio nel comune di Passirano il valore medio di riferimento propone una magnitudo pari a 4.79 ad una distanza di 9.97 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 dei terreni

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) 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 17.

 <div>01010101010 110110110011 1110111011101 0101010101010</div>	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Dicembre 2024	0	24 di 35
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

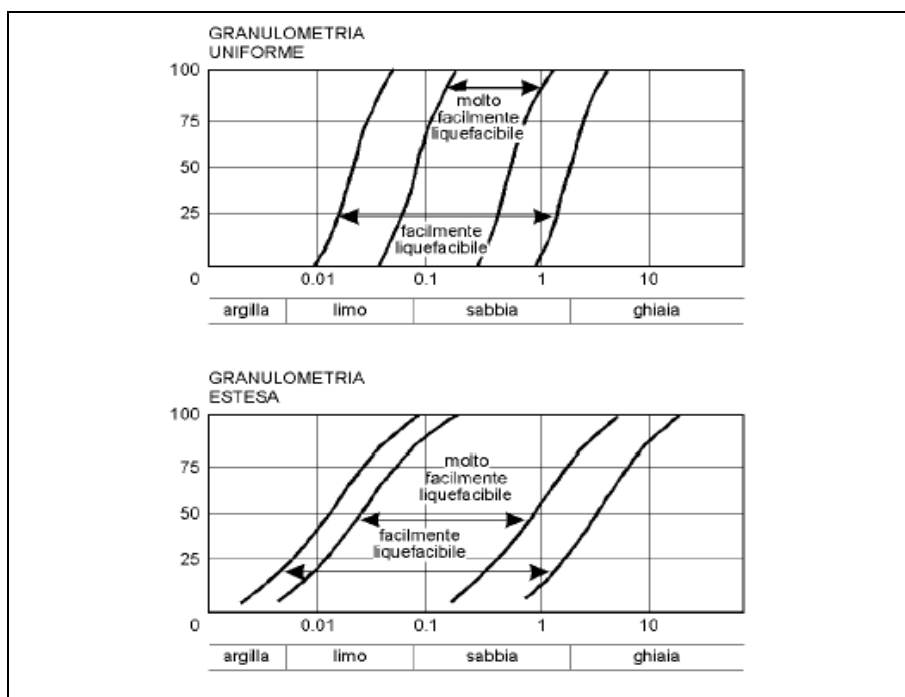


Figura 17 – Valutazione della suscettibilità alla liquefazione – fasce granulometriche critiche

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 mobilitabile nello strato (CSR) e lo sforzo tagliante indotto dal sisma (CRR). Cioè in pratica si ha:

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

Un deposito dovrà essere considerato suscettibile di liquefazione, se il coefficiente di sicurezza sarà minore di 1 (di 1.25 secondo l'Eurocodice 8). La grandezza CSR dipende dai parametri del sisma di progetto (accelerazione sismica e magnitudo di progetto). CRR è funzione delle caratteristiche meccaniche dello strato, principalmente del suo stato di addensamento, e può essere ricavato direttamente attraverso correlazioni con i risultati di prove penetrometriche dinamiche e statiche o con i valori delle velocità delle onde S ricavati da indagine geofisica. La grandezza CSR viene ricavata attraverso la relazione:

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

dove:

- a_{max} = accelerazione sismica massima;
 g = accelerazione di gravità = 980.7 cm/s²;
 σ_{v0} = 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)

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

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

Considerata la notevole soggiacenza della falda e la granulometria dei depositi presenti nell'area si ritiene trascurabile il rischio di liquefazione e pertanto se ne omette la trattazione numerica.

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 precedentemente in corrispondenza del sito e dai dati bibliografici validi per litologie simili. Le prove sono state spinte ad una profondità massima di circa 5.10 m da p.c.. La prova penetrometrica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N o la pressione necessaria all'avanzamento della punta stessa (Figura 18).

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



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

Figura 18 – Prova penetrometrica statica da 20 ton e dinamica superpesante

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

Rif. Norme

DIN 4094

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Dicembre 2024	0	27 di 35
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

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), pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N_{spt} . 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 Q_{spt} è quella riferita alla prova SPT. L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

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

in cui

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

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 risultano piuttosto omogenee tra loro ed evidenziano la presenza, al di sotto di un primo livello a comportamento granulare, mediamente addensato, costituito da ghiaie sabbiose dello spessore di circa 1.80 m, di depositi a comportamento granulare con ottimo grado di addensamento, continue fino alla massima profondità d'indagine (5.10 m). 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

	01010101010 110110110011 1110111011101 0101010101010	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
		Relazione	Dicembre 2024	0	29 di 35
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

della buona omogeneità dei terreni è stato definito un unico modello così schematizzato partendo dal piano campagna originale:

STRATO A : da p.c. sino a -5.10 m: suolo. depositi grossolani a comportamento granulare mediamente addensanti. Parametri caratteristici: $\phi_k = 34^\circ$ $\gamma = 1.8 \text{ kg/dm}^3$.

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. Vista la natura granulometrica dei depositi e le evidenze sismiche il profilo stratigrafico dei terreni di fondazione è classificabile come **tipo B** secondo i disposti della Ordinanza del Presidente del Consiglio 20 marzo 2003 n.3274 e successive modifiche. Per la realizzazione delle strutture dovranno essere previste indagini sitospecifiche per la conferma dei parametri sopra indicati.

4.2. 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.

 <div>01010101010 110110110011 1110111011101 0101010101010</div>	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Dicembre 2024	0	30 di 35
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

Un ulteriore differenza risiede nella natura autorizzativa dell'opera in progetto che configura scenari diversi nel caso in cui si tratti di Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) o di Verifica di Impatto Ambientale (VIA). In questi casi si applica l'iter previsto dal D.M. 10.08.2012 n.161. Pertanto in tutti gli altri casi, fatte salve le condizioni sopra riportate, i materiali da scavo (di cui all'art.1, comma1, lettera b del D.M. 161/2012) sono sottoposti al regime dei sottoprodotti di cui all'art. 4 del DPR 120 del 13.06.2017, il proponente o il produttore deve attestare il rispetto delle suddette condizioni tramite dichiarazione resa all'Agenzia regionale per la protezione ambientale (ARPA) ai sensi e per gli effetti del Testo Unico del DPR 445/2000. L'Arpa si riserva la facoltà di effettuare il controllo sia su base documentale, attraverso gli atti in possesso dell'Agenzia, sia attraverso controlli diretti in campo ove lo ritenga necessario e provvedere ad effettuare sopralluoghi ed eventuali campionamenti in contraddittorio con il Proponente, finalizzati a verificare il rispetto dei limiti previsti dalla norma e come dichiarato nella certificazione. Qualora in accordo al comma 3 dell'art.71 del DPR 445/2000 Arpa rilevi nelle dichiarazioni ricevute e per gli aspetti ambientali di competenza “ delle irregolarità o delle omissioni rilevabili d'ufficio, non costituenti falsità, dà notizia all'interessato di tale irregolarità. Questi è tenuto alla regolarizzazione o al completamento della dichiarazione; in mancanza il procedimento non ha seguito” e, conseguentemente, i materiali da scavo devono essere considerati rifiuti, e come tali trattati. Medesima conclusione è prevista qualora dai controlli effettuati si dimostri che i materiali di scavo non rispettano i requisiti previsti dall'art.4 del DPR 120 del 13.06.2017, decadendo le condizioni per poterli considerare quali sottoprodotti. In questi casi rientrando nel regime normativo dei rifiuti dovranno essere valutate le conseguenti eventuali ipotesi di reato per il Proponente, il Ricevente, il Trasportatore. Si ricorda che i reati in campo ambientale sono soggetti a procedimento penale oltre che amministrativo. **La nuova normativa ha chiarito in modo preciso anche il trattamento dei materiali di scavo reimpiegati nel cantiere di produzione. Tali materiali sono esentati dal regime dei rifiuti se conformi ai requisiti di cui all'art. 185, comma 1, lettera c, del decreto legislativo 152/2006; la non**

 <div>01010101010 110110110011 1110111011101 0101010101010</div>	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Dicembre 2024	0	31 di 35
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

contaminazione deve essere verificata secondo i disposti dell'allegato 4 del DPR 120/2017.

5. INDICAZIONI SULL'INVARIANZA

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

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

Nel caso in studio, il tema d'interesse riguarda l'invarianza idraulica che in sintesi consiste nella limitazione dei deflussi delle acque verso il reticolo idrico o la fognatura in caso di realizzazione di nuovi edifici civili e industriali, di parcheggi e strade e di interventi di riqualificazione o comunque di trasformazione del suolo. Nello specifico l'articolo di riferimento è il n.7 che introduce il concetto ed apporta modifiche al testo della legge regionale n.12/2005 (Legge per il Governo del Territorio). Al comma 5, l'articolo fa riferimento al Regolamento (R.R.

	01010101010 110110110011 1110111011101 0101010101010	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
		Relazione	Dicembre 2024	0	33 di 35
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

7/2017 del 23.11.2017) 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 19.

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 19 - 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 Passirano, classificato dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio in data 20 marzo 2003 n.3274 come di classe 3. La recente riclassificazione della Regione Lombardia ha riconfermato la classe 3.
2. Secondo i disposti dell'Ordinanza Presidente del Consiglio n.3274/2003 i terreni di fondazione sono classificabili come di tipo B. Il profilo topografico di riferimento è il T1.
3. L'analisi sismica di II livello ha verificato l'adeguatezza delle soglie regionali relativamente al fattore di amplificazione litologica. Il sito è stato mantenuto nella categoria di sottosuolo identificata, ovvero la B.
4. I terreni di fondazione sono costituiti da depositi fluviali e fluvioglaciali caratterizzati, in prevalenza, da ghiaie e sabbie.
5. Dai dati bibliografici reperiti presso la componente geologica a corredo del PGT comunale la soggiacenza della falda freatica, in corrispondenza del sito in esame, è di circa 60 metri.
6. I terreni di fondazione non saranno soggetti a liquefazione in caso di sisma.
7. Le terre da scavo dovranno essere trattate nel rispetto della normativa vigente.

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

Dr. Geol. Corrado Aletti

Seniga 14.01.2024

(documento firmato digitalmente)

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Dicembre 2024	0	35 di 35
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			