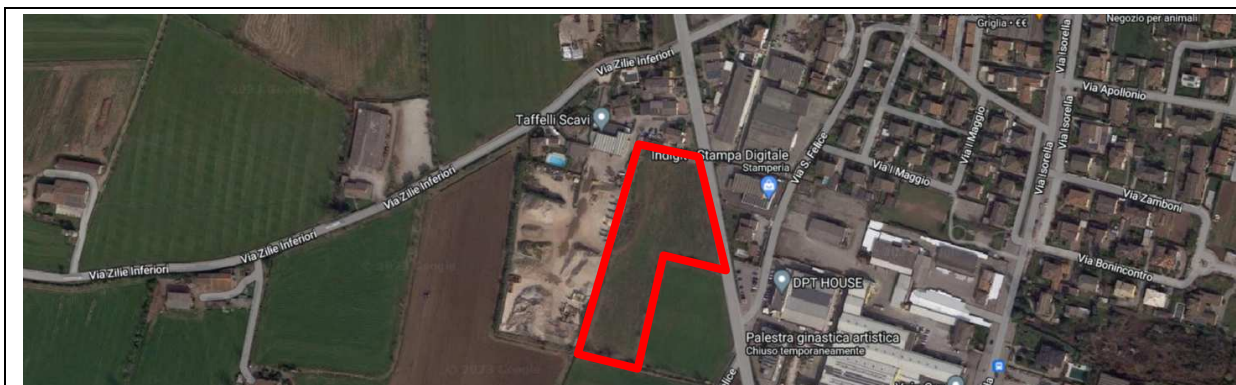


REGIONE LOMBARDIA

PROVINCIA DI BRESCIA

COMUNE DI CALVISANO



RELAZIONE GEOLOGICA R1+R3

RELAZIONE GEOTECNICA R2



Elaborato

SUAP PER AMPLIAMENTO ATTIVITA' PRODUTTIVA

D.M. 17.01.2018 – DGR 2616/2011 – DGR X/5001 – L.R. 12/2005

Committente

Taffelli Scavi s.r.l. e LM Immobiliare s.r.l.

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	10.03.2023
Approvato	A & P sas – Dr. Aletti Corrado	15.03.2023
File	relazione suap.docx	
Commessa	2023.03.097	

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	SUAP	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	6
3. Inquadramento geologico morfologico e idrogeologico	8
3.1. Litostratimetria dell'area.....	10
3.2. Idrogeologia e vulnerabilità naturale	11
4. Sismica	12
4.1. Indagine sismica	14
4.1.1. Tecnica di misurazione e strumentazione.....	14
4.1.2. Effetti di sito: risposta sismica locale	15
4.1.3. Profilo onde S e classificazione del sottosuolo da NTC	15
4.1.4. Vulnerabilità sismica dell'opera	17
4.1.5. Risultati dell'analisi	18
4.2. Analisi di II livello di dettaglio	20
4.3. Parametri sismici	22
4.4. Stima della magnitudo di riferimento	24
4.4.1. Verifica alla liquefazione.....	26
5. Vincoli.....	30
6. Sintesi.....	31
7. Fattibilità	32
8. Geotecnica	34
8.1. Analisi delle soluzioni fondali	36
8.2. Calcolo della capacità portante	36
8.2.1. Approccio 2 combinazione unica A1+M1+R3	37
8.2.2. Verifica allo slittamento	38
8.3. Calcolo dei cedimenti.....	38
9. Terre da scavo.....	41

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	SUAP	Marzo 2023	0	2 di 46
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

10. Indicazioni riguardo l'invarianza	43
11. Conclusioni	45
12. Tabella riassuntiva parametri geologici	46

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	SUAP	Marzo 2023	0	3 di 46
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

1. INTRODUZIONE

La presente relazione è stata redatta a corredo della richiesta di variante urbanistica per la trasformazione di un'area agricola in Comune di Calvisano, ai sensi della normativa vigente (L.R. 12/2005; D.G.R. 8/7374/08; D.M. 17/01/18) inerente la componente geologica nella pianificazione territoriale contenuta nella D.G.R. n. VIII/1566 del 22.12.2005. Questo documento amplierà la conoscenza del territorio oggetto di variante e delle differenti fonti di rischio in relazione alle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, sismiche e geotecniche. In questa ottica sono state valutate le possibili fonti di rischio approfondendo ovviamente le tematiche più significative nel contesto del territorio indagato. In conformità alla normativa vigente, la metodologia adottata si fonda su tre successive fasi di lavoro:

sintesi bibliografica e compilativa, basata sulla raccolta della documentazione esistente per la predisposizione della cartografia di analisi;

approfondimento/integrazione che, a partire dalla documentazione di cui alla fase precedente, ha previsto l'effettuazione di rilievi di campagna;

valutazione e proposta finale, definita tramite le carte di sintesi e di fattibilità geologica, che propongono rispettivamente una zonizzazione del territorio in funzione dello stato di pericolosità e una classificazione d'uso dello stesso.

Allo scopo di determinare le caratteristiche geolitologiche e litotecniche dei terreni di fondazione si è fatto riferimento a prove pregresse (prove penetrometriche) eseguite nelle immediate vicinanze del sito in studio. Ci si è inoltre riferiti ad una verifica sismica mediante la tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Space Ratio) eseguita dallo scrivente in uno stretto intorno e nel medesimo contesto geolitologico del sito in esame.

La relazione è stata corredata dalla seguente cartografia:

Tavola 1- Carta geolitologica e morfologica (scala 1:5.000)

Tavola 2 – Carta idrogeologica e del reticolo idrografico (scala 1:5.000)

Tavola 3 – Carta della pericolosità sismica locale (scala 1:5.000)

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

Tavola 4 – Carta della vulnerabilità naturale (scala 1:5.000)

Tavola 5 – Carta dei vincoli e di sintesi (scala 1:1.250)

Tavola 6 – Carta della fattibilità (scala 1:1.250)

Tavola 7 – Planimetria di progetto (scala 1:1.250)

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

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area in esame è localizzata nel settore meridionale dell'abitato comunale di Calvisano, lungo il margine S di Via Zilie Inferiori, all'altezza del civico n. 19, ad W di SP37, così come rappresentato in Figura 1.

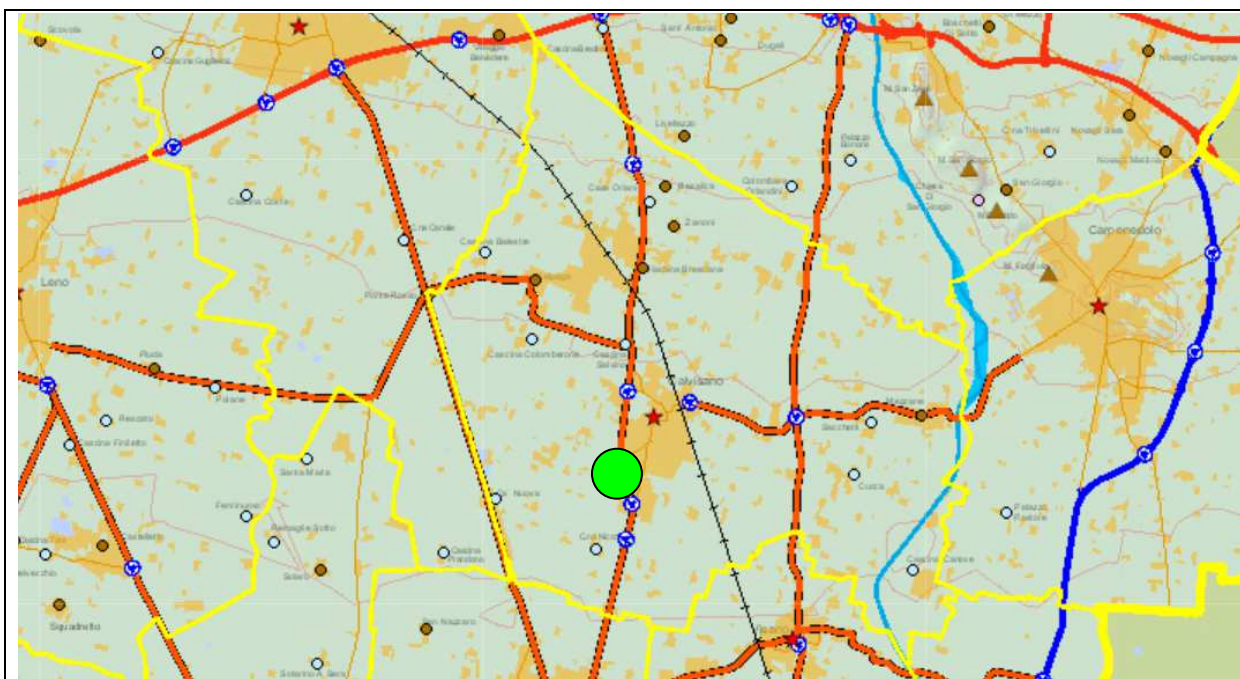


Figura 1 – Ubicazione dell'area in studio

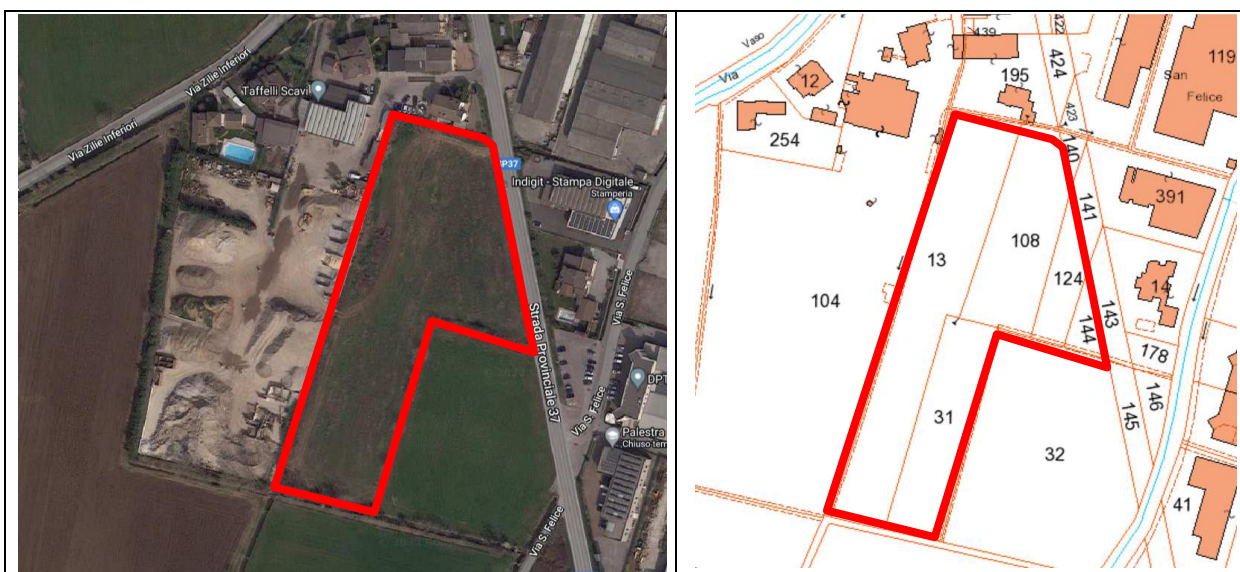


Figura 2 – Area oggetto di variante

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

La variante interesserà un'area attualmente destinata ad attività agricola, avente una superficie totale di circa 13.100 m² ed identificata dal Foglio 35, Mappali 13 – 31 – 108 – 124 e 144 dell'NCT del Comune di Calvisano (BS) come evidenziato in Figura 2. La richiesta di variante urbanistica inerente quest'area è volta all'ampliamento dell'attività produttiva delle Ditte Committenti e prevederà la realizzazione di una nuova pensilina per il ricovero dei mezzi, dei nuovi parcheggi, una nuova pesa, un nuovo piazzale asfaltato e la creazione di un'area adibita alla gestione di inerti e terre e rocce da scavo, così come evidenziato in Figura 3.



Figura 3 – Tavola di progetto

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

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO MORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

Il territorio in esame appartiene al settore centrale 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 dell'abitato comunale di Calvisano sono legati alle dinamiche caratteristiche dell'ambiente fluvioglaciale e fluviale riferibili come età al Wurm e costituenti il "**livello fondamentale della pianura**" (fg^w).

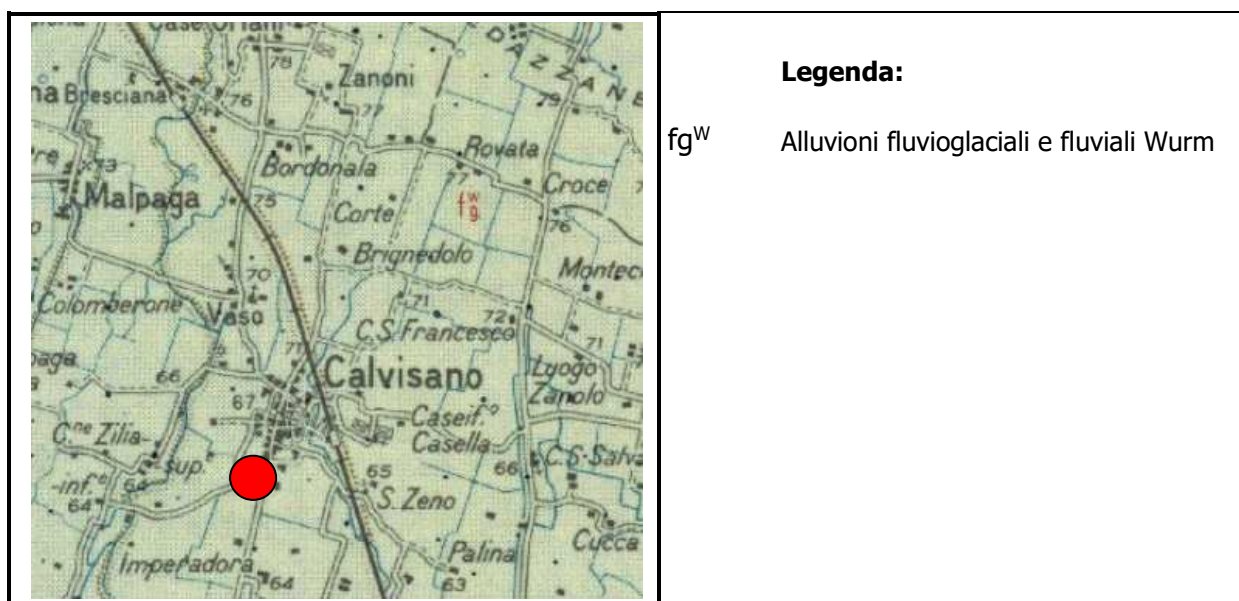


Figura 4 – Stralcio della Carta Geologica d'Italia (Foglio di Brescia)

La fase fluviale würmiana ha originato l'ultimo esteso colmamento della pianura nel Pleistocene. La successiva fase erosiva, iniziata nell'Olocene, è responsabile della zona

 01010101010 110110110011 1110111011101 0101010101010	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	SUAP	Marzo 2023	0	8 di 46
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

ribassata delimitata da scarpate entro cui oggi scorrono i principali fiumi padani. Nel dettaglio l'area in esame si colloca in corrispondenza dei depositi fluvioglaciali e fluviali wurmiani (fg^w – cfr. Figura 4), che in questo settore sono caratterizzati da ghiaie associate a limi e sabbie, passanti a ghiaie e sabbie pulite in profondità (Figura 5).

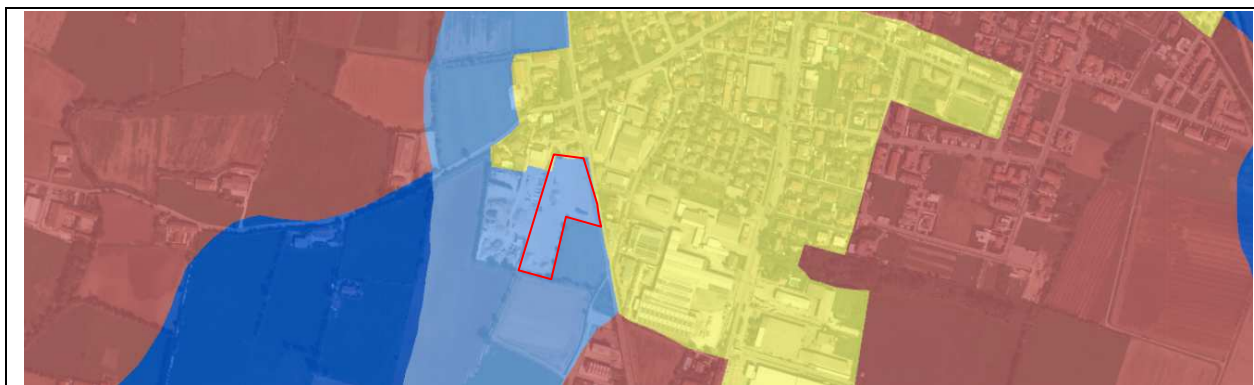


Figura 5 –Carta della Litologia superficiale (da RL. Azzurro = ghiaie con limi e sabbie)

Morfologicamente l'area risulta sub pianeggiante, posta sul livello fondamentale della pianura, alla quota indicativa di circa 65.00 m.s.m., con cadente topografica verso S e gradiente nell'ordine dello 0.2%. L'idrografia al contorno è rappresentata sostanzialmente dalla rete irrigua e scolante. Dal punto di vista idraulico l'area risulta esterna alle fasce fluviali delimitate dal Piano Pai, ovvero le aree inondate in caso di piene con tempi di ritorno diversi, ed è esterna alle zone allagabili perimetrare dal PGRA 2022 (Figura 6).



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

Visto l'attuale assetto geoclimatico non sono stati rilevati forme o processi

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

geomorfologici attivi e si esclude l'esondabilità dell'area.

3.1. Litostratimetria dell'area

La litostratimetria dell'area è stata desunta da studi effettuati nella zona, e dai sondaggi eseguiti in sito. L'assetto stratigrafico si configura conforme all'ambiente ed all'evoluzione deposizionale a cui è andata soggetta l'area, fortemente condizionata dalla dinamica fluvio-glaciale e fluviale legata ad ambienti ad alta energia, con significative variazioni d'alveo e ad elevata competenza. Al di sotto di una copertura di circa 0.60 metri costituita essenzialmente da suolo agrario e/o massicciata, si rilevano alternanze di sabbie e ghiaie sabbiose sino ad oltre 15 m da p.c. (stratigrafia di pozzi limitrofi). Durante i sondaggi la falda è stata rilevata a circa 1.50 metri da p.c.. Dai dati riportati nella cartografia idrogeologica a corredo del PGT si può notare come l'area in esame ricada tra l'isopieza 63 a N e l'isopieza 62 a S (Figura 8) ad indicare una soggiacenza di circa 2.50 metri. Vista 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.

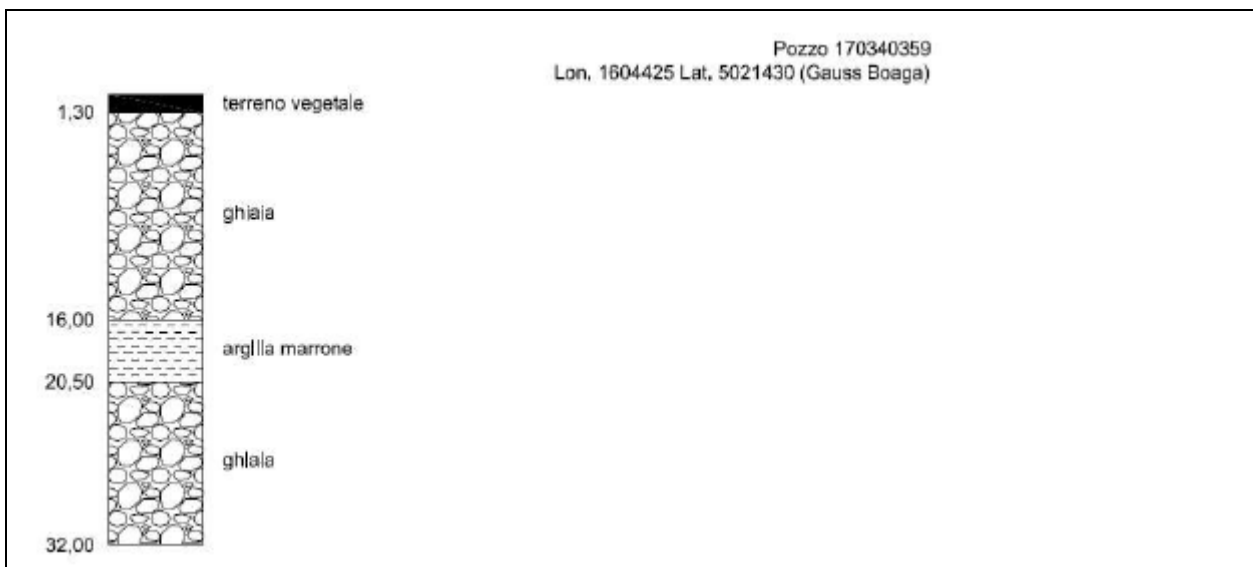


Figura 7 – Stratigrafia pozzo limitrofo da PGT

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

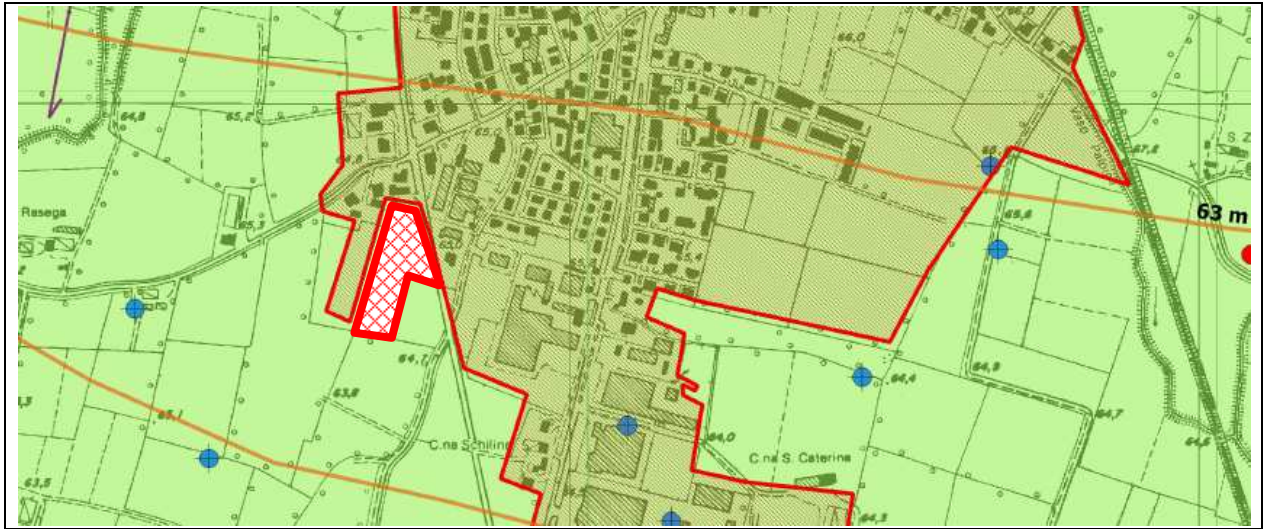


Figura 8 – Stralcio della Carta Idrogeologica (da PGT)

3.2. Idrogeologia e vulnerabilità naturale

Le informazioni stratigrafiche rilevate nello stretto intorno dell'area in studio e gli studi eseguiti al contorno, permettono di definire con sufficiente precisione le caratteristiche idrogeologiche sia generali che locali. I depositi che caratterizzano il territorio indagato sono caratterizzati prevalentemente da ghiaie sabbiose e sabbie e per tale motivo possono essere considerati depositi a permeabilità medio-alta. In considerazione della finalità dell'indagine è stato valutato il rischio di inquinamento delle acque sotterranee. Nell'area di interesse la falda è di tipo freatico e pertanto si ritiene di attribuire un grado di vulnerabilità elevato, valutato secondo la metodologia proposta dal GNDICI-CNR, così come rappresentato in Tavola 4.

	01010101010 110110110011 1110111011101 0101010101010	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	SUAP	Marzo 2023	0	11 di 46	
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900					

4. SISMICA

La verifica del rischio sismico si è resa altresì necessaria in merito alla recente adozione, con Ordinanza del Presidente del Consiglio in data 20 marzo 2003, pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n° 105 del 08 maggio 2003, dei criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e delle normative tecniche per le costruzioni in zona sismica, così come modificata dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio n° 3316. Secondo tale ordinanza, in prima applicazione, ovvero sino alle deliberazioni delle Regioni, le zone sismiche sono individuate sulla base del documento "Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale" elaborato dal Gruppo di Lavoro costituito dal Servizio Sismico Nazionale, in base alla risoluzione approvata dalla Commissione Nazionale di Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi nella seduta del 23 aprile 1997. 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 Calvisano (codice ISTAT 03017034) come ricadente nella zona 3 (cfr. Figura 9) 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 Calvisano 3 (Figura 10).** In riferimento alla pericolosità sismica locale, 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. Dagli approfondimenti eseguiti si assegna la classe topografica T1. Dall'analisi di II livello condotta in sede di PGT è emerso che per la normativa regionale è sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica. Di seguito viene descritta l'indagine sismica di dettaglio presa a riferimento, eseguita dallo scrivente nelle immediate

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

vicinanze e nel medesimo contesto geolitologico del sito in studio, e l'analisi di II livello obbligatoria per lo scenario di pericolosità sismica Z4.

Proposta di riclassificazione sismica
Classificazione della Commissione Nazionale di Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi con modifica introdotta dall'Ordinanza n° 3274
Variationsi rispetto alla classificazione vigente

- da 2ª categoria a zona 2
- da non classificati a zona 3
- da non classificati a zona 4

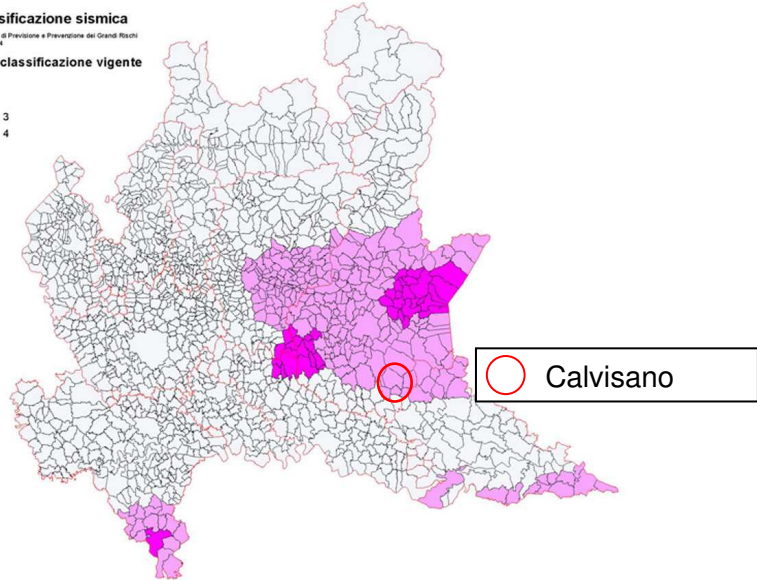


Figura 9 - Proposta di riclassificazione sismica 2003

Mappa di classificazione sismica dei comuni lombardi

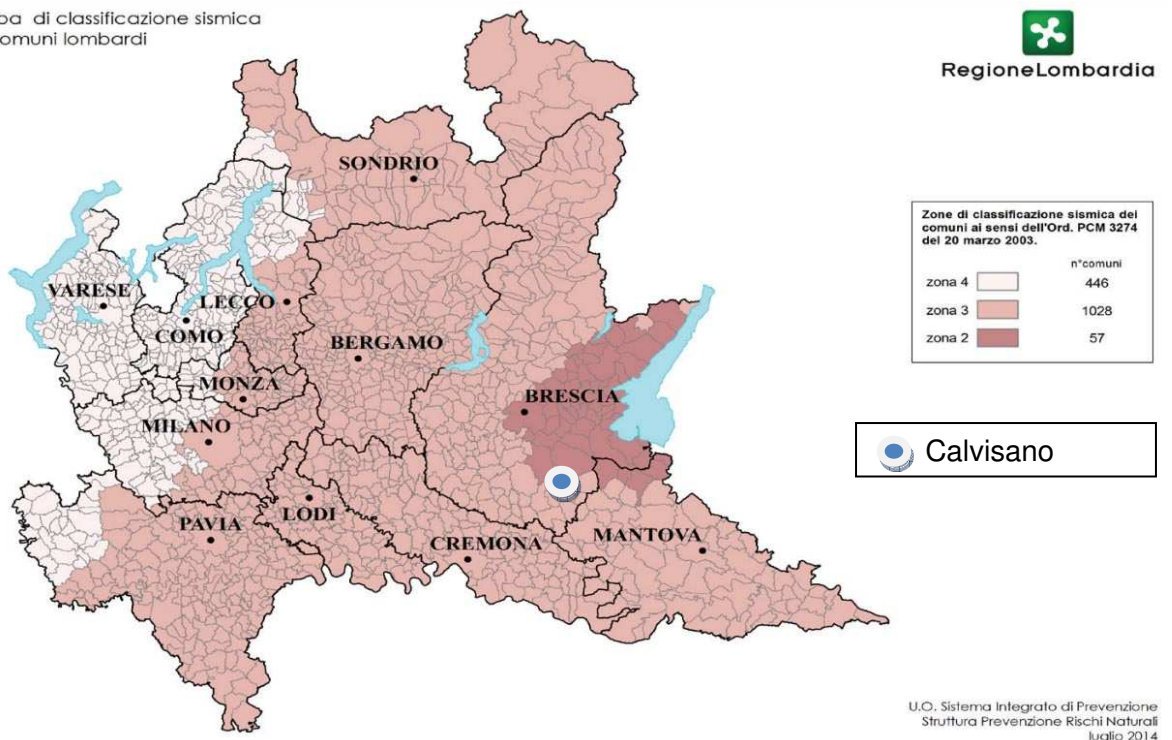


Figura 10 - Riclassificazione sismica 2014

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

4.1. Indagine sismica

4.1.1. Tecnica di misurazione e strumentazione

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

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

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	SUAP	Marzo 2023	0	14 di 46
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

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

4.1.2. Effetti di sito: risposta sismica locale

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

4.1.3. Profilo onde S e classificazione del sottosuolo da NTC

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

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

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

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

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

4.1.4. Vulnerabilità sismica dell'opera

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

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

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

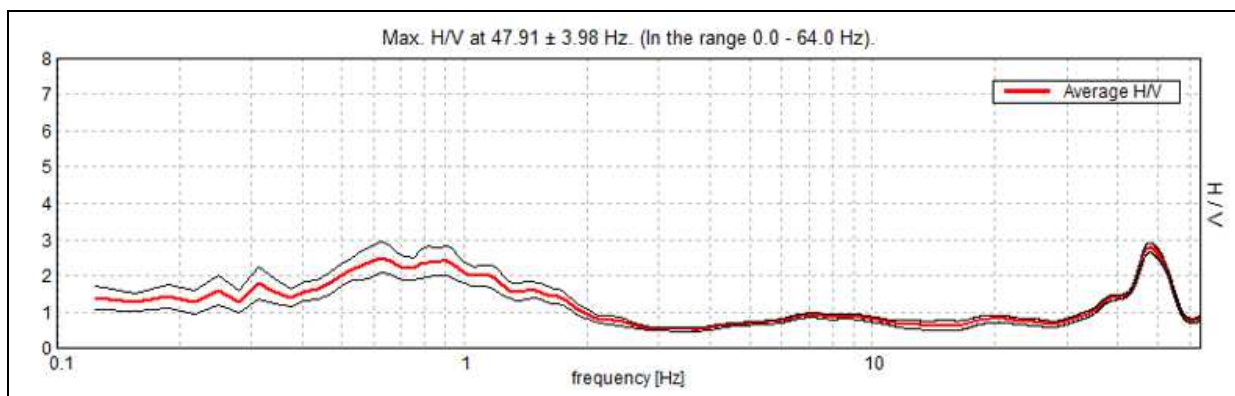
in cui C_1 è un fattore che dipende dalla tipologia costruttiva.

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

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

4.1.5. Risultati dell'analisi

Si riportano di seguito in Figura 11 gli spettri H/V e V registrati nel sito limitrofo al 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.
	SUAP	Marzo 2023	0	18 di 46
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

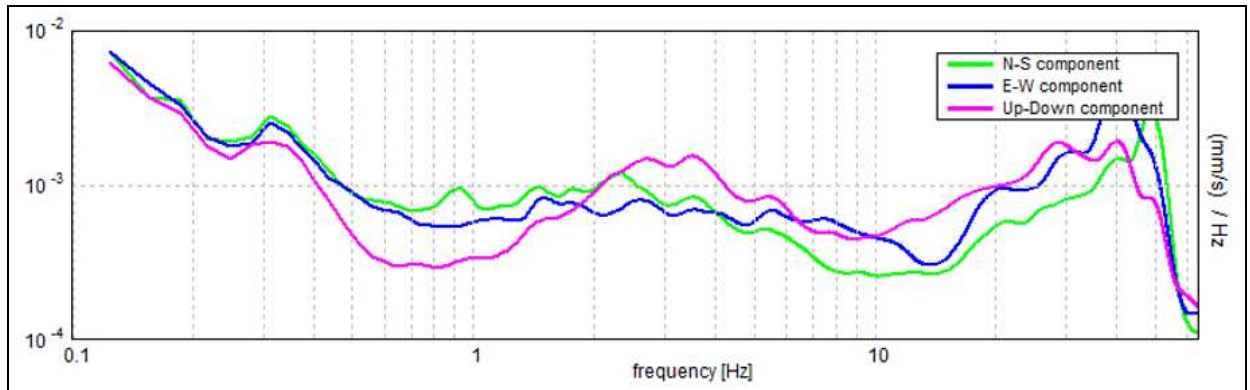


Figura 11 – Andamento degli spettri

La curva H/V sintetica è stata modellata in modo da sovrapporsi ai picchi stratigrafici misurati (Figura 12).

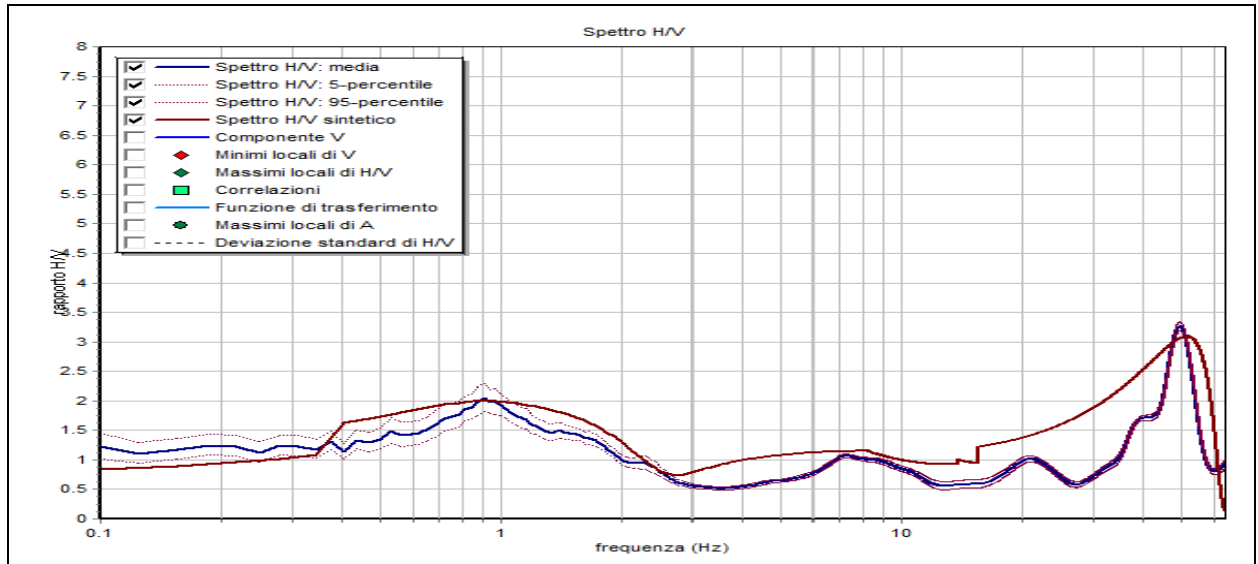


Figura 12 – Andamento della frequenza caratteristica

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

Profondità da (m)	Profondità a (m)	Δz (m)	Vs (m/s)	Inversioni di velocità
0.00	0.43	0.43	79	-
0.43	1.34	0.91	219	-
1.34	2.14	0.80	184	X
2.14	6.04	3.90	217	-
6.04	11.76	5.72	251	-
11.76	31.08	19.32	214	X
Oltre 31.08			437	-

Il valore di V_{seq} , calcolato da piano campagna, è risultato pari a circa 222 m/s, che pone il sito nella classe di sottosuolo C secondo il D.M. 17.01.2018. La frequenza fondamentale del sito è stata misurata direttamente durante l'indagine geofisica ed è risultata pari a 0.91 Hz.

4.2. Analisi di Il 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 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

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	SUAP	Marzo 2023	0	20 di 46
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

delle V_s con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine. Nel caso in esame si è confrontato l'andamento delle V_s e la scheda di riferimento è risultata la sabbiosa (Figura 13).

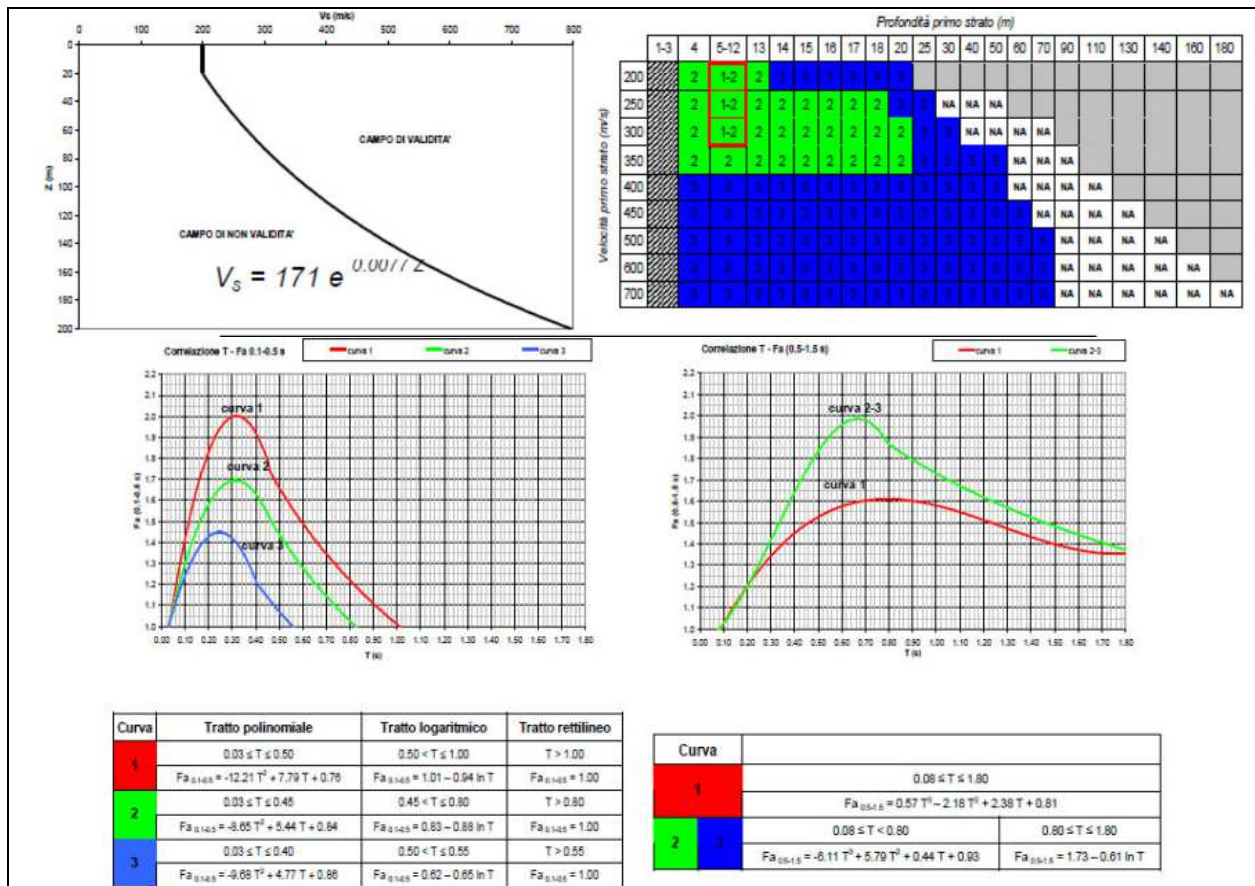


Figura 13 – Scheda di riferimento (sabbiosa) e curve di correlazione

Sulla base dei dati sopradescritti è stato calcolato il valore del periodo proprio del sito (T) che è risultato uguale a 1.09 s (inverso della frequenza fondamentale). Sulla base della scheda di riferimento e del valore risultante di T è stato calcolato il fattore di amplificazione F_a per le diverse tipologie di intervallo: 0.1 – 0.5 s e 0.5 – 1.5 s.

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

Applicando ai valori di amplificazione calcolati la tolleranza prevista pari a ± 0.1 risultano entrambe minori ai valori proposti dalla normativa regionale vigente per la categoria di sottosuolo C nel Comune di Calvisano. 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 14) 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 14 – Tabella per la valutazione dell'attendibilità dei dati (cfr. allegato 5)

4.3. Parametri sismici

L'entrata in vigore del D.M. 14.01.2008 ha introdotto un approccio alla classificazione sismica di tipo *sitodipendente*, ovvero i parametri significativi della zona devono essere calcolati in base a misure dirette ed elaborati secondo metodi semplificati che tengano conto delle possibili amplificazioni locali dovute alla stratigrafia e alla topografia. Questo approccio è stato confermato dal D.M. 17.01.2018. Di seguito sono riportati i valori delle accelerazioni corrispondenti ai diversi stati limite attesi calcolati per l'area in studio. La classe dell'edificio utilizzata è la II. I parametri utilizzati sono leggibili direttamente nello schema di Figura 15. Con riferimento alle nuove costruzioni si rimanda alle indicazioni ed ai criteri di calcolo previsti dalla nuova normativa.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	SUAP	Marzo 2023	0	22 di 46
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

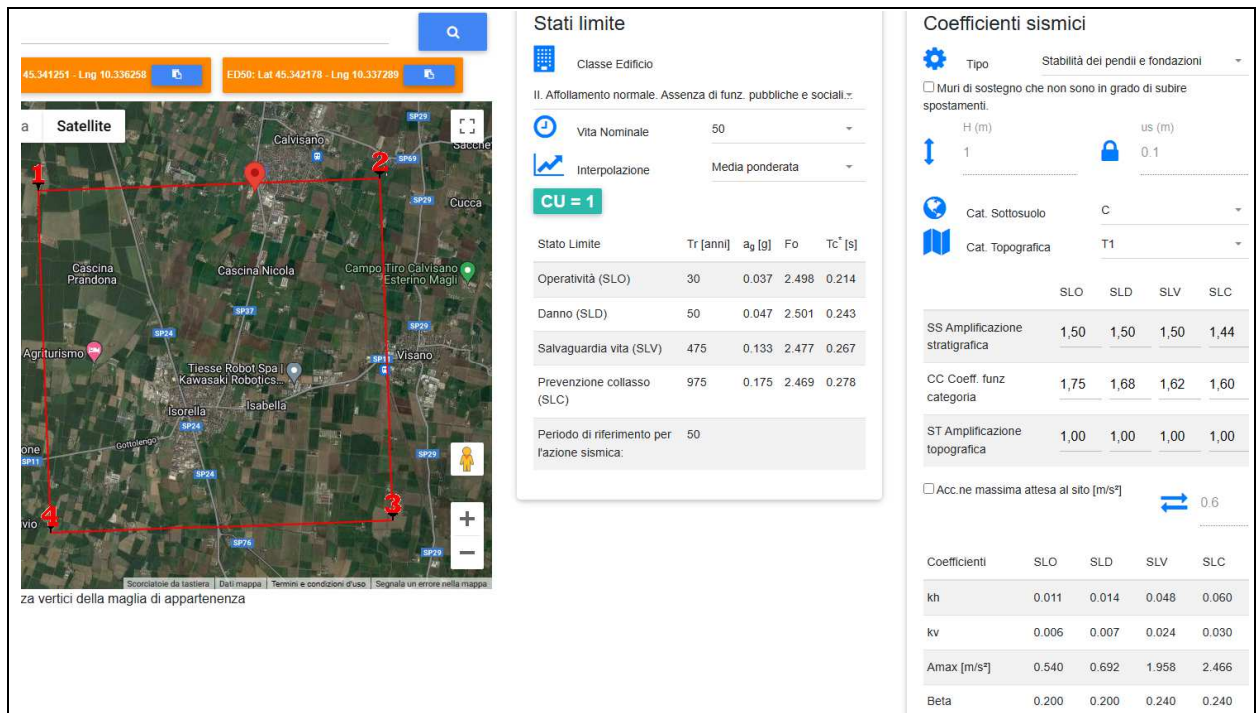


Figura 15 – Calcolo dei parametri sismici dell'area

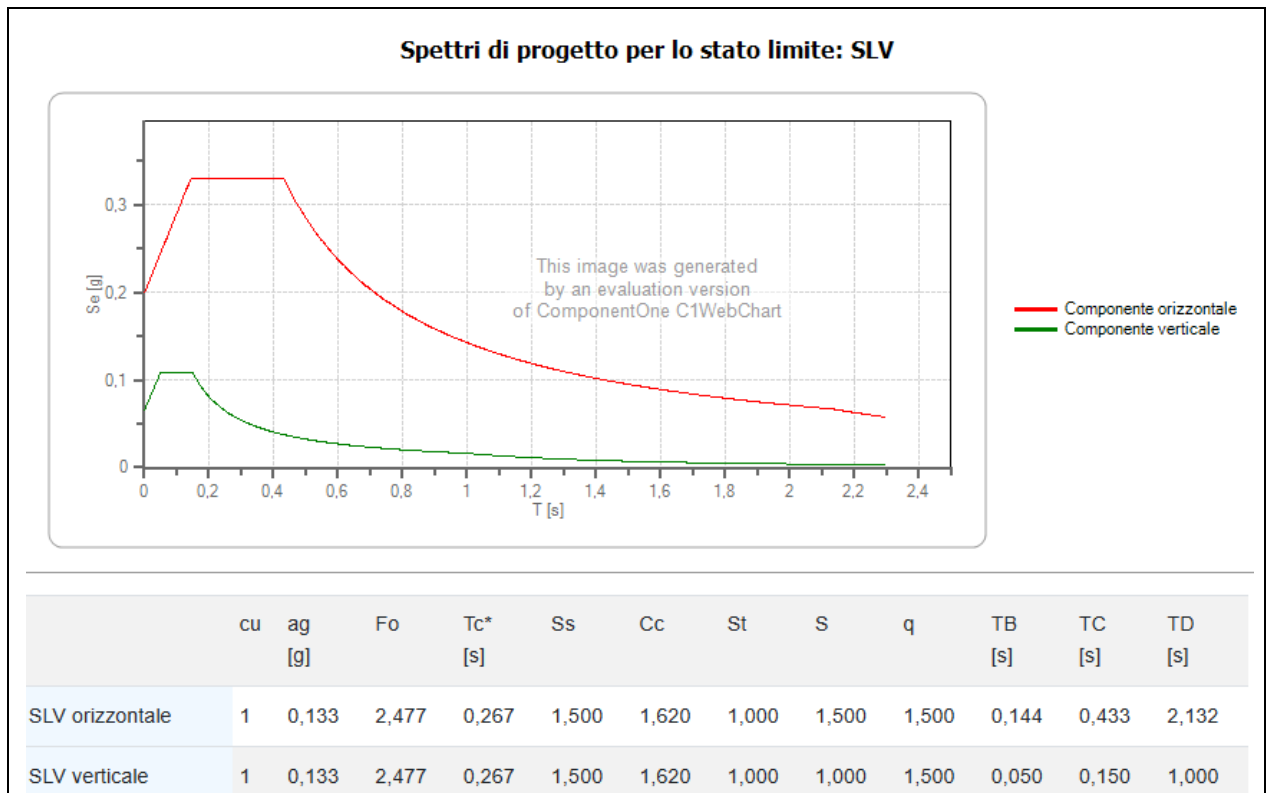


Figura 16 – Curve di progetto per lo stato limite SLV

4.4. Stima della magnitudo di riferimento

Nel settore di appartenenza del Comunale di Calvisano 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.

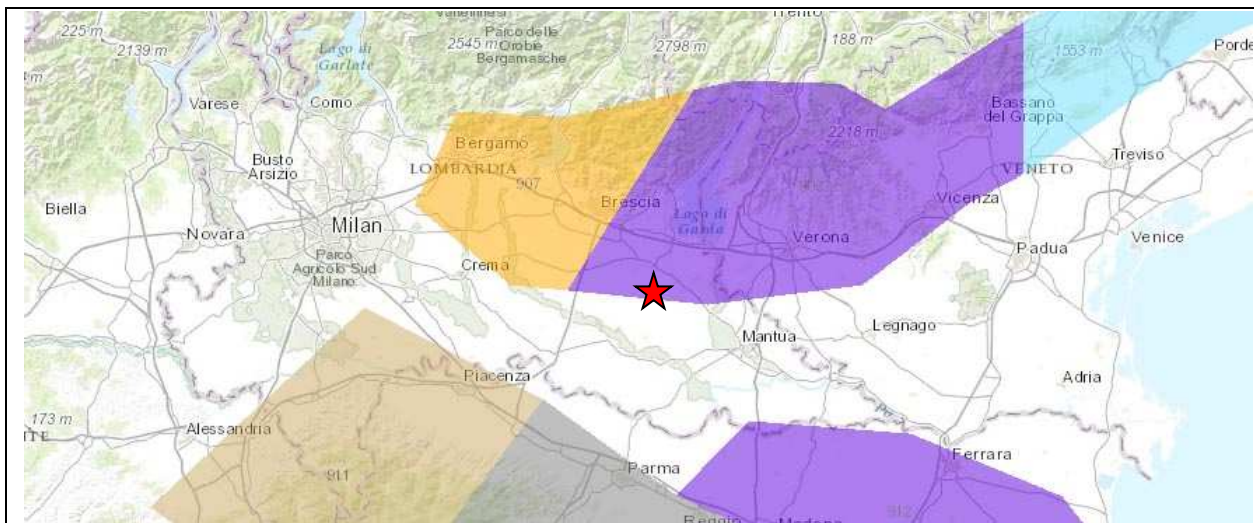


Figura 17 - Schema Zonizzazione Sismogenetica ZS9

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.
	SUAP	Marzo 2023	0	24 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 sismotettonico riassunto nella zonazione sismogenetica ZS9 ricade a confine con la zona sorgente 906 (Figura 17). In questo caso, ai fini della verifica alla liquefazione, si assume il valore della Magnitudo Mw pari a quello della zona, ovvero 6.60. 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 un 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.

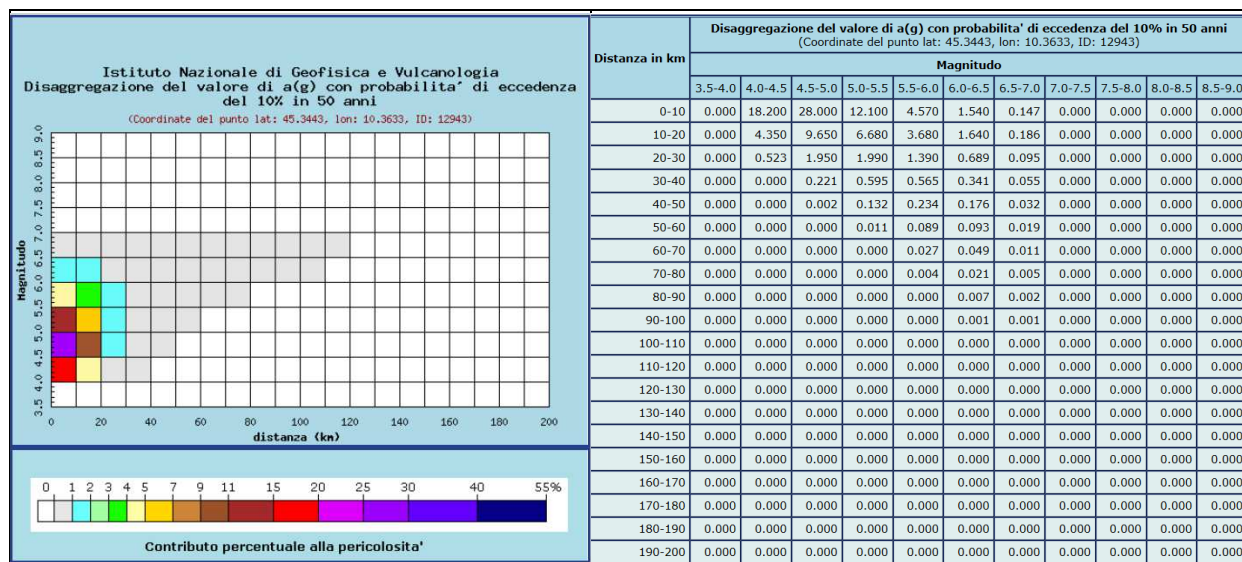



Figura 18 - Verifica Magnitudo

Il sistema consente di visualizzare e interrogare mappe probabilistiche della pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa con diversi parametri dello scuotimento su una

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

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 Calvisano il valore medio di riferimento propone una magnitudo pari a 4.94 ad una distanza di 9.67 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.

4.4.1. 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) tanto maggiore è la probabilità che, a parità di altre condizioni, un deposito raggiunga lo stato

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	SUAP	Marzo 2023	0	26 di 46
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

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 19.

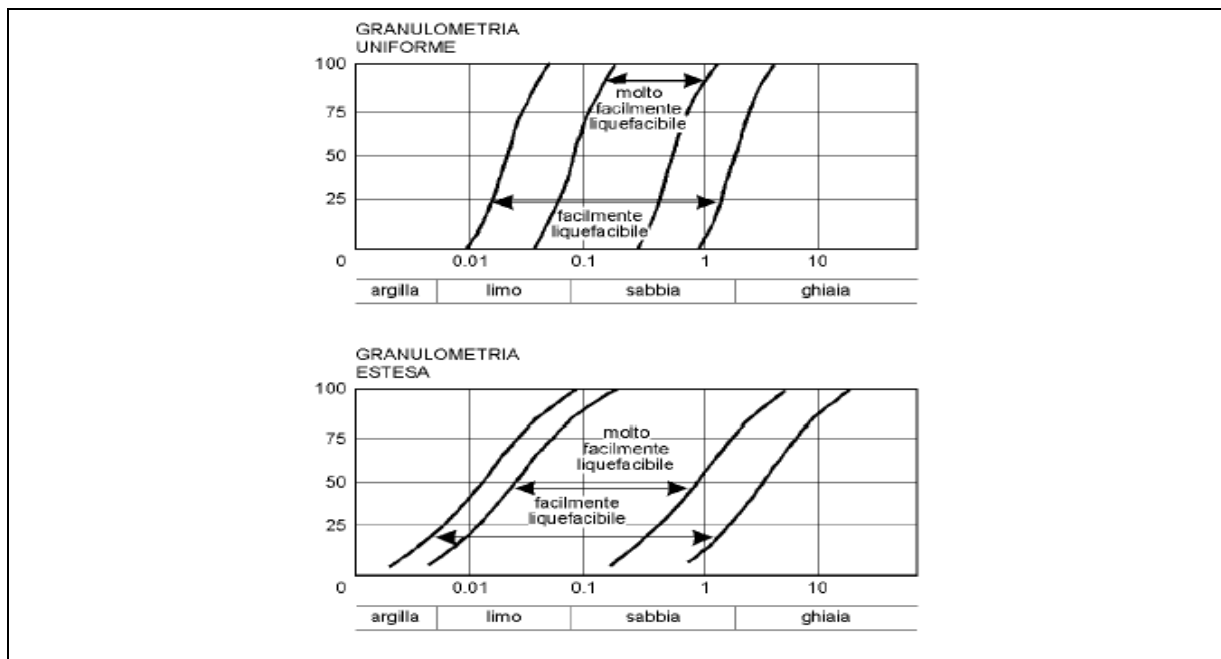


Figura 19 – Valutazione della suscettibilità alla liquefazione – fasce granulometriche critiche

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:

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

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

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'_{v0} = pressione verticale efficace alla profondità z dal p.c.;
 r_d = coefficiente funzione della profondità dal p.c.;
 MSF = coefficiente correttivo funzione della magnitudo del sisma,

La grandezza 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)

$$CRR = 0,022 \cdot \left(\frac{K_c \cdot V_{S1}}{100} \right)^2 + \frac{2.8}{(V_{S1C} - K_c \cdot V_{S1})} - \frac{2.8}{V_{S1C}} \quad CSR = \frac{\tau_{av}}{\sigma'_{vo}} = 0,65 \cdot \frac{a_{\max}}{g} \cdot \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \cdot r_d \cdot \frac{1}{MSF}$$

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 79 m/sec spessore medio 0.40 m
- 2° strato: velocità media onde Vs 219 m/sec spessore medio 0.90 m
- 3° strato: velocità media onde Vs 184 m/sec spessore medio 0.80 m
- 4° strato: velocità media onde Vs 217 m/sec spessore medio 3.90 m
- 5° strato: velocità media onde Vs 251 m/sec spessore medio 5.80 m
- 6° strato: velocità media onde Vs 214 m/sec spessore medio 18.20 m

Per il profilo è stata considerata un'accelerazione pari a 0.1995 g (0.133x1.5) ricavata dal valore dello stato limite SLV per edifici di classe II moltiplicata per il coefficiente di amplificazione stratigrafica (1.5) e una soggiacenza cautelativa di circa 2.50 metri. Il calcolo ha verificato che il coefficiente di sicurezza F_s è per tutto il profilo superiore a 1. Di conseguenza il coefficiente I_c è pari a 0.0 indicando un rischio molto basso alla liquefazione (Figura 20).

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	SUAP	Marzo 2023	0	28 di 46
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

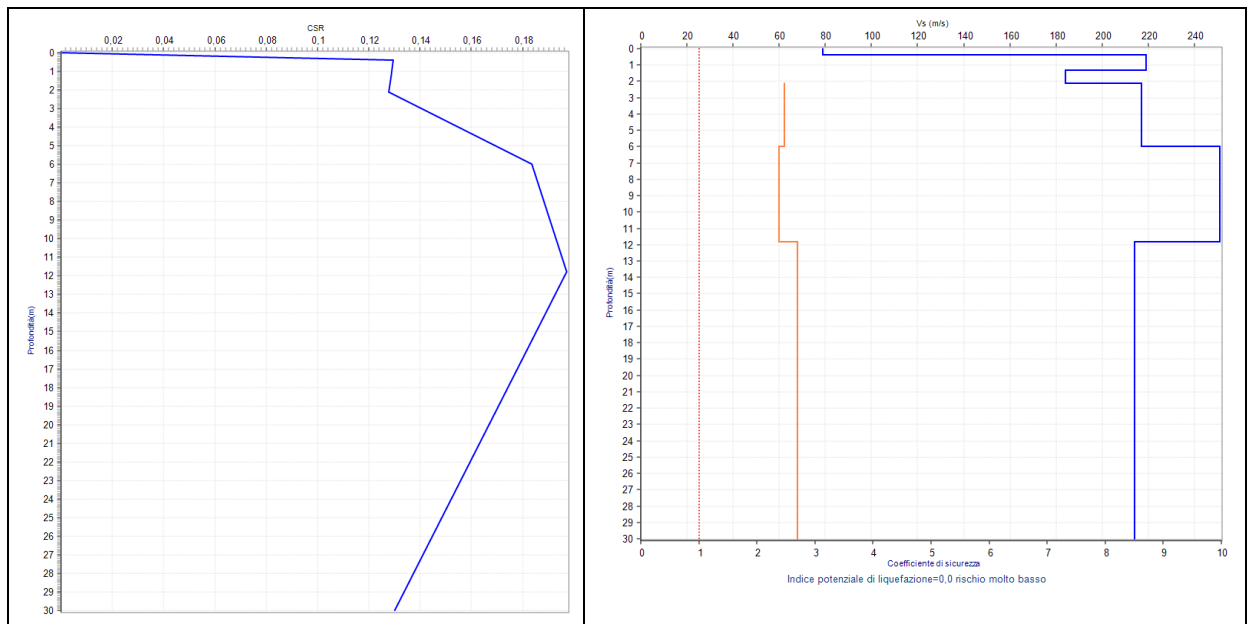


Figura 20 – Andamento del coefficiente CSR e Fs con la profondità (linea arancione)

	01010101010 110110110011 1110111011101 0101010101010	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	SUAP	Marzo 2023	0	29 di 46	
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900					

5. VINCOLI

Nella carta di Tavola 5 sono state rappresentate, alla scala 1:1.250 le principali limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative in vigore di contenuto idrogeologico e ambientale. Nell'area in studio è riportato un vincolo di polizia idraulica legato alla fascia di rispetto del Vaso Saugo, il quale scorre lungo il margine S dell'area in variante (Figura 21). Sulla base di quanto riportato nel documento di Polizia Idraulica, per tutti i corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrico all'interno delle zone di PRG la fascia di rispetto è pari a 5.00 m.

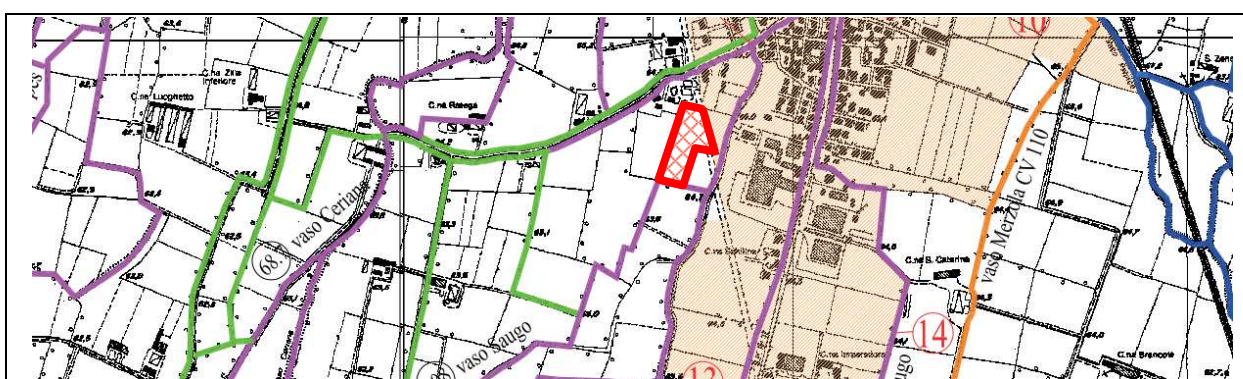


Figura 21 – Stralcio della Carta del RIM da PGT

In merito all'area in variante, come è possibile osservare nel dettaglio della planimetria di progetto riportata in Figura 22, le opere in progetto saranno realizzate esternamente alla fascia di rispetto del Vaso Saugo.

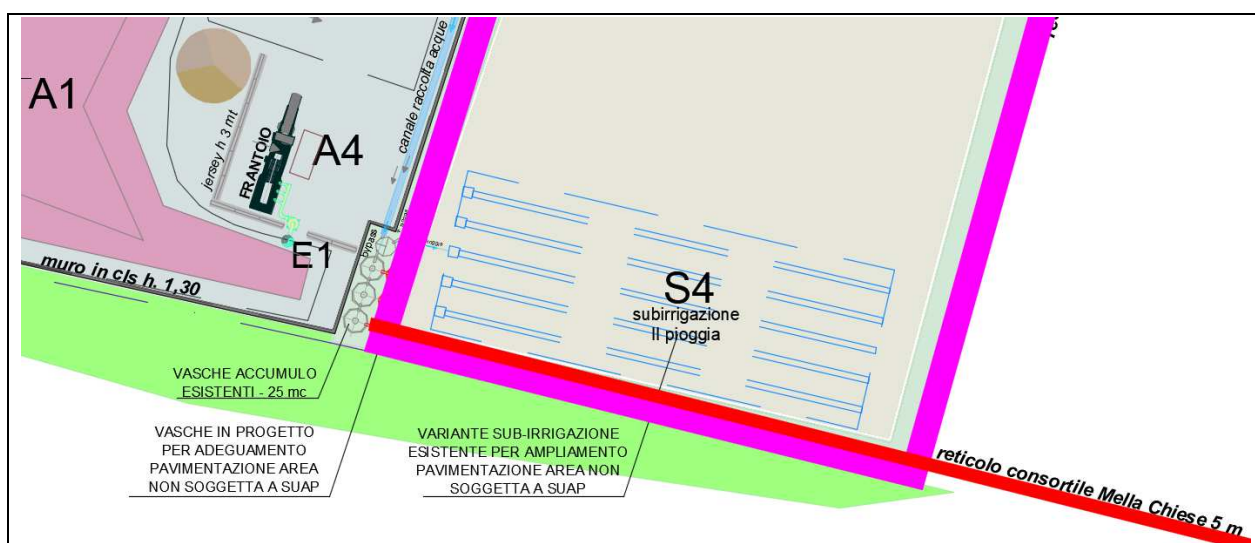


Figura 22 – Dettaglio planimetria indicante il limite della fascia di rispetto di 5 m dal Vaso Saugo

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

6. SINTESI

La Carta di Sintesi costituisce il documento nel quale vengono riassunti tutti i fenomeni naturali ed antropici che costituiscono una limitazione geologica alle scelte urbanistiche. Nella carta di Tavola 5 sono rappresentate, alla scala 1:1.250 le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità/vulnerabilità riferite ai singoli fenomeni responsabili di tale pericolosità/vulnerabilità. Come precedentemente illustrato in sito è presente un vincolo di polizia idraulica legato alla fascia di rispetto del Vaso Saugo. L'area risulta inoltre caratterizzata da depositi con caratteristiche geotecniche scadenti e limitata soggiacenza della falda, la quale risulta prossima al piano campagna.



Figura 23 – Stralcio della Carta di Sintesi (da PGT)

La Variante in progetto non prevede modifiche alla Carta di sintesi vigente.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	SUAP	Marzo 2023	0	31 di 46
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

7. FATTIBILITÀ

La maggior parte dell'area in variante è identificata nel PGT del Comune di Calvisano con classe di fattibilità 3, ovvero fattibilità con consistenti limitazioni al cambio d'uso, e più nel dettaglio la sottoclasse identificata è la 3a, le cui limitazioni sono legate alla bassa soggiacenza della falda ed alla presenza di depositi con scadenti caratteristiche geotecniche, La porzione S dell'area in variante ricade invece in corrispondenza della classe 4, ovvero fattibilità con gravi limitazioni, e più nel dettaglio la sottoclasse identificata è la 4b, le cui limitazioni sono legate alle fasce di rispetto del Reticolo Idrico (Figura 24).

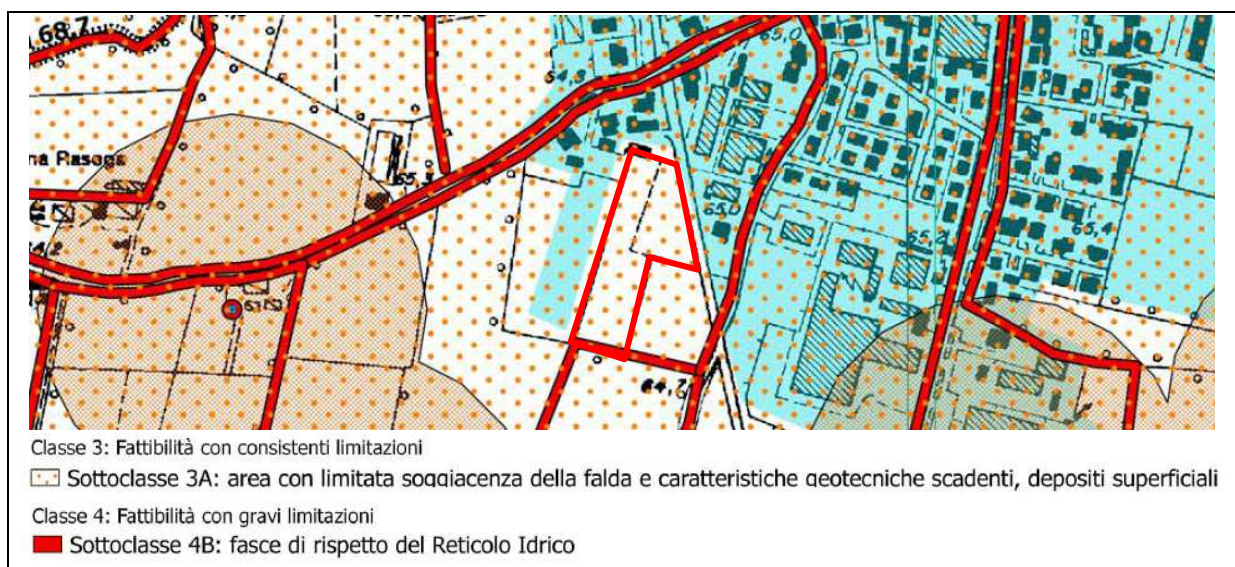


Figura 24 – Stralcio della carta della fattibilità (Studio geologico a corredo del PGT)

La classe di fattibilità attribuita al sito all'interno del PGT comunale è stata riconfermata dal presente studio, pertanto si ritiene opportuno adeguarsi alle scelte operate a livello comunale e quindi non modificare il mosaico della fattibilità (Tavola 6). Il progetto prevede la realizzazione di una nuova pensilina per il ricovero dei mezzi, dei nuovi parcheggi, una nuova pesa, un nuovo piazzale asfaltato e la creazione di un'area adibita alla gestione di inerti e terre e rocce da scavo. Le opere in progetto verranno realizzate esternamente alla fascia di rispetto del Corso idrico come evidenziato in Figura 22. Inoltre si sottolinea che non si prevedono scarichi di alcun tipo fatta eccezione per le acque meteoriche, le quali potranno essere

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

disperse nel sottosuolo fatte salvi gli eventuali trattamenti previsti per attività specifiche dalla vigente normativa. Gli aspetti geotecnici saranno trattati nel capitolo seguente.

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

8. GEOTECNICA

La definizione delle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione è stata effettuata sulla base di correlazioni semiempiriche in relazione alle caratteristiche litostratigrafiche dei terreni rilevati in campo mediante sondaggi esplorativi. Nel dettaglio il sito risulta caratterizzato da un primo livello dello spessore di circa 0.60 m costituito da suolo e/o massiccità. Seguono depositi a comportamento granulare a diverso grado di addensamento continui sino alla massima profondità indagata pari a circa 2.50 m da p.c.. Per la definizione dei parametri geotecnici si è fatto riferimento alle osservazioni empiriche effettuate in sito relative all'angolo di attrito del terreno che è poi stato ricavato dalla formula del *Sanglerat*, qui sotto esplicitata:

2.0. - STIMA DEI PARAMETRI GEOTECNICI

2.1. - Ghiaie

Se il materiale non è umido od argilloso, si valuta l'angolo di attrito assumendo il valore modale (moda inferiore) tra i valori di angolo di declivio rilevati su cumuli conici ottenuti per scarico (con grazia) dalla benna dello escavatore (che non deve mai toccare il cumulo in via di costruzione); sarà bene rimuovere dai fianchi del cumulo, man mano che vi pervengono, i ciottoli di dimensioni più rilevanti; l'angolo di declivio va valutato con clinometro di precisione (sensibilità di 0,5 gradi) tipo SUUNTO in bagno d'olio, trascurando la sommità del cumulo (in genere più appiattita) e la base, ove si accumula la frazione più grossolana senza sabbia. L'altezza del cumulo dovrà essere compresa tra 1,5 e 2,0 metri.

$$\phi' = 36^\circ + \phi'_1 + \phi'_2 + \phi'_3 + \phi'_4$$

dove :

VALORI DELL'ANGOLO DI ATTRITO INTERNO DI MATERIALI GRANULARI			
Compattezza	ϕ'_1	molle	-6°
		media	0
		serrata	+6°
Forma e rugosità dei grani	ϕ'_2	spigolosa	+1°
		media	0
		arrotondata	-3°
		assai arrotondata	-5°
Groschezza dei grani	ϕ'_3	sabbia	0
		ghiaia fine	+1°
		ghiaia grossa	+2°
Granulometria	ϕ'_4	uniforme	-3°
		media	0
		estesa	+3°

La verifica è stata eseguita su diversi cumuli. Tutti i valori misurati sono stati poi trattati in modo statistico per la definizione del modello geotecnico. Lo studio dei parametri deve essere però sviluppato in termini non più deterministici ma bensì aleatori, cioè ciò che prima era

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

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 è stato definito un unico modello geotecnico così schematizzato, tenendo in considerazione la situazione più sfavorevole, ossia quella rilevata in corrispondenza del sondaggio rinominato S3:

STRATO A : da p.c. sino a -0.60 m: materiale rimaneggiato misto a suolo.

Parametri caratteristici: $\gamma = 1.7 \text{ kg/dm}^3$.

STRATO B : da -0.60 m sino a -2.50 m: depositi granulari mediamente addensati.

Parametri caratteristici: $\Phi_k = 32^\circ$ $\gamma = 1.8 \text{ kg/dm}^3$.

Lo strato B può essere esteso per l'intero sviluppo del bulbo di fondazione. A completamento del modello geotecnico è stata attribuita la categoria di appartenenza del

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

profilo stratigrafico dei terreni di fondazione per la definizione dell'azione sismica di progetto. Viste le risultanze di prove sismiche effettuate in sito il profilo stratigrafico dei terreni di fondazione è classificabile come **tipo C** secondo i disposti della Ordinanza del Presidente del Consiglio 20 marzo 2003 n.3274 e successive modifiche.

8.1. 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 sono previste fondazioni a plinto per le tettoie pensiline con un incastro non inferiore a 0.80 m, compreso il magrone di sottofondazione, posate a partire da p.c.. 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. Vista la limitata soggiacenza e le possibili variazioni stagionali, durante la posa delle fondazioni potrebbe essere necessario l'abbattimento della falda o l'allontanamento delle acque dagli scavi. 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.

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

8.2. Calcolo della capacità portante

Sulla base delle informazioni desunte dal modello geotecnico e considerando la tipologia

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

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.

8.2.1. 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:

condizioni statiche $Rd = 2.0 \text{ Kg/cm}^2$

condizioni sismiche $Rd = 1.2 \text{ Kg/cm}^2$

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.

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

8.2.2. 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:

$$FRd = Nsd \tan\delta + ca A'$$

Nella quale Nsd è il valore di calcolo della forza verticale, δ è l'angolo di resistenza al taglio alla base della fondazione, ca 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 a 2.0 kg/cm² (carico di esercizio SLU) risulta:

$$Rd = 0.80 \text{ Kg/cm}^2$$

8.3. 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: A1+M1+R1. Il calcolo dei cedimenti indotti sul terreno dal carico 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

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

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:

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

dove:

DH = spessore dello strato;

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

Ed = Modulo di deformazione dello strato 1/mv.

La fondazione è stata considerata rigida. Da questa formula, imponendo un carico di esercizio (SLE) uniformemente distribuito sull'intera fondazione pari a 1.00 kg/cm² si ricavano valori dei cedimenti nell'ordine dei 15/20 millimetri. In questo caso i cedimenti si configurano compatibili con le strutture in progetto. Il procedimento fornisce il cedimento corrisponde alla sola componente immediata, quella secondaria viene considerata trascurabile. I valori sono risultati conformi con il grado di addensamento rilevato nei depositi. Si consiglia di non

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

superare i valori di esercizio indicati (SLE) al fine di contenere i cedimenti.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	SUAP	Marzo 2023	0	40 di 46
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

9. TERRE DA SCAVO

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

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

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

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

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.
	SUAP	Marzo 2023	0	42 di 46
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

10. INDICAZIONI RIGUARDO L'INVARIANZA

La nuova Legge 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

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

(R.R. 7/2017 del 23.11.2017 – 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 25.

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 25 - Tabella 1 - RR 08/2019

11. CONCLUSIONI

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

1. L'area in studio ricade nel comune di Calvisano, classificato dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio in data 20 marzo 2003 n.3274 come di classe 3. La riclassificazione Regionale ha riconfermato la classe di appartenenza.
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 confermato l'adeguatezza delle soglie regionali in merito all'amplificazione litologica. Dagli approfondimenti eseguiti si assegna la classe topografica T1.
3. L'area in variante è costituita da terreni caratterizzati da depositi fluvioglaciali e fluviali a litologia prevalentemente ghiaioso sabbiosa e sabbiosa, localmente associati a frazioni fini limose.
4. L'assetto geomorfologico dell'area è sostanzialmente sub pianeggiante. Non sono stati rilevati fenomeni geomorfologici in atto o in evoluzione.
5. Dai dati bibliografici reperiti presso la cartografia idrogeologica a corredo del PGT Comunale si osserva come, in corrispondenza dell'area in variante, la falda freatica possieda una soggiacenza di circa 2.50 m.
6. I terreni di fondazione non saranno soggetti a fenomeni di liquefazione in caso di sisma.
7. Nell'area di variante la classe di fattibilità espressa nella componente geologica a corredo del Piano di Governo del Territorio del comune di Calvisano è riconfermata.
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, sismico e geotecnico.

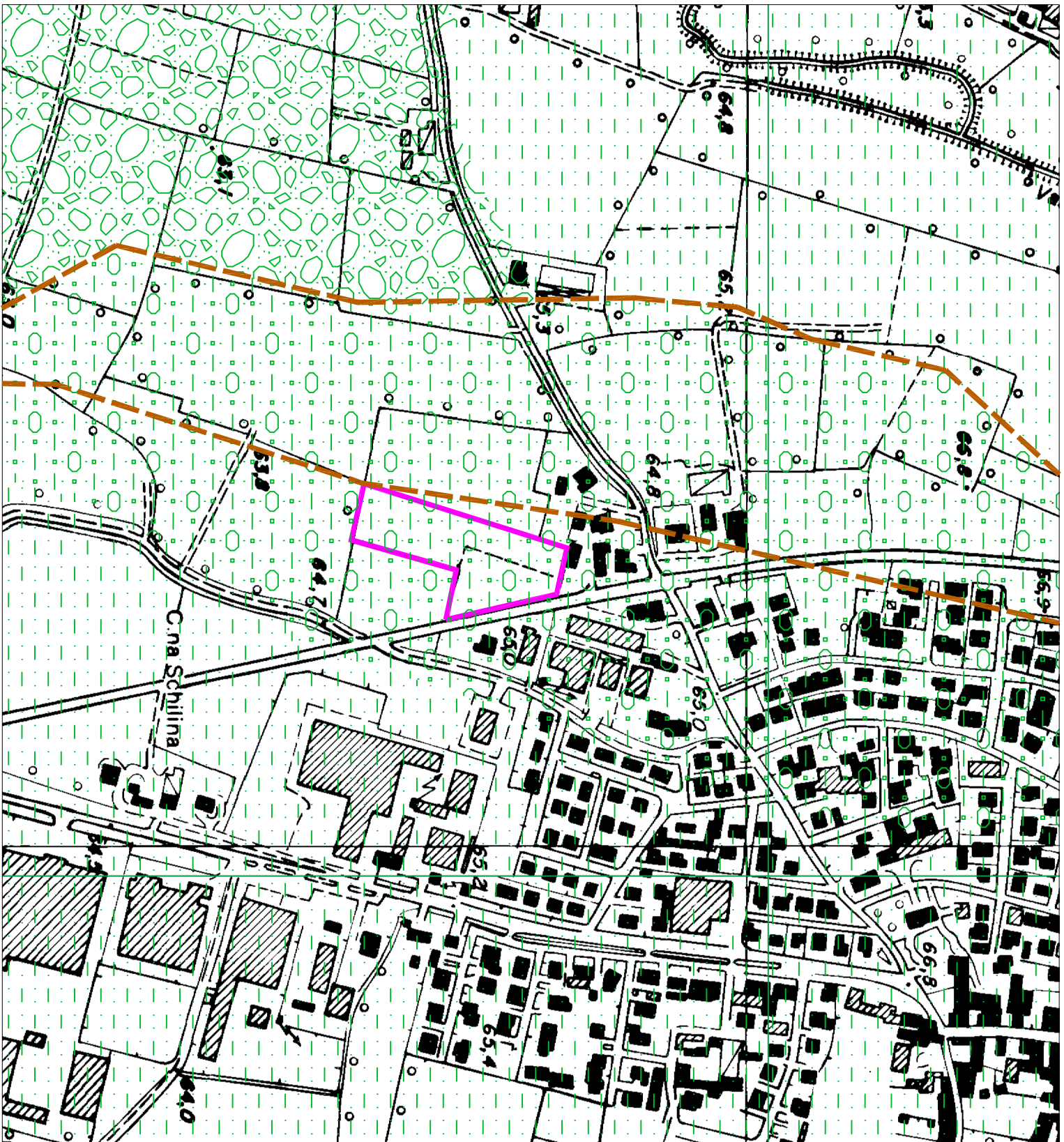
Seniga 11.03.2024

Dr. Geol. Corrado Aletti
(documento firmato digitalmente)

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	SUAP	Marzo 2023	0	45 di 46
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

12. TABELLA RIASSUNTIVA PARAMETRI GEOLOGICI

FOGLIO	35					
MAPPALE	13 / 31 / 108 / 124 / 144					
QUOTA (m.s.m)	~65.00					
QUOTA FALDA (m.s.m)	~62.50					
SOGGIACENZA (m)	2.50 (da PGT)					
CLASSE FATTIBILITA'	3 / 4 (da PGT) - 3 / 4 (sulla base delle osservazioni effettuate in sito)					
ZONA SISMICA	3					
PERICOLOSITA' SISMICA	Z4a					
ANALISI SISMICA DI II LIVELLO	Fa < Soglie					
CLASSE TOPOGRAFICA	T1					
CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO	C					
CLASSE DELL'EDIFICIO	II					
PARAMETRI SISMICI		Ag (g)	Fo	Tc (s)		
	SLV	0.133	2.477	0.267		
	SLD	0.047	2.501	0.243		
AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA SS	1.5					
AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA ST	1.0					
FREQUENZA FONDAMENTALE (Hz)	0.91					
LIQUEFAZIONE	NO					
MODELLO GEOTECNICO	Nome	Profondità	γ (kg/dm ³)	φ (°)	Cu (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)
	A	0.00 – 0.60	1.7	/	/	/
	B	0.60 – 2.50	1.8	32	/	300
TIPO DI FONDAZIONE	PLINTO					
RESISTENZA SLU FONDAMENTALE kg/cm ²	2.0					
RESISTENZA SLU SISMICA kg/cm ²	1.2					



Comune di Calvisano

Provincia di Brescia

D.M. 14/01/2008; Circolare 02/02/09 "Istruzioni per l'applicazione nelle NTC" CSLP; Eurocodice 8 - Parte 5; Eurocodice 7.1 - Parte 1; Eurocodice 7.2 - Parte 2; Eurocodice 7.3 - Parte 3; L.R. 12/2005

STUDIO GEOLOGICO E GEOTECNICO

SUAP

per ampliamento attività produttiva

Il Committente: Tafrell Scavi srl e LM Immobiliare srl

Tavola 1

scala 1:5.000

Carta geologica e morfologica

Legenda:



f₁ : Alluvioni fluvio-glaciali e fluviali - Depositi sabbiosi con limi



f₂ : Alluvioni fluvio-glaciali e fluviali - Depositi sabbiosi ghiaiosi



f₃ : Alluvioni fluvio-glaciali e fluviali - Depositi ghiaiosi con limi e sabbie



Paleoalveo

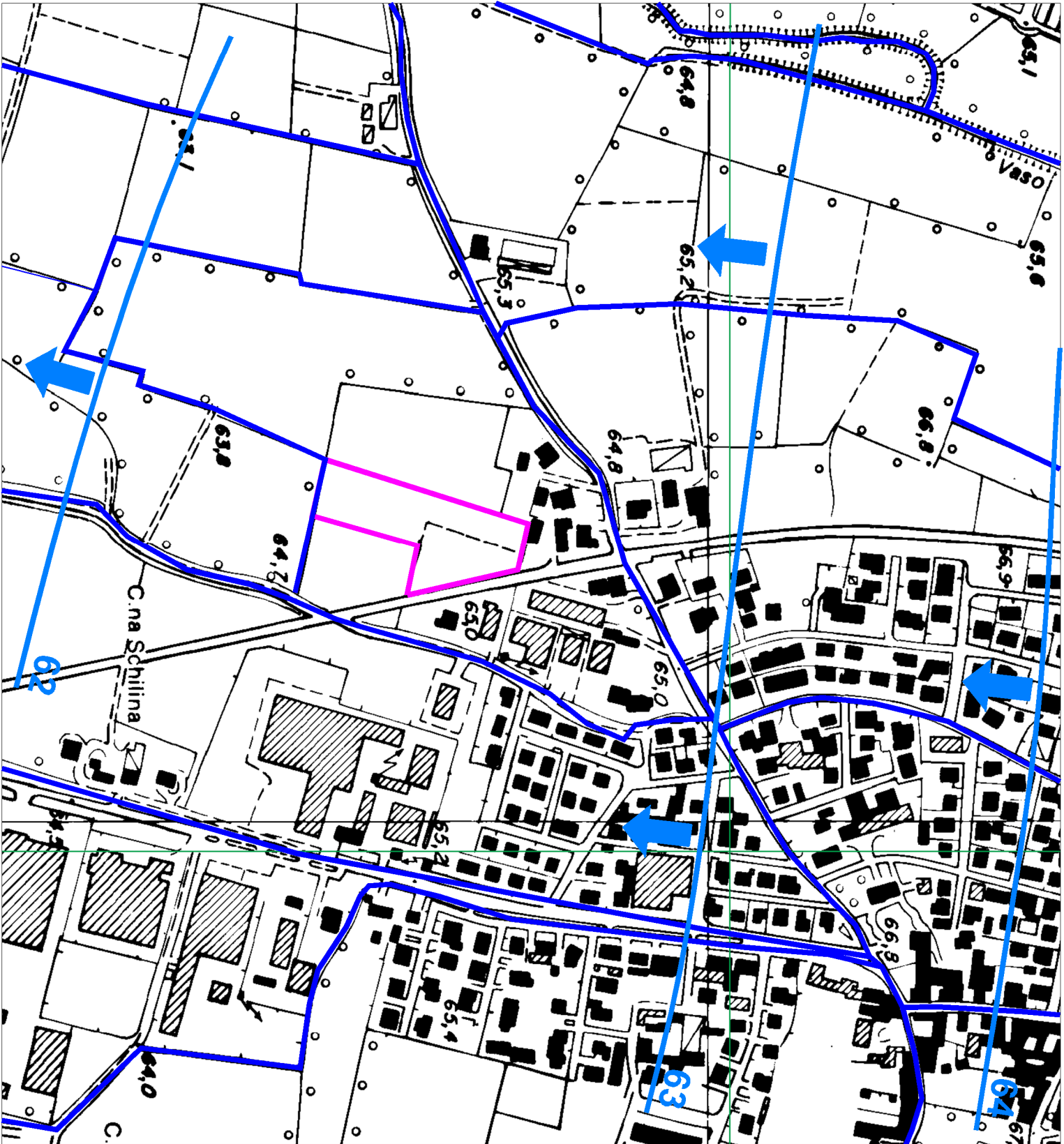


Area in variante

Il Geologo:
Dr. Corrado Alelli



03	codice file: calvisano-Intafrelli-suap
02	
01	13.03.2023
N	data
	emissione - Revisione 00
	descrizione



Comune di Calvisano

Provincia di Brescia

D.M. 14/01/2008; Circolare 02/02/09 "Istruzioni per l'applicazione nelle NTC" G.S.L.Pi Eurocodice 8 - Parte 5; Eurocodice 7-1 - Parte 1; Eurocodice 7.2 - Parte 2; Eurocodice 7.3 - Parte 3; L.R. 12/2005

STUDIO GEOLOGICO E GEOTECNICO

SUAP

per ampliamento attività produttiva

Il Committente: **Taffrelli Seari srl e LM Immobiliare srl**

Tavola 2

scala 1:5.000

Carta idrogeologica e del reticolo idrografico

Legenda:



Permeabilità medio alta



Corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrico minore



Isoplezze (eq = 1 m)



Direzione flusso falda

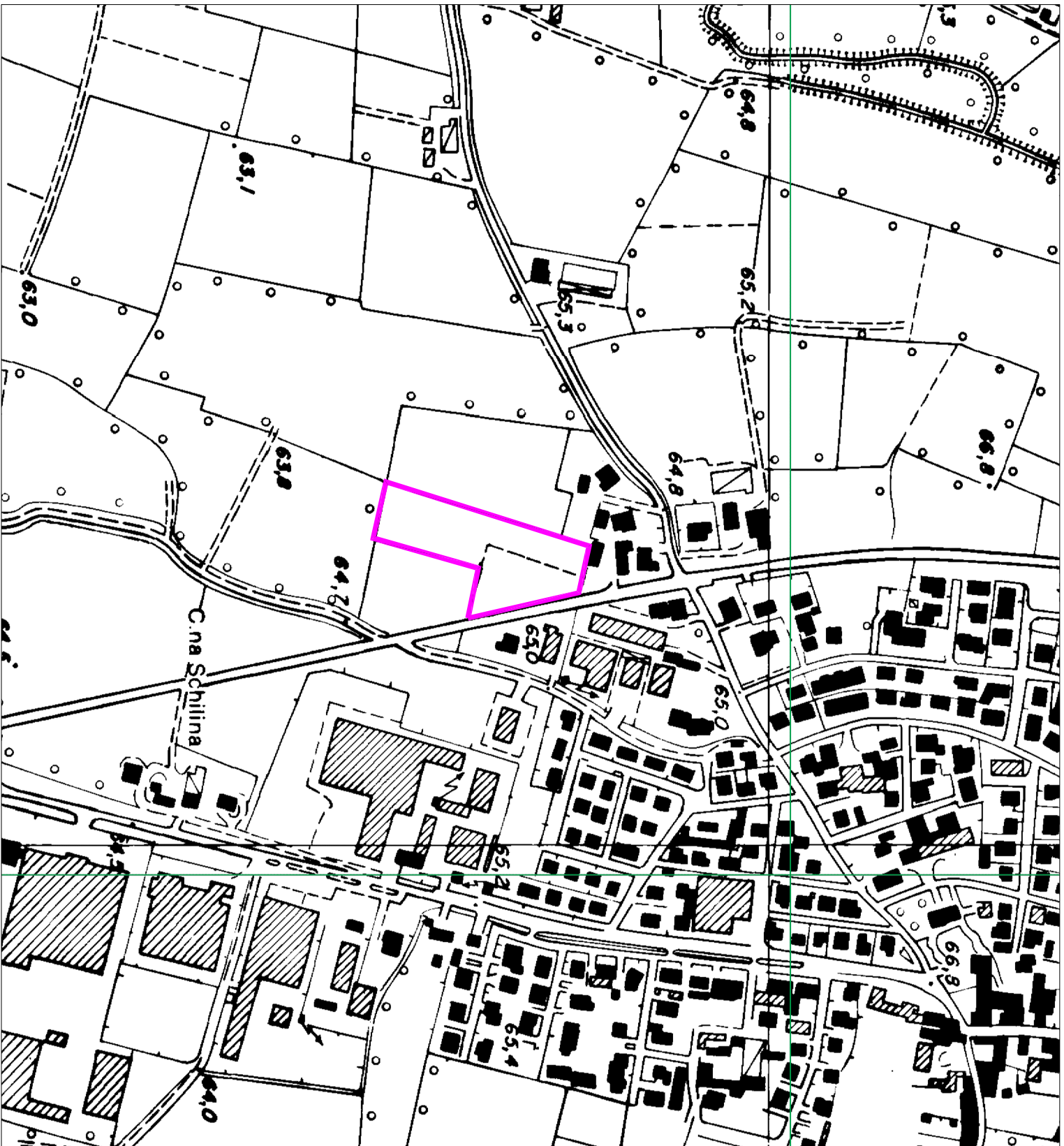


Area in variante

Il Geologo:
Dr. Corrado Alelli



codice file: calvisano-lmtaffrelli-suap	
03	
02	
01	13.03.2023
N	data
	emissione - Revisione 00
	descrizione



Comune di Calvisano
Provincia di Brescia

D.M. 14/01/2008; Circolare 02/02/09 "Istruzioni per l'applicazione nelle NTC" G.S.L.P.; Eurocodice 8 - Parte 5; Eurocodice 7.1 - Parte 1; Eurocodice 7.2 - Parte 2; Eurocodice 7.3 - Parte 3; L.R. 12/2005

STUDIO GEOLOGICO E GEOTECNICO


SUAP
per ampliamento attività produttiva

Il Committente: Taffelli Scavi srl e LM Immobiliare srl

Tavola 3 scala 1:5.000

Carta della pericolosità sismica locale

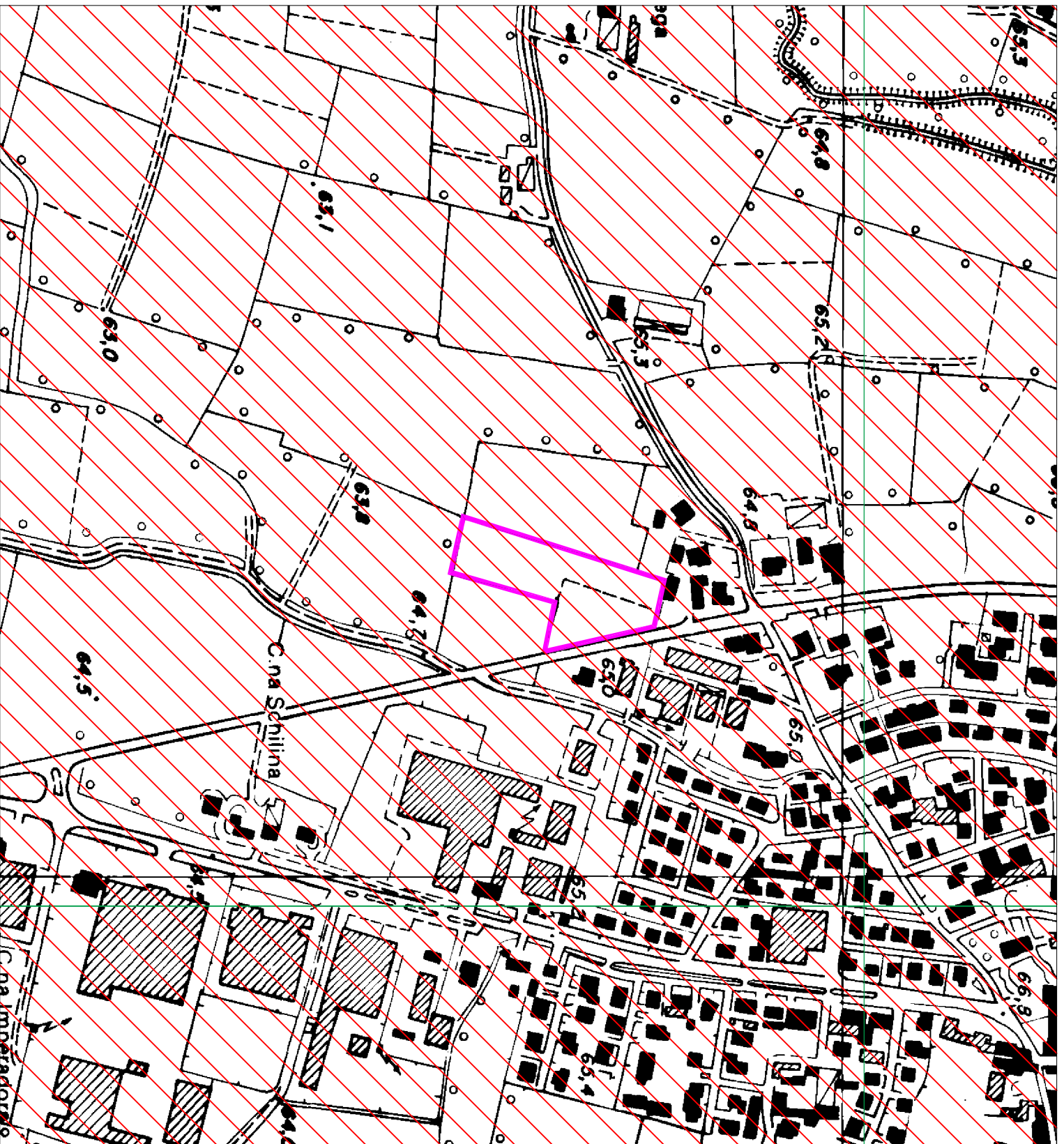
Legenda:

 Zona - Zona di fondovalle con depositi alluvionali e/o fluvio-lacustri granulari e/o coesivi

 Area in variante

Il Geologo:
 Dr. Corrado Alelli

	
codice file: calvisano-lmtaffelli-suap	
03	
02	
01	13-03-2023
N	data
	emissione - Revisione 00
	descrizione



Comune di Calvisano

Provincia di Brescia

D.M. 14/01/2008; Circolare 02/02/09 "Istruzioni per l'applicazione nelle NTC" CSLP; Eurocodice 8 - Parte 5; Eurocodice 7.1 - Parte 1; Eurocodice 7.2 - Parte 2; Eurocodice 7.3 - Parte 3; L.R. 12/2005

STUDIO GEOLOGICO E GEOTECNICO

SUAP
per ampliamento attività produttiva

Il Committente: **Taffelli Scavi srl e LIM**
Immobiliare srl

Tavola 4. scala 1:5.000

Carta della vulnerabilità naturale

Legenda:

Grado di vulnerabilità	Urtogeo di superficie	Profondità del tetto delle ghiaie	Caratteristiche dell'acquifero
Basso	Argilla Limo	> 10 m > 10 m	confinato/libero confinato
Medio	Argilla Limo	< 10 m > 10 m > 10 m	confinato/libero confinato libero
Alto	Sabbia/ghiaia Sabbia Ghiaia	< 10 m > 10 m < 10 m	libero libero confinato
Elevato	Ghiaia	> 10m - < 10m	libero
Estremamente Elevato	Ghiaia	0 m	alveo

Area in variante

Il Geologo:
Dr. Corrado Alelli

	codice file: calvisano-taffelli-suap	
	03	
	02	
01	13.03.2023	emissione - Revisione 00
N	data	descrizione

Comune di Calvisano

Provincia di Brescia

D.M. 14/01/2008; Circolare 02/02/09 "Istruzioni per l'applicazione nelle NTC" CSLP; Eurocodice 8 - Parte 5; Eurocodice 7.1 - Parte 1; Eurocodice 7.2 - Parte 2; Eurocodice 7.3 - Parte 3; L.R. 12/2005

STUDIO GEOLOGICO E GEOTECNICO

SUAP

per ampliamento attività produttiva

Il Committente: Taffelli Scavi srl e LM Immobiliare srl

Tavola 5

scala 1:1.250


Carta di sintesi e dei vincoli

Legenda:


AREE CHE PRESENTANO SCADENTI CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

 Aree con scadenti parametri geotecnici

AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDROGEOLOGICO

 Aree a bassa soggiacenza della falda

VINCOLI IDRAULICI

 Fascia di rispetto del RIM (5 m)

 Area in variante

Il Geologo:
Dr. Corrado Aleffi

codice file: calvisano-lmtaffelli-suap

N	
03	
02	
01	13.03.2023
N	data
	emissione - Revisione 00
	descrizione



4B

Comune di Calvisano

Provincia di Brescia

D.M. 14/01/2008; Circolare 02/02/09 "Istruzioni per l'applicazione nelle NTC" CSLP Eurocodice 8 - Parte 5; Eurocodice 7.1 - Parte 1; Eurocodice 7.2 - Parte 2; Eurocodice 7.3 - Parte 3; L.R. 12/2005

STUDIO GEOLOGICO E GEOTECNICO

per ampliamento attività produttiva

Il Committente: Taffelli Scavi srl e LM Immobiliare srl

Tavola 6 scala 1:1.250

Carta della fattibilità geologica

Legenda:

Classe di fattibilità 3

Sottoclasse 3A: area con limitata soggiacenza della falda e caratteristiche geotecniche scadenti

Classe di fattibilità 4

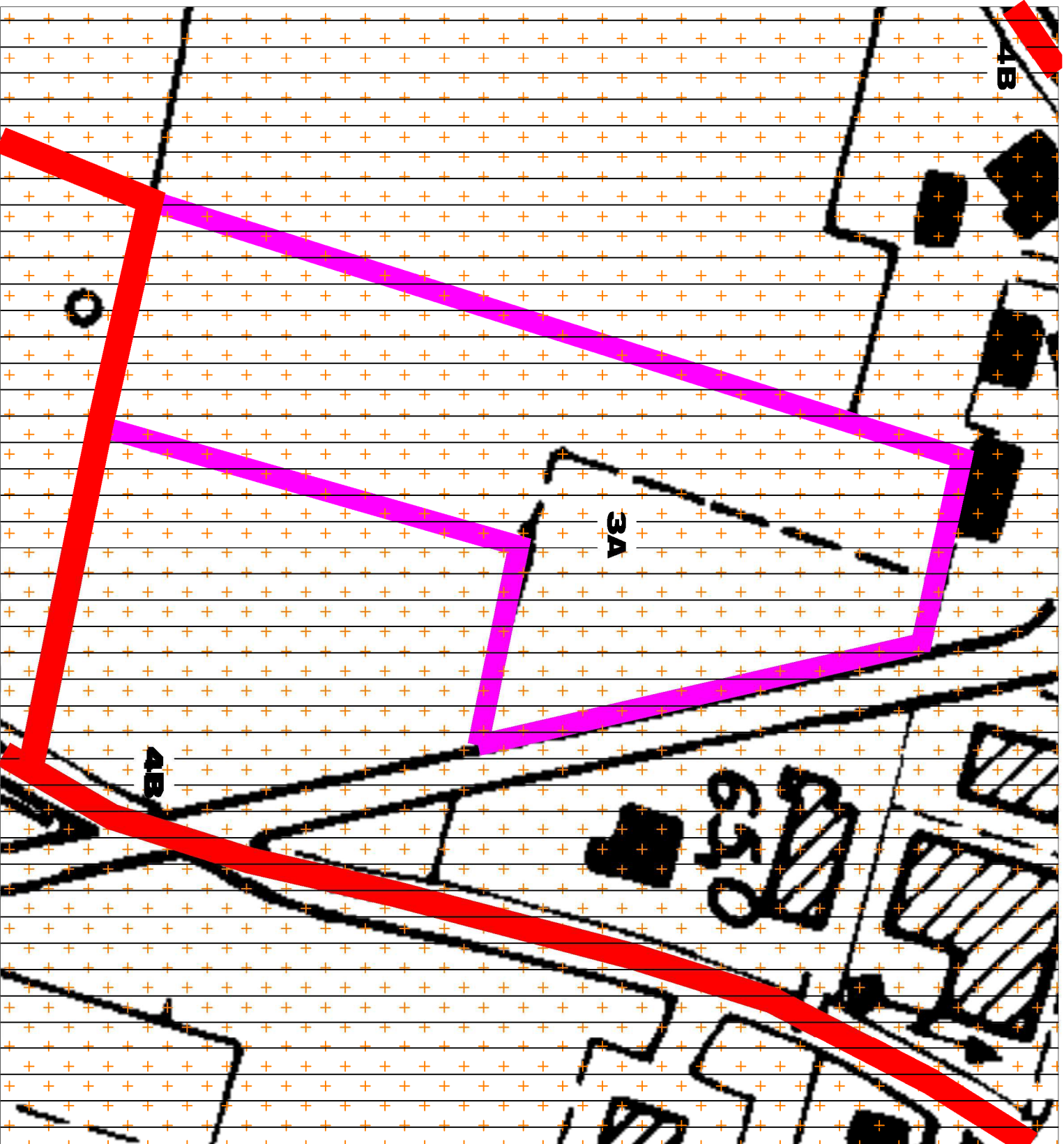
Sottoclasse 4B: Fasce di rispetto del Reticolo Idrico

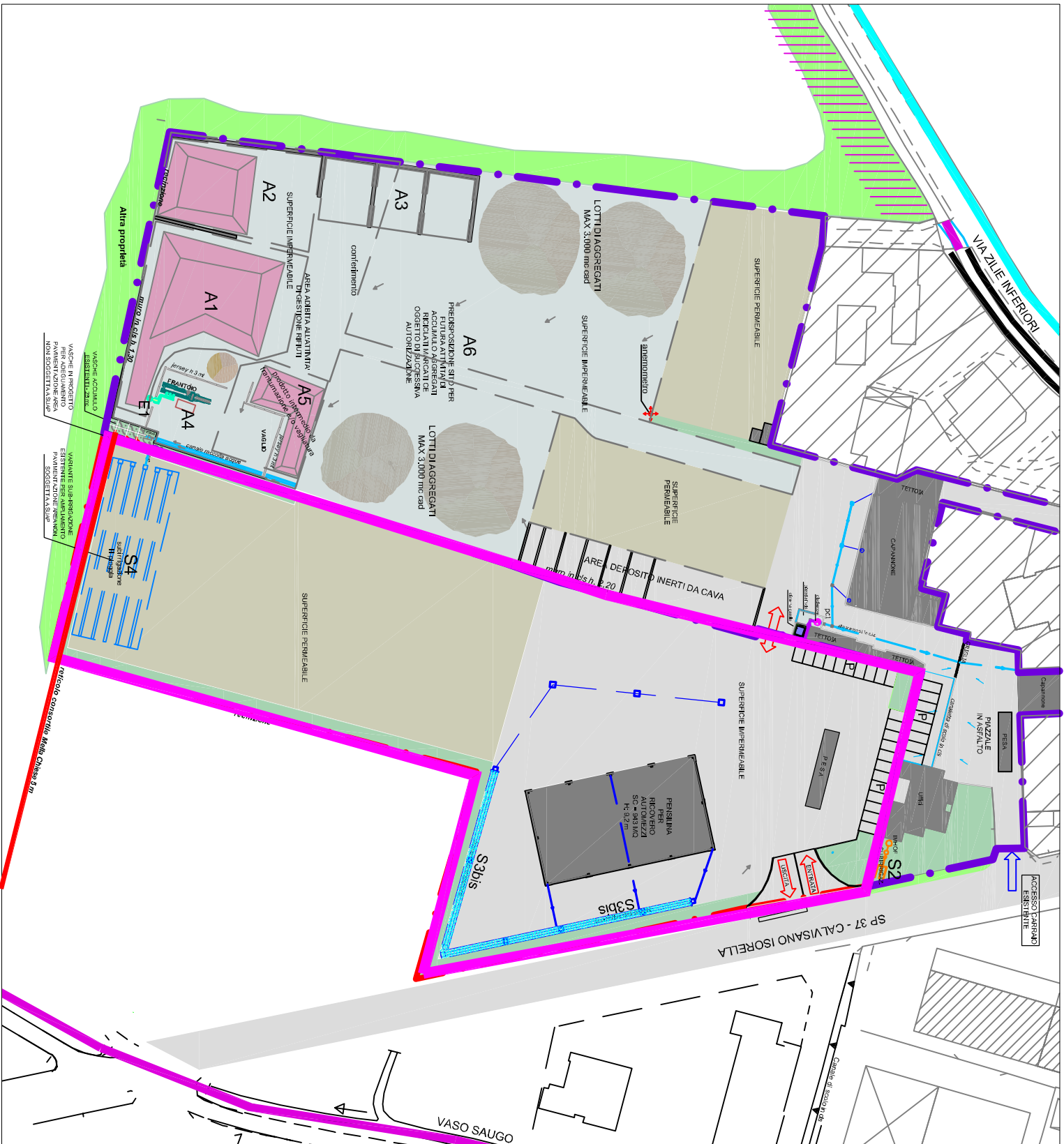
Pericolosità sismica locale

Z4a

Area in variante

Il Geologo: Dr. Corrado Aleotti	
codice file: calvisano-lmtaffelli-suap	
03	
02	
01	13.03.2023
N	data
	emissione - Revisione 00
	descrizione





Comune di Calvisano

Provincia di Brescia

D.M. 14/01/2008; Circolare 02/02/09 "Istruzioni per l'applicazione nelle NTC" GSLLPI Eurocodice 8 - Parte 5; Eurocodice 7-1 - Parte 1; Eurocodice 7.2 - Parte 2; Eurocodice 7.3 - Parte 3; L.R. 12/2005

STUDIO GEOLOGICO E GEOTECNICO

SUAP

per ampliamento attività produttiva


Il Committente: Tafrelli Scavi srl e LM Immobiliare srl

Tavola 7 scala 1:1.250

Planimetria di progetto

Legenda:

 Area in variante

 Limite fascia di rispetto del Reticolo Idrico (5 m)

Il Geologo:
Dr. Corrado Alelli

N		N	
03	codice file: calvisano-Imtafrelli-suap		
02			
01	13.03.2023	emissione - Revisione 00	
N	data		descrizione