

REGIONE LOMBARDIA
PROVINCIA DI BRESCIA

COMUNE DI CALVISANO

Progetto di ampliamento di attività produttiva esistente

*"In Variante al Piano di Governo del Territorio
secondo la procedura di cui al DPR 160/2010 e s.m.i. - SUAP"*

COMMITTENTE

TERCOMPOSTI

Tercomposti s.p.a. Via Zilie Inferiori, 42 -
25012 Calvisano (Brescia) P.Iva 02015480987

COMPONENTE URBANISTICA

Allegato

VAS 2.3.1A

Relazione geologica

Conferenza di Servizi

Delibera Approvazione

Data

Luglio 2022

Revisione

r.....del.....

CONSULENTI

COMPONENTE URBANISTICA
VALUTAZIONE AMBIENTALE STRATEGICA

Alessandro Martinelli

Via Terzani 14
20035 Ospitaletto - BRESCIA
mail. alessandro@martinelli.bs.it

COMPONENTE EDILIZIA

Piergiorgio Cogi

Via Milano 2f
20032 Chiari - BRESCIA
mail. arch.piergiorgiocogi@libero.it

COMPONENTE AMBIENTALE

Federico Pelizzari

Via Europa 14
20030 Longhena - BRESCIA
mail. federico.pelizzari@gmail.com

COMPONENTE AGRONOMICA, ECOLOGICA E
PROGETTO DELLE OPERE A VERDE

Eugenio Mortini

Via Tito Speri 14c
25030 Lograto - BRESCIA
mail. eugenio.mortini@virgilio.it

COMPONENTE GEOLOGICA
INVARIANZA IDRAULICA

Corrado Aletti

Via Ponticella 20
25020 Seniga - BRESCIA
mail. alettic@tin.it

COMPONENTE IDRAULICA OPERE SUL RIM

Claudio Granuzzo - SePrAm S.r.l.

Via C. Biseo 26
25128 - BRESCIA
mail. info@sepram.com

COMPONENTE ACUSTICA

Luigi Cornacchia - LC Consulenze

Via Giordano 5/e
25016 Ghedi - BRESCIA
mail. luigi@lc-consulenze.it

COMPONENTE TRAFFICO

Paolo Mondolo -Beconsult s.r.l.

Via Mameli 19/d
25014 Castenedolo - BRESCIA
mail. beconsult@beconsult.it

**Sportello Unico Attività Produttive
DPR 160/2010**

REGIONE LOMBARDIA
PROVINCIA DI BRESCIA

COMUNE DI CALVISANO

Progetto di ampliamento di attività produttiva esistente

*"In Variante al Piano di Governo del Territorio
secondo la procedura di cui al DPR 160/2010 e s.m.i. - SUAP"*

COMMITTENTE

TERCOMPOSTI

Tercomposti s.p.a. Via Zilie Inferiori, 42 -
25012 Calvisano (Brescia) P.Iva 02015480987

COMPONENTE GEOLOGICA

Allegato

CS3.1

Relazione geologica

Conferenza di Servizi

Dell'ibera Approvazione

GENNAIO 2021

Data

Revisione

r.....del.....

CONSULENTI

COMPONENTE URBANISTICA/EDILIZIA
VALUTAZIONE AMBIENTALE STRATEGICA

Alessandro Martinelli

Via Terzani 14
20035 Ospitaletto - BRESCIA
mail. alessandro@martinelli.bs.it

COMPONENTE AMBIENTALE

Federico Pelizzari

Via Europa 14
20030 Lomghena - BRESCIA
mail. federico.pelizzari@gmail.com

COMPONENTE AGRONOMICA, ECOLOGICA E
PROGETTO DELLE OPERE A VERDE

Eugenio Mortini

Via Tito Speri 14c
25030 Lograto - BRESCIA
mail. eugenio.mortini@virgilio.it

COMPONENTE GEOLOGICA
INVARIANZA IDRAULICA

Corrado Aletti

Via Ponticella 20
25020 Seniga - BRESCIA
mail. aletti@tin.it

COMPONENTE ACUSTICA

Luigi Cornacchia - LC Consulenze

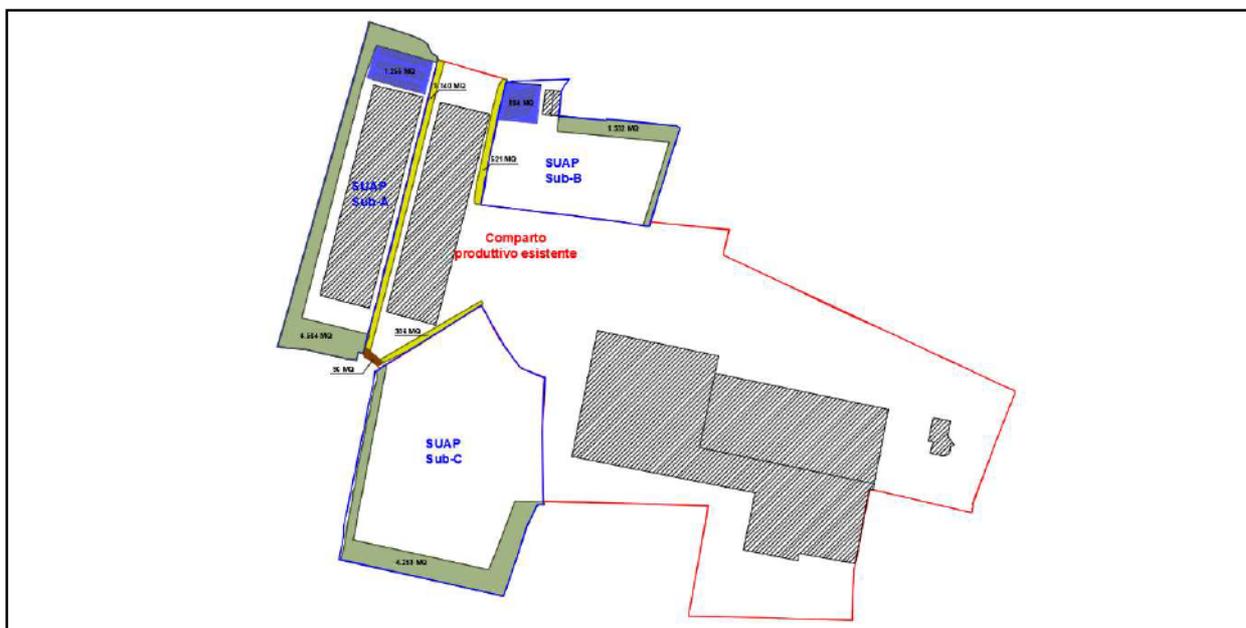
Via Giordano 5/e
25016 Ghedi - BRESCIA
mail. luigi@lc-consulenze.it

**Sportello Unico Attività Produttive
DPR 160/2010**

REGIONE LOMBARDIA

PROVINCIA DI BRESCIA

COMUNE DI CALVISANO



RELAZIONE GEOLOGICA R1+R3

RELAZIONE GEOTECNICA R2

Elaborato

PROGETTO DI AMPLIAMENTO DI ATTIVITA' PRODUTTIVA ESISTENTE

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

Committente

TERCOMPOSTI

Tercomposti s.p.a. Via Zille Inferiori, 42 -
25012 Calvisano (Brescia) P.Iva 02015480987

Tercomposti spa

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	20.01.2021
Approvato	A & P sas – Dr. Aletti Corrado	15.07.2022
File	relazione suap.docx	
Commessa	2021.11.305	



Elaborato	Data	Rev.	Pag.
Relazione geologica	Luglio 2022	1	1 di 53
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	7
3.1. Litostratimetria dell'area.....	8
3.2. Idrogeologia e vulnerabilità naturale	9
4. Sismica.....	10
4.1. Indagine sismica.....	12
4.1.1. Tecnica di misurazione e strumentazione.....	12
4.1.2. Effetto di sito	13
4.1.3. Profilo velocità onde S e classificazione del sottosuolo da NTC	15
4.1.4. Vulnerabilità sismica dell'opera	16
4.1.5. Risultati dell'analisi.....	17
4.2. Analisi di II livello di dettaglio	20
4.3. Parametri sismici	21
4.4. Stima della magnitudo di riferimento	23
4.5. Verifica liquefazione.....	25
5. Vincoli.....	29
6. SINTESI.....	31
7. Fattibilità	32
8. Geotecnica	34
8.1. Modello geotecnico	36
8.2. Analisi delle soluzioni fondali	38
8.3. Calcolo della capacità portante	39

8.3.1. Approccio 2 combinazione unica A1+M1+R3	40
8.3.2. Verifica allo slittamento	40
8.4. Calcolo dei cedimenti.....	41
8.5. Terre da scavo.....	42
8.6. Indicazioni sull'invarianza	44
9. Conclusioni	46
10. Tabella riassuntiva parametri geologici	48

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2022	1	3 di 53
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 trasformazione di un'area agricola in Comune di Calvisano, in Provincia di Brescia, 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 sono state effettuate n. 2 prove penetrometriche dinamiche (DPSH). Nel medesimo comparto produttivo è stata effettuata anche una verifica sismica mediante la tecnica HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratio).

La relazione è stata corredata dai seguenti elaborati cartografici:

CS3.1 Tavola 1 – Carta litomorfologica – scala 1:5.000

CS3.1 Tavola 2 – Carta idrogeologica – scala 1:5.000

CS3.1 Tavola 3 – Carta della pericolosità sismica locale – scala 1:5.000

CS3.1 Tavola 4 – Carta della vulnerabilità naturale – scala 1:5.000

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2022	1	4 di 53
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

CS3.1 Tavola 5 – Carta di sintesi e dei vincoli – scala 1:5.000

CS3.1 Tavola 6 – Carta della fattibilità soluzione A – scala 1:2.000

Sono stati prodotti inoltre i seguenti allegati:

CS3.1 Allegato 1 – Risultati Prove Penetrometriche

CS3.1 Allegato 2 – Dichiarazione sostitutiva

Considerata la tipologia dell'intervento e la situazione al contorno si è ritenuto sufficiente lo studio delle aree direttamente coinvolte e lo sviluppo della cartografia alla scala 1:5.000. La base topografica per le cartografie tematiche è stata ottenuta mediante elaborazione ed ingrandimento dei supporti raster di uno stralcio della Sezione D6c5 (scala 1:10.000) della Carta Tecnica Regionale.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2022	1	5 di 53
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area in variante è localizzata nel settore centro occidentale del territorio comunale di Calvisano, presso la sede produttiva della Ditta committente Tercomposti spa, a margine di Via Zilie Inferiori, all'altezza del civico n. 42, così come rappresentato in Figura 1.

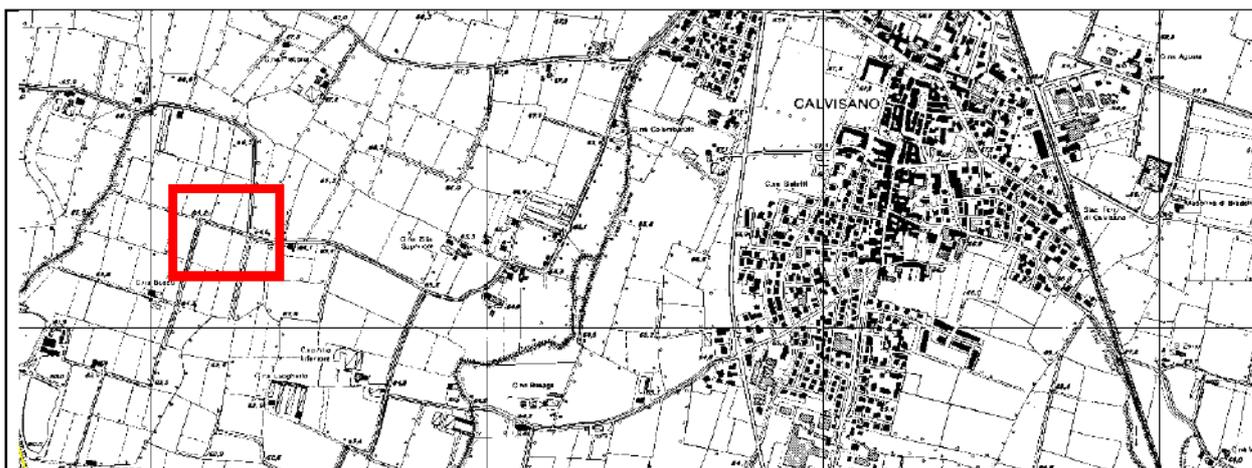


Figura 1 – Ubicazione dell'area in studio

La variante interessa una superficie attualmente a destinazione agricola (Figura 2).



Figura 2 – Foto aerea dell'area oggetto di variante

La richiesta di variante urbanistica inerente quest'area è volta alla costruzione di nuove strutture e piazzali funzionali all'attività del proponente.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2022	1	6 di 53
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

costituita da terreni essenzialmente sabbiosi e sabbioso ghiaiosi, accompagnati talvolta da matrici limose, con intercalati, in profondità, livelli impermeabili argilloso limosi, alternati senza l'evidenza di un limite preciso proprio perché legati alle dinamiche deposizionali fluviali, che costituiscono generalmente depositi gradati in senso orizzontale con diminuzione della granulometria allontanandosi dalle zone ad elevata energia. Il limite evidenziato in CS3.1 Tavola 1 è quindi indicativo e sostanzialmente determina la prevalenza di un litotipo sull'altro. L'attuale assetto del territorio è correlato ai processi legati all'azione delle acque superficiali prevalentemente incanalate ovvero all'azione di erosione, deposito e trasporto dei corsi d'acqua, variamente influenzati dalle oscillazioni climatiche e dalla tettonica. Morfologicamente l'area risulta pianeggiante, posta alla quota di circa 64.50 m.s.m. con cadente in direzione SSW e gradiente pari a circa 0.3% (CS3.1 Tavola 1). Avvicinandosi al fiume Chiese, situato a più di 6.50 chilometri ad est dell'area in studio, la regolarità della superficie topografica è interrotta da scarpate d'erosione che differenziano due ulteriori ordini di terrazzi oltre il livello fondamentale della pianura. L'idrografia al contorno, è rappresentata da una fitta rete irrigua e scolante. Dal punto di vista idraulico l'area risulta esterna alle fasce fluviali delimitate dalla cartografia del PAI, ovvero le aree inondate durante periodi di piena con tempi di ritorno differenti e risulta esterna alle zone allagabili delimitate dal PGRA (Direttiva alluvioni) della Regione Lombardia. Viste l'attuale assetto geoclimatico non sono stati rilevati forme o processi 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, ed in particolare dalle interpretazioni delle prove penetrometriche svolte in campo durante la campagna geognostica dell'Aprile 2019. 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. Nell'area in esame sono state effettuate n. 2 prove

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2022	1	8 di 53
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

penetrometriche dinamiche, che si sono spinte sino alla profondità massima di circa 7.60 m da p.c.. Sulla base dei dati acquisiti i depositi si presentano omogenei su tutta l'area indagata e risultano caratterizzati da un primo strato pedogenizzato dello spessore di circa 0.80 m. Al di sotto di tale strato, e sino alla massima profondità investigata, si rinvengono depositi essenzialmente sabbioso ghiaiosi. Più nel dettaglio si rinvengono depositi sabbiosi accompagnati da ghiaietto da 0.80 a circa 1.50 m da p.c., seguiti da una fitta alternanza di depositi sabbioso ghiaiosi e francamente sabbiosi. La superficie freatica è stata intercettata durante la campagna geognostica dell'Aprile 2019 alla profondità di circa 1.40 m da p.c.. La situazione trova coerenza con i dati riportati all'interno della componente geologica a corredo del PGT dove si può notare come l'area in esame ricada tra l'isopieza 63 a nord e l'isopieza 62 a sud ad indicare una soggiacenza di circa 2.00 m (CS3.1 Tavola 2). Considerata l'esiguità delle misurazioni e la mancanza di una serie storica di dati non è possibile fornire un valore attendibile dell'oscillazione freatica. La soggiacenza misurata potrebbe diminuire durante i periodi di piena della falda.

3.2. Idrogeologia e vulnerabilità naturale

Le informazioni stratigrafiche rilevate in campo e gli studi eseguiti nell'area e nel suo contorno, permettono di definire con sufficiente precisione le caratteristiche idrogeologiche sia generali che locali. I depositi che caratterizzano il territorio indagato sono caratterizzati prevalentemente da sabbie e per tale motivo possono essere considerati depositi ad alta permeabilità. Vista la granulometria medio-grossolana, al sito in esame è stata assegnata una permeabilità alta (CS3.1 Tavola 2). In considerazione della finalità dell'indagine è stato valutato il rischio di inquinamento delle acque sotterranee. Nell'area di interesse la falda possiede una bassa soggiacenza, pertanto si ritiene di attribuire un grado di vulnerabilità elevato, valutato secondo la metodologia proposta dal GNDICI-CNR, così come rappresentato in CS3.1 Tavola 4.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2022	1	9 di 53
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.

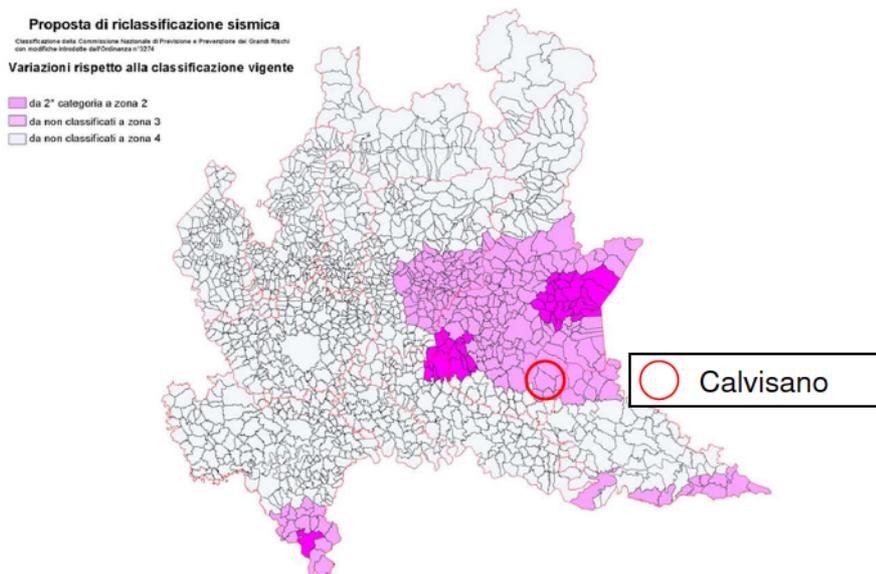


Figura 4 - Proposta di riclassificazione sismica 2003

La classificazione proposta ordina il territorio comunale di Calvisano (codice ISTAT 03017034) come ricadente nella zona 3 (cfr. Figura 4) a cui corrisponde un'accelerazione

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2022	1	10 di 53
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

Una tecnica semplice, affidabile ed economica per stimare gli effetti di sito e la vulnerabilità sismica di un edificio è la HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) che consiste nel misurare direttamente, sfruttando il rumore di fondo ambientale (microtremori), le frequenze di risonanza degli edifici e dei terreni costituenti il sottosuolo. 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).

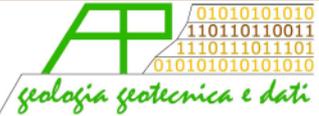
Attraverso la tecnica HVSR è possibile:

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2022	1	12 di 53
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

- valutare in maniera quantitativa gli effetti di sito (risposta sismica locale e suscettibilità alla liquefazione del terreno);
- ricavare il profilo delle velocità delle onde S con la profondità e calcolare il parametro V_{s30} ;
- analizzare la vulnerabilità sismica degli edifici, esistenti o in progetto.

4.1.2. Effetto 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.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2022	1	13 di 53
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

Liquefazione dei terreni - Per liquefazione di un terreno s'intende il totale annullamento della sua resistenza al taglio con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi. Se si esprime la resistenza al taglio attraverso la relazione di Coulomb:

$$\tau = c + (\sigma_{v0} - u) \tan \varphi$$

con:

c = coesione del terreno

σ_{v0} = pressione litostatica totale agente alla profondità d'indagine

u = pressione interstiziale dell'acqua

φ = angolo di resistenza al taglio del terreno,

È evidente che la grandezza τ si può annullare nel caso in cui siano verificate le condizioni:

a) $c = 0$;

b) $(\sigma_{v0} - u) = 0$;

(il caso $\varphi = 0$ non ha importanza pratica, perché può verificarsi solo in terreni coesivi in condizioni non drenate, dove però la condizione $c=0$ non può ovviamente verificarsi). La condizione a) vieta che il fenomeno della liquefazione possa verificarsi in terreni coesivi o incoerenti ma con una significativa frazione argillosa o limosa plastica. La condizione b) si verifica, quando la pressione interstiziale uguaglia la pressione totale esercitata ad una data profondità dalla colonna di terreno sovrastante e dagli eventuali sovraccarichi presenti in superficie ($\sigma_{v0} = u$). In definitiva il fenomeno della liquefazione si può manifestare preferibilmente in depositi sciolti non coesivi posti sotto falda, in seguito ad eventi che producano un forte aumento della pressione interstiziale dell'acqua. Nakamura (1996) propone di utilizzare il parametro K_g , ricavato con la tecnica HVSR, per quantificare la vulnerabilità sismica del sito, in riferimento soprattutto al fenomeno della liquefazione. K_g , detto indice di vulnerabilità del sito, si ottiene con la seguente relazione:

$$K_g = \frac{A_g^2}{F_g}$$

dove A_g è l'ampiezza del picco più importante dello spettro H/V e F_g la corrispondente frequenza. I siti con valore di $K_g > 10$ sono da considerarsi a elevata vulnerabilità e quindi a

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2022	1	14 di 53
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

rischio liquefazione, naturalmente partendo dal presupposto che ci siano le condizioni geologiche perché il fenomeno possa avvenire.

4.1.3. Profilo velocità onde S e classificazione del sottosuolo da NTC

Il D.M. 14.01.2008 (riconfermato dal D.M. 17.01.2018) propone come riferimento di calcolo dell'amplificazione sismica locale, in particolare della componente stratigrafica, un metodo semplificato basato sulla stima del parametro V_{seq} . Per V_{seq} s'intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati di copertura fino alla H in cui giace il bedrock, caratterizzato da $V_s > 800$ m/s, calcolata secondo la relazione:

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

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

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

Una valutazione del parametro V_{seq} può essere condotta attraverso l'inversione vincolata dello spettro H/V ricavata con il velocimetro triassiale. In pratica viene utilizzata la relazione

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2022	1	15 di 53
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

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.

4.1.4. Vulnerabilità sismica dell'opera

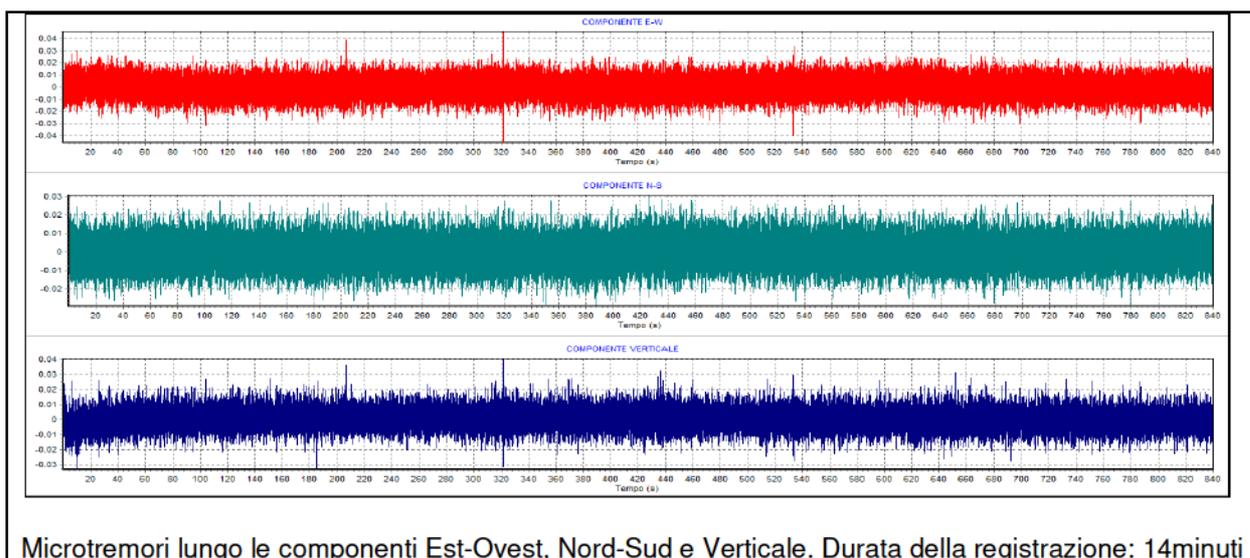
Per vulnerabilità sismica s'intende la suscettibilità di un'opera a subire lesioni in seguito alle sollecitazioni indotte dal sisma. E' stato dimostrato che la vulnerabilità agli eventi sismici di un edificio di edificazione relativamente recente è solo marginalmente collegabile alle modalità costruttive 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.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2022	1	16 di 53
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

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. Negli edifici esistenti il valore della frequenza fondamentale di risonanza può essere invece misurato direttamente con il velocimetro triassiale. 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 6 gli spettri H/V e V registrati nel sito limitrofo al sito in esame, la cui ubicazione è riportata in CS3.1 Tavola 3. Nello spettro H/V sono stati individuati i picchi positivi che corrispondono ad altrettanti minimi locali nello spettro V (Up-Down component in legenda), fatto questo che consente di riconoscere le frequenze associate ai picchi H/V come frequenze di risonanza del terreno.



	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2022	1	17 di 53
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

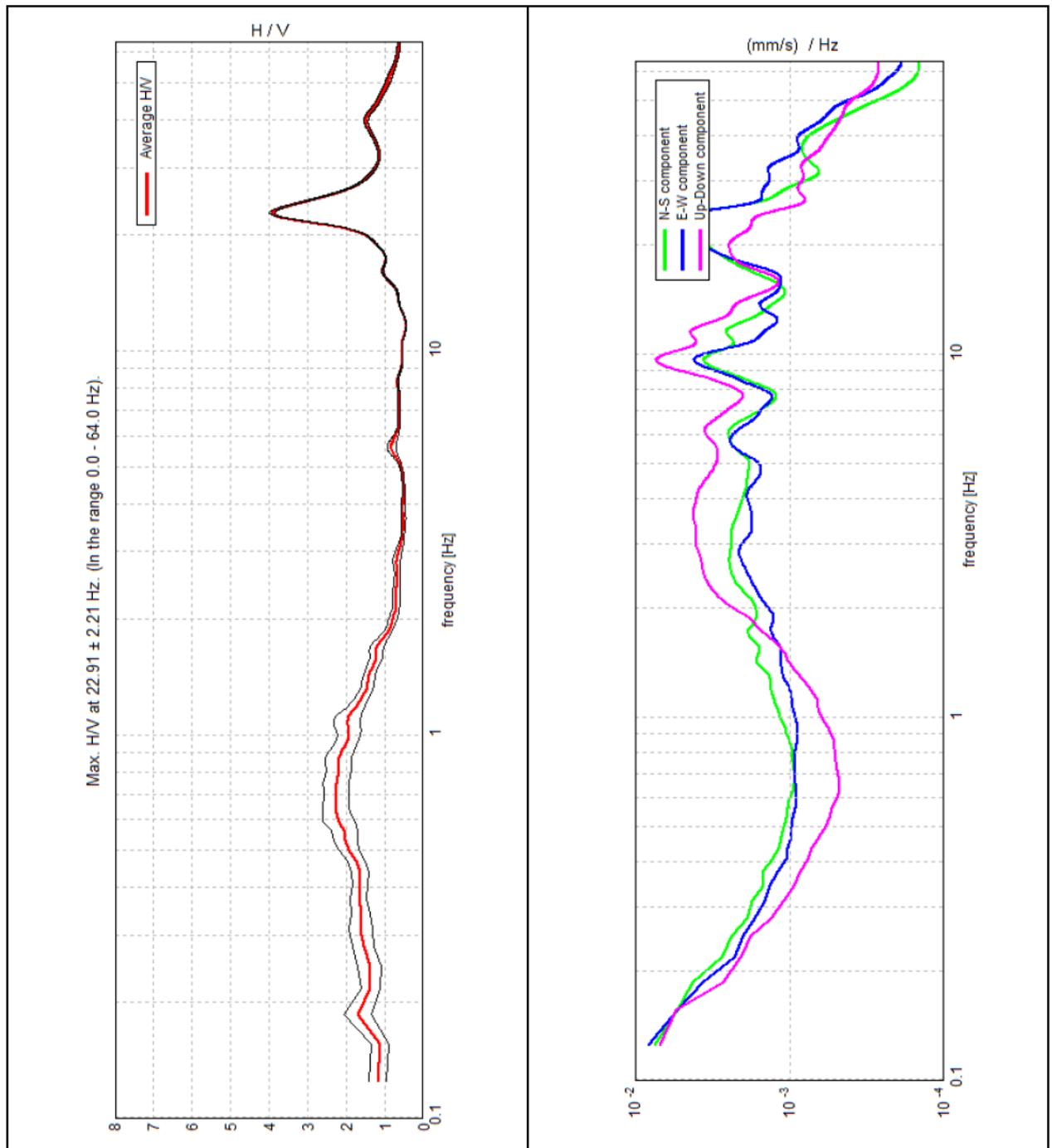


Figura 6 – Andamento degli spettri H/V e V

La curva H/V sintetica è stata modellata in modo da sovrapporsi ai picchi stratigrafici misurati (Figura 7).

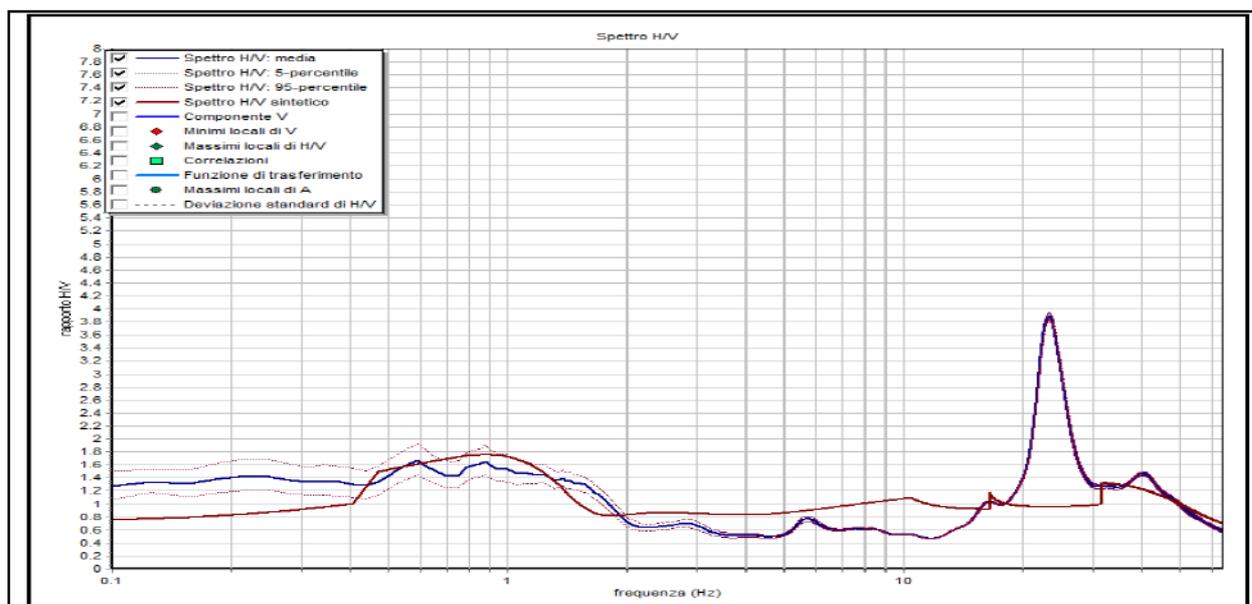


Figura 7 – Andamento della frequenza caratteristica

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)	V_s (m/s)	Inversioni di velocità
0.00	0.76	0.76	154	-
0.76	4.34	3.58	272	-
4.34	10.20	5.86	252	X
10.20	20.40	10.20	242	X
20.40	74.00	53.60	316	
Oltre 74.00			578	-

Il valore di V_{seq} calcolato da piano campagna è risultato uguale a 263 m/s, che pone il sito nella classe di sottosuolo C secondo il D.M. 17.01.2018. Da piano fondazioni la categoria sarà la medesima. Il valore andrà rivisto alla luce dell'analisi di II livello di dettaglio descritto nei paragrafi successivi. Per quanto riguarda la vulnerabilità sismica dell'opera in progetto, la frequenza di risonanza fondamentale è stata stimata con la relazione del d.m.17.01.2018. L'indice di vulnerabilità del sito (K_g) viene calcolato facendo riferimento ai soli picchi stratigrafici dello spettro H/V posti a frequenze inferiori o prossime a 10 Hz, in quanto quelli presenti a frequenze superiori non sono significativi dal punto di vista della vulnerabilità sismica. Nel caso in esame i picchi H/V stratigrafici individuati hanno fornito un valore massimo di K_g uguale a 3.13. Il sito può essere perciò classificato, secondo Nakamura (1996),

come a bassa vulnerabilità sismica locale.

Frequenza picchi H/V(Hz)	Ampiezza	K _g
0.88 (frequenza fondamentale)	1.66	3.13

4.2. Analisi di Il 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 8) di riferimento. Il periodo di oscillazione fondamentale (inverso della frequenza fondamentale) della colonna lito-stratigrafica è calcolato con la precedente formula ed è risultato uguale a 1.14 s. Utilizzando questo dato si sono ricavati i seguenti valori di Fa:

Fa (nell'intervallo 0.1-0.5 s) = $1.0 \pm 0.1 < 1.9$ (soglia di Normativa per il Comune in esame)

Fa (nell'intervallo 0.5-1.5 s) = $1.6 \pm 0.1 < 2.4$ (soglia di Normativa per il Comune in esame)

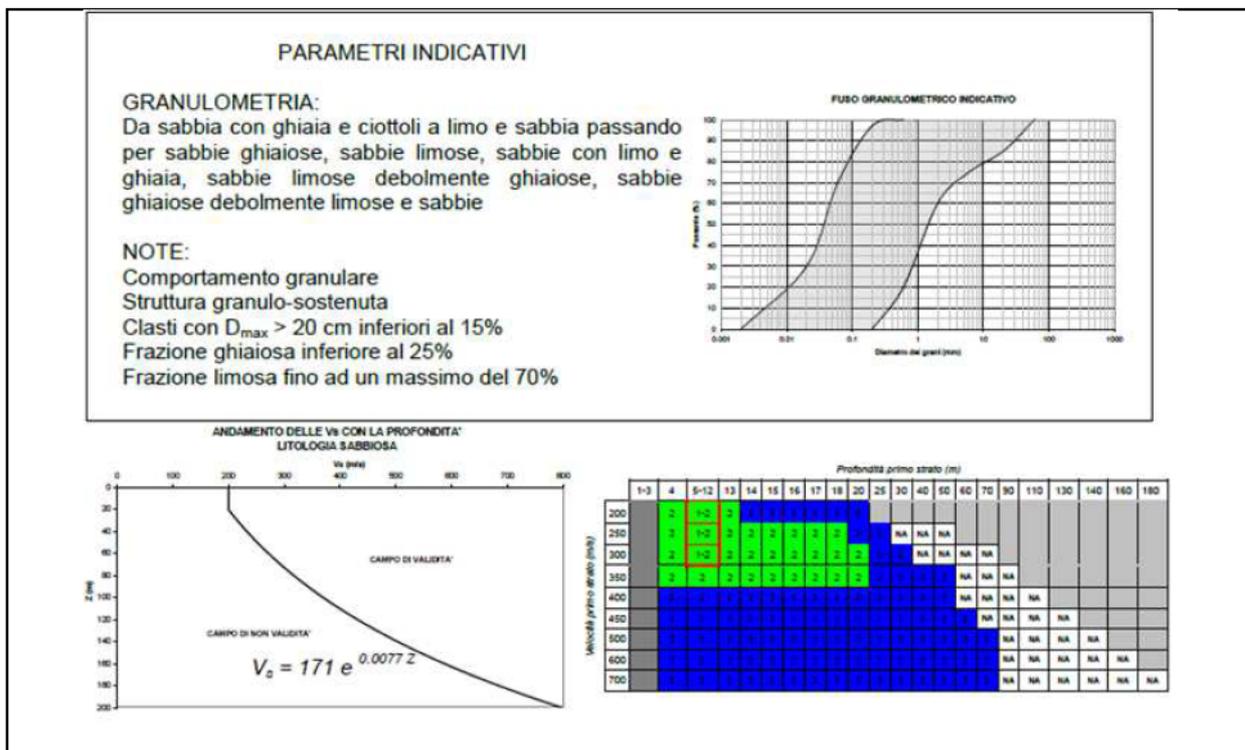


Figura 8 - Stima effetti litologici - Scheda sabbiosa

Questi valori sono stati confrontati con quelli di soglia previsti dalla Normativa regionale, nel caso di sottosuolo di tipo C, per il Comune di Calvisano (1.9 e 2.4 rispettivamente). I valori

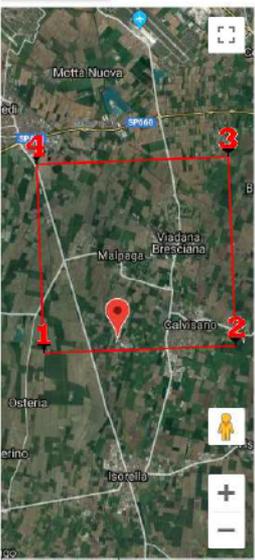
di Fa calcolati risultano inferiori a quelli di soglia. Sarà pertanto possibile applicare gli spettri previsti per la categoria di suolo identificata nel sito di indagine. L'attendibilità dei dati è stata espressa con la tabella proposta sempre in allegato 5 e la categoria assegnata è quella evidenziata in rosso direttamente sulla tabella di seguito riportata.

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

Figura 9 – Tabella 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 10. Con riferimento alle nuove costruzioni si rimanda alle indicazioni ed ai criteri di calcolo previsti dalla nuova normativa.



Stati limite

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

Vita Nominale: 50

Interpolazione: Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [ann]	a _g [g]	F _o	Tc' [s]
Operatività (SLO)	30	0.038	2.493	0.214
Danno (SLD)	50	0.049	2.502	0.241
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.140	2.467	0.265
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.184	2.456	0.276
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Coefficienti sismici

Tipo: Stabilità dei pendii e fondazioni

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

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

Cat. Sottosuolo: C

Cat. Topografica: T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,49	1,43
CC Coeff. funz categoria	1,75	1,68	1,63	1,61
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	0.011	0.015	0.050	0.063
k _v	0.006	0.007	0.025	0.032
A _{max} [m/s ²]	0.552	0.715	2.042	2.580
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

Figura 10 – Calcolo dei parametri sismici dell'area

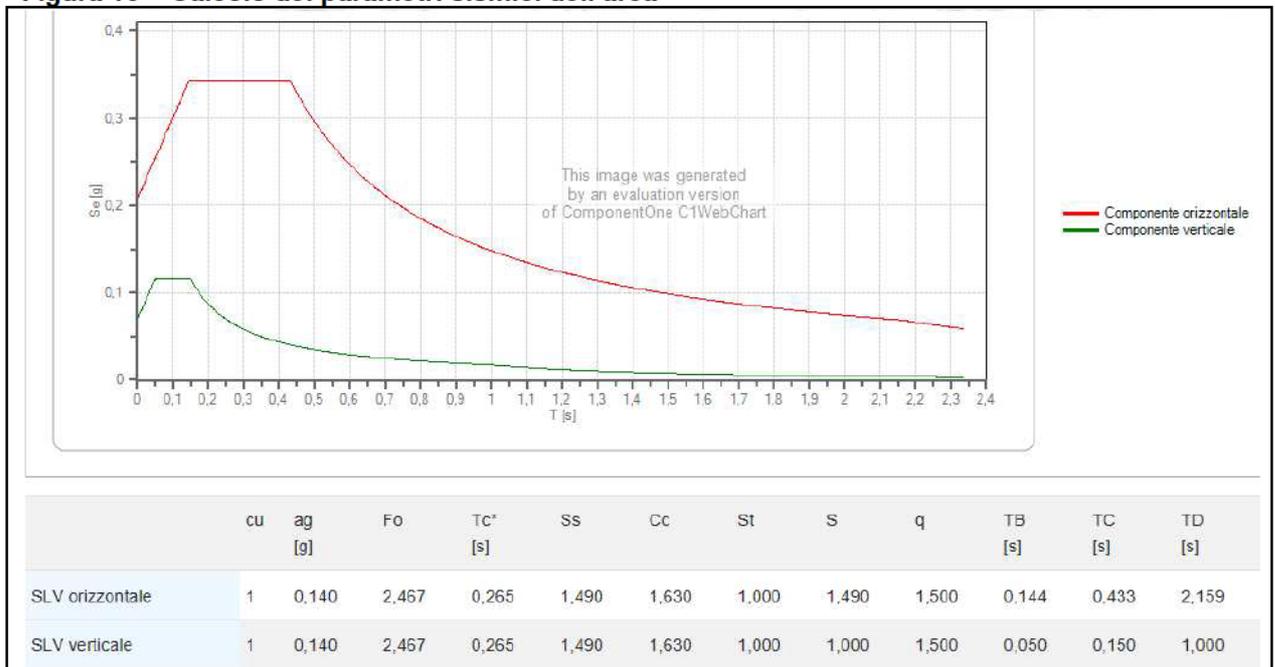


Figura 11 – Curve di progetto per lo stato limite SLV

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 meridionale 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.

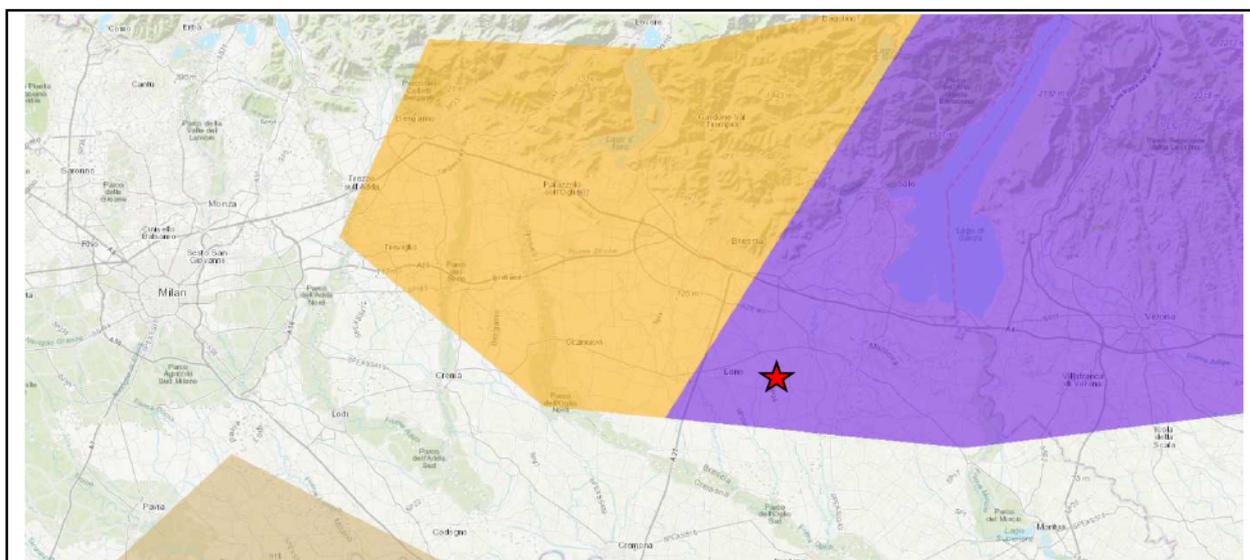


Figura 12 – Schema Zonizzazione Sismogenetica ZS9

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

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2022	1	23 di 53
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

al di sotto della coltre fluvioglaciale-alluvionale della Pianura Padana. Storicamente, nella porzione del basso Sebino, si risente di effetti macroscopici in funzione della relativa vicinanza alle aree epicentrali dei forti terremoti storici, che colpiscono le provincie di Brescia e Verona. Alcuni sismi recenti, con le massime intensità storiche, si sono risentiti, per la relativa vicinanza con l'area sismogenetica del Reggiano-Ferrarese-Parmense e dell'edificio appenninico sepolto al di sotto delle coltri quaternarie dei depositi di pianura. L'area in esame secondo il modello sismotettonco riassunto nella zonazione sismogenetica ZS9 ricade nella zona sorgente 906 (Figura 12). In questo caso, ai fini della verifica alla liquefazione, si assume il valore della Magnitudo M_w pari a quello della zona, ovvero 6.60. E' possibile il calcolo anche la metodologia della disaggregazione della pericolosità sismica che somma i contributi dovuti alle singole coppie magnitudo-distanza dagli epicentri ricadenti nell'area di riferimento, allo scopo di ricavare l'evento sismico dominante. In questo modo si ottiene il terremoto di scenario, caratterizzato da una valore univoco della magnitudo, della distanza e del tempo di ritorno; ciò lo rende utilizzabile ai fini progettuali nelle verifiche agli stati limite.

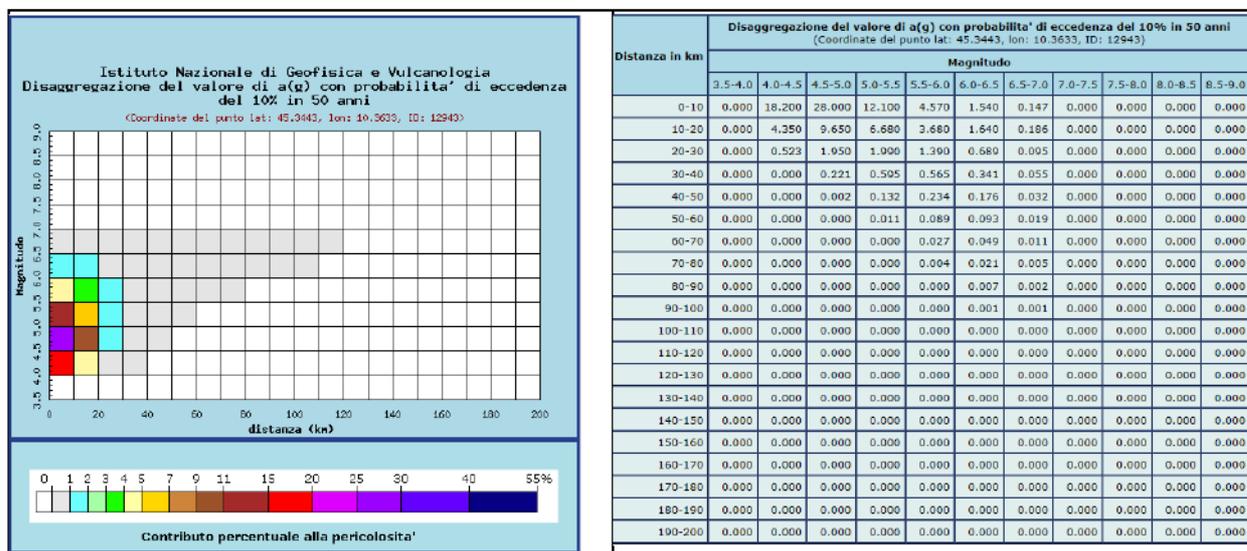


Figura 13 - Verifica Magnitudo

Il metodo si basa sulla mappa della pericolosità sismica messa a disposizione dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) attraverso il proprio portale web. Il sistema consente di visualizzare e interrogare mappe probabilistiche della pericolosità sismica

del territorio nazionale, espressa con diversi parametri dello scuotimento su una griglia regolare a passo 0.05° . Per ogni singolo nodo della griglia di riferimento è possibile richiedere il dettaglio in forma grafica e tabellare dell'analisi di disaggregazione (vale a dire il contributo delle possibili coppie di valori di magnitudo-distanza alla pericolosità del nodo) della relativa **a(g)**. Per il comune di 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 30 km si raggiunge un valore superiore al 90% per magnitudo fino a 6.0. I valori calcolati con entrambe i metodi convergono su un risultato confrontabile.

4.5. Verifica 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)

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2022	1	25 di 53
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

tanto maggiore è la probabilità che, a parità di altre condizioni, un deposito raggiunga lo stato di liquefazione. I depositi sabbiosi sotto falda sono i terreni con più alto potenziale di liquefazione in particolare se sono di recente (in termini geologici) deposizione, e di granulometria fine o media come riportato nella Figura 14.

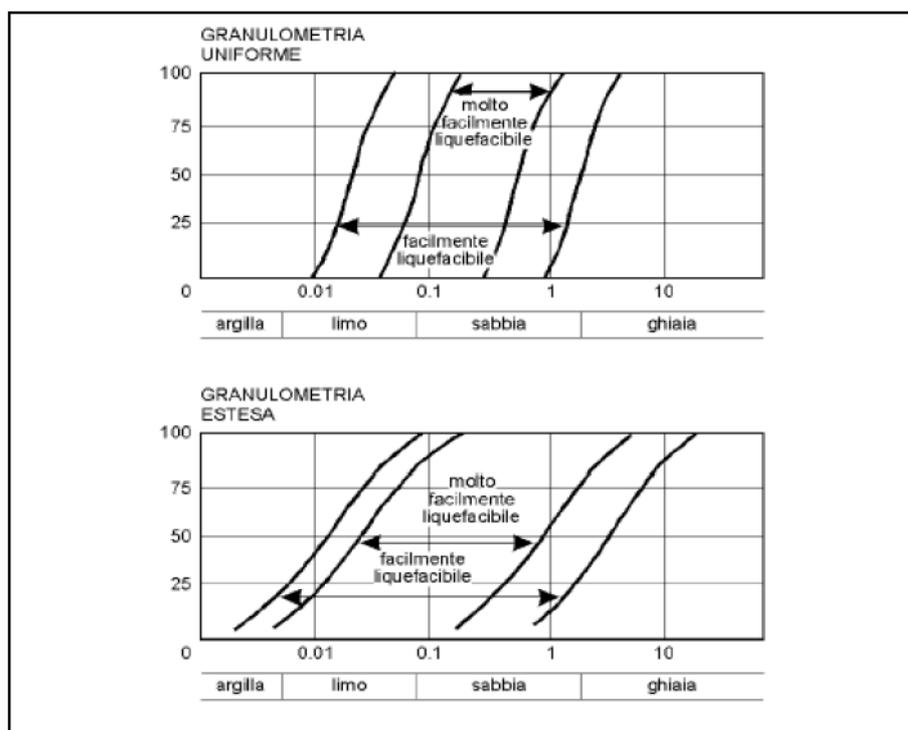


Figura 14 – Valutazione della suscettibilità alla liquefazione – fasce granulometriche critiche

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:

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

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)

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

L'analisi ha riguardato i primi 30 metri da p.c.. Per la verifica del coefficiente di sicurezza è stato utilizzato il programma LIQUEF ver. 2.2 della PROGRAMGEO che impiega l'approccio probabilistico-statistico di Gumbel per ottenere la massima accelerazione di picco prevedibile nel sito per un determinato tempo di ritorno attraverso l'estrazione dal Catalogo sismico. La verifica è stata eseguita sulla base del modello sismico derivato dall'indagine sismica di dettaglio, con particolare riferimento all'andamento delle velocità Vs. Attraverso opportune elaborazioni (Andrus e Stokoe) è stato ottenuto il coefficiente di sicurezza in funzione della profondità. Il procedimento di calcolo ha previsto la suddivisione in strati omogenei con un valore di Vs caratteristico secondo i seguenti modelli (da indagine HVSR):

- 1° strato: velocità media onde Vs 272 m/sec spessore medio 4.30 m
- 2° strato: velocità media onde Vs 252 m/sec spessore medio 5.90 m
- 3° strato: velocità media onde Vs 242 m/sec spessore medio 10.20 m
- 4° strato: velocità media onde Vs 316 m/sec spessore medio 9.60 m

Per il profilo Tr1 è stata considerata un'accelerazione pari a 0.21 g (0.140 x1.49) ricavata per edifici di classe II e una soggiacenza cautelativa della falda pari a 1.40 metri. Il

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2022	1	27 di 53
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

calcolo ha verificato che il coefficiente di sicurezza F_s risulta essere sempre superiore a 1. Di conseguenza il coefficiente I_c è pari a 0.0 indicando un rischio molto basso (Figura 15).

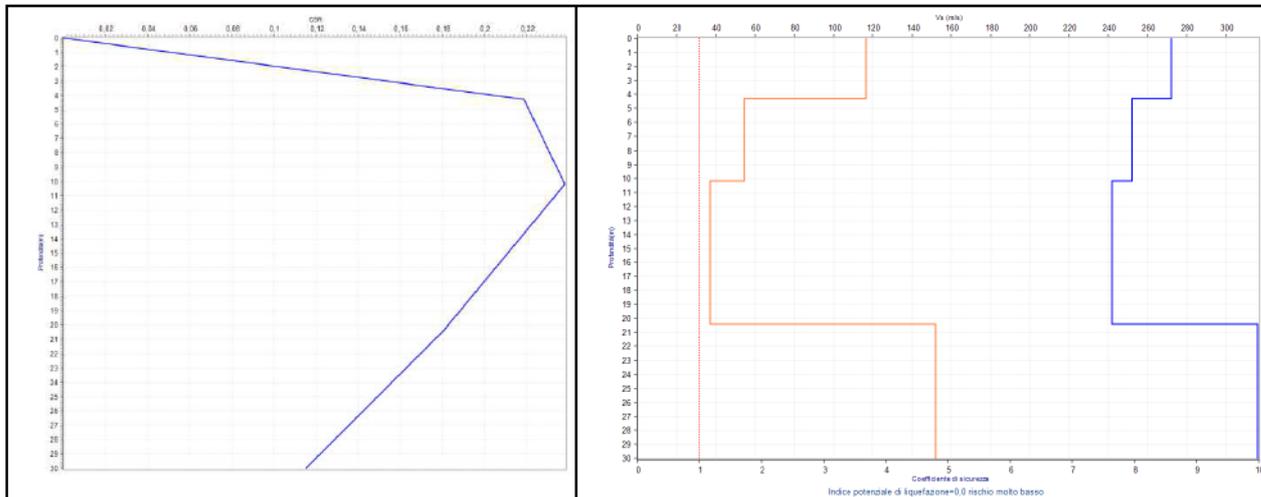


Figura 15 – Andamento del coefficiente CSR e F_s

5. VINCOLI

Nella carta di CS3.1 Tavola 5 sono state rappresentate, alla scala 1:5.000 le principali limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative in vigore di contenuto idrogeologico e ambientale. Sono presenti vincoli di natura idraulica legati alle fasce di rispetto del reticolo idrico minore con larghezza pari a 5 metri come specificato nella tavola dei vincoli della componente geologica del PGT revisione 2018 (Figura 16). Il reticolo risulta di competenza del Consorzio Mella Chiese.

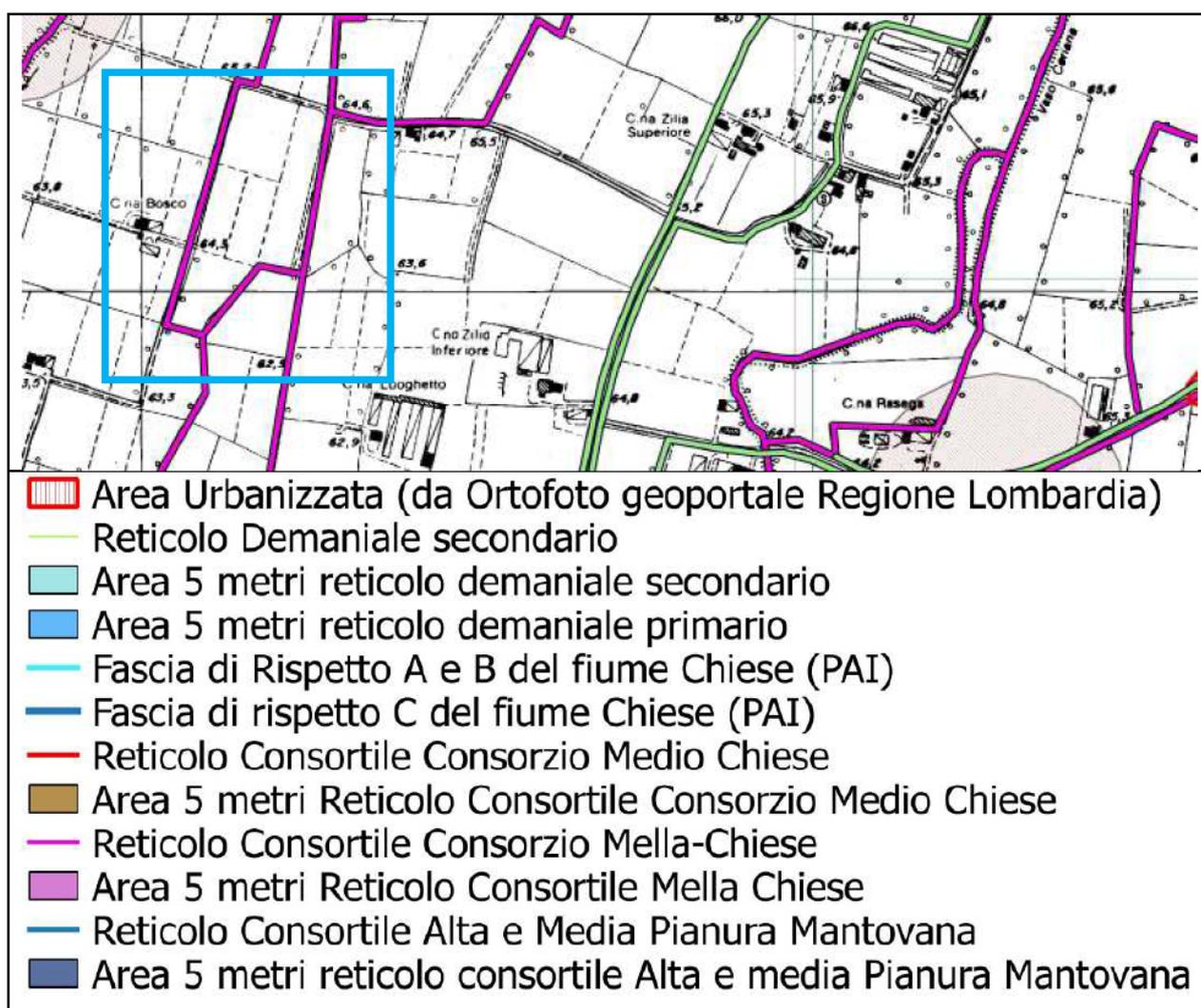


Figura 16 – Tavola dei vincoli da PGT

E' prevista la tombinatura del vaso Gaspes a margine dell'espansione sub A (lato est) secondo il progetto a firma dell'Ing. Claudio Granuzzo. Questa modifica di fatto farà decadere

	01010101010 110110110011 1110111011101 0101010101010	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
		Relazione geologica	Luglio 2022	1	29 di 53
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

la necessità delle fasce di rispetto che come indicato nello studio comunale del RIM possono essere derogate (art.1: “....*Si potranno autorizzare deroghe adeguatamente motivate; il mancato rispetto del presente Regolamento deve essere motivato in ragione di evenienze non previste dalle norme o di particolari condizioni del contesto. L'Amministrazione Comunale, attraverso i propri organici tecnici ne sorveglia l'osservanza.*”). In particolare potranno essere ridotte ad un metro come indicato all'articolo 4 del RIM dove si indica tale distanza per i tratti intubati. Si ricorda che nel caso specifico il dimensionamento delle fasce di rispetto non ha valenza idraulica, ovvero non discende da problematiche legate alle dinamiche del corso d'acqua, ma solo dalla necessità di accesso per la manutenzione, la pulizia e lo sfalcio delle sponde. La tombinatura del canale eliminerà di fatto la necessità di manutenzioni ordinarie e periodiche fatte salve ispezioni ed eventuali manutenzioni straordinarie sulla struttura. La realizzazione della pavimentazione non precluderà alcuna delle operazioni necessarie e pertanto si ritiene compatibile con i vincoli del regolamento.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2022	1	30 di 53
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 CS3.1 Tavola 5 sono rappresentate, alla scala 1:5.000 le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità/vulnerabilità riferite ai singoli fenomeni responsabili di tale pericolosità/vulnerabilità, ovvero ridotta soggiacenza della falda ed elevata vulnerabilità. Come già evidenziato in precedenza sono presenti anche vincoli di natura idraulica relativi alle fasce di rispetto dei corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrico minore limitrofo.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2022	1	31 di 53
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

7. FATTIBILITÀ

L'area in studio è identificata nel PGT del Comune di Calvisano con classe di fattibilità 3A, ovvero fattibilità con consistenti limitazioni al cambio d'uso dovute a bassa soggiacenza della falda, scadenti caratteristiche geotecniche dei depositi superficiali, e con la classe di fattibilità 4B, ovvero fattibilità con gravi limitazioni legate alla fascia di rispetto del Reticolo Idrico (Figura 17).

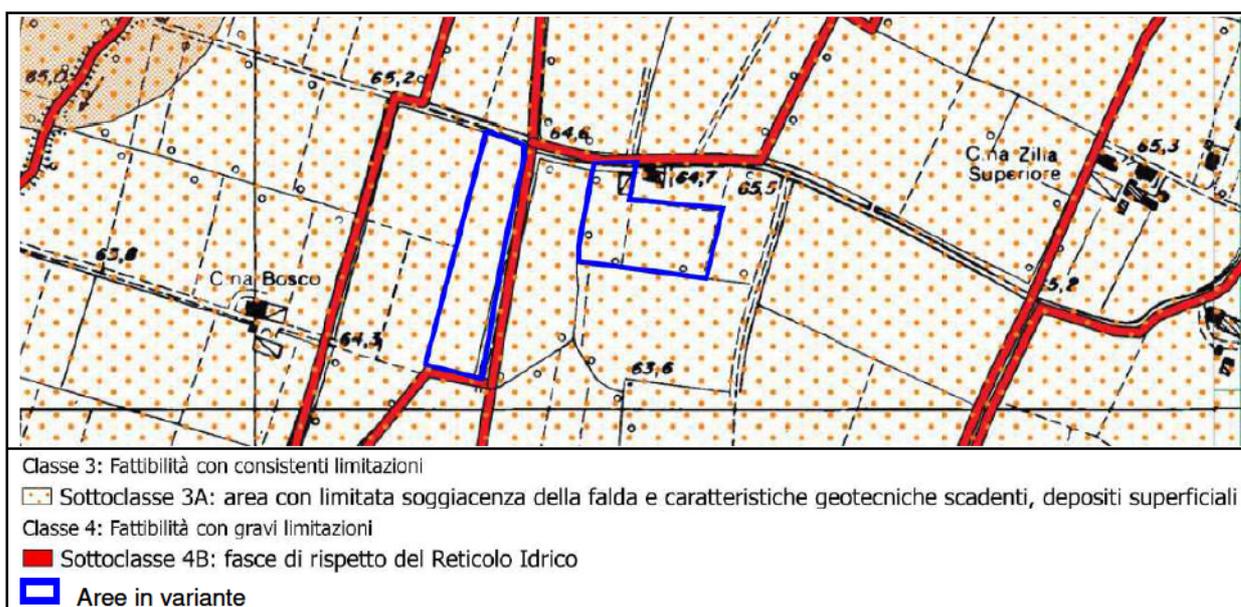


Figura 17 – Stralcio della carta della fattibilità (Studio geologico a corredo del PGT)

La classe attribuita al sito in studio è stata confermata. Al sito è assegnata la classe di fattibilità 3 a causa della bassa soggiacenza della falda e della elevata vulnerabilità della stessa, e la classe di fattibilità 4 alle aree limitrofe per la presenza delle fasce di rispetto dei corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrico minore. E' ridotta la fascia di rispetto del vaso Gaspes da 5 metri a 1 metro come specificato nei capitoli precedenti (5.Vincoli). In base alle considerazioni contenute nei capitoli precedenti e alle indagini svolte è stata definita la fattibilità dei luoghi come indicato in CS3.1 Tavola 6. Si mantengono le indicazioni contenute nelle norme geologiche del PGT. Inoltre, al fine di preservare la falda da eventuali contaminazioni, andrà rivolta particolare attenzione alla gestione delle acque di scarico: le fognature miste o nere, se presenti, dovranno essere realizzate a tenuta bidirezionale, ovvero

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2022	1	32 di 53
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

dall'interno verso l'esterno e viceversa; le tubazioni dovranno essere realizzate con tecnologie atte ad evitare possibili perdite. Dovrà essere previsto il trattamento delle acque di prima pioggia provenienti dalle superfici pavimentate come definito dalla normativa vigente. Potranno essere previsti sistemi di dispersione delle acque meteoriche secondo i disposti della normativa vigente. Si escludono problematiche geotecniche come meglio dettagliato nei capitoli successivi.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2022	1	33 di 53
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 dei risultati dei valori di resistenza penetrometrica delle prove eseguite e dai dati bibliografici validi per litologie simili. Sono state eseguite 2 prove penetrometriche dinamica (DPSH) per caratterizzare i terreni di fondazione sino ad una profondità massima investigata di circa 7.60 metri da piano campagna. La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari all'avanzamento della punta (Figura 18).

DIMENSIONI E PESI				DATI TECNICI		
	DP	CPT	DP + CPT	Motore	Tipo	Benzina; 2 cil.; V
H [mm]	1600	1480	1600		Potenza [HP (kW) - RPM]	16 (12) - 3600
L [mm]	2450	2200	2450		Raffreddamento	Aria
P [mm]	1040	1040	1040	Traslazione	Cingolato a trasmissione idrostatica	Cingolato Gommato
Peso [kg]	910	810	980		Velocità di traslazione [km/h]	0 ÷ 1.8
					Pendenza Max %	25
				Pompa Idraulica	Numero di Pompe	2
					Max. pressione operativa [bar]	245
				Stabilizzatori	Numero	3
					Tipo	Idraulico

Figura 18 – Penetrometrica dinamico superpesante e statico da 20 ton

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):

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2022	1	34 di 53
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63.5 Kg
Altezza di caduta libera	0.75 m
Peso sistema di battuta	0.63 Kg
Diametro punta conica	51.0 mm
Area di base punta	20.43 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6.31 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.40 m
Avanzamento punta	0.20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1.47
Rivestimento/fanghi	Si
Angolo di apertura punta	90°

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.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2022	1	35 di 53
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

Le risultanze stratigrafiche delle prove penetrometriche sono riportate in CS3.1 Allegato 1. L'ubicazione delle indagini invece è riportata in Figura 19 e in CS3.1 Tavola 1.

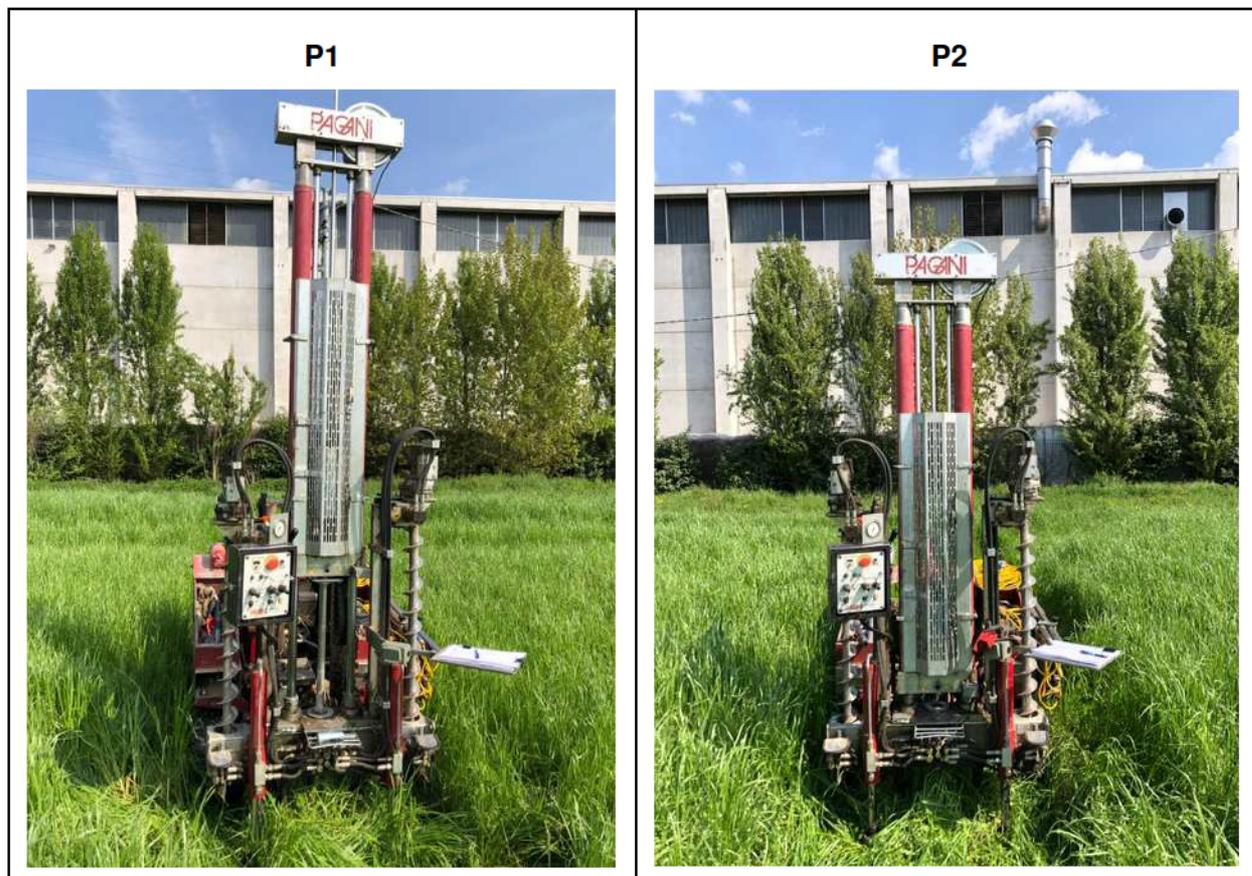


Figura 19 – Ubicazione delle prove penetrometriche

8.1. 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^1 , angolo di attrito interno ϕ , densità γ , e modulo elastico E , in relazione alla resistenza penetrometrica. Nell'area sono stati

¹La coesione non drenata è ricavabile dalla nota correlazione: $c_u = R_p/N_c$, dove $N_c = 15-20$; per il caso in questione, per ragioni prudenziali si è adottato $N_c = 20$.

L'angolo di attrito interno e la densità possono essere ricavate dalla correlazione di De Mello (1973) e Meyerhof (1957).

Il modulo elastico è ricavabile dalla nota correlazione: $E = \alpha \cdot R_p$, dove $\alpha = 1.5-3.0$; per il caso in questione, per ragioni prudenziali si è adottato $\alpha = 1.5$.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2022	1	36 di 53
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

rilevati con continuità depositi di natura granulare a grado di addensamento variabile al di sotto di una copertura dello spessore di circa 0.80 metri. I depositi sono stati indagati sino ad una profondità massima di 7.60 metri dal piano campagna attuale. Le prove denotano una buona uniformità laterale dei depositi. Per la determinazione del parametro più significativo, ovvero l'angolo di attrito interno, si è fatto riferimento ai risultati della prova penetrometrica elaborati secondo la correlazione di Malcev. Il metodo, valido per le sabbie in genere utilizza la seguente relazione:

$$\varphi = 20 - 5 \text{Log}(\sigma) + 3,73 \text{Log}(N_{spt})$$

dove σ è la pressione litostatica efficace a metà strato in kg/cmq e N_{spt} il numero di colpi medio misurato nello strato. Lo studio dei parametri deve essere però 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

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2022	1	37 di 53
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

documentata negli Eurocodici EC7 ed EC8 ed è stata ripresa nella stesura delle Norme Tecniche delle Costruzioni 2008. Sulla base delle correlazioni effettuate e della omogeneità dei depositi è stato definito un unico modello geotecnico che può essere così schematizzato partendo dal piano campagna originale:

STRATO A: da p.c. sino a -0.80 m: suolo. Parametri caratteristici: $\gamma = 1.7 \text{ kg/dm}^3$.

STRATO B : da -0.80 m sino a -4.80 m: depositi granulari addensati. Parametri caratteristici: $\Phi_k = 32^\circ \gamma = 1.8 \text{ kg/dm}^3$.

STRATO C : da -4.80 m sino a -6.80 m: depositi granulari mediamente addensati. Parametri caratteristici: $\Phi_k = 29^\circ \gamma = 1.8 \text{ kg/dm}^3$.

STRATO E : da -6.80 m sino a -7.60 m: depositi granulari mediamente addensati. Parametri caratteristici: $\Phi_k = 32^\circ \gamma = 1.9 \text{ kg/dm}^3$.

A completamento del modello geotecnico è stata attribuita la categoria di appartenenza del profilo stratigrafico dei terreni di fondazione per la definizione dell'azione sismica di progetto. Viste le risultanze di prove sismiche effettuate nelle vicinanze 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.

8.2. Analisi delle soluzioni fondali

L'applicazione di un carico concentrato sulla superficie del terreno produce un fascio di reazioni con intensità decrescente allontanandosi in orizzontale ed approfondendosi sulla verticale rispetto al punto di applicazione. In funzione della geometria e delle dimensioni della fondazione o del piano di appoggio, i carichi saranno diffusi a profondità differenti. Le proprietà geotecniche dei terreni permettono l'impiego di fondazioni superficiali di qualsiasi tipologia, a plinto, nastriformi o a platea. Nell'ipotesi di progetto le fondazioni sono di tipo a plinto a base quadrata con un incastro di circa 1.60 m. 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.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2022	1	38 di 53
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

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

8.3. Calcolo della capacità portante

Sulla base delle informazioni desunte dai modelli geotecnici e considerando la tipologia di fondazioni adottata, così come illustrato in precedenza, è possibile definire la capacità portante del terreno di imposta, il cui calcolo della capacità limite può essere eseguito con la formula di Brinch Hansen valida per fondazioni superficiali, modificata per il carico inclinato, che tiene conto dei fattori di forma, di fondazione, di profondità, di inclinazione del carico e degli effetti inerziali dovuti all'azione sismica nel caso del modello 1 e 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 nel caso del modello 2. 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.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2022	1	39 di 53
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

8.3.1. Approccio 2 combinazione unica A1+M1+R3

Questo tipo di combinazione prevede l'impiego dei parametri caratteristici (M1) del modello geotecnico così come riportato nel capitolo 4.1. 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:

combinazione fondamentale Rd = 3.7 Kg/cm²

combinazione sismica Rd = 2.6 Kg/cm²

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.

8.3.2. Verifica allo slittamento

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

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

Nella quale Nsd è il valore di calcolo della forza verticale, δ è l'angolo di resistenza al taglio alla base del plinto, 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.I riferendosi al

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2022	1	40 di 53
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

coefficiente γ_r relativo a R3 (1.10), la resistenza allo slittamento considerando un carico di fondazione pari a 2.00 kg/cm² risulta:

$$R_d = 0.77 \text{ Kg/cm}^2$$

8.4. Calcolo dei cedimenti

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

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2022	1	41 di 53
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

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, nell'ipotesi di terreni prevalentemente granulari. 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) sulla fondazione pari a 2.00 kg/cm² si ricavano valori dei cedimenti massimi nell'ordine dei 20 millimetri. I valori di cedimenti calcolati corrispondono alla sola componente istantanea che si esaurirà durante la posa delle fondazioni. I cedimenti secondari sono considerati trascurabili. I valori calcolati sono risultati conformi con il grado di addensamento rilevato nei depositi. Si consiglia tuttavia di non superare i valori di esercizio indicati (SLE) al fine di contenere i cedimenti.

8.5. Terre da scavo

Si ricorda che tutte le opere che prevedono la produzione di terre da scavo (fondazioni, interrati, sbancamenti etc) sono normate dal D.Lgs 3 aprile 2006 n. 152 (Norme in materia ambientale) e dai relativi Allegati come modificato dal D. lgs. 4/2008 dal D. lgs. 205/2010, dal D.M. 10.08.2012 n.161 e recentemente dalla Legge n.98 del 09.08.2013 conversione del Decreto del Fare. 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

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2022	1	42 di 53
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

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. 184-bis del D. Lgs. 152/06 e s.m.i. In base a quanto stabilito dal comma 2 dell'art. 41-bis (legge 98/2013), 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.41-bis e dall'art.41, comma 3 della L.98/2013, decadendo le condizioni

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2022	1	43 di 53
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

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.

8.6. 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.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2022	1	44 di 53
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

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. 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 20.

CLASSE DI INTERVENTO	SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITÀ DI CALCOLO		
			AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)		
			Aree A, B	Aree C	
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	$\leq 0,01 \text{ ha } (\leq 100 \text{ mq})$	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	$da > 0,01 \text{ a } \leq 0,1 \text{ ha } (\leq 1.000 \text{ mq})$	$\leq 0,4$	Requisiti minimi articolo 12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	$da > 0,01 \text{ a } \leq 0,1 \text{ ha } (\leq 1.000 \text{ mq})$	$> 0,4$	Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11, comma 2, lettera d)	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
		$da > 0,1 \text{ a } \leq 1 \text{ ha } (da > 1.000 \text{ a } \leq 10.000 \text{ mq})$	qualsiasi		
		$da > 1 \text{ a } \leq 10 \text{ ha } (da > 10.000 \text{ a } \leq 100.000 \text{ mq})$	$\leq 0,4$		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	$da > 1 \text{ a } \leq 10 \text{ ha } (da > 10.000 \text{ a } \leq 100.000 \text{ mq})$	$> 0,4$	Procedura dettagliata (vedi articolo 11, comma 2, lettera d)	
		$> 10 \text{ ha } (> 100.000 \text{ mq})$	qualsiasi		

Figura 20 – Tabella 1 - RR 07/2017

9. 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 recente riclassificazione della Regione Lombardia 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. Dagli approfondimenti eseguiti si assegna la classe topografica T1.*
3. *L'analisi sismica di II livello ha restituito valori di Fa minori rispetto alle soglie proposte dalla Regione Lombardia per il comune di Calvisano.*
4. *L'area in variante è costituita da terreni caratterizzati da Deposito fluvio-glaciali e fluviali Wurmiani a litologia prevalentemente sabbiosa.*
5. *L'assetto geomorfologico dell'area è sostanzialmente pianeggiante. Non sono stati rilevati fenomeni geomorfologici in atto o in evoluzione.*
6. *La falda è stata misurata durante le indagini dell'Aprile 2019 e presenta una soggiacenza pari a circa 1.40 metri.*
7. *I terreni di fondazione non saranno soggetti a fenomeni di liquefazione in caso di sisma.*
8. *Nell'area di variante sono confermate le classi di fattibilità espresse nella componente geologica a corredo del Piano di governo del territorio del comune di Calvisano. La classe di riferimento è la 3, ovvero con consistenti limitazioni al cambio d'uso dovute alla bassa soggiacenza e alla vulnerabilità della falda freatica.*
9. *Il calcolo della capacità portante è stato effettuato sulla base delle indagini geognostiche condotte in sito secondo la metodologia proposta dall'approccio 2 combinazione unica. Il valore agli SLU è riportato in relazione.*

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2022	1	46 di 53
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

10. Le caratteristiche geotecniche dei terreni presenti nell'area in variante permettono l'impiego di fondazioni superficiali di qualsiasi tipologia. Il progetto prevede l'utilizzo di fondazioni di tipo plinto.
11. Il calcolo dei cedimenti è stato eseguito sulla base della teoria dell'elasticità. I valori sono riportati in relazione.
12. 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.

Dr. Geol. Corrado Aletti

Seniga 29.01.2021



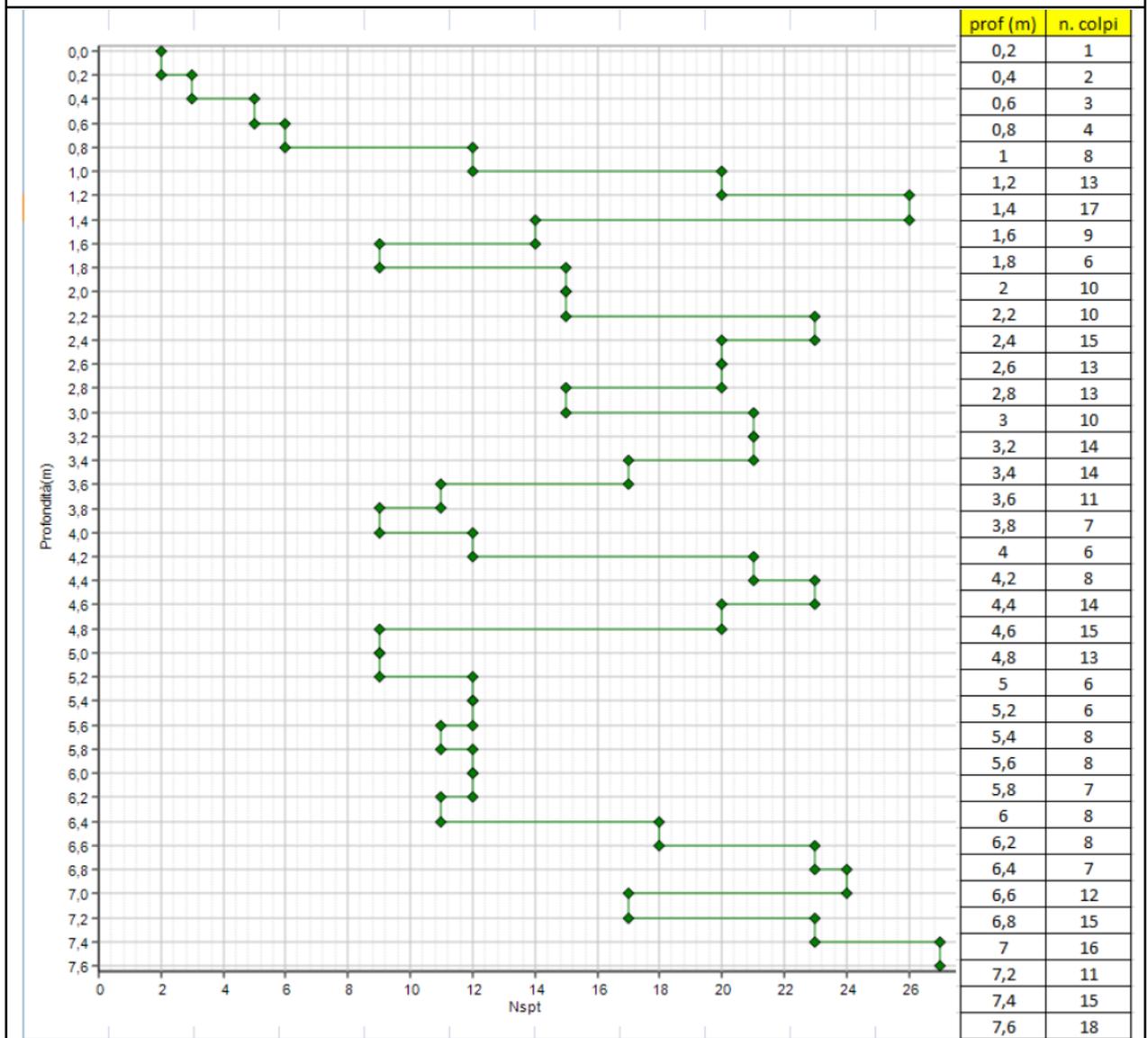
	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2022	1	47 di 53
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

10. TABELLA RIASSUNTIVA PARAMETRI GEOLOGICI

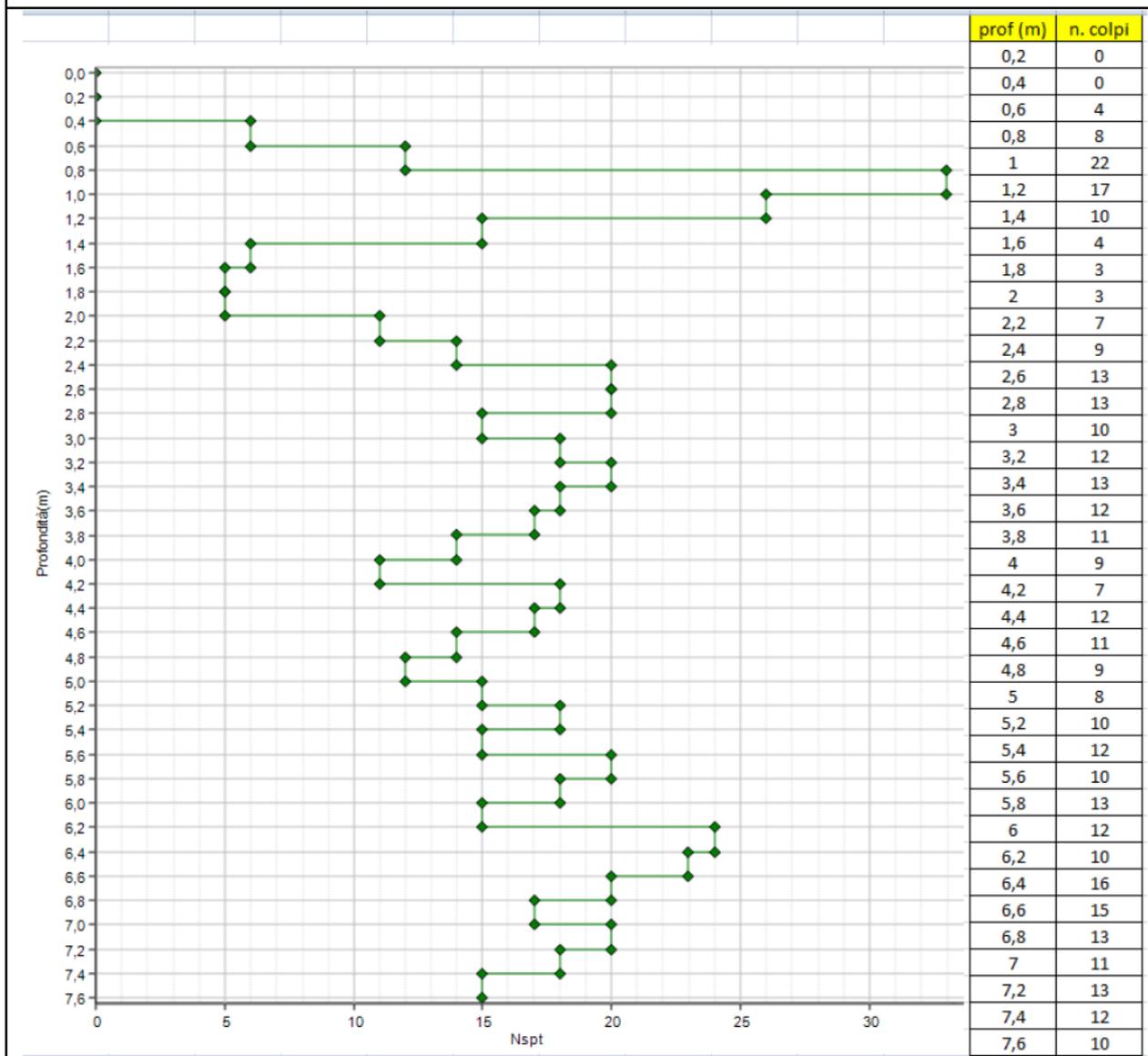
FOGLIO	23					
MAPPALE	148 / 150 / 200					
QUOTA (m.s.m)	64.5					
QUOTA FALDA (m.s.m)	63.1					
SOGGIACENZA (m)	1.40					
CLASSE FATTIBILITA'	3 / 4					
ZONA SISMICA	3					
PERICOLOSITA' SISMICA	Z4a					
ANALISI SISMICA DI II LIVELLO	Fa < Soglia					
CLASSE TOPOGRAFICA	T1					
CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO	C					
CLASSE DELL'EDIFICIO	II					
PARAMETRI SISMICI		Ag (g)	Fo	Tc (s)		
	SLV	0.140	2.467	0.265		
	SLD	0.049	2.502	0.241		
AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA SS	1.49					
AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA ST	1.0					
FREQUENZA FOND. (Hz)	0.88					
LIQUEFAZIONE	NO					
MODELLO GEOTECNICO	Nom e	Profondità	γ (kg/dm ³)	ϕ (°)	Cu (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)
	A	0.0 – 0.8	1.7	/	/	/
	B	0.8 – 4.8	1.8	32	/	300
	C	4.8 – 6.8	1.8	29	/	200
	D	6.8 – 7.6	1.9	32	/	300
TIPO DI FONDAZIONE	PLINTO					
RESISTENZA SLU (kg/cm ²)	FONDAMENTALE = 3.7 / SISMICA = 2.6					

Allegato 1 – Risultati Prove Penetrometriche

P1



P2



CS3.1 ALLEGATO 2

ALLEGATO 6 DGR X/6738/2017 (EX ALL. 15)

DICHIARAZIONE SOSTITUTIVA DELL'ATTO DI NOTORIETA'

(Art. 47 D.P.R. 28 dicembre 2000, n. 445)

Il sottoscritto ALETTI CORRADO

nato a MANERBIO (BS) il 26.08.1969

residente a SENIGA (BS)

in via PONTICELLA n. 20

iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione LOMBARDIA n. 900

incaricato dalla ditta TERCOMPOSTI spa

• di aggiornare la componente geologica del Piano di Governo del Territorio realizzata nell'anno..... da e successivamente aggiornata nell'anno da relativamente ai seguenti aspetti:



• di redigere uno studio geologico parziale a supporto di variante urbanistica (SUAP);

• di realizzare uno studio parziale di approfondimento/integrazione ai sensi degli allegati 2 e 3 dei citati criteri;

• di realizzare uno studio parziale di approfondimento/integrazione ai sensi dell'allegato 4 dei citati criteri;

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

DICHIARA



• di aver redatto lo studio/gli studi di cui sopra conformemente ai vigenti "Criteri ed indirizzi per la redazione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57 della l.r. 11 marzo 2005, n. 12", affrontando tutte le tematiche e compilando tutti gli elaborati cartografici previsti;



• di aver consultato ed utilizzato come riferimento i dati e gli studi presenti nel Sistema Informativo Territoriale Regionale e presso gli archivi cartacei delle Strutture Regionali;



• di aver assegnato le classi di fattibilità geologica conformemente a quanto indicato nella Tabella 1 dei citati criteri;

DICHIARA INOLTRE

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2022	1	51 di 53
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

- che lo studio redatto propone aggiornamenti • parziali / • globali al quadro del dissesto contenuto nell'Elaborato 2 del PAI • vigente / • derivante da una precedente proposta di aggiornamento;
- che lo studio redatto propone la ripermimetrazione dell'area a rischio idrogeologico molto elevato identificata con il n..... nell'Allegato 4.1 all'Elaborato 2 del PAI;
- che lo studio redatto propone modifiche/aggiornamenti alle aree allagabili contenute nelle mappe di pericolosità del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA);
- che lo studio contiene il tracciamento alla scala locale delle Fasce fluviali vigenti nel PAI;
- ✘ che non si è resa necessaria la redazione della Carta PAI-PGRA in quanto lo studio non propone aggiornamenti alla cartografia del PAI e del PGRA oppure non esistono sul territorio comunale aree in dissesto idrogeologico/idraulico;
- ✘ che lo studio redatto non propone aggiornamenti • globali / • parziali al mosaico della fattibilità geologica;

ASSEVERA

- ✘ la congruità tra i contenuti della variante e i contenuti (classificazioni e norme) della componente geologica del Piano di Governo del Territorio;
- ✘ la congruità tra i contenuti della variante e i contenuti (classificazioni e norme) derivanti dal PGRA, dalla variante normativa al PAI e dalle disposizioni regionali conseguenti.

Dichiara infine di essere informato, ai sensi e per gli effetti di cui all'art. 10 della legge 675/96 che i dati personali raccolti saranno trattati, anche con strumenti informatici, esclusivamente nell'ambito del procedimento per il quale la presente dichiarazione viene resa.

Seniga 29.01.2021

Il Dichiarante
CORRADO
n° 900



Ai sensi dell'art. 38, D.P.R. 445 del 28 dicembre 2000, così come modificato dall'art. 47 del d. lgs. 235 del 2010, la dichiarazione è sottoscritta dall'interessato in presenza del dipendente addetto ovvero sottoscritta e presentata unitamente a copia fotostatica non autenticata di un documento di identità del sottoscrittore. La copia fotostatica del documento è inserita nel fascicolo. La copia dell'istanza sottoscritta dall'interessato e la copia del documento di identità possono essere inviate per via telematica. La mancata accettazione della presente dichiarazione costituisce violazione dei doveri d'ufficio (art. 74 comma D.P.R. 445/2000). Esente da imposta di bollo ai sensi dell'art. 37 D.P.R. 445/2000.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2022	1	52 di 53
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

Cognome..... ALETTI
 Nome..... CORRADO
 nato il..... 26.08.1969
 (atto n..... P... 328..... S... I..... A.....)
 a..... MANERBIO (BS)
 Cittadinanza..... ITALIANA
 Residenza..... SENIGA (BS)
 Via..... VIA PONTICELLA, 20
 Stato civile.....
 Professione..... GEOLOGO

CONNOTATI E CONTRASSEGNI SALIENTI

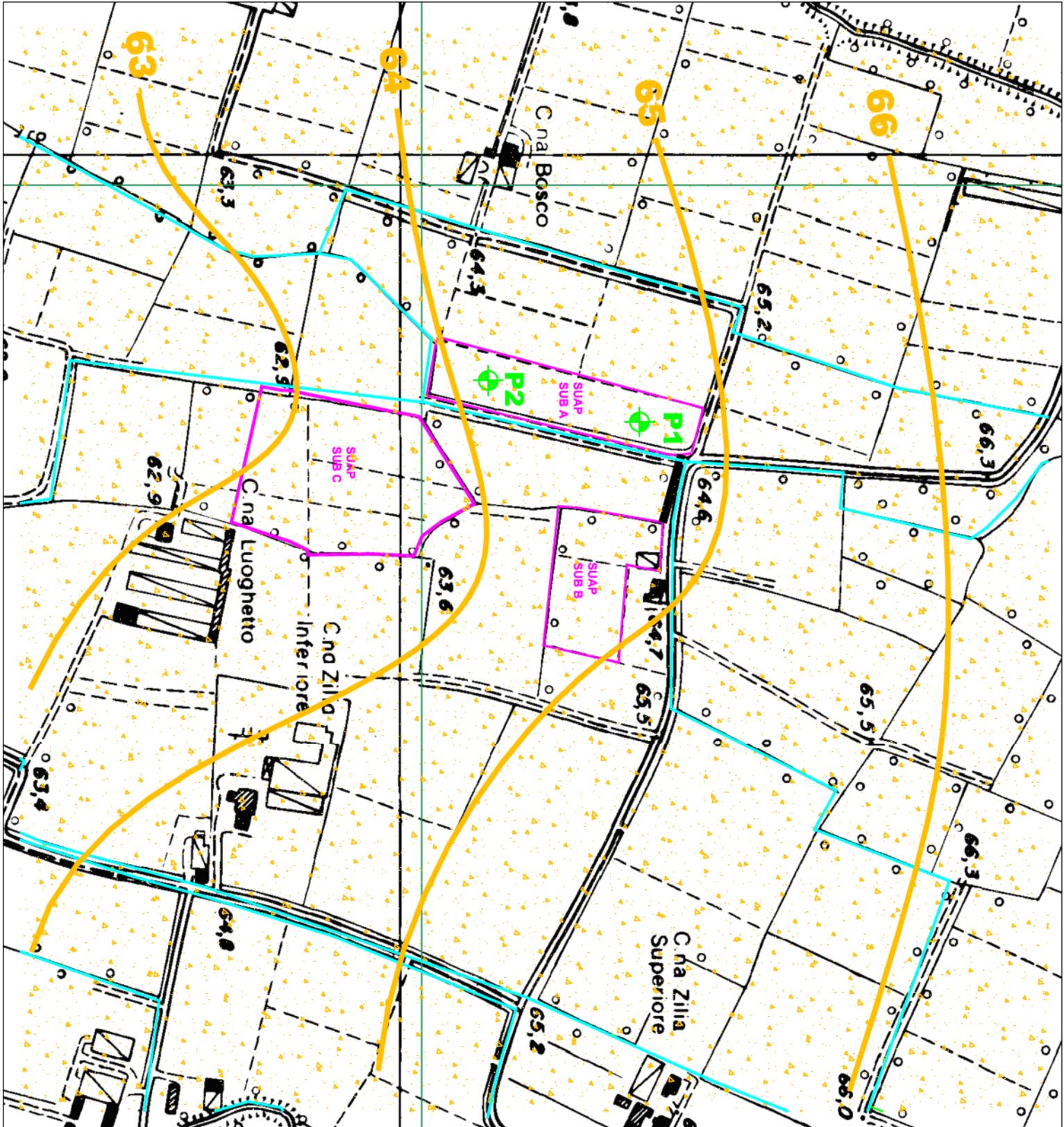
Statura..... 1,80
 Capelli..... Neri
 Occhi..... Neri
 Segni particolari..... N.N.



Firma del titolare..... *Corrado Aletti*
 SENIGA li 16.04.2013
 Il SINDACO
 Impronta del dito indice sinistro




	01010101010 110110110011 1110111011101 0101010101010	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
		Relazione geologica	Luglio 2022	1	53 di 53
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900					



Comune di Calvisano

Provincia di Brescia

D.M. 14/01/2008; Circolare 02/02/09 "Istruzioni per l'applicazione nelle NTC" GS/LP; 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

Progetto di ampliamento di attività produttiva esistente

Il Committente: Tercompositi

Tavola CS3.1.1 scala 1:5.000

Carta litomorfológica

Legenda:

P1 Prova penetrometrica dinamica

Alta pianura

Alluvioni fluvio-glaciali Würmiane a litologia sabbiosa prevalente

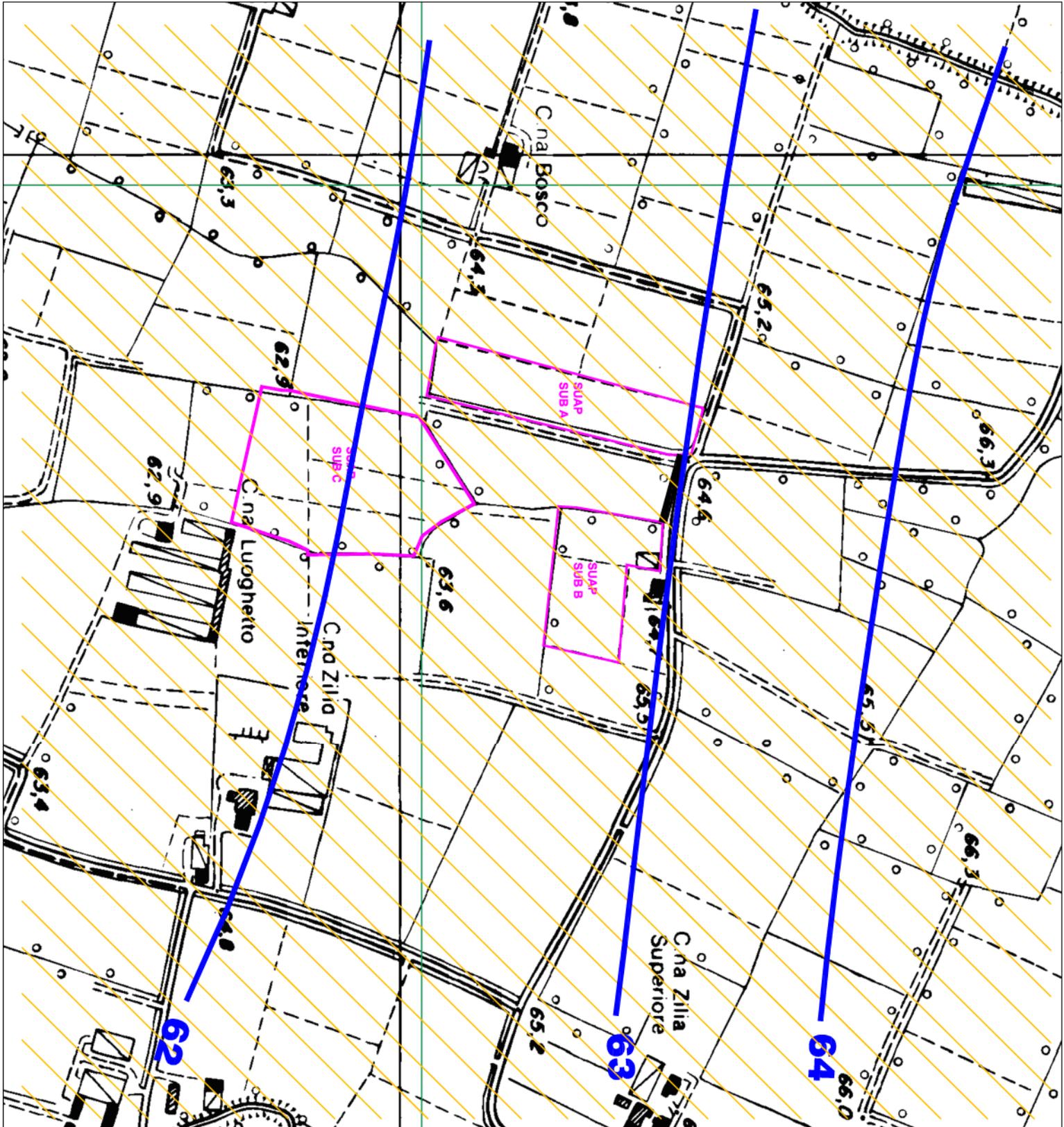
Reticolo idrografico secondario

Isolipse in msm

Area di variante

Il Geologo:
Dr. Corrado Aleffi

codice file: bs-calvisano-tercompositi305	
03	
02	25.01.21
01	17.04.19
N	data
	emissione - Revisione 01
	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" GS/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

Progetto di ampliamento di attività produttiva esistente

Il Committente: Tercompositi

Tavola CS3.1.2 scala 1:5.000

Carta Idrogeologica

Legenda:

Depositi a permeabilità alta

Isopezze in msm

Area di variante

Il Geologo:
Dr. Corrado Aleotti

03	codice file: bs-calvisano-tercompositi305
02	25.01.21 emissione - Revisione 01
01	17.04.19 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" GSLP; 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

Progetto di ampliamento di attività produttiva esistente

Il Committente: Tercompositi

Tavola CS3.1.3

scala 1:5.000

Carta della pericolosità sismica locale

Legenda:



Indagine HVSR



Z4a - Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi (Amplificazioni litologiche) - Fa < Soglie



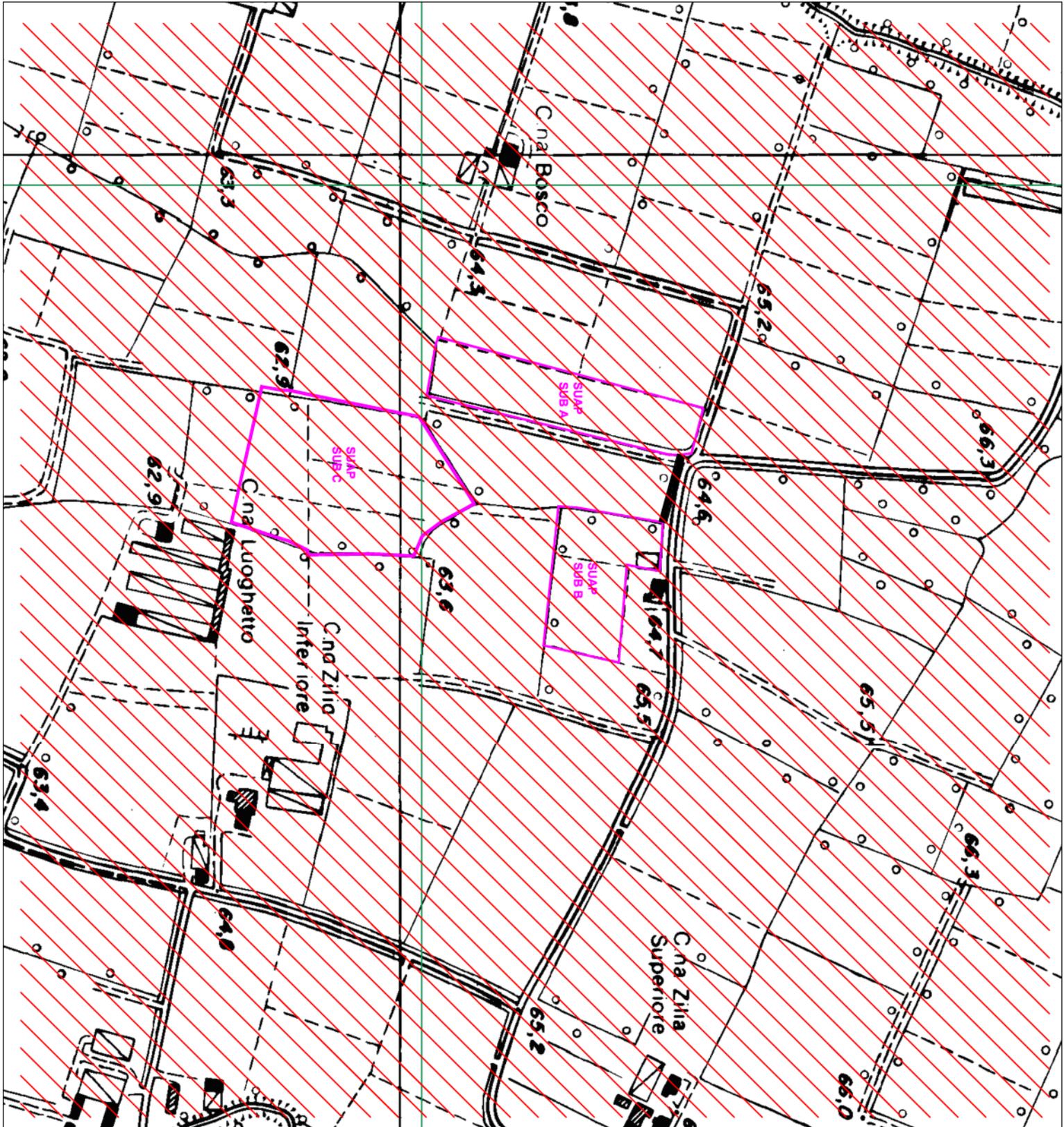
Area di variante

Il Geologo:
Dr. Corrado Aleotti



codice file: bs-calvisano-tercompositi305

	03	02	01	N
emissione - Revisione 01	25.01.21			
emissione - Revisione 00				
data				
descrizione				



Comune di Calvisano

Provincia di Brescia

D.M. 14/01/2008; Circolare 02/02/09 "Istruzioni per l'applicazione nelle NTC" GS/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

Progetto di ampliamento di attività produttiva esistente

Il Committente: Tercompositi

Tavola CS3.1.4 scala 1:5.000

Carta della vulnerabilità naturale

Legenda:

Grado di vulnerabilità	L'ampiezza di superficie	Profondità del letto della grotta	Configurazione dell'acquifero
Basso	Argilla Limo Argilla Limo	> 10 m > 10 m < 10 m < 10 m	confinato/libero confinato confinato/libero confinato
Medio	Sabbia/ghiaia Limo	> 10 m > 10 m	libero confinato
Alto	Sabbia Sabbia Ghiaia	< 10 m < 10 m < 10 m	libero confinato confinato
Estremamente Elevato	Ghiaia	>10m - <10m	libero
Estremamente Elevato	Ghiaia	0 m	diverso

Area di variante

Il Geologo:
Dr. Corrado Aleotti

	
03	codice file: bs-calvisano-tercompost305
02	25.01.21 emissione - Revisione 01
01	17.04.19 emissione - Revisione 00
N	data
N	descrizione

Comune di Calvisano

Provincia di Brescia

D.M. 14/01/2008; Circolare 02/02/09 "Istruzioni per l'applicazione nelle NTC" GS/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

Progetto di ampliamento di attività produttiva esistente

Il Committente: Tercompositi

Tavola CS3.1.5

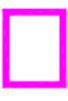
scala 1:5.000

Carta dei vincoli e sintesi

Legenda:

 Aree a bassa soggiaccenza ed elevata vulnerabilità naturale

 Vincoli di polizia idraulica fascia di rispetto

 Area di variante

Il Geologo:
Dr. Corrado Aleotti



codice file: bs-calvisano-tercompositi305	
03	
02	25.01.21 emissione - Revisione 01
01	17.04.19 emissione - Revisione 00
N	data descrizione

