COMUNE DI CLUSONE

Provincia di Bergamo

COMMITTENTE: DOSS S.p.A.

PROGRAMMA INTEGRATO DI INTERVENTO
VAL FLESH

TITOLO ELABORATO

RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA

N. PRATICA	TIPOLOGIA	FASE PROG.	SCALA	ELABORATO
25_080	IGG	-	-	**A**

REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE
0	Novembre 2025	Prima emissione
1	Gennaio 2026	Aggiornamento del quadro normativo
2	-	-
3	-	-

PROGETTISTI

Studio G.E.A.
24020 RANICA (Bergamo)
Via La Patta, 30/d
Telefono e Fax: 035.340112
E - Mail: gea@mediacom.it

Dott. Geol. SERGIO GHILARDI
iscritto all' O.R.G. della Lombardia n° 258

Dott. Ing. FRANCESCO GHILARDI
iscritto Ord. Ing. Prov. BG n. 3057

SOMMARIO

1 PREMESSA 3
2 DESCRIZIONE DEL PROGETTO 4
3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO 8
4 QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO 10
4.1 Disamina degli strumenti 10
4.2 Considerazioni sulla fattibilità dell'opera 16
4.3 Confronto con la variante in corso d'opera al PGT 18
5 MODELLO GEOLOGICO DEL SITO 21
5.1 Inquadramento geomorfologico 21
5.2 Inquadramento geologico 23
5.2.1 Assetto stratigrafico 23
5.3 Inquadramento strutturale e sismicità 24
5.3.1 Zone sismogenetiche 25
5.3.2 Sismicità storica 28
5.3.3 Sismicità di base del sito 32
5.4 Inquadramento idrografico e idrogeologico 35
6 INDAGINI GEOGNOSTICHE 37
6.1 Premessa 37
6.2 Prove penetrometriche dinamiche Reguzzi 2006 39
6.2.1 Caratteristiche delle prove 39
6.2.2 Profondità raggiunta dalle prove e livelli litotecnici determinati 41
6.3 Sondaggi geognostici a carotaggio continuo 42
6.3.1 Caratteristiche dei sondaggi 42
6.3.2 Sondaggio S1 43
6.3.3 Sondaggio S2 47
6.3.4 Sondaggio S3 51
6.3.5 Prelievo ed analisi geotecnica di campioni di terreno 54
6.3.6 Prove SPT in foro 56
6.3.7 Prove di permeabilità Lefranc 57
6.4 Prove penetrometriche dinamiche 58
6.4.1 Caratteristiche delle prove 58
6.4.2 Profondità raggiunta dalle prove e livelli litotecnici determinati 59
6.5 Indagini sismiche passive (HVsr) 60
6.5.1 Cenni teorici 61
6.5.2 Strumentazione utilizzata 63
6.5.3 Dati di misurazione 65
6.5.4 Pulizia della traccia 70
6.5.5 Risultati ottenuti 75
6.5.6 Analisi dei risultati 80

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

6.6 Indagine sismica MASW – Poloni 2024 83

7 MODELLO GEOTECNICO DEL SITO 86

7.1 Caratterizzazione stratigrafica 86

7.2 Parametrizzazione geotecnica 103

7.2.1 Premessa tecnica 103
7.2.2 Correlazioni geotecniche 105
7.2.3 Attribuzione dei parametri 110

8 RISPOSTA SISMICA E STABILITÀ DEL SITO 112

8.1 Pericolosità sismica di base 112

8.1.1 Vita nominale di progetto, classi d'uso e periodo di riferimento 112
8.1.2 Stati limite e probabilità di superamento 114
8.1.3 Pericolosità sismica di base 116
8.1.4 Categorie di sottosuolo 120
8.1.5 Condizioni topografiche 122

8.2 Componente sismica dei P.G.T. Comunali 123

8.2.1 Generalità e metodologie di analisi 123
8.2.2 1° Livello – carta della PSL 126
8.2.3 2° livello – Verifica del fattore di amplificazione Fa 128
8.2.4 Valutazione rispetto ai risultati dell'analisi sismica di II livello svolti a scala comunale 134

8.3 Pericolosità sismica di sito – spettri di risposta elastici 137

8.3.1 Comparto NORD – Lotto 1 e 2 140
8.3.2 Comparto SUD – Lotto 3 143
8.3.3 Comparto SUD – Lotto 4 146

8.4 Adeguatezza del sito di costruzione 149

8.5 Adeguatezza del terreno di fondazione 149

9 INDICAZIONI TECNICHE 150

9.1 Consigli e prescrizioni di carattere generale 150

10 CONCLUSIONI 152

ELENCO ALLEGATI 154

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

1 PREMESSA

Su incarico della Soc. DOSS S.p.A. viene redatta la presente relazione geologico – geotecnica e sismica in supporto al programma integrato di intervento Val Flesh sito in comune di Clusone (BG).

L'indagine, in particolare, si rende necessaria in aderenza alle disposizioni normative in capo a:

- **L.R. 11 marzo 2005 n. 12** e rispettivi criteri attuativi definiti con D.G.R. 22/12/05, n. 8/1566 *"Criteri ed indirizzi per la definizione 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"* e s.m.i.
- **D.M. 14 gennaio 2008** *"Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni"* (pubblicato sulla G.U. n. 29 del 4 febbraio 2008 – Supplemento Ordinario n. 30) e s.m.i. **D.M. 17 gennaio 2018** *"Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni"* (Pubblicato sulla G.U. n. 8 del 20 febbraio 2018)
- **Norme Geologiche di Piano del P.G.T.**
- **Direttiva Alluvioni**.

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

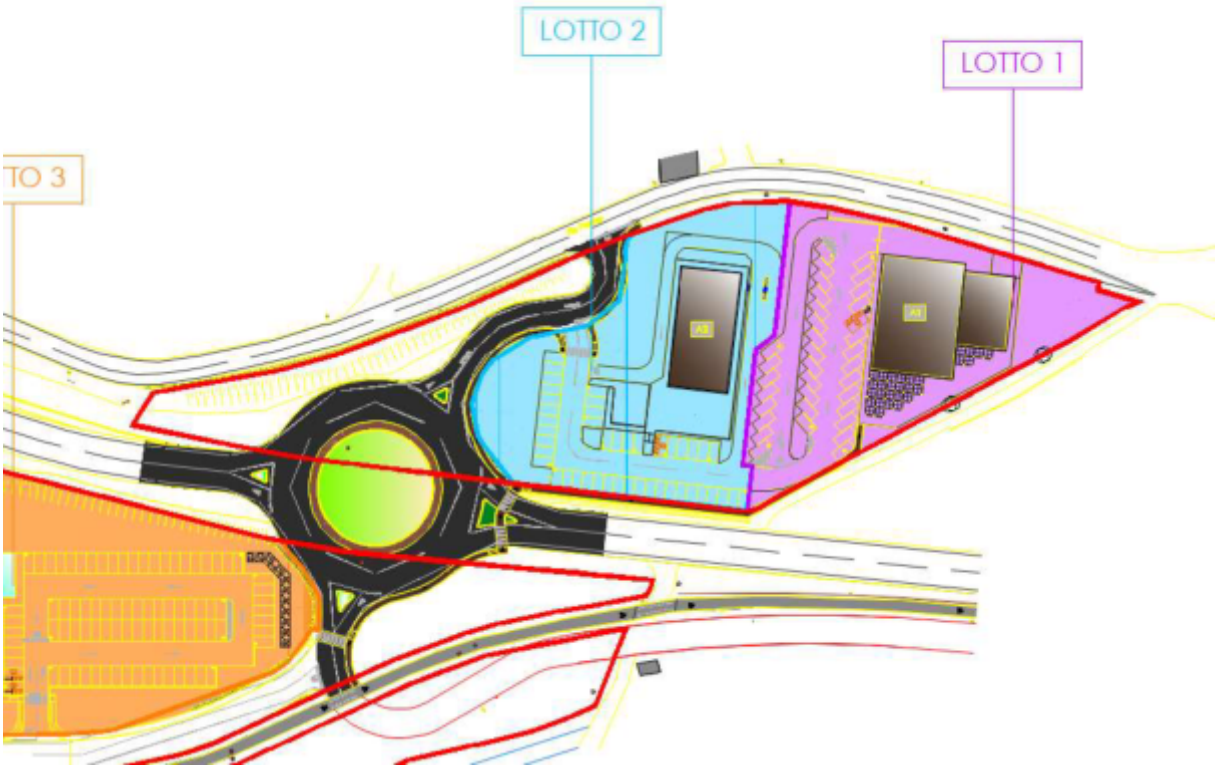
2 DESCRIZIONE DEL PROGETTO

L'ambito di intervento interessa una superficie di circa 40.000 m^2 ubicati in sinistra ed in destra alla SS671 all'altezza dell'abitato delle Fiorine, a Clusone. L'area è suddivisibile in due ambiti attraverso la SS671: l'ambito a nord è attualmente un'area prevalentemente prativa di superficie 10.000 m^2 e risulta compreso tra via Fiorine e la SS671. L'ambito a sud, di estensione 30.000 m^2 risulta un'area polifunzionale dismessa posta tra la SS671, via Valgo e la pista ciclopedonale.

Figura 1 – Perimetrazione indicativa dell'area (in rosso) e delle due sotto aree (in blu ed in verde)

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

Il Programma prevede la suddivisione del comparto nord in due lotti funzionali (lotto 1 e lotto 2) con destinazione ristorativa per una superficie totale di lottizzazione pari a 7.120 m^2 corrispondente ad un volume di 6.250 m^3. È dunque prevista la realizzazione di due fabbricati con relative urbanizzazioni esterne.

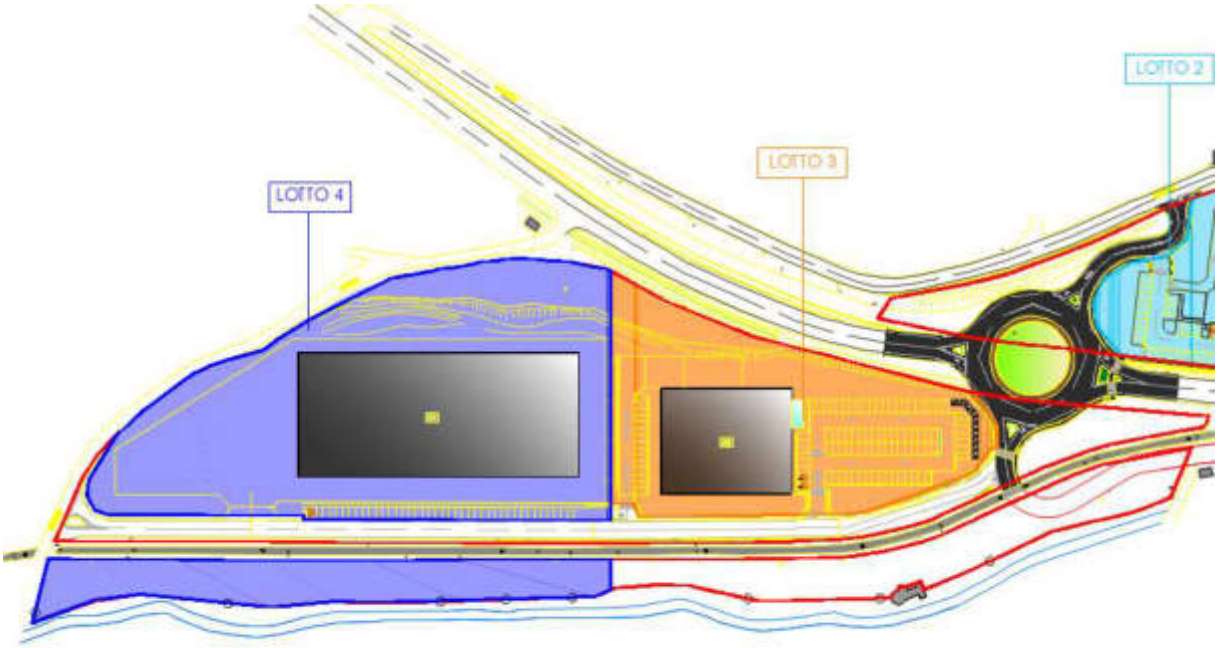


COMPARTO URBANISTICO NORD						
Edificio n.	Destinazione funzionale:	Superficie di coperta	Superficie Lorda di Pavimento	Altezza	Volume	Superficie lotto
		mq	mq	m	mc	mq
A1	FOOD	800	800	5.00	4.000	3.520
A2	FOOD	450	450	5.00	2.250	3.600
Totale		1.250	1.250		6.250	7.120

Figura 2 – Planivolumetrico del comparto nord

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

Il Programma prevede la suddivisione del comparto sud a sua volta in due lotti funzionali (lotto 3 e lotto 4) con destinazione commerciale (lotto 3) e produttivo-commerciale (lotto4) per una superficie totale di lottizzazione pari a 23.680 m^2 corrispondente ad un volume di 70.000 m^3. È dunque prevista la realizzazione di due fabbricati con relative urbanizzazioni esterne.



COMPARTO URBANISTICO SUD						
Edificio n.	Destinazione funzionale:	Superficie di coperta	Superficie Lorda di Pavimento	Altezza	Volume	Superficie lotto
		mq	mq	m	mc	mq
A3	COMMERCIALE	2.000	2.000	5,00	10.000	8.860
A4	PRODUTTIVO	4.850	4.850	12,00	58.200	18.165
	COMMERCIALE	150	150	12,00	1.800	
Totale		7.000	7.000		70.000	23.680

Figura 3 - Planivolumetrico del comparto sud

Il progetto prevede inoltre la realizzazione di una nuova rotatorio sulla SS671 a connessione dei due comparti (nord – sud).

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

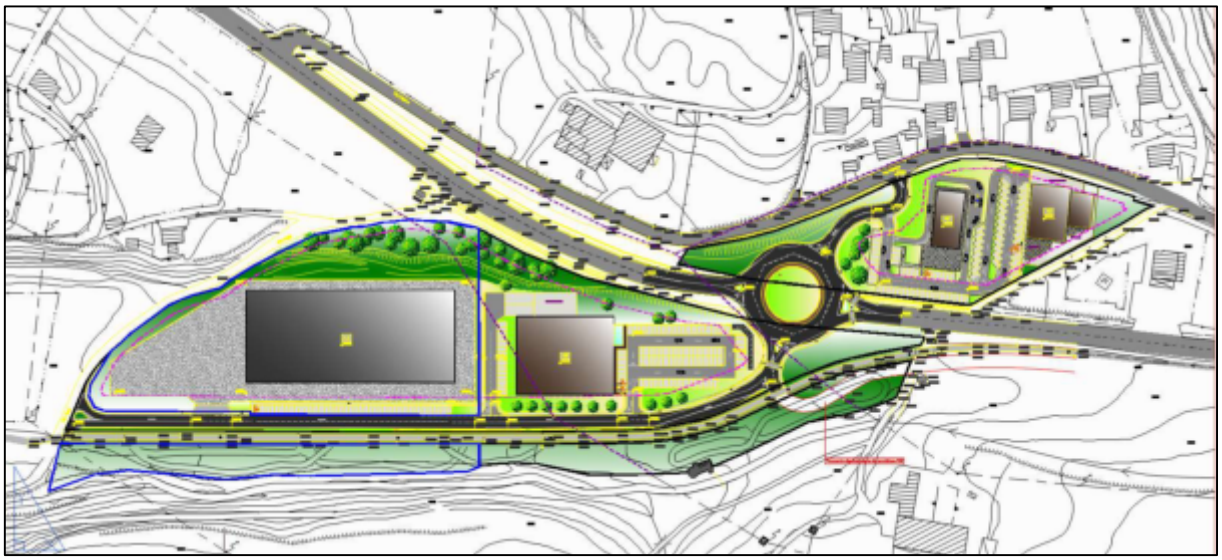


Figura 4 – Stralcio del planivolumetrico generale di progetto

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area di progetto è sita nel territorio comunale di Clusone, in corrispondenza della frazione di Fiorine, nel settore occidentale del territorio comunale. L'area si sviluppa a nord ed a sud della SS671, tra via Fiorine e la val Flesh.

La quota di riferimento è pari a 550 m s.l.m. circa (presso la SS671).

L'esatta ubicazione dell'area è visibile negli stralci corografici sotto riportati.

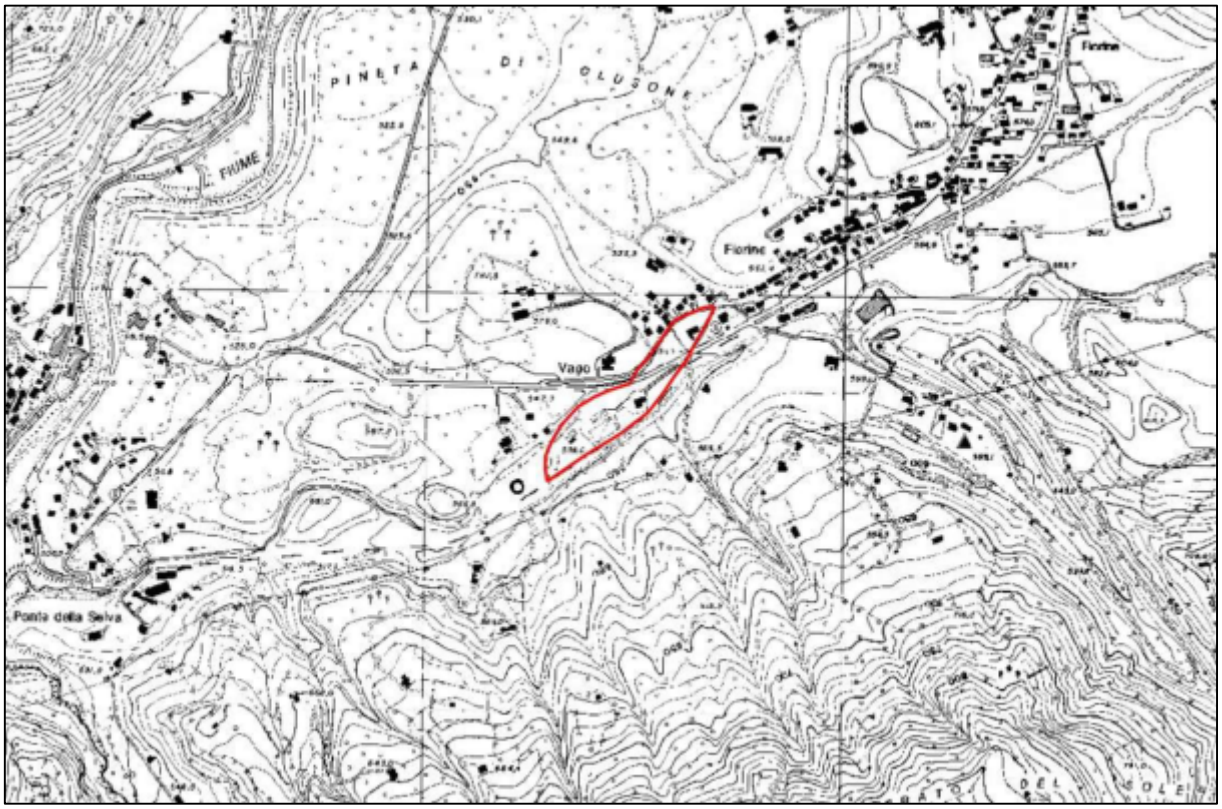


Figura 5 - Corografia dell'area di studio su base CTR

Indicata in rosso l'area di intervento

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

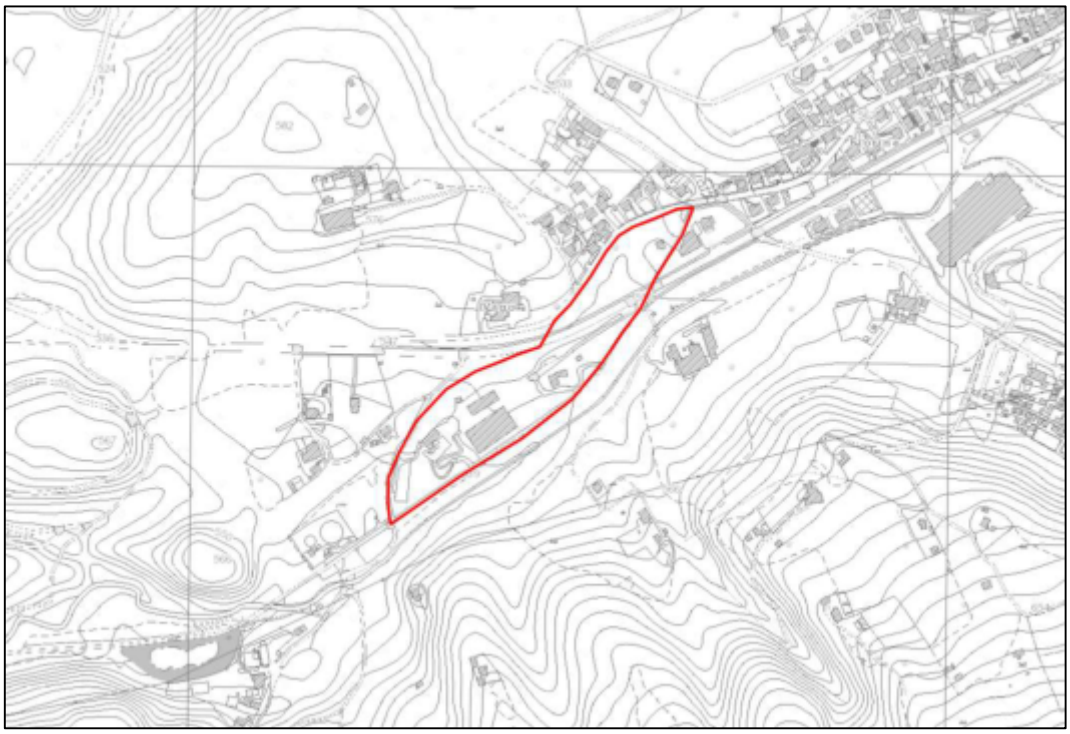


Figura 6 - Corografia dell'area di studio su base DBGT di Regione Lombardia

Indicata in rosso l'area di intervento

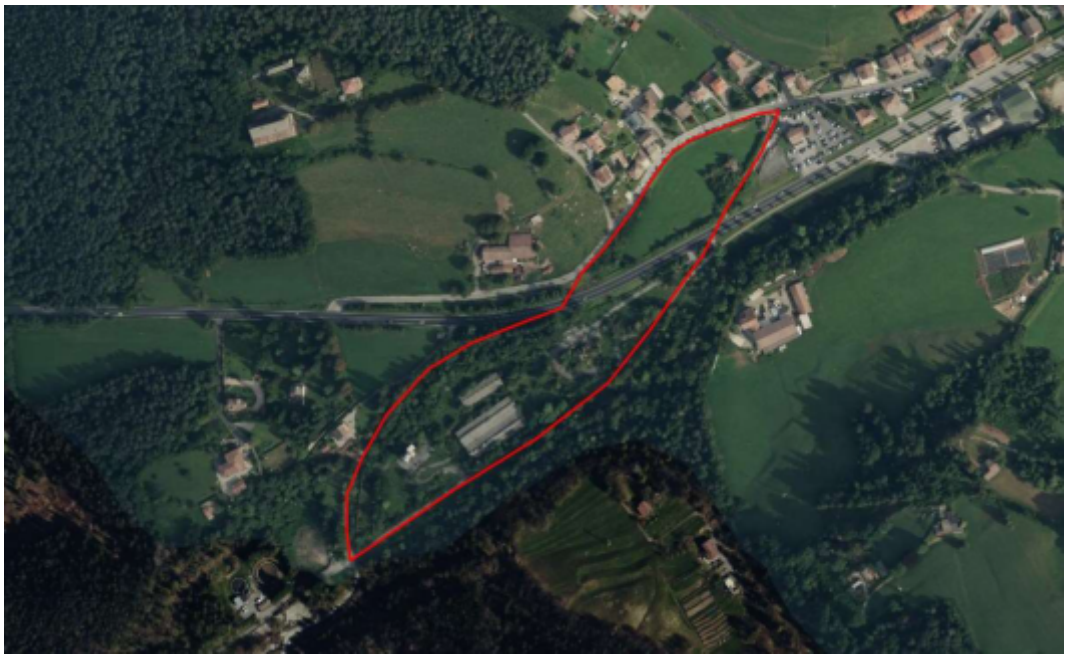


Figura 7 - Corografia dell'area di studio su base Ortofoto AGEA 2021

Indicata in rosso l'area di intervento

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

4 QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

4.1 Disamina degli strumenti

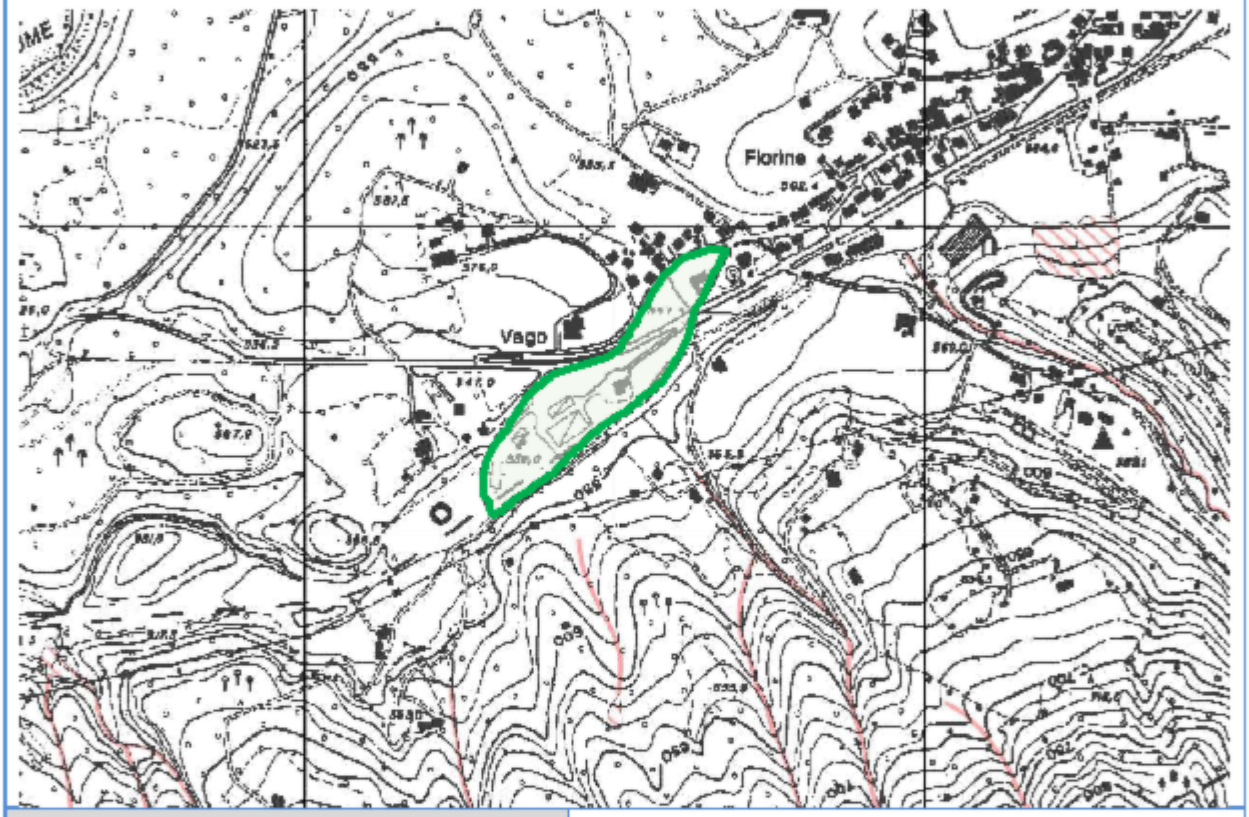
Al fine di individuare gli eventuali ambiti di criticità e/o gli eventuali vincoli geologici presenti nell'area di studio, sono stati considerati alcuni strumenti normativi di riferimento, nelle versioni disponibili al momento della redazione del presente documento. In particolare, in questo caso sono stati consultati:

- Componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio comunale:
  - quadro del dissesto P.A.I. + P.G.R.A.
  - vincoli geologici
  - sintesi degli ambiti geologici
  - fattibilità geologica delle azioni di piano
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA).

Nelle pagine seguenti si allegano gli stralci cartografici degli strumenti consultati, indicando gli ambiti di criticità o i vincoli con cui l'area eventualmente interferisce.

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

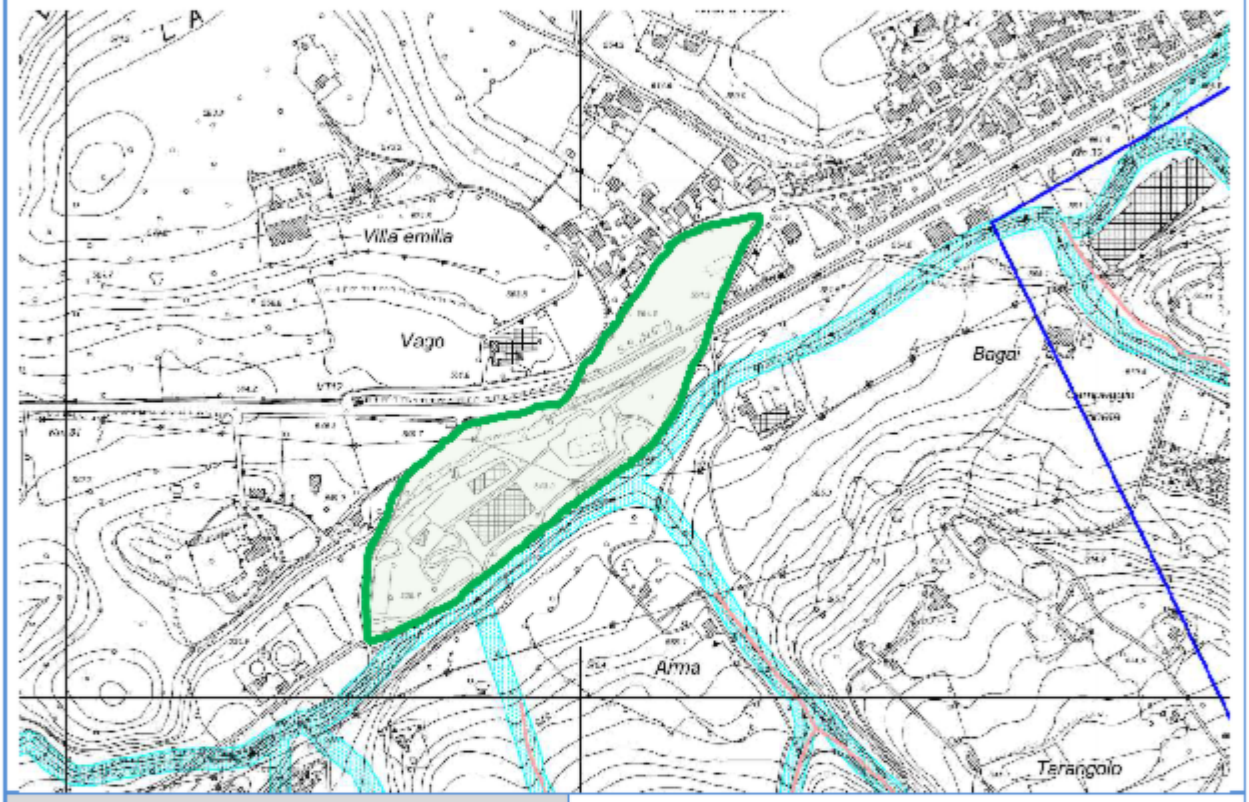
STRUMENTO	**Carta PAI del P.G.T. comunale**
AUTORE	Dott. Geol. Corrado Reguzzi Febbraio 2011
AMBITI O VINCOLI RAPPRESENTATI NELLA TAVOLA DEL PGT	• Dissesti del P.A.I.



VINCOLI O AMBITI INTERFERENTI COMPLETAMENTE	-
VINCOLI O AMBITI INTERFERENTI MARGINALMENTE	-
NOTE	-

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

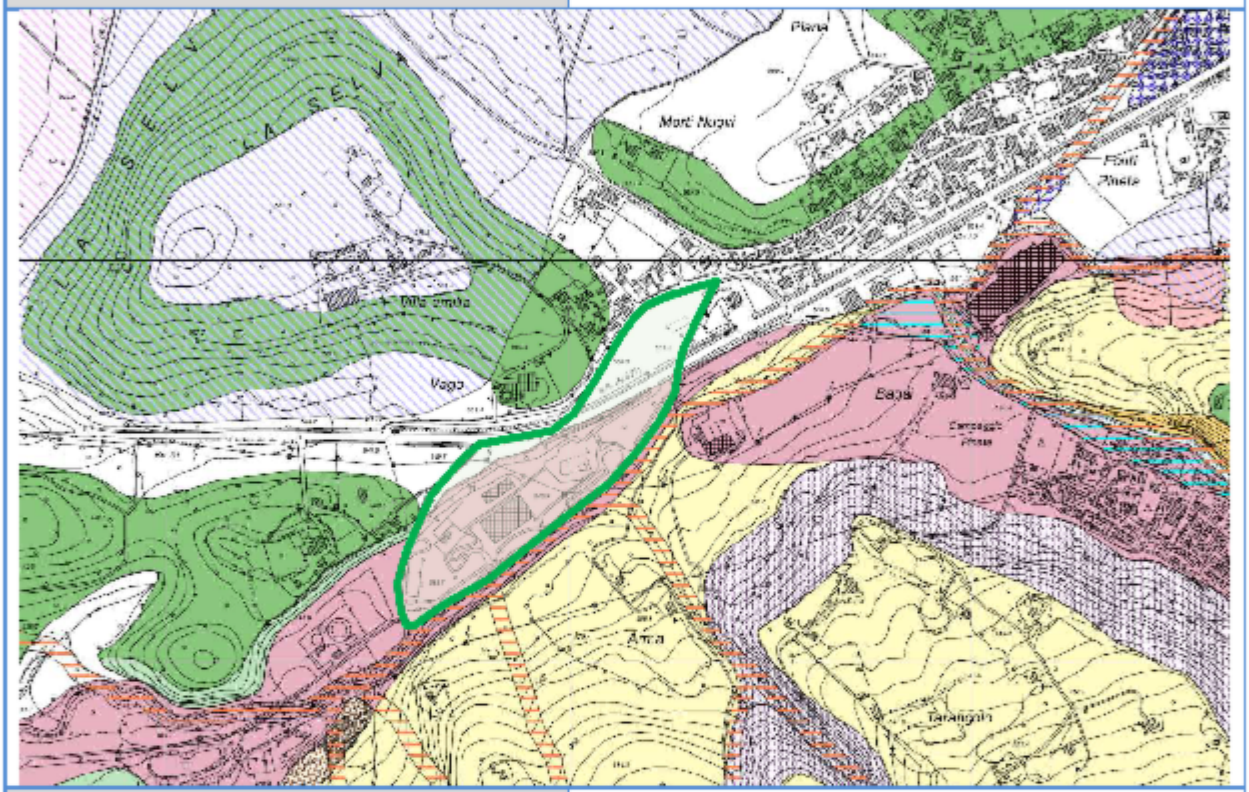
STRUMENTO	**Carta dei Vincoli del P.G.T. comunale**
AUTORE	Dott. Geol. Corrado Reguzzi Febbraio 2011
AMBITI O VINCOLI RAPPRESENTATI NELLA TAVOLA DEL PGT	• Dissesti del P.A.I. • Vincolo di polizia idraulica • Aree di salvaguardia sorgenti idropotabili • Fasce fluviali



VINCOLI O AMBITI INTERFERENTI COMPLETAMENTE	-
VINCOLI O AMBITI INTERFERENTI MARGINALMENTE	Fascia di rispetto del RIM – marginale interferenza a sud presso la val Flesh
NOTE	-

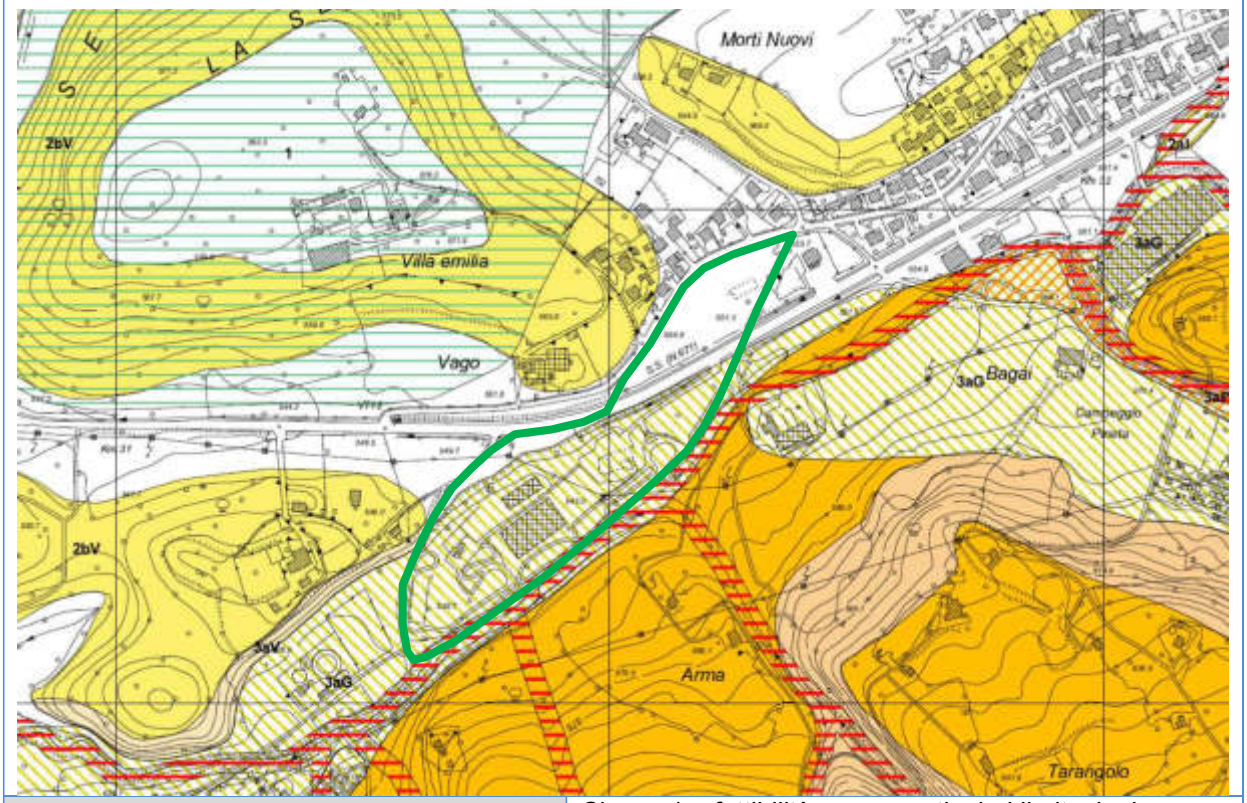
Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

STRUMENTO	**Carta di Sintesi del P.G.T. comunale**
AUTORE	Dott. Geol. Corrado Reguzzi Febbraio 2011
AMBITI O VINCOLI RAPPRESENTATI NELLA TAVOLA DEL PGT	• Ambiti di criticità geologica e idraulica



VINCOLI O AMBITI INTERFERENTI COMPLETAMENTE	Area con consistenti disomogeneità tessiturali verticali e laterali (comparto sud)
VINCOLI O AMBITI INTERFERENTI MARGINALMENTE	Fascia di rispetto del RIM – marginale interferenza a sud presso la val Flesh
NOTE	-

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

STRUMENTO	**Carta di Fattibilità Geologica delle Azioni di Piano del P.G.T. comunale**
AUTORE	Dott. Geol. Corrado Reguzzi Febbraio 2011
AMBITI O VINCOLI RAPPRESENTATI NELLA TAVOLA DEL PGT	• Classi di fattibilità geologica
	
VINCOLI O AMBITI INTERFERENTI COMPLETAMENTE	Classe 1 – fattibilità senza particolari limitazioni (comparto nord) Classe 3aG – fattibilità con consistenti limitazioni di carattere geotecnico
VINCOLI O AMBITI INTERFERENTI MARGINALMENTE	
NOTE	-

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

STRUMENTO	**Piano di Gestione del Rischio Alluvioni**
AUTORE	ADBPo Regione Lombardia
AMBITI O VINCOLI RAPPRESENTATI NELLA TAVOLA DEL PGT	• Aree allagabili del PGRA

VINCOLI O AMBITI INTERFERENTI COMPLETAMENTE	-
VINCOLI O AMBITI INTERFERENTI MARGINALMENTE	-
NOTE	-

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

4.2 Considerazioni sulla fattibilità dell'opera

STRUMENTO	AMBITO	DESCRIZIONE
Dissesti del P.A.I.	-	Nessuna interferenza
P.G.R.A.	-	Nessuna interferenza
Vincoli geologici ed idrogeologici	-	Marginale fascia di rispetto RIM
Sintesi	-	Area con consistenti disomogeneità tessiturali verticali e laterali (comparto sud)
Fattibilità geologica	1	Fattibilità senza particolari limitazioni
	3aG	Fattibilità con consistenti limitazioni di carattere geotecnico

Figura 8 – Sintesi degli ambiti e dei vincoli geologici ed idrogeologici

L'area di progetto si colloca in un ambito caratterizzato da difformità tessiturali del sottosuolo nel comparto sud, mentre per il comparto nord non si segnalano particolari elementi di attenzione.

Le Norme Geologiche di Piano di Clusone per la classe "3aG" riportano quanto segue:

Classe 3aG – Fattibilità con consistenti limitazioni di carattere geotecnico

Progetti di nuovi interventi edificatori, interventi di manutenzione straordinaria, risanamento conservativo, restauro e ristrutturazione di opere o edifici esistenti sono subordinati alla presentazione di un'indagine geotecnica, con prove in sito, che definisca le caratteristiche geotecniche nonché la continuità laterale e verticale del terreno di fondazione, la presenza di acqua nel terreno ed individui gli interventi utili per l'integrità strutturale del progetto. Sono esclusi dalla presente prescrizione i progetti relativi a manufatti esistenti che non prevedano significativi interventi strutturali e che prevedano incrementi areali inferiori a 50 m^2.

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

Le Norme Geologiche di Piano di Clusone per la classe “1” riportano quanto segue:

Classe 1 – Fattibilità senza particolari limitazioni

Non si prescrivono norme all’utilizzazione del suolo: è responsabilità del progettista incaricato o del direttore dei lavori valutare l’utilità o la necessità di un'indagine geologica, idrogeologica o geotecnica specifica, sulla base delle caratteristiche di progetto e del terreno.

Le opere in progetto risultano compatibili con le norme geologiche dell’area in esame, salvo il rispetto delle prescrizioni indicate.
Per quanto riguarda la fascia di rispetto del RIM, posta marginalmente all’ambito sud, si rimanda al rispetto della specifica normativa.

Gli approfondimenti geognostici del caso sono stati eseguiti e sono descritti nella presente relazione, anche in virtù della tipologia di opera: studio geologico generale, rilevamenti e sopralluoghi di campagna, recupero di indagini geologiche eseguite in terreni prossimali al sito di progetto e valutazioni puntuali circa la sismicità del sito.

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

4.3 Confronto con la variante in corso d'opera al PGT

In presente paragrafo è redatto in relazione all'aggiornamento dello Studio Geologico del Clusone, la cui Variante al Piano è attualmente adottata nel luglio 2025 ed in fase di recepimento delle osservazioni, redatto dallo Studio di Geologia Tecnica del dott. Geol. Corrado Reguzzi nell'agosto 2023.

In particolare, essendo la variante adottata e risultando quindi nel periodo di salvaguardia, il PI in esame viene valutato in riferimento anche alle eventuali modifiche occorse alla Componente Geologica.

Dissesti PAI, Vincoli e Fattibilità Geologica

Rispetto ai dissesti derivati dal PAI e PGRA, rispetto alla Variante in corso non si riscontrano ambiti interferenti di nuova introduzione rispetto al quadro verificato con la vigente componente geologica del PGT.

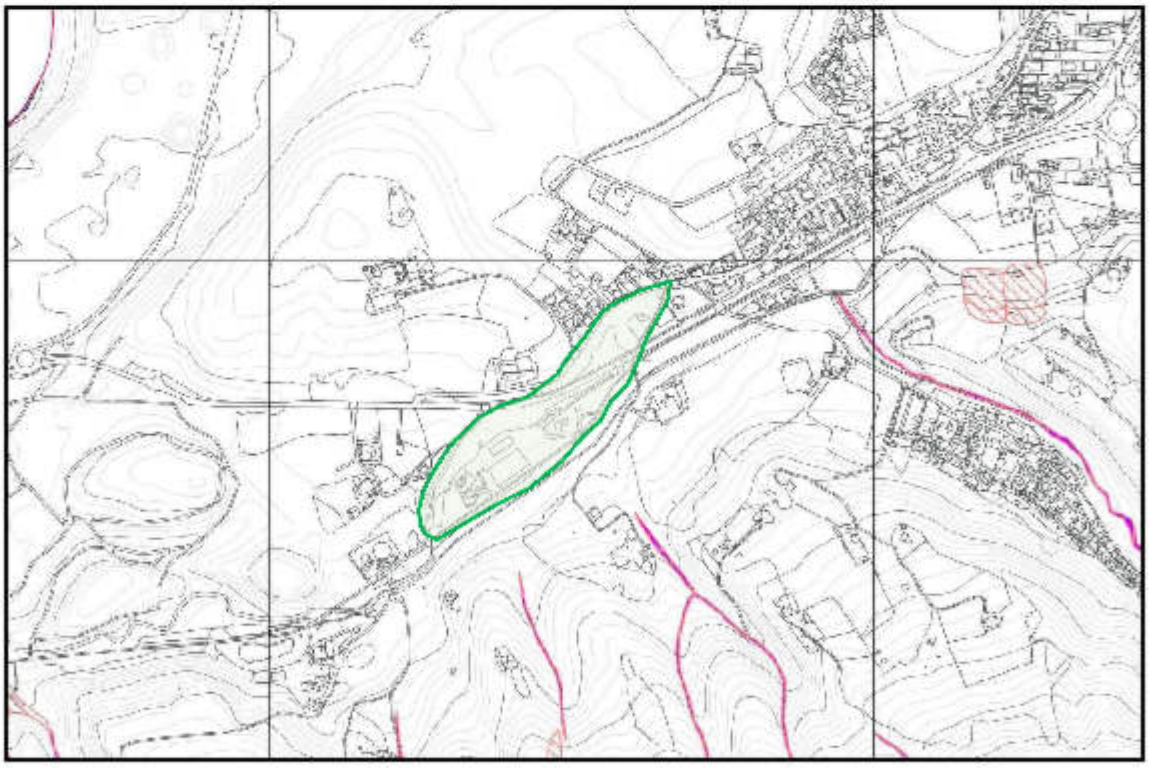


Figura 9 – Quadro dissesti PAI in variante, evidenziata in verde l'area di Studio

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

Vincoli geologici

Per quanto riguarda i vincoli di natura geologica, la Variante non introduce nuovi ambiti o vincoli interferenti con l'area in oggetto. Viene mantenuta la fascia di rispetto per il torrente val Flesh individuata a sud del comparto sud, ma risultante sempre non interferente con l'ambito in esame.

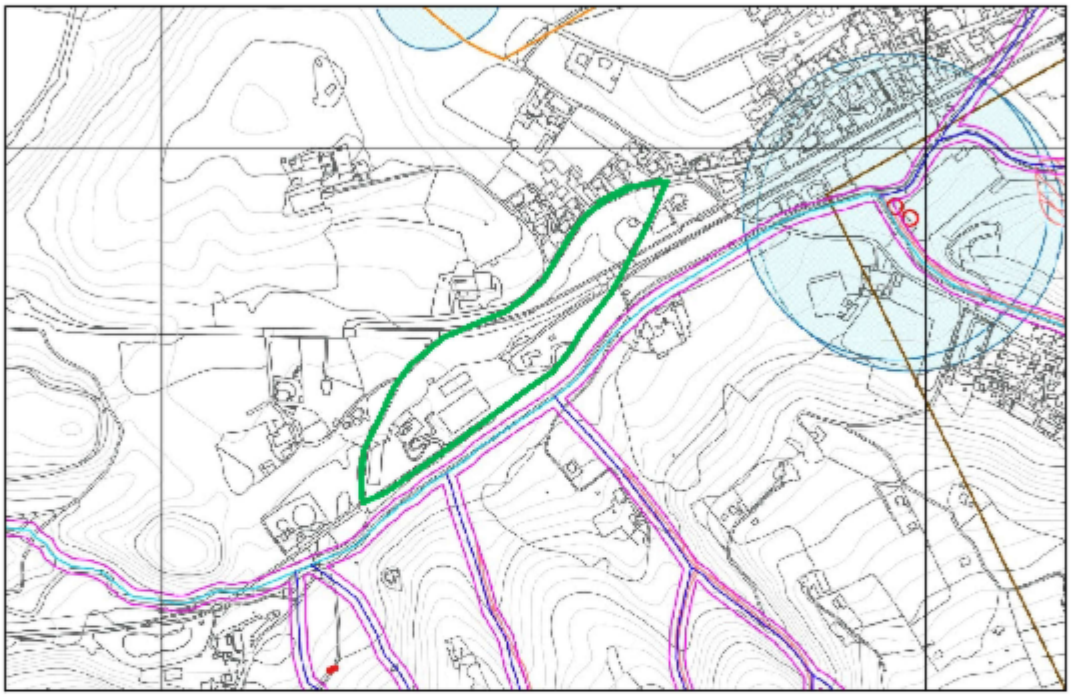


Figura 10 – Carta dei Vincoli in variante, evidenziata in verde l'area di Studio

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

Carta della fattibilità geologica

Per quanto riguarda la fattibilità geologica, la Variante propone un aggiornamento in riduzione dei vincoli specifici per l'area di studio. Difatti, per il settore meridionale viene meno l'individuazione della classe di fattibilità 3 (con consistenti limitazioni di carattere geotecnico) ponendo l'intero ambito in classe di fattibilità 1 (senza particolari limitazioni) al pari del comparto nord.

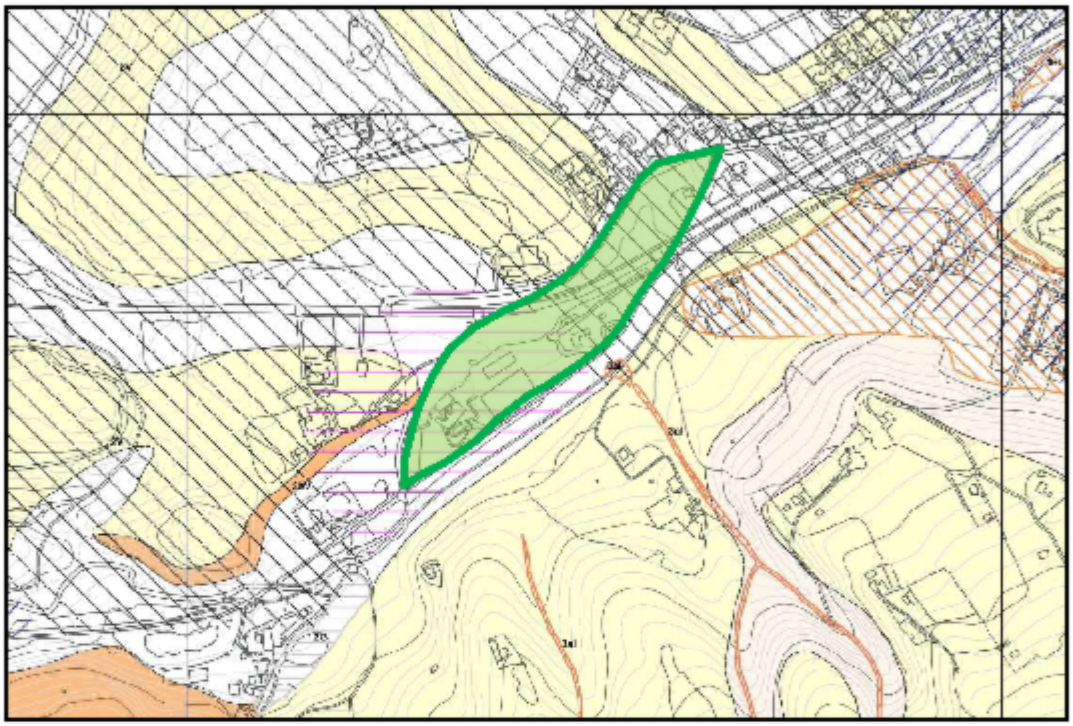


Figura 11 - Carta della fattibilità geologica in variante, evidenziata in verde l'area di Studio

All'interno della Carta della fattibilità geologica vengono inoltre riportati gli esiti dell'analisi sismica di II livello. Per la trattazione di tali aspetti si rimanda al relativo capitolo all'interno della presente relazione (capitolo § 8)

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

5 MODELLO GEOLOGICO DEL SITO

5.1 Inquadramento geomorfologico

La morfologia del territorio di Clusone, ed in generale di tutto l'altopiano, fino a Rovetta, è il risultato della combinazione di diversi fattori geologici (litologia, tettonica), di fattori climatici (precipitazioni, variazioni di temperatura ed umidità, ecc.) e di agenti del modellamento superficiale imputabile ad antichi ghiacciai, acque libere ed incanalate, forza di gravità, cicli di gelo e disgelo.

Tra gli agenti del modellamento superficiale riveste particolare importanza anche l'azione antropica. Nell'ambito di progetto sono stati per lo più rilevati depositi fluvioglaciali e depositi glaciali (depositi morenici).

I primi sono depositi quaternari originatisi nelle fasi interglaciali per lo smantellamento degli apparati morenici sotto l'azione fluviale, ed attualmente sono incisi dalle acque torrentizie. Si tratta di coltri grossolane, localmente cementate in banconi conglomeratici suborizzontali, con intercalazioni limo-sabbiose.

La presenza di livelli maggiormente erodibili e/o dilavabili ha permesso talora la formazione di cavità anche di notevoli dimensioni all'interno dei banchi conglomeratici, ove si rinvengono anche le intercalazioni di lenti di sabbie e limi.

Questi livelli più sottili e queste cavità si manifestano talora in corrispondenza delle scarpate che costituiscono i ripidi bordi del "terrazzo" lungo il Valeggia; nelle parti pianeggianti invece i depositi fluvioglaciali sono ricoperti da suolo limo – argilloso di alterazione. I depositi glaciali rappresentano gli accumuli frontali, laterali e di fondo dei detriti trasportati dalle lingue dei ghiacciai dell'ultima glaciazione quaternaria (morene). Si tratta di sedimenti comprendenti in genere materiali lapidei provenienti da formazioni rocciose locali (rocce calcaree e dolomitiche). In alcune zone sono ancora ben visibili le tracce del paesaggio del ghiacciaio quaternario (cordoni morenici).

I depositi morenici (del Quaternario) sono costituiti da ghiaie grossolane, in matrice sabbioso – limosa, con blocchi sparsi. Questi sedimenti sono particolarmente abbondanti nel settore settentrionale del territorio di Rovetta. Riferendoci nello

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

specifico alla Carta Geomorfologica della Cartografia Geoambientale è possibile riassumere i caratteri geomorfologici salienti: da un lato i cordoni morenici con disposizione prevalente NE-SW ad indicare la provenienza glaciale, dall'altro gli orli inattivi dei terrazzi fluvioglaciali rimodellati da diversi fattori morfogenetici concomitanti.

Non si registrano invece nell'area di progetto dissesti in atto o quiescenti e nemmeno fenomeni premonitori, come si evince anche consultando la Carta Inventario dei Dissesti e la cartografia PAI prima valutata.

Si ritiene che le opere di progetto previste non vadano a modificare o alterare l'assetto geologico – geomorfologico locale. Presso il comparto sud sono individuate alcune scarpate riferibili ad ogni di erosione torrentizia, inattiva, presso il margine sud a lato della SS671.

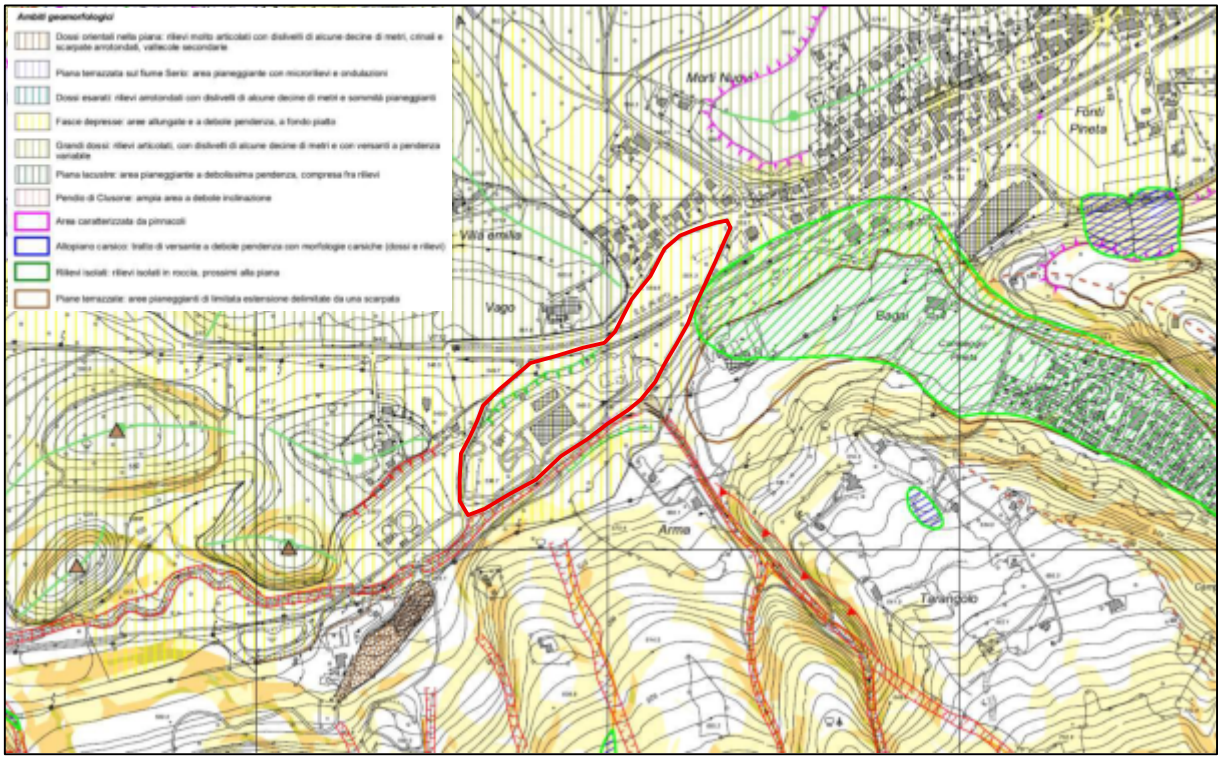


Figura 12 – Stralcio della Carta geomorfologica del PTG di CLusone, evidenziata in rosso l'area di intervento

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

5.2 Inquadramento geologico

5.2.1 Assetto stratigrafico

Come osservato l'area in esame si pone nel contesto di altopiano riferibile all'ultimo massimo glaciale. L'assetto geologico è ben evidenziato all'interno del foglio 077 "Clusone" della Carta Geologica d'Italia (Progetto CARG), che individua la presenza di depositi quaternari riferito al Sintema dei Prati Mini (PII) in facies di deposito alluvionale a ghiaie prevalenti.

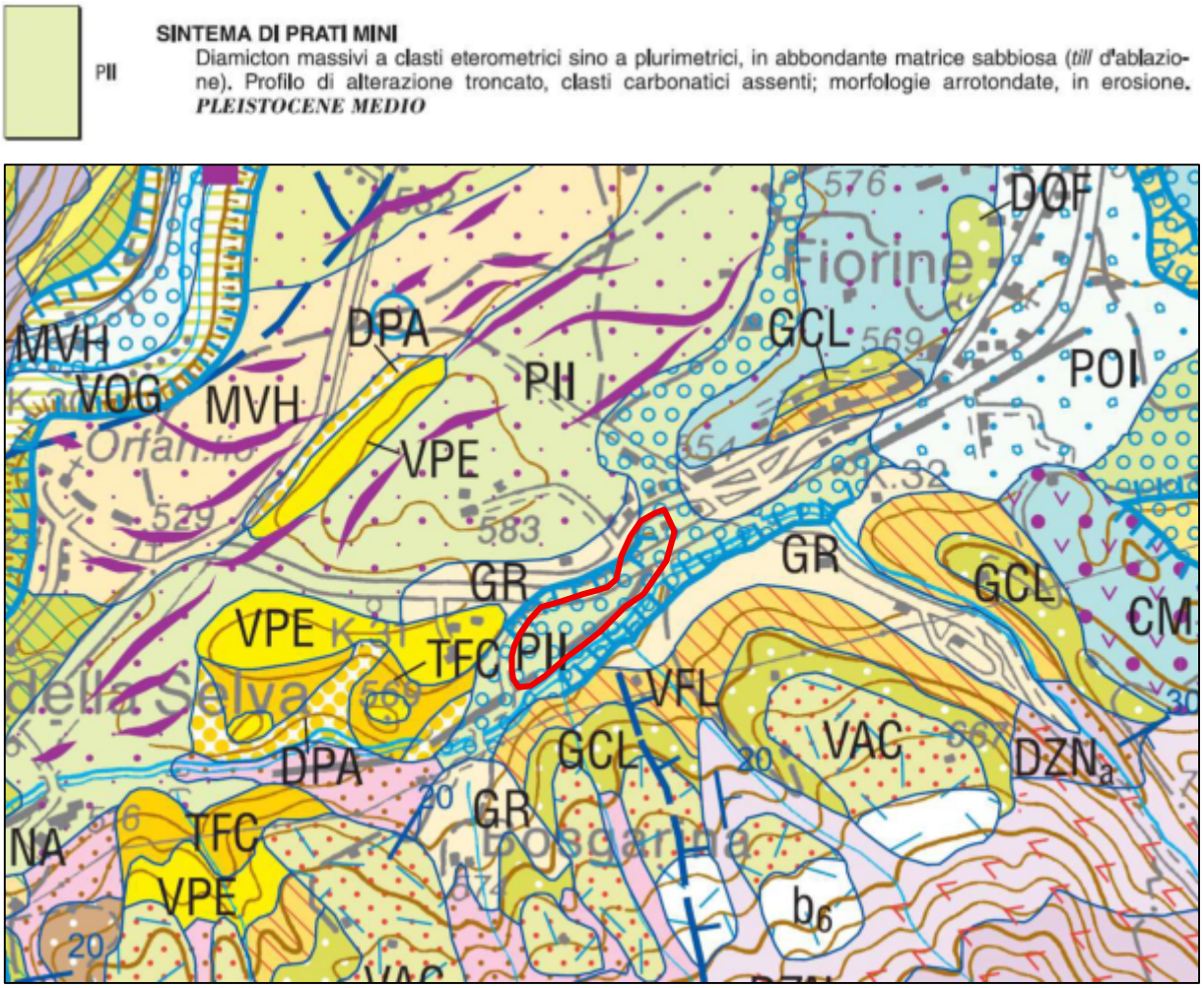


Figura 13 - Stralcio del Foglio 077 "Clusone" della Carta Geologica d'Italia (Progetto CARG, S.G.I., ISPRA, 2012)

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

5.3 Inquadramento strutturale e sismicità

Il territorio di Clusone si inserisce all'interno del contesto strutturale di raccorciamento del sistema sudalpino. L'ampia valle che fa da catino per l'altopiano di Clusone si sviluppa lungo il lineamento tettonico della Faglia di Clusone (FC) che, in prosecuzione verso ovest con la linea di Antea, delinea la separazione tra le unità strutturali intermedie (Olenekiano – Carnico) a nord con le unità strutturali superiori (Carnico – Giurassico) a sud, internamente al bacino triassico lombardo.

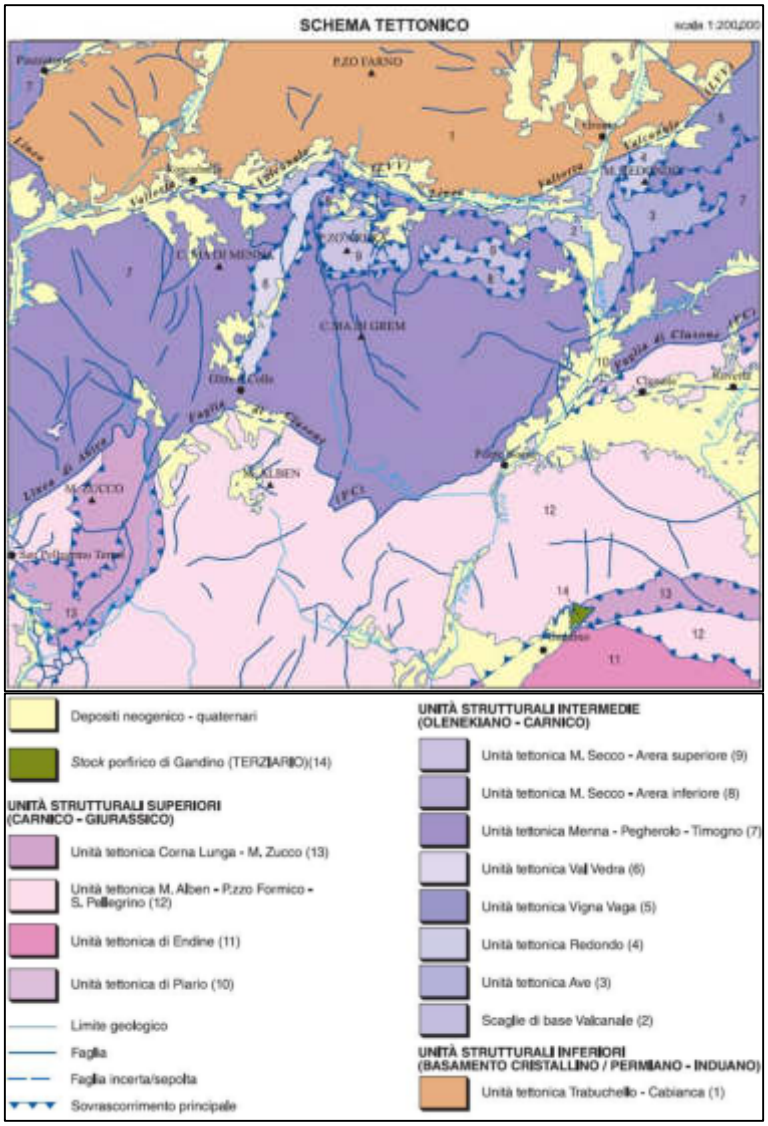


Figura 14 – Schema tettonico del foglio 077 "CLusone" della Carta Geologica d'Italia

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

5.3.1 Zone sismogenetiche

La sismicità generale del territorio è strettamente connessa al suo contesto tettonico-strutturale e quindi alla presenza di strutture geologicamente "attive". Alla base di ogni stima della pericolosità sismica di un territorio vi è dunque l'indispensabile conoscenza della sua storia sismica, cioè di tutte le informazioni sui sismi avvenuti nel passato, e della geologia strutturale locale, entrambe strettamente connesse tra loro.

La "Carta delle zone sismogenetiche ZS9" suddivide il territorio italiano in 36 zone, in base a un modello cinematico che sfrutta una serie di relazioni di attenuazione stimate sulla base di simulazioni. Le zone sismogenetiche sono state definite in base a uniformità dello stile deformativo e della congruenza cinematica con il modello deformativo.

La zona in esame si pone decisamente a nord della zona sismogenetica 907 "Bergamasco" che si sviluppa nella porzione centrale della pianura padana al passaggio tra la piana Bresciano – Bergamasca ed i rilievi alpini, ed è caratterizzata da strutture a pieghe sud-vergenti del Sudalpino orientale e faglie inverse associate.

Per l'area 907 la magnitudo massima attesa è Mwmax= 5.91.
Tutte le zone sismogenetiche vengono considerate omogenee ai fini della probabilità di accadimento degli eventi sismici e in rapporto agli epicentri noti, ne consegue che non esiste l'effetto distanza. L'ICMS 2008 al paragrafo 2.8.2 stabilisce che può essere utilizzato, a favore della sicurezza, per alcune tipologie di verifiche (es. liquefazione), la magnitudo attesa massima della zona sismogenetica di appartenenza.

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

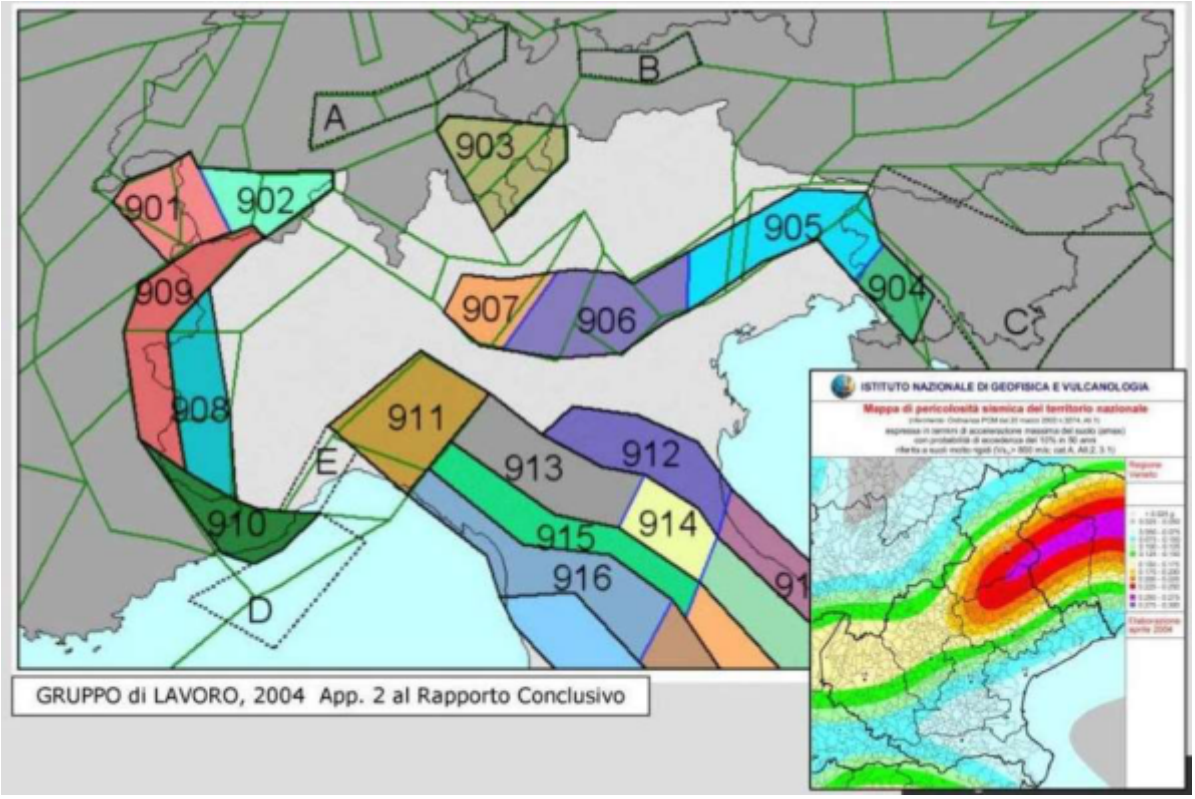


Figura 15 – Zone sismogenetiche del nord Italia

Faglie attive e capaci, e sorgenti sismogenetiche responsabili di terremoti

Verso la fine degli anni ’90 sono iniziate delle ricerche geologico-strutturali, sul fronte pliocenico (7-1.5 milioni di anni fa) - quaternario (1.5 milioni all’attuale) nell’Italia Nord Orientale e sul suo potenziale sismogenetico; con tale studio sono stati ridefiniti l’architettura del fronte sepolto della pianura friulano-veneta, lo schema dei rapporti fra i sovrasorrimenti paleocenici dinarici WSW-vergenti e quelli neoalpini SSE-vergenti e il quadro dell’evoluzione miocenica superiore-quaternaria dell’area.

Gli studi portati avanti negli anni dall’INGV hanno portato alla mappatura e alla creazione di database delle strutture responsabili dei terremoti che hanno interessato, anche in epoca storica, il nostro territorio.

Nonostante le faglie capaci possono rappresentare l’emersione in superficie di strutture sismogeniche, il Catalogo ITHACA non va utilizzato per valutazioni di hazard sismico in termini di scuotimento.

Per tali scopi si rimanda alla banca dati DISS – Database of Individual

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

Seismogenic Sources http://diss.rm.ingv.it/diss/: alla pagina seguente la mappa riportata risulta la sovrapposizione tra le informazioni del catalogo ITHACA ed in Database DISS. Le singole faglie vengono pertanto associate ad una sorgente sismogenetica composita o individuale.

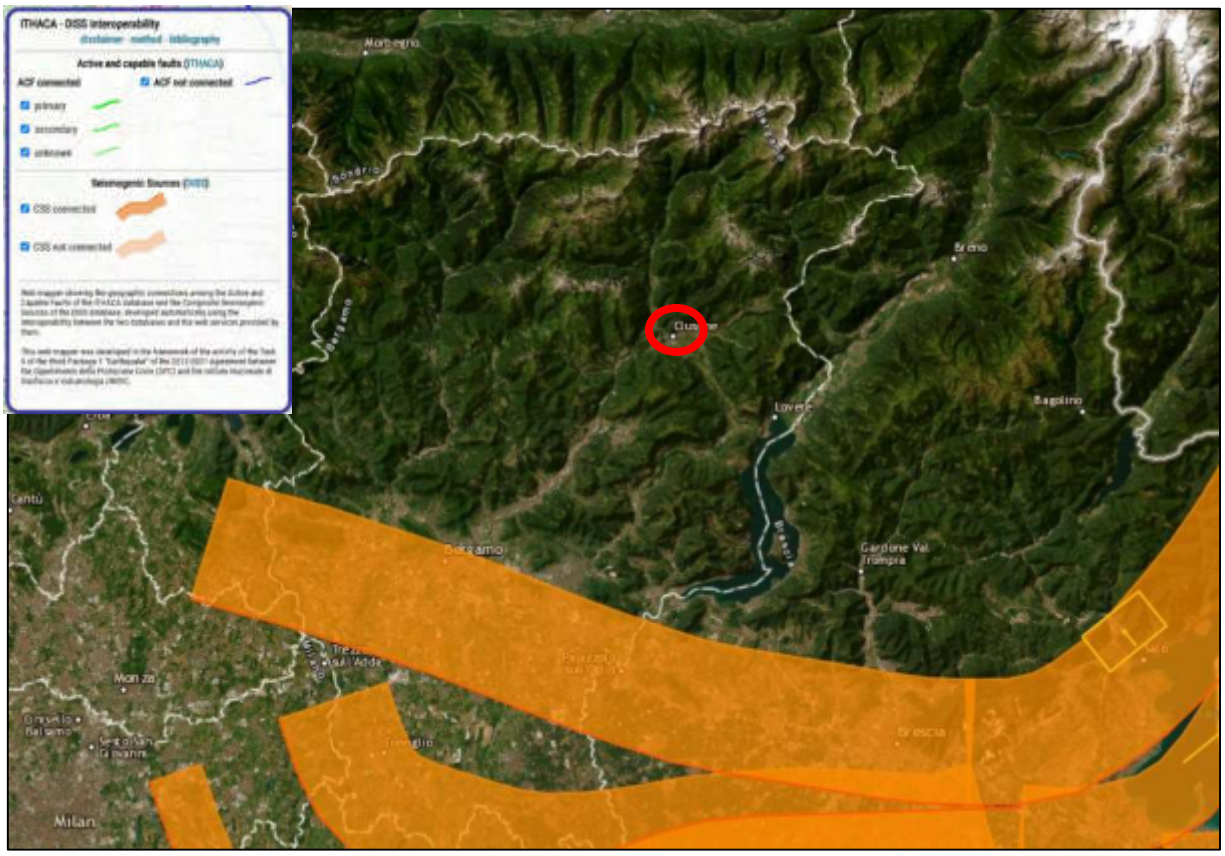


Figura 16 - ITHACA Working Group (2019). ITHACA (ITaly HAzard from CApable faulting) DISS Working Group (2021). Database of individual Seismogenic Sources, Version 3.3.0

Con riferimento al database ITHACA – DISS, per l'area di clusone non sono individuati sistemi sismogenetici complessi o faglie attive e capaci.

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

5.3.2 Sismicità storica

Si è consultato il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, CPTI15 nella versione più aggiornata v 4.0 di gennaio 2022.

I dati macrosismici a supporto di CPTI15 costituiscono il Database Macrosismico Italiano; si è consultato infatti in parallelo anche il Database Macrosismico Italiano DBMI15 v4.0 di gennaio 2022, che permette di osservare i parametri dei terremoti che hanno interessato una determinata area nell'intorno del sito in esame.

CPTI15 v4.0

Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani

DBMI15 v4.0

Database Macrosismico Italiano

Termini di utilizzo dei dati

CPTI15 è consultabile liberamente all'indirizzo http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15 e attraverso il "web service" dell'Archivio Storico Macrosismico Italiano (ASMI) all'indirizzo https://emidius.mi.ingv.it/ASMI/services/.

CPTI15 è un prodotto scientifico dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) la cui realizzazione ha richiesto anni di lavoro e raccoglie il frutto della ricerca di diversi autori di diversi enti. CPTI15 può essere utilizzato per scopi scientifici, a condizione che la fonte sia sempre citata. È espressamente vietata la pubblicazione o duplicazione del sito web sotto altro nome o altro indirizzo.

Citazione

L'utilizzo, anche parziale, del catalogo è consentito a condizione che la fonte sia sempre citata come segue:

Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P., Antonucci A. (2022). Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 4.0 [Data set]. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). https://doi.org/10.13127/cpti/cpti15.4

Licenza

CPTI15 viene rilasciato con una licenza Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Limitazioni di responsabilità

CPTI15 fornisce dati sulla sismicità italiana utilizzando le migliori conoscenze scientifiche disponibili;

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

tuttavia, in conseguenza della complessità dei fenomeni naturali in oggetto, nulla può essere imputato all'all'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia circa l'eventuale incompletezza ed incertezza dei dati riportati nel catalogo e circa accadimenti futuri che possano essere dedotti dagli utenti sulla base di tali dati.

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia e gli autori non sono responsabili dell'utilizzo, anche parziale, dei dati contenuti in questo catalogo né si assumono alcuna responsabilità circa eventuali danni arrecati a terzi per conclusioni derivanti dalle informazioni contenute in esso.

CPTI15 v4.0 è stato realizzato nell'ambito delle attività dell'Allegato A dell'Accordo quadro tra il Dipartimento di Protezione Civile e l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia 2012- 2021.

Fornisce dati parametrici omogenei, sia macrosismici, sia strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima ≥ 5 o magnitudo ≥ 4.0 d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000- 2020.

Parametri macrosismici

I dati macrosismici a supporto di CPTI15 costituiscono il Database Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15 versione 4.0; Locati et al., 2022), che contiene 123981 dati di intensità per 3229 terremoti.

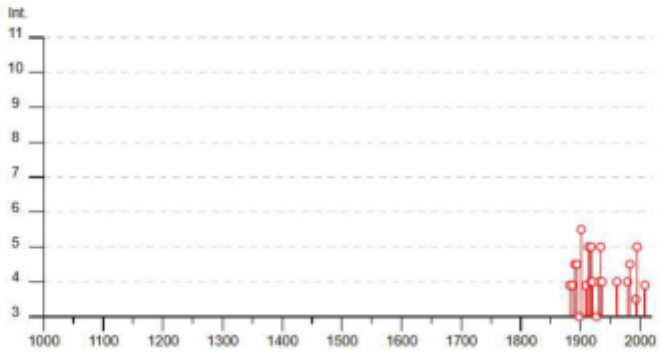
Si è consultato in parallelo anche il Database Macrosismico Italiano DBMI15 v4.0, che permette di osservare i parametri dei terremoti che hanno interessato una determinata area nell'intorno del sito in esame.

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

▶ consultazione per località (DBMI15) ▶ descrizione (DBMI15)

Clusone

PlaceID	IT_14672
Coordinate (lat, lon)	45.888, 9.950
Comune (ISTAT 2015)	Clusone
Provincia	Bergamo
Regione	Lombardia
Numero di eventi riportati	29



Effetti	In occasione del terremoto del											
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se		Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
F	1882	02	27	06	30			Valle Seriana	37	6-7	4.81
F	1887	02	23	05	21	5		Liguria occidentale	1511	9	6.27
4-5	1891	06	07	01	06	1		Valle d'Illasi	403	8-9	5.87
NF	1894	02	09	12	48	0		Valle d'Illasi	116	6	4.74
4-5	1894	11	27	05	07			Bresciano	183	6	4.89
2	1895	08	07	19	49	3		Appennino tosco-emiliano	84	5	4.67
3	1898	03	04	21	05			Parmense	313	7-8	5.37
5-6	1901	10	30	14	49	5		Garda occidentale	289	7-8	5.44
F	1909	01	13	00	45			Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
NF	1913	11	25	20	55			Appennino parmense	73	4-5	4.65
5	1914	10	27	09	22			Lucchesia	660	7	5.63
4	1917	12	09	21	40			Alta Engadina	39	6	4.60
5	1918	04	24	14	21			Lecchese	34	6	4.95
4	1920	09	07	05	55	4		Garfagnana	750	10	6.53
2	1926	01	01	18	04	0		Carniola interna	63	7-8	5.72
3	1927	08	13	01	00	5		Alta Engadina	19	5	4.40
4	1931	04	14	22	13			Valli Giudicarie	160	6	4.77
5	1934	03	23	01	46	5		Lago d'Iseo	16	5	4.31
2	1936	07	31	14	46	0		Garda orientale	15	5	4.21
4	1936	10	18	03	10			Alpago Cansiglio	269	9	6.06
4	1961	11	23	01	12	0		Prealpi bergamasche	119	6-7	4.86
2	1976	12	13	05	24			Garda settentrionale	128	7	4.90
4	1979	02	09	14	44			Bergamasco	73	6	4.78
4-5	1983	11	09	16	29	5		Parmense	850	6-7	5.04
NF	1991	11	20	01	54	1		Grigioni, Vaz	468	6	4.70
3-4	1993	12	09	18	16	5		Lago d'Iseo	175	5	4.11
5	1995	10	29	13	00	2		Lago d'Iseo	408	5-6	4.35
2-3	2001	07	17	15	06	1		Val Venosta	657	5-6	4.78
F	2008	12	23	15	24	2		Parmense	291	6-7	5.36

All'interno del database DBMI15 sono individuati per l'area in esame 29 terremoti

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

storicici caratterizzati da un MW ≥ 4. Di questi, 8 hanno raggiunto un'intensità MCS in sito pari o maggiore al grado 5:

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5-6	1901	10	30	14	49	5	Garda occidentale	289	7-8	5.44
5	1914	10	27	09	22		Lucchesia	660	7	5.63
5	1918	04	24	14	21		Lecchese	34	6	4.95
5	1934	03	23	01	46	5	Lago d'Iseo	16	5	4.31
5	1995	10	29	13	00	2	Lago d'Iseo	408	5-6	4.35
4-5	1891	06	07	01	06	1	Valle d'Illasi	403	8-9	5.87
4-5	1894	11	27	05	07		Bresciano	183	6	4.89
4-5	1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7	5.04

In epoca recente, i quattro terremoti di interesse sono stati i due terremoti del Lago d'Iseo, del 1993 e del 1995 (Mw 4.11 e Mw 4.35), il terremoto della Val Venosta del 2001 (Mw 4.78) ed il terremoto del Parmense del 2008 (Mw 5.36).

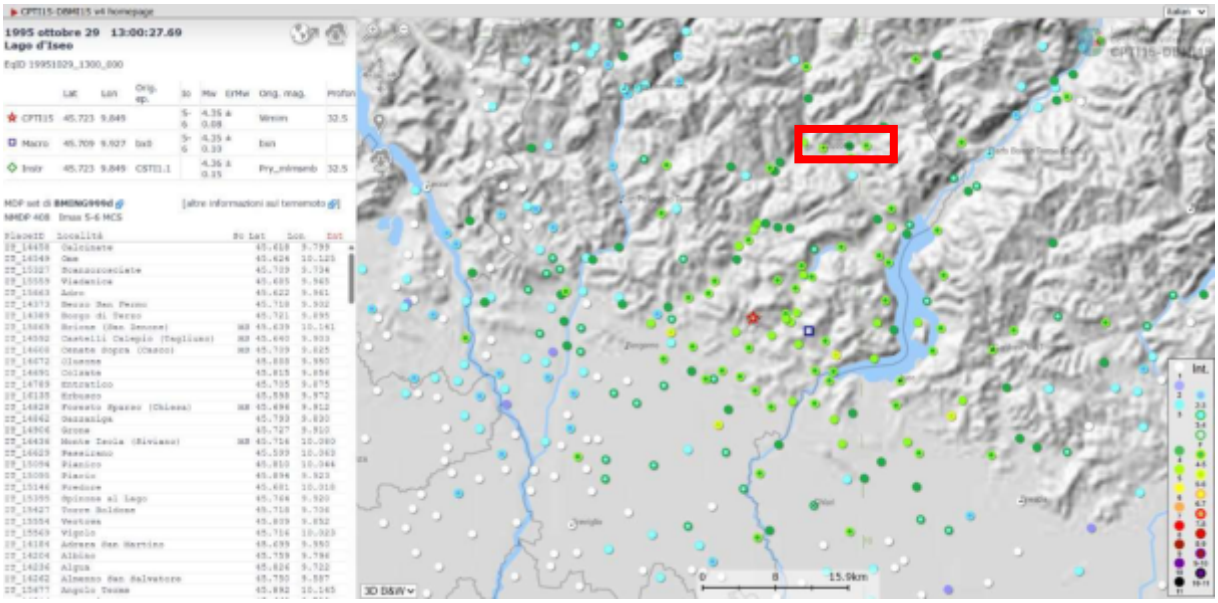


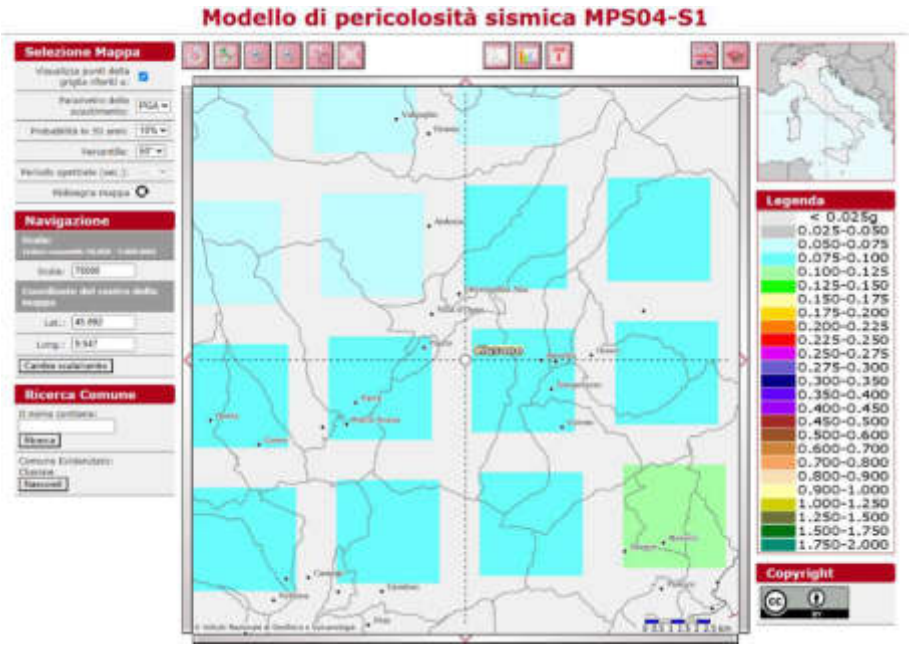
Figura 17 – Database CPTI15 – Terremoto del Lago d'Iseo del 1995, nel rettangolo rosso l'area di Clusone, ove ha raggiunto intensità MCS pari a 5 (abbastanza forte)

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

5.3.3 Sismicità di base del sito

Ulteriore approfondimento riguarda la definizione della pericolosità sismica di base, con la quale si intende lo scuotimento del suolo, in condizioni di campo libero, atteso in un determinato punto del territorio. Nelle normative NTC2018 nella pericolosità sismica entra anche il concetto probabilistico e si intende infatti come “lo scuotimento del suolo atteso in un dato sito con una certa probabilità di eccedenza in un dato intervallo di tempo, ovvero la probabilità che un certo valore di scuotimento si verifiche in un dato intervallo”.

Per il territorio italiano i parametri di riferimento che esprimono la pericolosità sismica di base sono disponibili per una griglia di punti, per diversi valori di probabilità, e sono disponibili nel sito dell’INGV (mappa interattiva di pericolosità sismica).



Sulla base dell’Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n. 3519 l’area in esame è caratterizzata da valori di accelerazione massima al suolo ag, (con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi caratterizzati da valori di Vs30 > di 800 m/s) compresi fra 0,075 e 0,100 g.

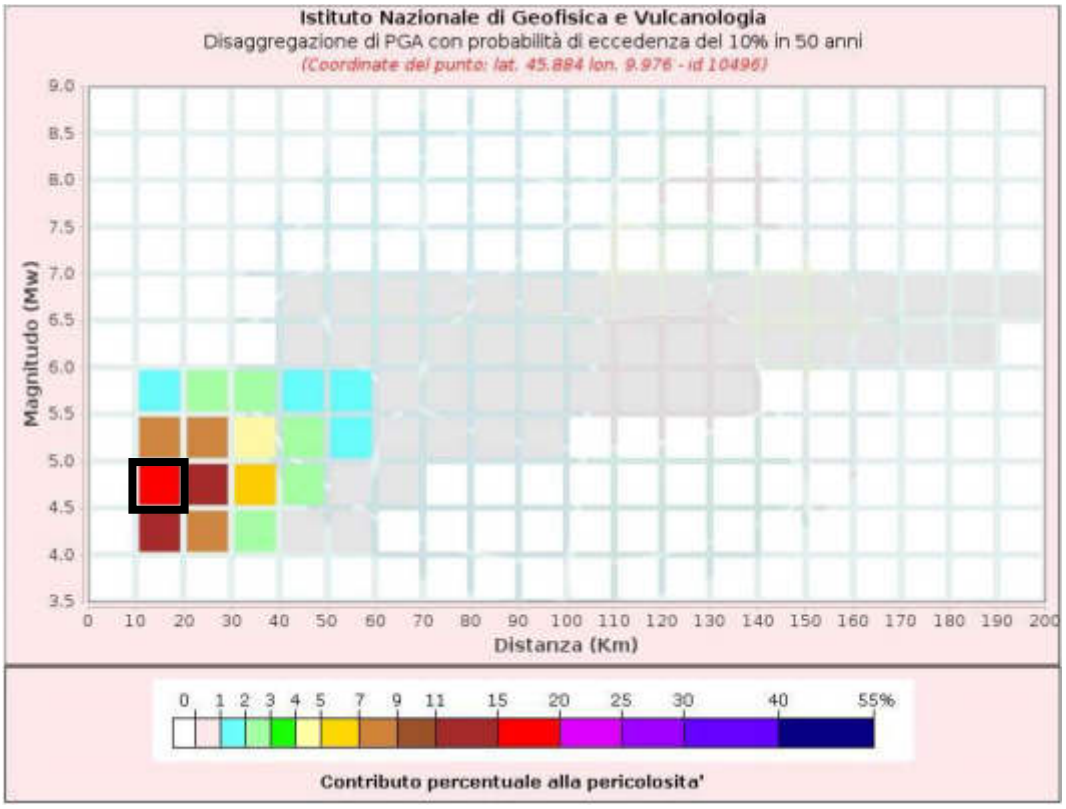
Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

Partendo dalla mappa interattiva di pericolosità sismica (sito INGV) è possibile ottenere l'analisi della probabilità di avvenimento di determinati eventi sismici in termini di Magnitudo e Distanza epicentrale aventi maggiore probabilità per un determinato punto della griglia della mappa stessa.

Tale elaborazione, definita "disaggregazione", viene riportata di seguito in estratto per il territorio di Thiene.

La mappa rappresenta il modello di pericolosità sismica per l'Italia e i diversi colori indicano il valore di scuotimento (PGA = Peak Ground Acceleration; accelerazione di picco del suolo, espressa in termini di g, l'accelerazione di gravità) atteso con una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni su suolo rigido (classe A, Vs30 > 800 m/s) e pianeggiante.

DISAGGREGAZIONE



Il grafico rappresenta il contributo percentuale delle possibili coppie di valori di magnitudo- distanza epicentrale alla pericolosità del nodo, rappresentata in questo

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

caso dal valore della PGA mediana, per una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

La tabella seguente riporta i valori mostrati nel grafico ed i valori medi di magnitudo, distanza ed epsilon.

Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 45.884 lon. 9.976 - id 10496)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	13.0000	19.0000	7.2900	1.9000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	7.2000	13.3000	7.0500	2.3800	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	2.2600	5.7700	4.3700	2.0100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.3560	2.1200	2.5500	1.7000	0.3730	0.0549	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0005	0.4700	1.2900	1.2800	0.6310	0.0994	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0420	0.4970	0.7480	0.4980	0.0847	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0001	0.1390	0.3780	0.2890	0.0527	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0273	0.1890	0.1750	0.0342	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0025	0.0778	0.1010	0.0212	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0251	0.0563	0.0127	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0081	0.0354	0.0087	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0023	0.0202	0.0054	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0111	0.0033	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0066	0.0030	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0151	0.0094	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0067	0.0059	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0024	0.0035	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0018	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.91	26.5	1.33

Si osserva che i valori maggiori di probabilità si concentrano a Magnitudo comprese tra 4.5 e 5.0 e per distanze epicentrali di 10 ÷ 20 km (19%).

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

5.4 Inquadramento idrografico e idrogeologico

L'area di intervento interessa un corso d'acqua individuato come reticolo idrico principale: il Torrente Flesc, con codice identificativo BG120. Esso nasce sulle pendici del Montagnina (quota 1500 m s.l.m.) e, con decorso prevalente verso nord, drena le acque del bacino identificato dai dossi della località Casera e dell'altopiano di San Lucio. Attorno alla quota di circa 650 m s.l.m. raccoglie le acque di un impluvio tributario di sinistra, che nasce dal Pizzo Formico, definendo così un unico corso che, dirigendosi verso nord-ovest, raggiunge la piana in località Fiorine, dove è ubicata l'area di intervento.

Tributari di ordine secondario scorrono subparallelamente all'asta principale e si sviluppano lungo la massima pendenza del versante.

Il corso d'acqua incide profondamente, nella porzione alta e media del bacino le rocce dolomitiche e calcaree; nella porzione terminale incide invece i depositi glaciali, fluvioglaciali e alluvionali (Sintema del Po).

Il bacino della Val Flesc drena un'ampia porzione del versante; esso si presenta come corso d'acqua stagionale la cui alimentazione è legata principalmente al regime delle precipitazione e, solo secondariamente, agli apporti determinati da falde acquifere che sfruttano i circuiti carsici sviluppati nelle formazioni rocciose calcaree.

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

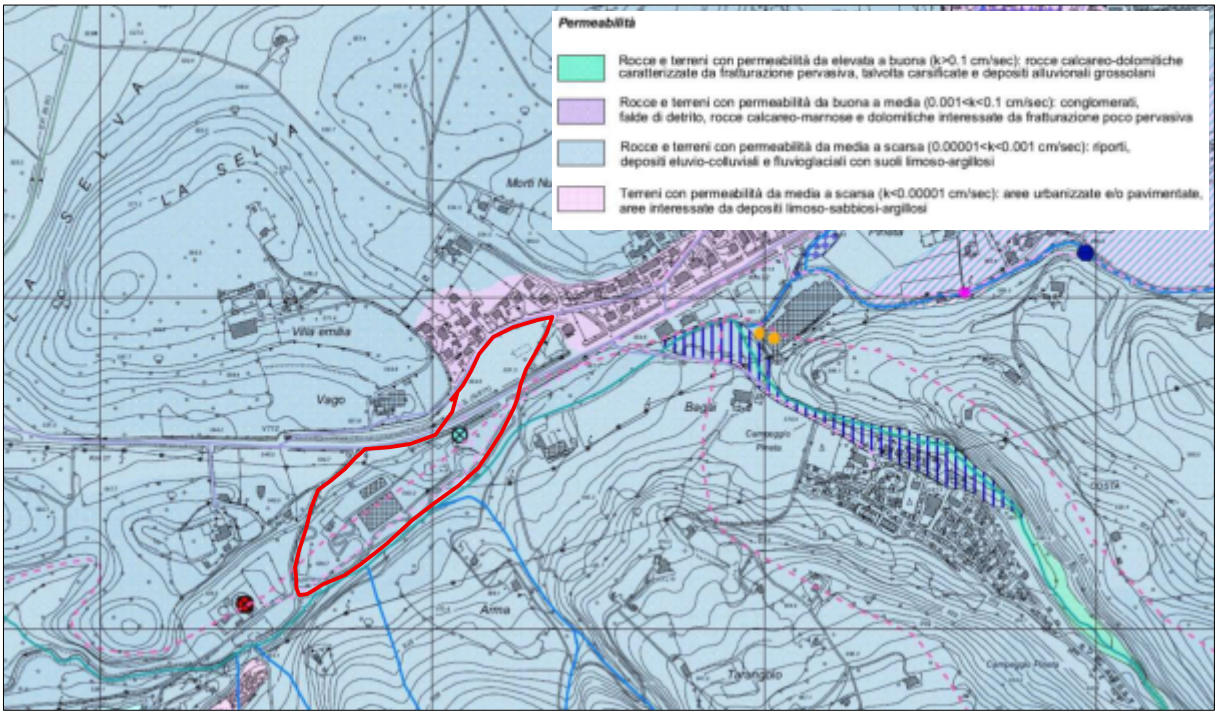


Figura 18 – Stralcio della Carta idrografica – idrogeologica del P.G.T. di Clusone (2011)

Infine, le rocce e i terreni interessati risultano con permeabilità da media a scarsa, cioè compresa tra $10^{-6}<k<10^{-4}$ cm/s.

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

6 INDAGINI GEOGNOSTICHE

6.1 Premessa

Per la caratterizzazione dei terreni oggetto di intervento, finalizzata a delineare l'assetto stratigrafico e le caratteristiche litotecniche dei terreni interessati dal progetto, sono state eseguite le seguenti indagini:

CODICI	TIPOLOGIA	NUMERO	CARATTERISTICHE
S	Sondaggi a carotaggio continuo	3	Spinti fino alla profondità di 15.00 m dal p.c.
Lef	Prova di permeabilità Lefranc	3	n. 1 per sondaggio
SPT	Prova SPT in foro	15	n. 5 per sondaggio
PSP	Prove penetrometriche dinamiche (DPSH)	6	Eseguite mediante penetrometro superpesante Pagani TG63-100
HV	Prova sismica passiva di tipo H/V	5	Eseguita mediante Tromino®

Figura 19 – Tabella riassuntiva delle indagini geognostiche eseguite nel sito di progetto

Sempre rispetto all'area in oggetto, sono state recepiti i log di n 25 prove penetrometriche svolte nell'agosto 2006 dal Dott. Geol. Corrado Reguzzi sempre presso l'area di studio ai fini di una precedente progettazione di riqualificazione dell'ambito.

CODICI	TIPOLOGIA	NUMERO	CARATTERISTICHE
DP	Prove penetrometriche	25	Eseguite nel 2006 dal dott. geol. Corrado Reguzzi

Infine, è stata resa a disposizione la campagna di indagini geognostiche svolta dal dott. geol. Amadio Poloni (comprensiva di 3 prove penetrometriche DPSH e n. 1 indagine MASW) nel vicino lotto ove è in corso la realizzazione di un nuovo comparto ristorativo.

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

Figura 20 - Stralcio Tavola 1 (Ubicazione Indagini Geognostiche)

per il comparto NORD – Lotto 1 e Lotto 2

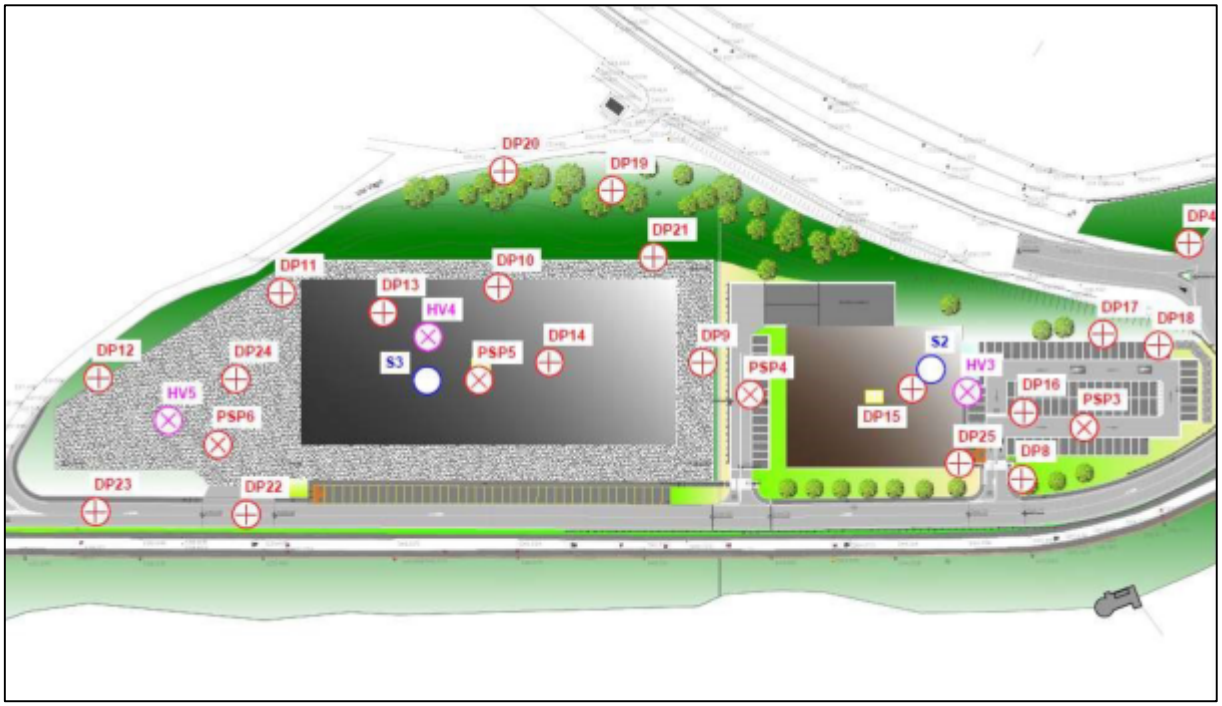


Figura 21 - Stralcio Tavola 1 (Ubicazione Indagini Geognostiche)

per il comparto SUD – Lotto 3 e Lotto 4

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

6.2 Prove penetrometriche dinamiche Reguzzi 2006

6.2.1 Caratteristiche delle prove

Come indicato al paragrafo precedente, nel 2006 il dott. geol. Corrado Reguzzi ha eseguito n. 25 prove penetrometriche distribuite nell'area oggetto di studio

N. 7 prove sono state eseguite presso il comparto nord, mentre le rimanenti 18 sono state eseguite presso il più esteso comparto sud.

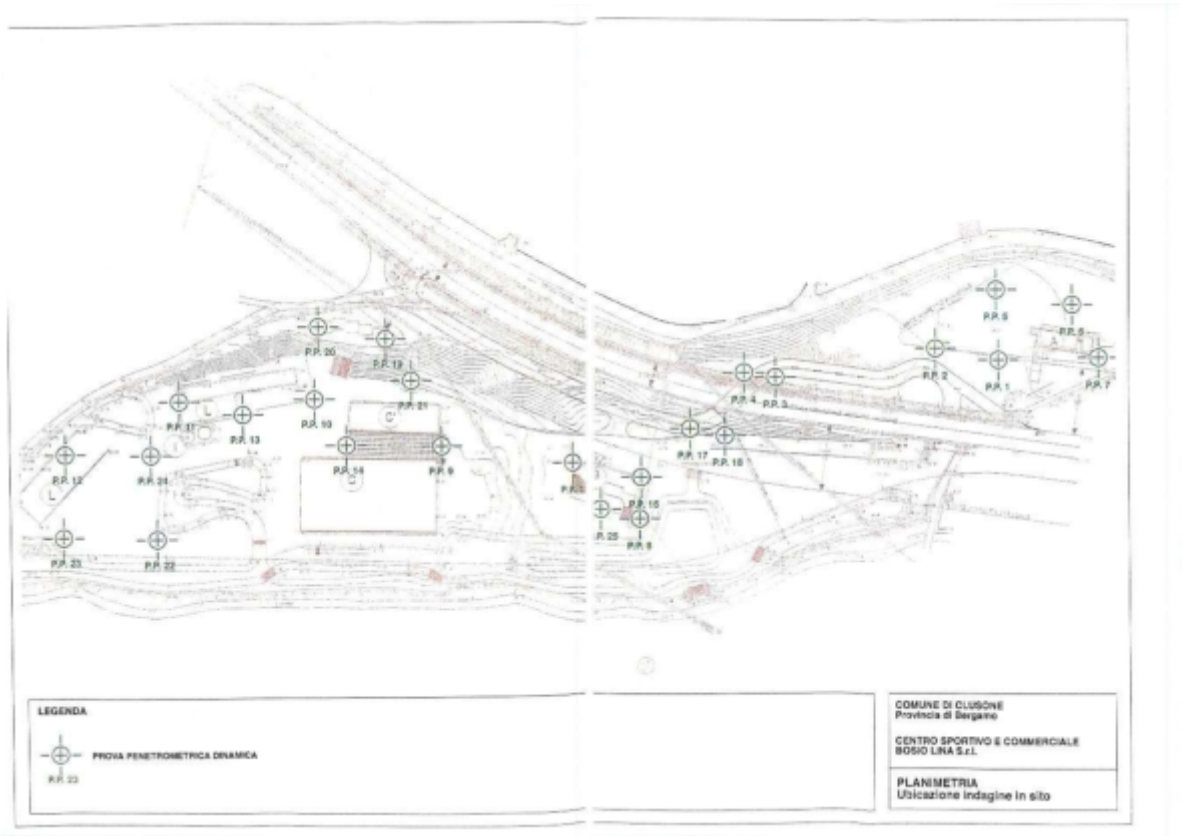


Figura 22 – Stralcio della carta di ubicazione delle prove penetrometriche eseguite nel 2006 (Dott. Geol. Corrado Reguzzi, 2006)

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

Le prove sono state eseguite con penetrometro superpesante con le seguenti caratteristiche:

- Peso del maglio 63.5 kg
- Altezza di caduta 75 cm
- Lunghezza aste 1.0 m
- Diametro aste 32 mm
- Diametro della punta conica 50.5 m
- Angolo della punta 90°
- Penetrazione standard 20 cm

Sono riportati in allegato i log stratigrafici delle 25 prove.

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

6.2.2 Profondità raggiunta dalle prove e livelli litotecnici determinati

La seguente tabella sintetizza le profondità raggiunte dalle prove eseguite presso l'area di progetto e la profondità ove riscontrata la presenza di aste umide:

N. PROVA	PROFONDITÀ RAGGIUNTA [m]	N. PROVA	PROFONDITÀ RAGGIUNTA [m]
DP1	6.60	DP14	5.60
DP2	**4.40**	**DP15**	**4.60**
DP3	**5.60**	**DP16**	**5.00**
DP4	**5.20**	**DP17**	**4.20**
DP5	**6.20**	**DP18**	**4.80**
DP6	**7.80**	**DP19**	**3.60**
DP7	7.60	**DP20**	**3.40**
DP8	**8.00**	DP21	2.60
DP9	**4.00**	DP22	8.60
DP10	**5.80**	DP23	5.60
DP11	**4.20**	DP24	4.60
DP12	**4.60**	**DP25**	**8.40**
DP13	**8.00**	-	-

Figura 23 - Profondità raggiunta dalle prove penetrometriche dinamiche eseguite nel 2006 – in verde quelle riferita al comparto nord, in rosso quelle rif3erite al comparto sud. In grassetto le prove che hanno raggiunto il rifiuto alla penetrazione o un numero di colpi comunque > 50

Le prove mostrano una generale alternanza di livelli a maggiore e minore addensamento/consistenza.

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

6.3 Sondaggi geognostici a carotaggio continuo

6.3.1 Caratteristiche dei sondaggi

I sondaggi meccanici a carotaggio continuo consentono una visione diretta del sottosuolo grazie all'estrazione delle carote di terreno e/o roccia. Si tratta pertanto delle indagini geognostiche più significative per quanto concerne la valutazione stratigrafica e litotecnica dei depositi. Durante il carotaggio possono essere eseguite prove S.P.T. (Standard Penetration Test), prelievo di campioni, prove di permeabilità, ecc..

Sono stati eseguiti ex novo 3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, spinti fino alla profondità di 15.00 m dal p.c. ciascuno.
All'interno dei sondaggi, in avanzamento, sono state eseguite n. 5 prove SPT e n. 1 prova di permeabilità Lefranc in foro per ciascun sondaggio.

Durante le operazioni di carotaggio è stata utilizzata acqua a partire dai 3.00 m c.a. per l'infissione del rivestimento a mantenimento della stabilità delle pareti del foro e per il raffreddamento e la pulizia degli utensili di taglio.

Nei paragrafi successivi sono allegate le stratigrafie di sondaggio, derivate direttamente dalla descrizione delle carote in cantiere, nonché le fotografie di tutte le cassette catalogatrici.

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

6.3.2 Sondaggio S1

Il sondaggio S1 è stato eseguito presso il comparto nord.

Figura 24 – Esecuzione del sondaggio S1

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

Il sondaggio S1 ha evidenziato la seguente stratigrafia:

0.00 – 0.40 m	Terreno superficiale limoso marrone
0.40 – 6.50m	Ghiaie sciolte con sabbie, poco o assente limo in aumento con la profondità, ciottoli di dimensione < 10 cm, fratturati, a spigoli vivi o blandamente sub arrotondati, colore grigio.
6.50 – 8.30 m	Ghiaie sciolte con sabbie limose, ciottoli di dimensione < 10 cm, fratturati, a spigoli vivi o blandamente sub arrotondati, colore grigio, matrice di colore ocra.
8.30 – 10.00 m	Argille limose di colore grigio chiaro con immerse ghiaie sciolte di colore grigio, rari ciottoli > 10 cm.
10.00 – 11.60m	Ghiaie, sabbie in matrice limosa, sciolte, con scaro recupero e presenza di ciottoli da fratturazione di dimensione < 10 cm. Matrice di colore ocra
11.60 – 13.00 m	Argille limose di colore grigio chiaro con immerse ghiaie sciolte di colore grigio.
13.00 – 14.10 m	Ghiaie, sabbie in matrice limosa, sciolte, con scaro recupero e presenza di ciottoli da fratturazione di dimensione < 10 cm. Matrice di colore ocra
14.10 – 15.00 m	Argille limose di colore grigio chiaro con immerse ghiaie addensate di colore ocra chiaro/grigio ocraceo.

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

Figura 25 – Sondaggio S1, cassetta 0.00 – 5.00 m

Figura 26 - Sondaggio S1, cassetta 5.00 – 10.00 m

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

Figura 27 - Sondaggio S1, cassetta 10.00 – 15.00 m

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

6.3.3 Sondaggio S2

Il sondaggio S2 è stato eseguito nell'area corrispondente al lotto 3 del comparto sud, presso un rudere.

Figura 28 – Esecuzione del sondaggio S2

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

Il sondaggio S2 ha evidenziato la seguente stratigrafia:

0.00 – 0.10 m	Calcestruzzo (pista)
0.10 – 0.80m	Ghiaie sciolte con sabbie, ciottoli di dimensione < 10 cm, fratturati, a spigoli vivi o blandamente sub arrotondati, colore grigio.
0.80 – 1.00 m	Argilla grigia
1.00 – 5.80 m	Ghiaie sciolte con sabbie, poco o assente limo in aumento con la profondità, ciottoli di dimensione < 10 cm, fratturati, a spigoli vivi o blandamente sub arrotondati, colore grigio.
5.80 – 7.70 m	Argille limose di colore grigio chiaro con immerse ghiaie sciolte di colore grigio.
7.70 – 10.00 m	Ghiaie e ciottoli sciolti, con scarso recupero, in matrice limosa grigia.
10.00 – 10.20 m	Trovante calcareo
10.20 – 10.50 m	Ciottoli < 10 cm sciolti
10.50 – 14.80 m	Limi sabbiosi con ghiaie e ciottoli immersi, da sciolti a mediamente addensati, di colore grigio.
14.80 – 15.00 m	Ceppo conglomeratico alterato

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

Figura 29 – Sondaggio S2, cassetta 0.00 – 5.00 m

Figura 30 - Sondaggio S2, cassetta 5.00 – 10.00 m

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

Figura 31 - Sondaggio S2, cassetta 10.00 – 15.00 m

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

6.3.4 Sondaggio S3

Il sondaggio S3 è stato eseguito nell'area corrispondente al lotto 4 del comparto sud, di fronte ai due silos esistenti.

Figura 32 – Esecuzione del sondaggio S3

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

Il sondaggio S3 ha evidenziato la seguente stratigrafia:

0.00 – 0.10 m	Calcestruzzo (pista)
0.10 – 5.00m	Ghiaie sciolte con sabbie, ciottoli di dimensione < 10 cm, fratturati, a spigoli vivi o blandamente sub arrotondati, colore grigio, blandamente limose.
5.00 – 15.00 m	Ghiaie, sabbie in matrice limosa, sciolte, con recupero da scarso a ottimo, presenza di ciottoli da fratturazione di dimensione < 10 cm. Matrice di colore ocra o grigia

Figura 33 – Sondaggio S3, cassetta 0.00 – 5.00 m

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

Figura 34 - Sondaggio S3, cassetta 5.00 – 10.00 m

Figura 35 - Sondaggio S3, cassetta 10.00 – 15.00 m

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

6.3.5 Prelievo ed analisi geotecnica di campioni di terreno

Sono stati prelevati n. 2 campioni di terreno rimaneggiati (data l'impossibilità di prelevare campioni indisturbati per via della natura dei terreni) da sottoporre a test di laboratorio.

SONDAGGIO	CAMPIONE	PROF. TESTA	PROF. SCARPA	ANALISI		
				Gran.	Sed.	L. Att.
S1	C3	5.00	5.50	x	x	x
	C4	8.50	9.00	x	x	x
S2	C3	4.50	5.00	x	x	x
	C4	7.50	8.00	x	x	x
S3	C3	4.50	5.00	x	x	x
	C4	7.00	7.50	x	x	x

Figura 36 – Campioni prelevati e analisi eseguite: Gran = granulometria per setacciatura, Sed = granulometria per sedimentazione, L.Att = Determinazione dei limiti di Atterberg

Si segnala che i campioni C1 e C2 per ogni sondaggio sono stati prelevati ma conferiti per l'analisi ambientale ai sensi del D.P.R. 120/2017.

Le analisi hanno portato alle seguenti determinazioni dei caratteri geotecnici dei campioni prelevati:

ANAGRAFICA						
Codice	**va3988**	**va3988**	**va3988**	**va3988**	**va3988**	**va3988**
Data prelievo	**06/10/'25**	**06/10/'25**	**06/10/'25**	**06/10/'25**	**06/10/'25**	**06/10/'25**
Sondaggio	S1	S1	S2	S2	S3	S3
Campione	C3	C4	C3	C4	C3	C4
Profondità testa-scarpa	5,0-5,5	8,5-9,0	4,5-5,0	7,5-8,0	4,5-5,0	7,0-7,5
Tipologia	RIM	RIM	RIM	RIM	RIM	RIM

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

GRANULOMETRIA PER SETACCIATURA								
Sondaggio			**S1**	**S1**	**S2**	**S2**	**S3**	**S3**
Campione			**C3**	**C4**	**C3**	**C4**	**C3**	**C4**
Ghiaia g	*(19-75)*	%	21.45	48.03	7.36	33.23	11.55	36.87
Ghiaia f	*(4,75-19,0)*	%	22.52	15.55	28.87	8.12	6.57	22.32
Sabbia g	*(2-4,75)*	%	10.48	5.74	12.76	1.89	8.21	8.87
Sabbia m	*(0,425-2)*	%	14.35	4.98	13.26	3.28	13.78	9.27
Sabbia f	*(0,075-0,425)*	%	6.34	5.00	5.54	5.35	4.87	4.72
Limo+argilla	*(< 0,075)*	%	24.85	20.70	32.20	48.12	55.02	17.95
GRANULOMETRIA PER AEROMETRIA								
Limo	(0,005-0,075)	%	18.46	15.51	22.58	37.67	37.54	12.51
Argilla	(< 0,005)	%	6.40	5.19	9.63	10.45	17.47	5.44
LIMITI DI ATTERBERG								
Limite Liquido	L.L.		18	28	19	25	18	21
Limite Plastico	L.P.		14	20	15	21	14	16
Indice di Plasticità	I.P.		4	8	4	4	4	5
CLASSIFICAZIONE TERRENI								
CLASSIFICAZIONE ASTM		-	GC-GM	GC	GC-GM	GC-GM	CL-ML	GC-GM

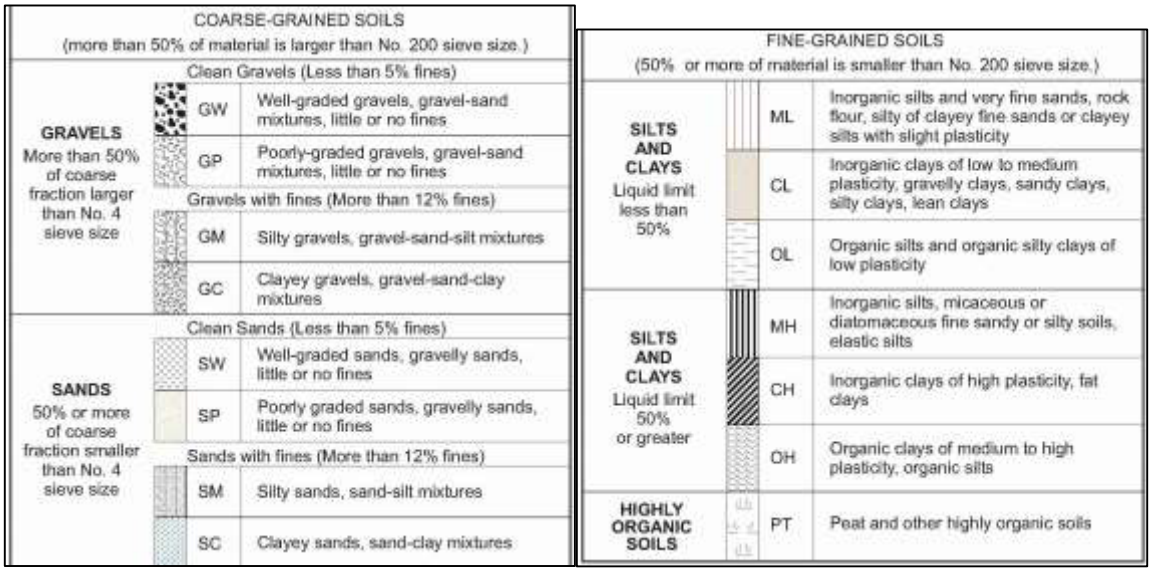


Figura 37 – Sintesi delle analisi geotecniche sui campioni prelevati e legenda ASTM

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

6.3.6 Prove SPT in foro

Sono riportate le prove SPT in foro eseguite nei tra sondaggi

SONDAGGIO	SPT	PROFONDITÀ [m]	N_1	N_2	N_3	N_{SPT}
S1	SPT1	2.00	25	20	15	35
S1	SPT2	4.00	19	14	12	26
S1	SPT3	6.00	23	10	16	26
S1	SPT4	8.00	10	8	8	16
S1	SPT5	10.00	5	7	8	15
S2	SPT1	2.00	14	18	15	33
S2	SPT2	4.00	7	21	27	48
S2	SPT3	6.00	12	9	11	20
S2	SPT4	8.00	8	7	7	14
S2	SPT5	10.00	Rif.	-	-	Rif.
S3	SPT1	2.00	17	20	17	37
S3	SPT2	4.00	21	19	20	39
S3	SPT3	6.00	9	7	8	15
S3	SPT4	8.00	19	15	Rif.	Rif.
S3	SPT5	10.00	20	18	21	39

Figura 38 – Sintesi prove SPT

Le prove SPT mostrano, al pari delle prove penetrometriche recuperate dalle indagini storiche e, come si vedrà nel seguente capitolo, eseguite ex novo, valori di N_{SPT} con variazioni sulla verticale in alternanza tra livelli da poco a ben addensati.

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

6.3.7 Prove di permeabilità Lefranc

Per ogni sondaggio svolto, all'interno del foro alla profondità costante di 2.00 m è stata eseguita una prova di permeabilità tipo Lefranc a carico variabile.

Una volta eseguito il foro si è iniziato a riempire il foro con la portata massima supportata dalla pompa della sonda, ovvero 200 l/min (pari a 3.33 l/s).

Per tutte e tre le prove (S1_L1, S2_L1 e S3_L1) a seguito del riempimento della colonna, lo svuotamento è stato sempre raggiunto dopo 30 s dall'inizio della misurazione

Considerando quanto visto in fase di esecuzione della prova ed in relazione alla stratigrafia individuata in foro, è presumibile che i terreni in sito alla profondità di 2.00 m posseggano una permeabilità pari compresa tra 10^{-4} e 10^{-3} m/s.

Si riportano in allegato ai log dei sondaggi i report delle prove Lefranc eseguite, compresa elaborazione.

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

6.4 Prove penetrometriche dinamiche

6.4.1 Caratteristiche delle prove

Le prove penetrometriche dinamiche sono state eseguite mediante penetrometro superpesante statico TG 73, con maglio del peso di 73,50 kg ed altezza di caduta pari a 75 cm.

I dati tecnici del penetrometro possono essere così riassunti:

Massa maglio (kg)	73
Altezza caduta (m)	0,75
Massa passiva (kg)	-
Lunghezza aste (m)	1,2
Massa aste (kg/m)	7,0
Aste O.D. (mm)	34
Aste I.D. (mm)	18
Punta conica Ø base (mm)	51
Angolo apertura punta conica (°)	60
Altezza complessiva punta (mm)	70
Penetrazione standard (cm)	30

Nei tabulati allegati sono riportati:

1. Le tabelle dei numeri di colpi necessari all'avanzamento della punta penetrometrica nel terreno.
2. I diagrammi indicanti il numero dei colpi necessari all'avanzamento della punta penetrometrica e la relativa resistenza dinamica.

Per la trattazione teorica dei metodi di calcolo ed interpretazione delle prove penetrometriche si rimanda alla bibliografia specifica.

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

6.4.2 Profondità raggiunta dalle prove e livelli litotecnici determinati

La seguente tabella sintetizza le profondità raggiunte dalle prove eseguite presso l'area di progetto e la profondità ove riscontrata la presenza di aste umide:

N. PROVA	PROFONDITÀ RAGGIUNTA [m]	ASTE UMIDE [m]
PSP1	14.40	-
PSP2	7.20	-
PSP3	12.00	-
PSP4	12.30	-
PSP5	4.80	-
PSP6	8.70	-

Figura 39 - Profondità raggiunta dalle prove penetrometriche dinamiche

Anche per quanto riguarda le prove penetrometriche eseguite ex novo, si conferma la presenza in alternanza di livelli da poco consistenti a ben addensati, come già rilevato per mezzo delle prove penetrometriche recuperate dal lavoro del 2006 e dai sondaggi geognostici eseguiti.

Anche in relazione alle indagini svolte presso il vicino lotto in corso di realizzazione, le prove risultano similari.

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

6.5 Indagini sismiche passive (HVsr)

Per la caratterizzazione sismica del sito sono state eseguite n. 5 misurazioni di microtremore naturale, con elaborazione tipo H/V, n. 2 sono state eseguite nel comparto a nord della SS671, mentre 3 sono state eseguite nel comparto a sud.

L'obiettivo dell'indagine è quello di ricavare la stratigrafia sismica del sito, ovvero il profilo delle onde Vs (onde di superficie), al fine di definire correttamente la classe di sottosuolo sismica dell'ambito in accordo con le indicazioni delle Norme Tecniche per le Costruzioni, agg. 2018.

L'aggancio stratigrafico per la prova è stato reso dalle indagini geognostiche e dal modello lito-stratigrafico medio definito per ogni sito di indagine.

Figura 40 – Ubicazione delle indagini sismiche eseguite

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

6.5.1 Cenni teorici

La metodologia microtremori HVSR (Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio) è una tecnica di analisi passiva non invasiva a stazione singola del rumore sismico ambientale presente attorno ad una determinata posizione sulla superficie del terreno. Essa consiste essenzialmente nel calcolare il rapporto fra le ampiezze degli spettri di Fourier delle componenti orizzontale e verticale di tale rumore e analizzare i picchi (o massimi di tale funzione).
La prova, comunemente nota con il termine H/V o HVSR (rapporto tra le componenti spettrali fu applicata per la prima volta da Nogoshi e Igarashi (1970) e resa popolare da Nakamura (1989).

L'indagine consiste nella misurazione, e nella successiva elaborazione, del microtremore ambientale nelle sue tre componenti spaziali (x, y e z opp. E-W, N-S e Up-Down) a varie frequenze.

La prova sismica passiva a stazione singola mette in luce le frequenze alle quali il moto del terreno viene amplificato per risonanza stratigrafica, in quanto il rumore sismico agisce come sorgente di eccitazione. Un suolo vibra con maggiore ampiezza a specifiche frequenze (per l'appunto di risonanza) non solo quando è eccitato da un terremoto ma anche quando è eccitato da un tremore di qualsiasi origine (rumore ambientale). Questo fa sì che la misura delle frequenze di risonanza dei terreni sia possibile ovunque ed in modo semplice, anche in assenza di terremoti.

Le vibrazioni ambientali sono costituite da piccole vibrazioni del terreno (spostamenti dell'ordine di 10^{-4}-10^{-3} cm, in un intervallo di frequenze molto al di sotto della soglia di percezione umana) che è possibile osservare sperimentalmente in qualunque punto della Terra.
Questo tipo di fenomeno è stato indagato sin dai primordi della sismologia strumentale ma negli ultimi anni c'è stata una progressiva crescita interesse dei sismologi e degli ingegneri in vista delle sue potenziali applicazioni per la

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

caratterizzazione dinamica del sottosuolo e delle strutture edilizie.

In un sistema costituito da uno strato tenero (es: coperture) sovrastante un semispazio rigido (es: bedrock), un'onda tenderà a rimanere intrappolata nello strato tenero per riflessioni multiple (alla superficie libera, nuovamente al bedrock e cosi via) e darà luogo a fenomeni di risonanza per lunghezze d'onda incidenti $\lambda = n\ 4\ H$. Le frequenze a cui si manifesta la risonanza sono descritte dalla legge:

$$fr = n\frac{Vs}{4H} \qquad n = 1,3,5,....$$

- n = ordine del modo di vibrare;
- Vs = velocità delle onde di taglio dello strato che risuona;
- H = spessore dello strato.

Nel caso, più comune, in cui il sistema studiato sia a più strati, occorre determinare il valore di Vs tramite una media pesata delle velocità delle onde di taglio che caratterizzano gli strati presenti al di sotto della fondazione dell'edifico per tutto la profondità investigata; più precisamente:

$$\overline{V_S} = \sum_{i=1}^{n} \frac{V_{si} \cdot H_i}{H}$$

- Hi = spessore dello strato i-esimo;
- Vs = velocità delle onde di taglio dello strato i-esimo;
- H = spessore totale del deposito investigato.

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

6.5.2 Strumentazione utilizzata

Per le indagini è stato utilizzato lo strumento Tromino BLU ® prodotto da Moho Science & Technology.

Figura 41 – Tromino Blu ® con cui sono state realizzate le misure in campo

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

Le caratteristiche tecniche dello strumento sono le seguenti:

Registratore digitale tutto in uno

10 x 7 x 13 cm, ~ 1 kg

16 Gb di memoria

batteria interna ricaricabile

2 set di piedini per accoppiamento al suolo

banda di lavoro tipica 0.1-500 Hz

- 3 canali velocimetrici per microtremore sismico ambientale e vibrazioni forti, 6 livelli di amplificazione (saturazione da ±0.5 mm/s a ±40 mm/s in banda)
- 3 canali accelerometrici (saturazione a ± 2 g) (l'output è il risultato di 4 accelerometri per ciascuno dei 3 assi)
- 1 canale analogico (es. trigger esterno)
- frequenze di campionamento 128, 256, 512, 1024, 2048, 4096 Hz su tutti i canali
- modulo GPS integrato con antenna interna ed esterna

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

6.5.3 Dati di misurazione

HV1					
Dati generali					
Strumento	Tromino BLU	**Formato**	32 bit	**Fondo scala**	89 mV
Analisi					
Posizione GPS	571594.00 m E	5080915.00 m N	554 m s.l.m.		
Campionamento					
Inizio registrazione	**Data**	28/10/2025	**Ora**	08:46:58	
Fine registrazione	**Data**	28/10/2025	**Ora**	09:00:58	
Durata	0h14'00".	**Frequenza**	128 Hz		
Nome canali	NORTH-SOUTH; EAST-WEST; UP-DOWN				

Analisi			
Lunghezza finestre	20 s		
Lisciamento	17%	**Tipo di lisciamento**	Triangular window

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

HV2					
Dati generali					
Strumento	Tromino BLU	**Formato**	32 bit	**Fondo scala**	89 mV
Analisi					
Posizione GPS	571561.00 m E	5080864.00 m N	553 m s.l.m.		
Campionamento					
Inizio registrazione	**Data**	28/02/2025	**Ora**	09:06:24	
Fine registrazione	**Data**	28/02/2025	**Ora**	09:20:24	
Durata	0h14'00".	**Frequenza**	128 Hz		
Nome canali	NORTH-SOUTH; EAST-WEST; UP-DOWN				

Analisi			
Lunghezza finestre	20 s		
Lisciamento	17%	**Tipo di lisciamento**	Triangular window

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

HV3					
Dati generali					
Strumento	Tromino BLU	**Formato**	32 bit	**Fondo scala**	89 mV
Analisi					
Posizione GPS	571504.00 m E	5080743.00 m N	549 m s.l.m.		
Campionamento					
Inizio registrazione	**Data**	28/02/2025	**Ora**	09:41:19	
Fine registrazione	**Data**	28/02/2025	**Ora**	09:55:19	
Durata	0h14'00".	**Frequenza**	128 Hz		
Nome canali	NORTH-SOUTH; EAST-WEST; UP-DOWN				

Analisi			
Lunghezza finestre	20 s		
Lisciamento	17%	**Tipo di lisciamento**	Triangular window

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

HV4					
Dati generali					
Strumento	Tromino BLU	**Formato**	32 bit	**Fondo scala**	89 mV
Analisi					
Posizione GPS	571350.00 m E	5080675.00 m N	550 m s.l.m.		
Campionamento					
Inizio registrazione	**Data**	28/02/2025	**Ora**	10:04:28	
Fine registrazione	**Data**	28/02/2025	**Ora**	10:18:28	
Durata	0h14'00".	**Frequenza**	128 Hz		
Nome canali	NORTH-SOUTH; EAST-WEST; UP-DOWN				

Analisi			
Lunghezza finestre	20 s		
Lisciamento	17%	**Tipo di lisciamento**	Triangular window

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

HV5					
Dati generali					
Strumento	Tromino BLU	**Formato**	32 bit	**Fondo scala**	89 mV
Analisi					
Posizione GPS	571308.00 m E	5080592.00 m N	542 m s.l.m.		
Campionamento					
Inizio registrazione	**Data**	28/02/2025	**Ora**	10:23:15	
Fine registrazione	**Data**	28/02/2025	**Ora**	10:37:15	
Durata	0h14'00".	**Frequenza**	128 Hz		
Nome canali	NORTH-SOUTH; EAST-WEST; UP-DOWN				

Analisi			
Lunghezza finestre	20 s		
Lisciamento	17%	**Tipo di lisciamento**	Triangular window

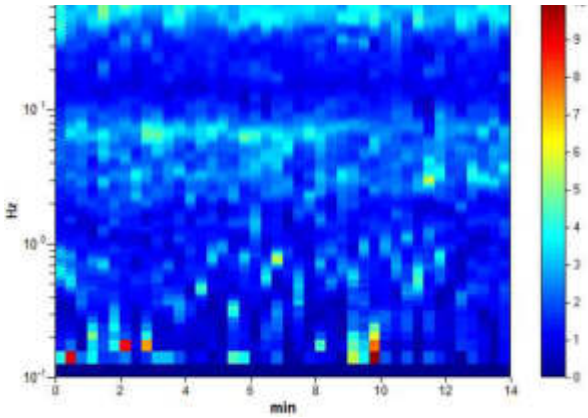
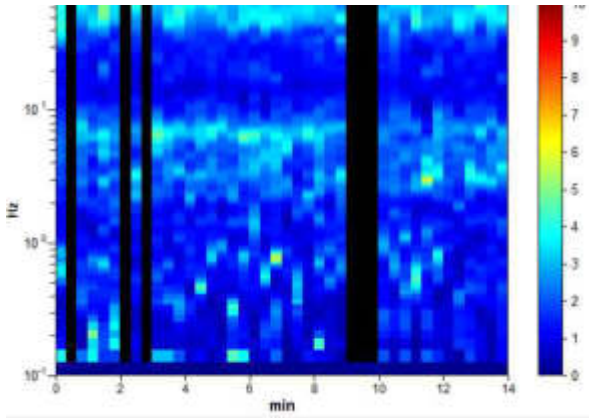
Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

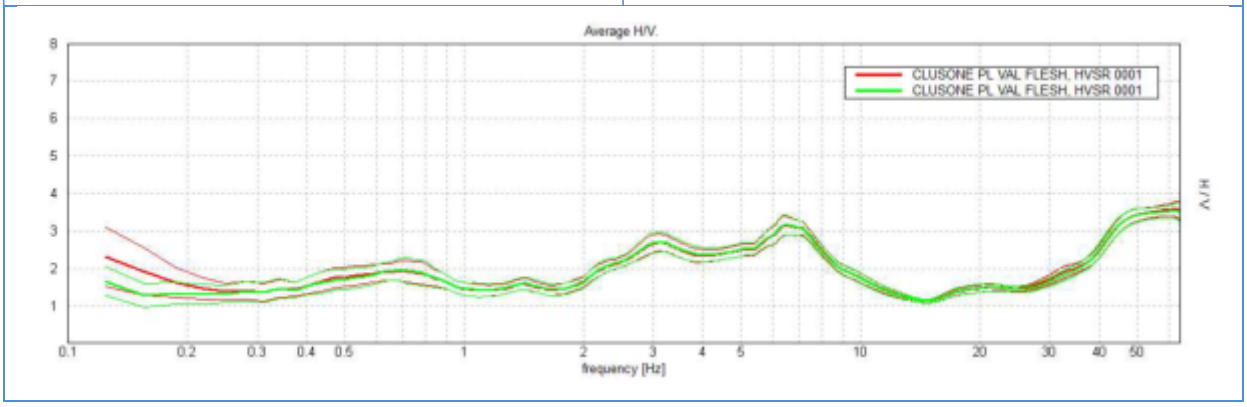
6.5.4 Pulizia della traccia

Il “rumore” incoerente nel dominio del tempo è dovuto essenzialmente a transienti ed a rumore stazionario quasi bianco. Mentre tali appaiono differenti nel dominio dei tempi, sono tra loro simili nel dominio delle frequenze, dove appaiono entrambi come spettri piatti.

Ne consegue che la pulizia delle tracce viene effettuata in modo più efficace nel dominio delle frequenze, escludendo gli intervalli di registrazione che posseggono degli spettri quasi piatti.

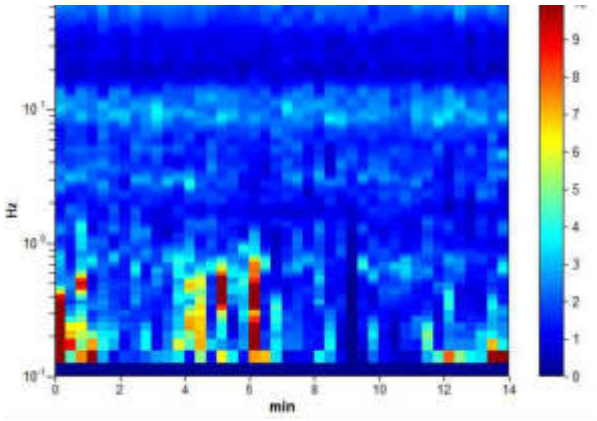
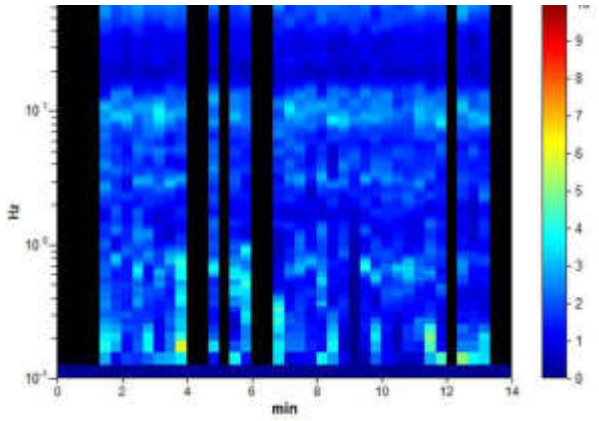
Per le tre misure, sono state valutate le finestre temporali che presentano spettri quasi piatti, ovvero senza particolare variazione del rapporto H/V, riportato in scala di colore.

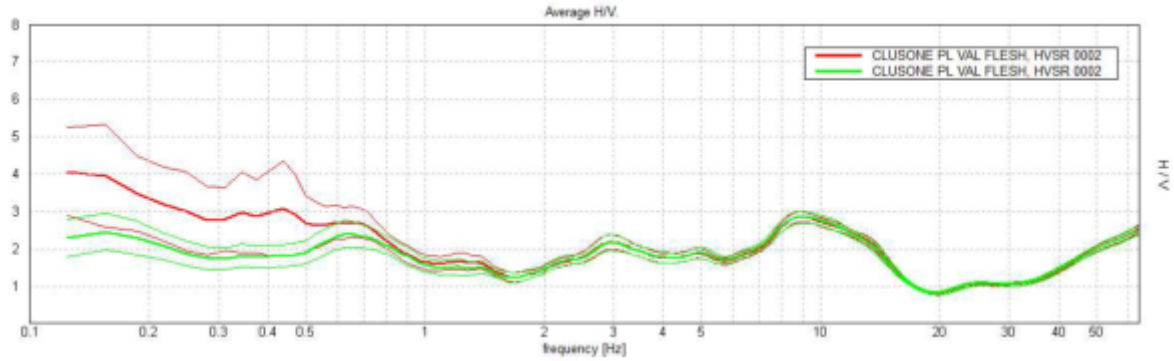
MISURA HV1	
SERIE TEMPORALE ORIGINARIA	SERIE TEMPORALE PULITA
	



Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

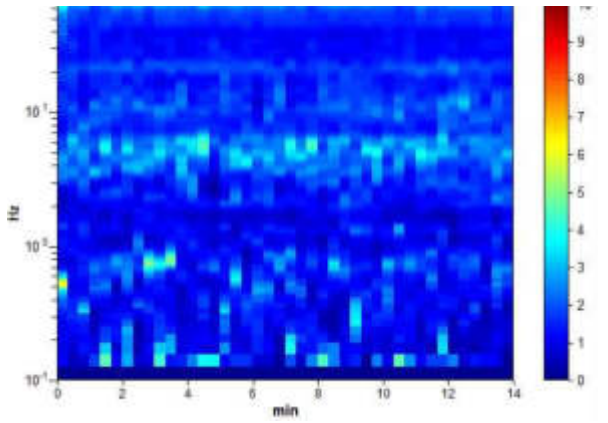
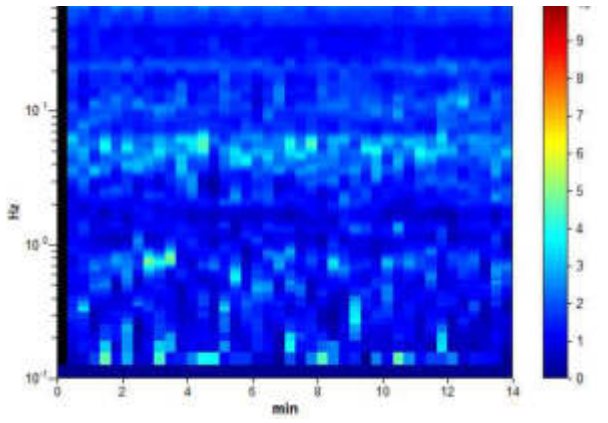
MISURA HV2

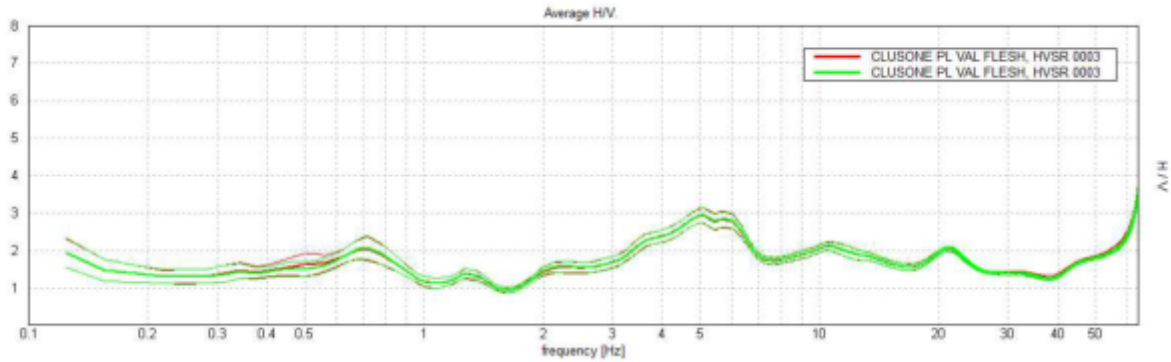
SERIE TEMPORALE ORIGINARIA	SERIE TEMPORALE PULITA
	



Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

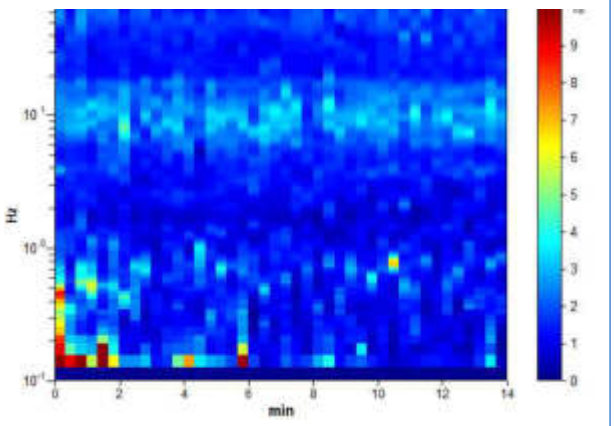
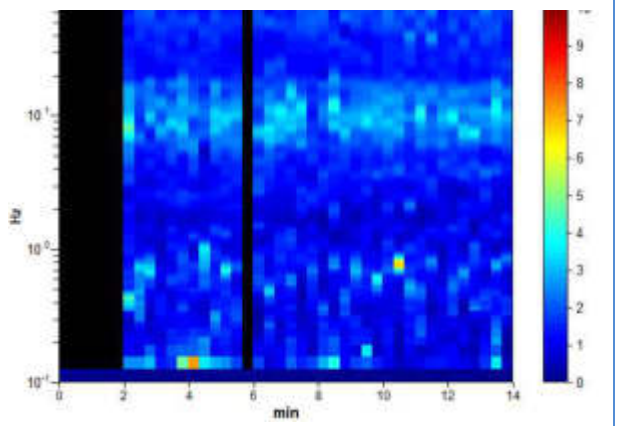
MISURA HV3

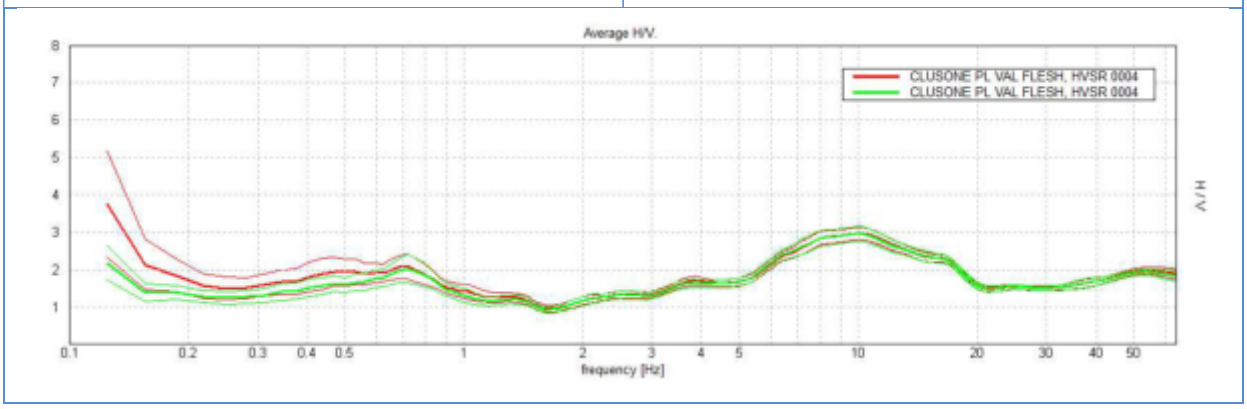
SERIE TEMPORALE ORIGINARIA	SERIE TEMPORALE PULITA
	



Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

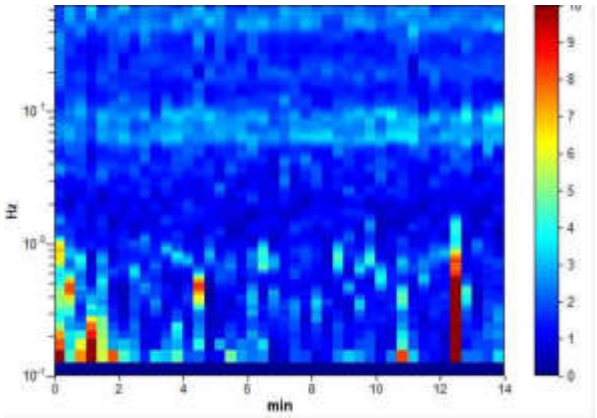
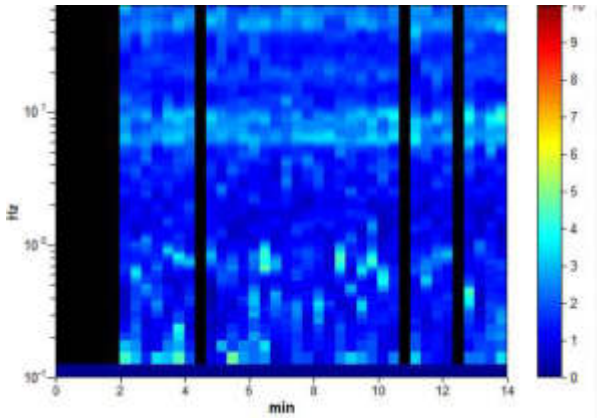
MISURA HV4

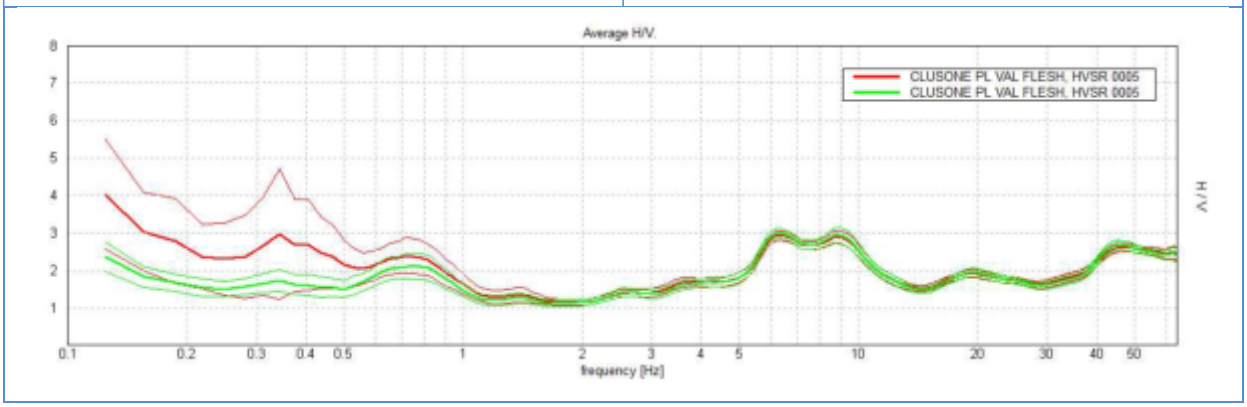
SERIE TEMPORALE ORIGINARIA	SERIE TEMPORALE PULITA
	



Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

MISURA HV5

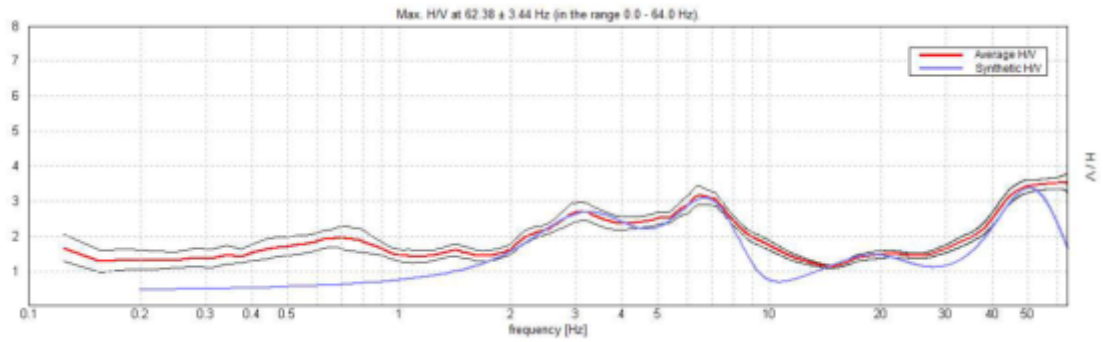
SERIE TEMPORALE ORIGINARIA	SERIE TEMPORALE PULITA
	



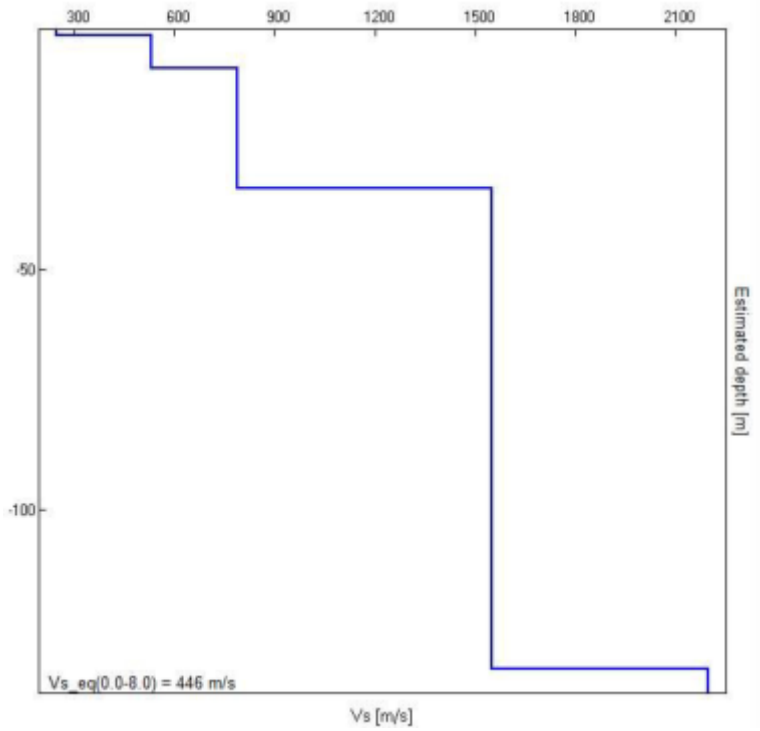
Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

6.5.5 *Risultati ottenuti*

HV1

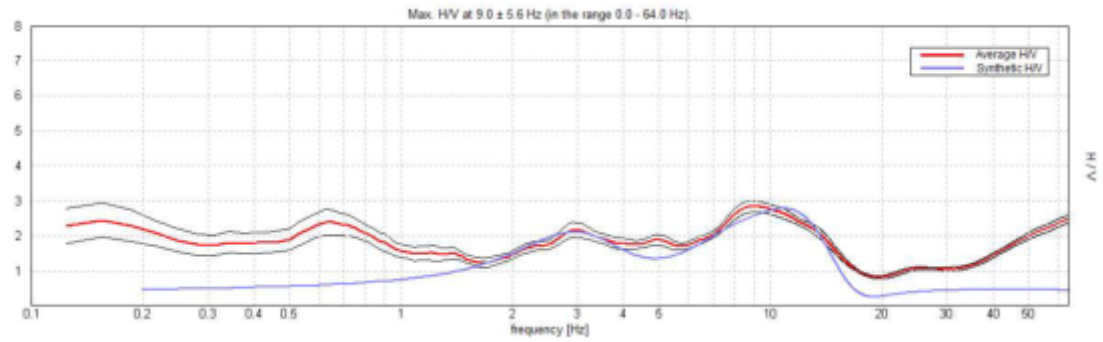


Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]
1.3	1.3	245	660
8.0	6.7	530	1427
33.0	25.0	790	2127
133.0	100.0	1550	4174
inf.	inf.	2200	5924
			Vs_eq (0.0-8.0) = 446 m/s

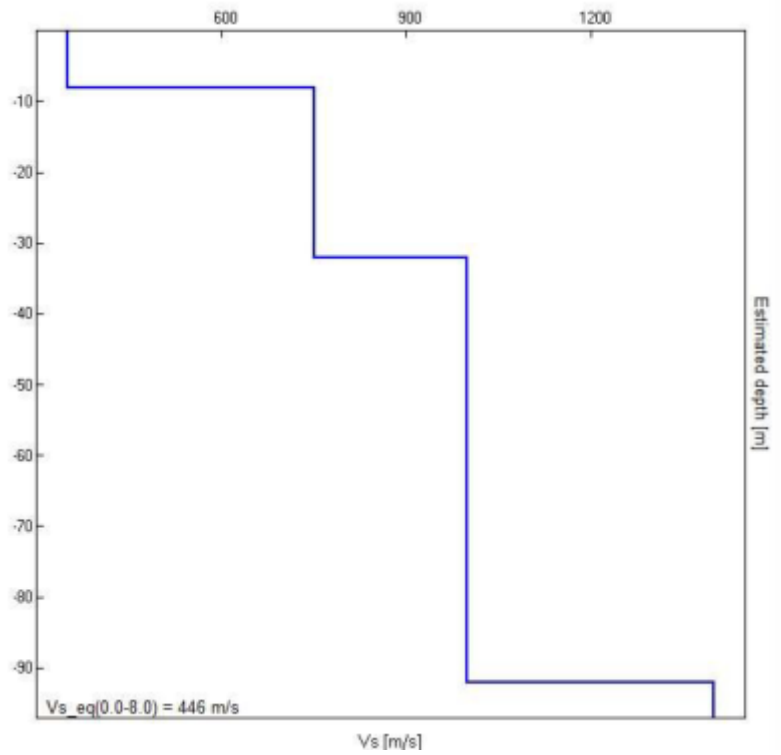


Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

HV2

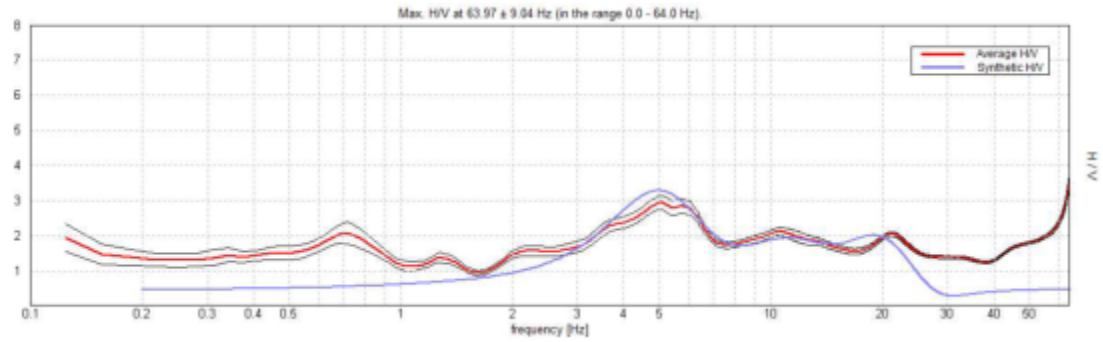


Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]
8.0	8.0	350	942
32.0	24.0	750	2019
92.0	60.0	1000	2693
inf.	inf.	1400	3770
			Vs_eq (0.0-8.0) = 350 m/s

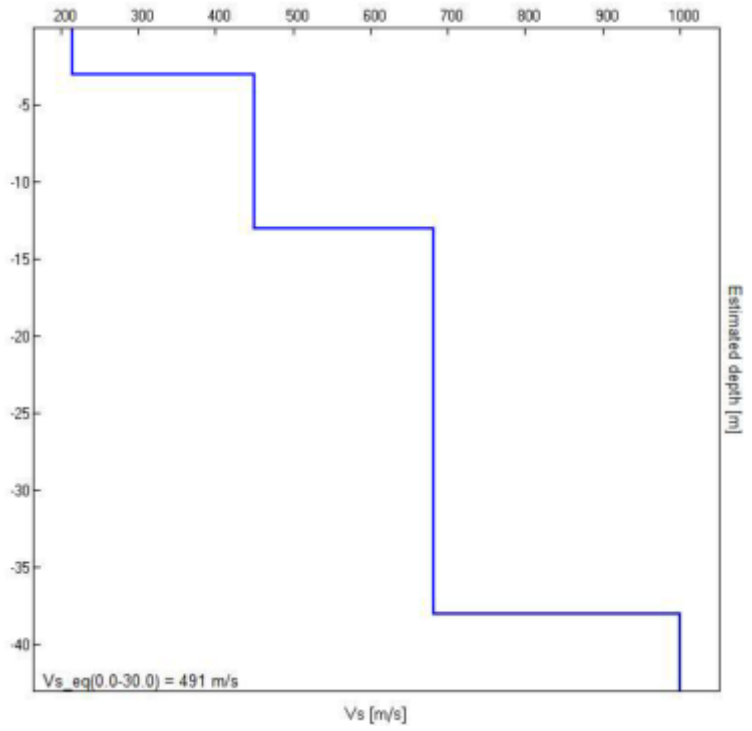


Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

HV3

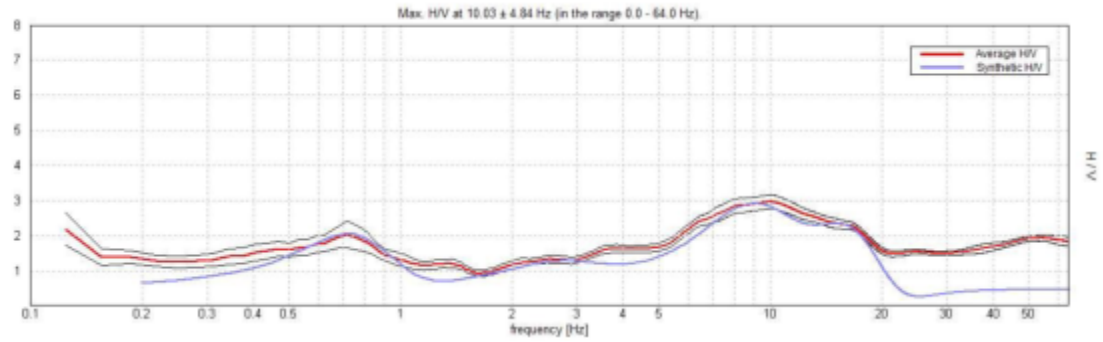


Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]
3.0	3.0	215	579
13.0	10.0	450	1212
38.0	25.0	682	1836
inf.	inf.	1000	2693
			Vs_eq (0.0-30.0) = 491 m/s



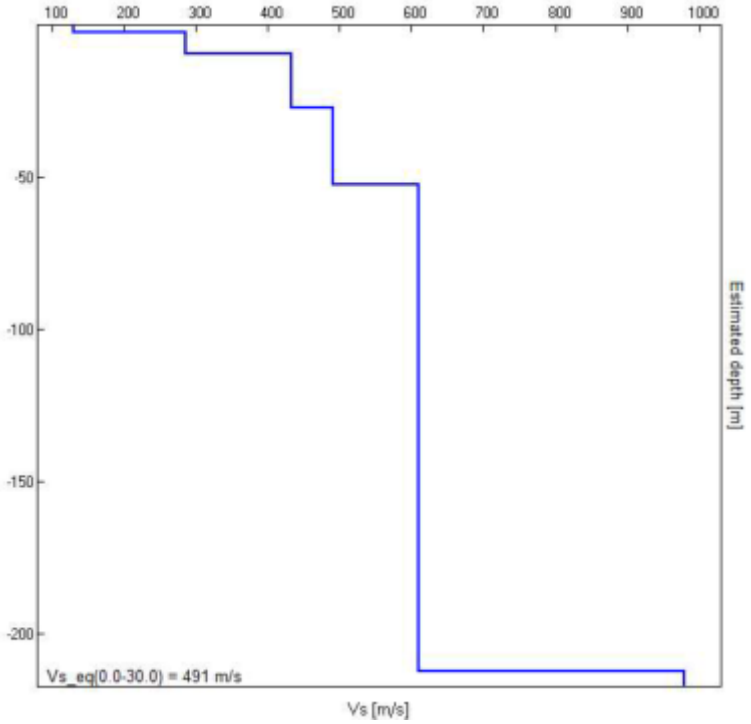
Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

HV4



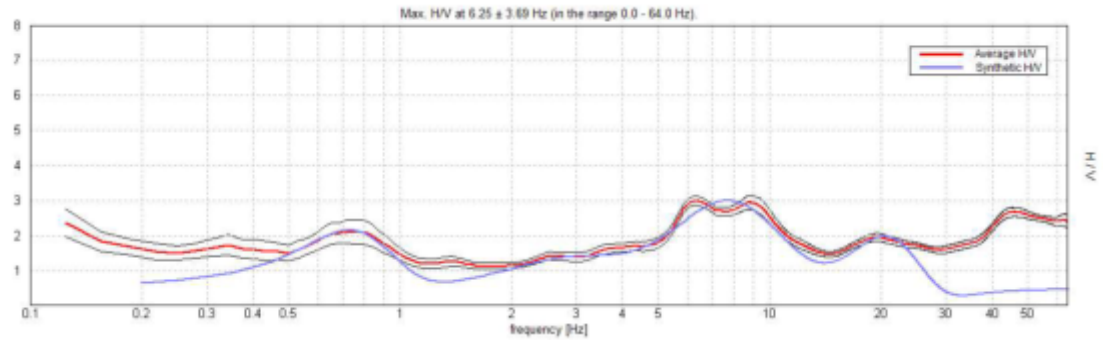
Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]
2.2	2.2	129	347
9.2	7.0	285	698
27.2	18.0	432	1163
52.2	25.0	490	1319
212.2	160	610	1642
Inf.	Inf.	980	2400

Vs_eq (0.0-30.0) = 337 m/s

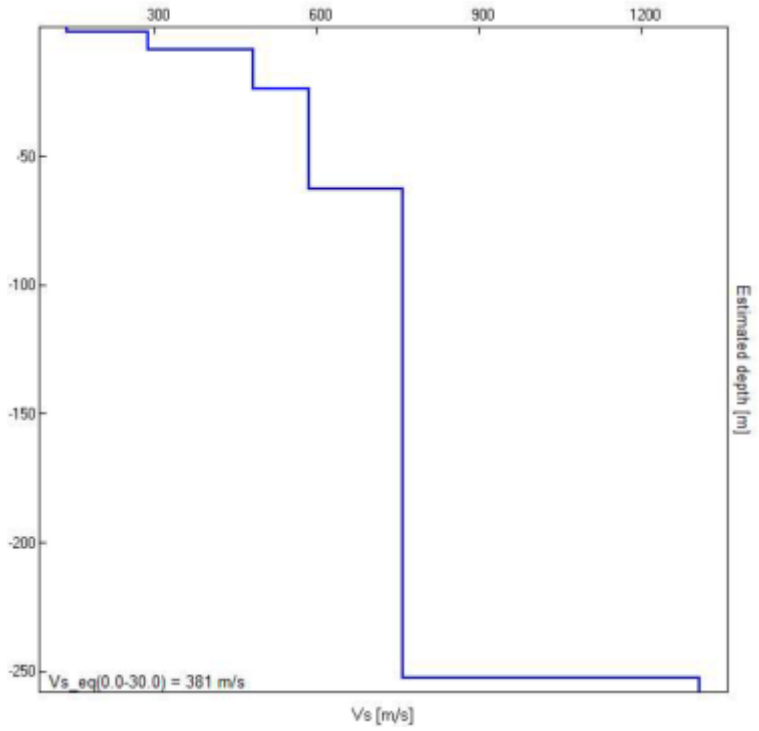


Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

HV5



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]
1.8	1.8	138	372
9.8	7.0	289	778
26.8	15.0	484	1303
65.8	39.0	587	1581
255.8	190.0	760	2046
Inf.	Inf.	1308	3522
			Vs_eq (0.0-30.0) = 381 m/s



Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

6.5.6 Analisi dei risultati

Comparto NORD

Per il comparto Nord è possibile fare riferimento alle prove HV1 ed HV2. I due spettri risultano tra di loro abbastanza coerenti, salvo alcune differenze alle alte frequenze, ovverosia per le basse profondità di analisi. Questo disturbo può essere dato soprattutto nella prova HV2 a causa della vicinanza con la strada statale SS671, più lontana invece dalla prova HV1. La differenza è evidente anche nello spettro della singola componente Z, che mostra un netto abbassamento nella prova HV2 rispetto alla HV1 sempre nelle alte frequenze.

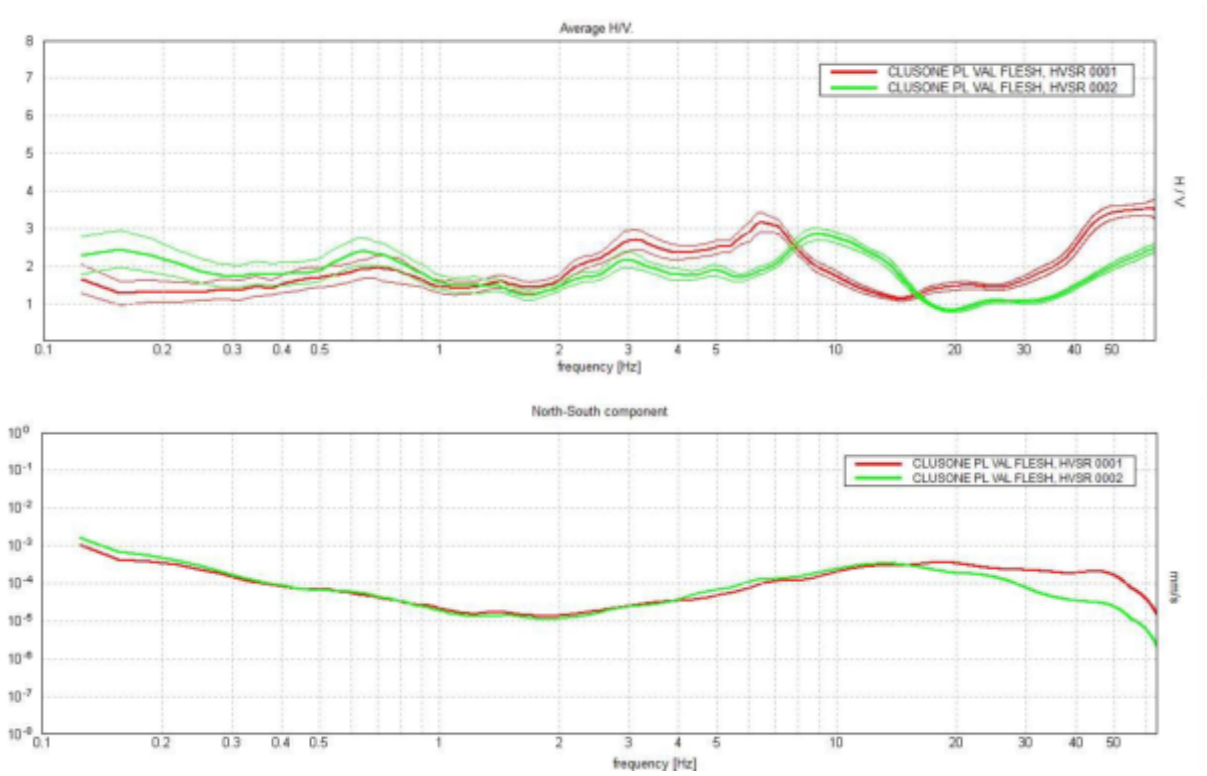


Figura 42 – Spettri di risposta H/V e della singola componente Z per le prove HV1 ed HV2 eseguite presso il comparto Nord.

In linea generale, dunque, si riscontra una migliore pulizia ed un mino disturbo del dato della prova HV1, la quale può dunque essere presa come riferimento per l'intero comparto Nord.

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

Comparto SUD

Per il comparto sud sono state eseguite n. 3 prove HVSR, HV3, HV4 ed HV5. Le tre prove risultano tra di loro omogenee tranne che per il picco mediano, e principale, individuabile tra le frequenze di 5 e 10 Hz. Nella prova HV3 il picco si pone a 5 Hz circa, similare tra l'altro alle prove HV1 ed HV2. Tale evidenza è tra l'altro coerente con la posizione della prova, effettuata in prossimità della SS671 e dunque geograficamente più vicina al comparto nord. La prova HV4 mostra di contro un picco posto a 10 Hz, mentre la prova HV5 lo pone in posizione mediana alle due, a circa 7-8 Hz, con uno sdoppiamento in cresta al picco (dovuto ad un disturbo antropico). Anche in termini di spettro della sola componente Z, la prova HV3 risulta differente rispetto alle prove HV4 ed HV5, determinando dunque una distinzione tra i due comparti (lotto 3 e lotto 4).

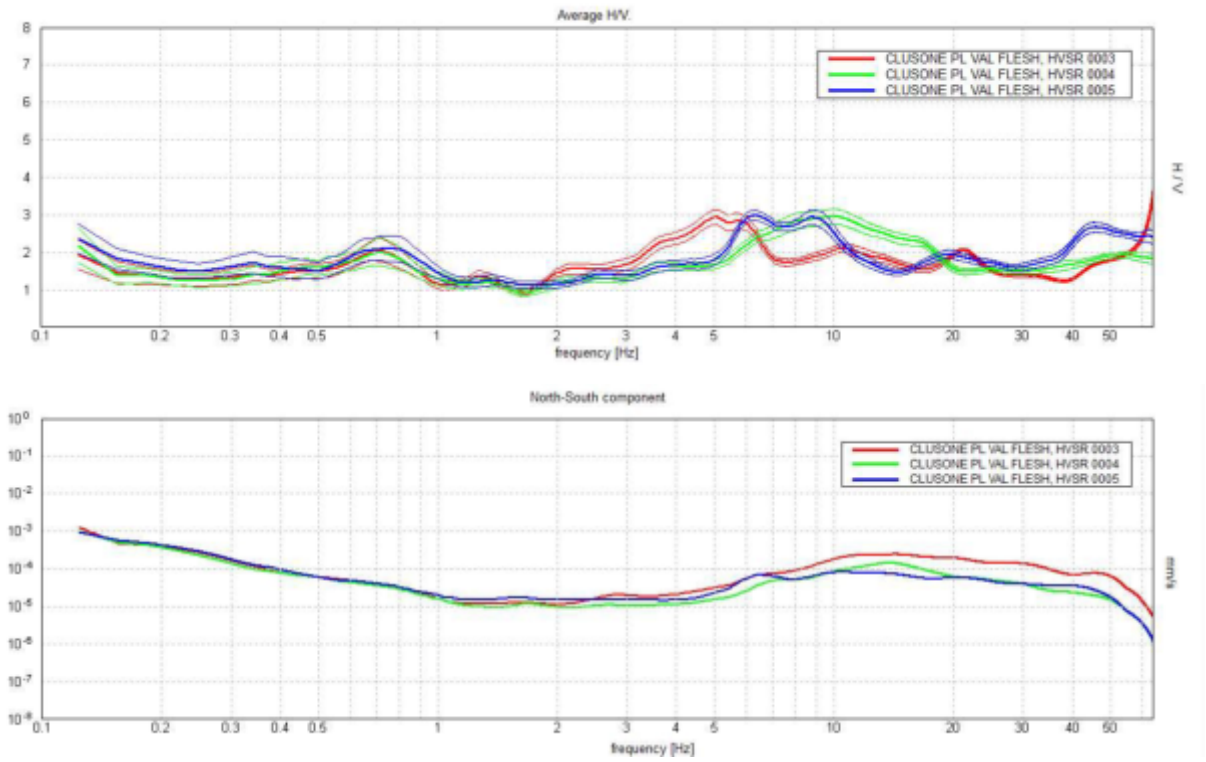


Figura 43 - Spettri di risposta H/V e della singola componente Z per le prove HV3, HV4 ed HV5 eseguite presso il comparto Sud.

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

A tal proposito, dunque, occorre in questo caso distinguere rispetto ai due lotti funzionali lo specifico modello sismostratigrafico, adottando per il lotto 3 il profilo della prova HV3 e per il lotto 4 il profilo medio delle due prove.

In generale, dunque, sono adottati i seguenti profili sismici:

LOTTO 1 e LOTTO 2		
Z (m)	H (m)	Vs (m/s)
1.3	1.3	245
8.0	6.7	530
33.0	25.0	790
133.0	100.0	1550
inf.	inf.	2200
Vseq (8.0 m)		**446**

LOTTO 3		
Z (m)	H (m)	Vs (m/s)
3.0	3.0	215
13.0	10.0	450
38.0	25.0	682
inf.	inf.	1000
Vseq (30.0 m)		**491**

LOTTO 4		
Z (m)	H (m)	Vs (m/s)
1.8	1.8	133
2.2	0.4	209
9.2	8.8	287
9.8	1	360
26.8	25.8	458
27.2	1.4	509
52.2	50.8	538
inf.	inf.	598
Vseq (30.0 m)		**340**

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

6.6 Indagine sismica MASW – Poloni 2024

Viene recuperata l'indagine sismica (MASW) svolta dal dott. geol. Amadio Poloni nel 2024 in supporto alla realizzazione del vicino edificio a previsione ristorativa (McDonald's) posto nell'area sita appena a nord-est rispetto al comparto Nord – Lotto 1.

Figura 44 – Ubicazione dell'indagine MASW (in magenta) svolta dal Dott. Geol. Poloni nel 2024 rispetto all'area di indagine (Comparto NORD in blu, Comparto SUD in verde e perimetro dell'area in rosso)

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

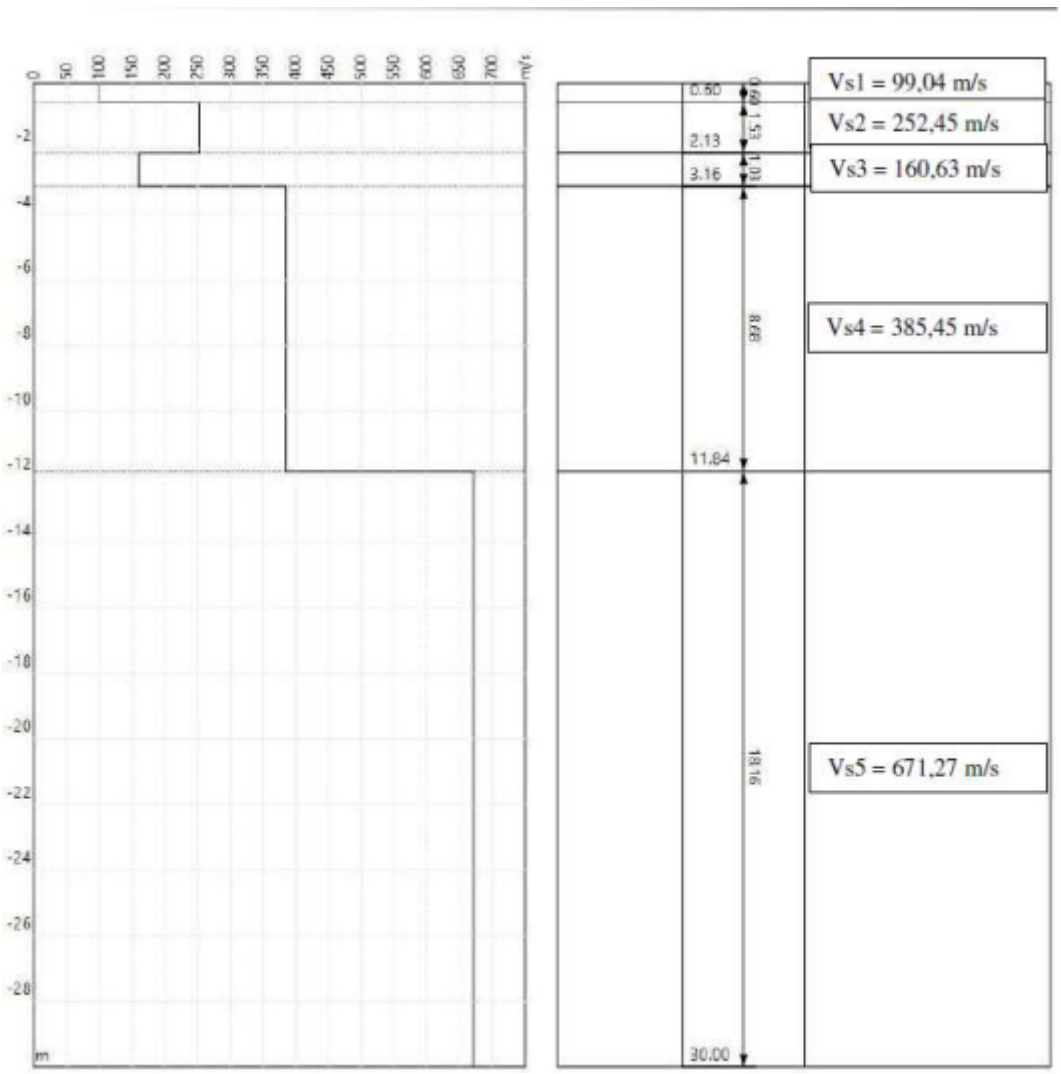


Figura 45 – Profilo sismostratigrafico prova MASW

L'indagine MASW ha rilevato un profilo sismostratigrafico caratterizzato da valori bassi di Vs fino alla profondità di circa 4 m (Vs ≤ 250 m/s), a cui segue un interstrato con valori medi (Vs = 385 m/s) a cui seguono valori elevati, ma non riferibili a bedrock a partire da 12 m dal p.c..

Il valore di Vs,30 risulta pari a 440 m/s

Dal raffronto con le indagini sismiche svolte da GEA presso i lotti 1 e 2, si osserva un evoluzione abbastanza similare dei profili sismostratigrafici (al netto di differenze

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

minimali in termini di Vs e profondità dei sismo strati, riferibili alla differente sensibilità delle due tipologie di indagine e dall'errore strumentale e di analisi residuo, che per ambedue le tipologie può raggiungere i ± 10 m/s in termini di Vs dello strato.

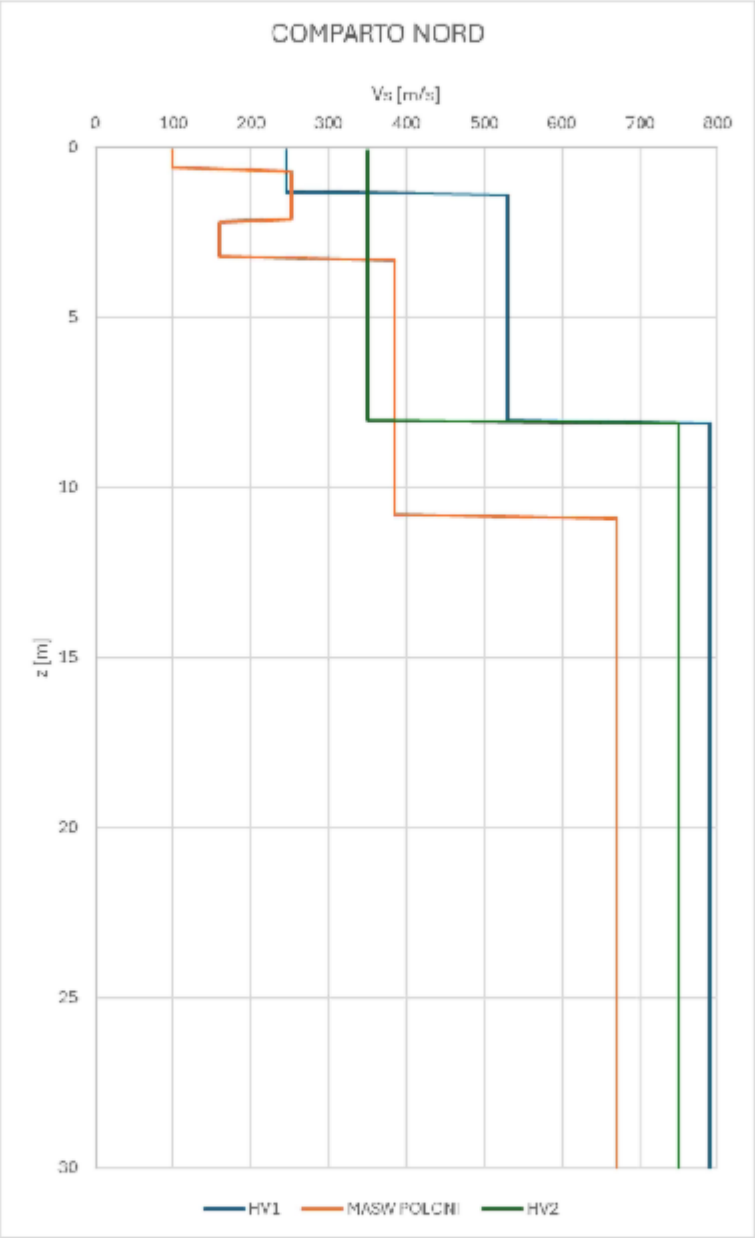


Figura 46 – Raffronto indagine MASW svolta da Poloni nel 2024 e la indagini HV1 ed HV2

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

7 MODELLO GEOTECNICO DEL SITO

7.1 Caratterizzazione stratigrafica

Dalle osservazioni di terreno effettuate, dalla consultazione della bibliografia disponibile e dall'esperienza maturata dallo scrivente in terreni prossimali al sito di intervento, è possibile delineare i seguenti livelli geotecnici:

LIVELLO (N_{SPT})	PROFONDITÀ	LITOLOGIA	INTERPRETAZIONE
A (2-7)	Vedi singole prove	Livello poco consistente Argille limose	Livello pedogenizzato
B (10-15)	Vedi singole prove	Livello mediamente consistente Argille limose con ghiaie	Depositi alluvionali
C (16-25)	Vedi singole prove	Livello mediamente addensato Ghiaie e sabbie sciolte in matrice	Depositi alluvionali
D (26-50)	Vedi singole prove	Livello addensato Sabbie ghiaiose	Depositi fluvioglaciali
R (50-75)	Vedi singole prove	Livello resistente Ceppo	Depositi fluvioglaciali

Figura 47 - Stratigrafia dell'area di studio

I livelli risultano tra di loro disorganizzati ed alternati sia in termini di continuità verticale sia in termini di continuità orizzontale. Di conseguenza, non è possibile definire un modello stratigrafico unitario e, dunque, occorrerà procedere con particolare cautela, andando ad analizzare i risultati delle singole prove geognostiche eseguite (prove penetrometriche e sondaggi), raggruppandole per singolo lotto funzionale.

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

Il **livello A** rappresenta i terreni superficiali, a prevalente comportamento coesivo e caratterizzati dalla prevalente presenza di limi ad argille, di colore marrone, con immersi clasti spigolosi o sub-arrotondati, molto sciolti. Il comportamento è di tipo coesivo. Si tratta in prevalenza di depositi pedogenizzati ed alterati posti in superficie.
Il secondo **livello B** rappresenta depositi alluvionali fini, medio fini o grossolani ma sciolti, sempre con una discreta porzione di matrice argilloso – limosa, di colore marrone chiaro o grigio. Il comportamento è di materiale incoerente molto sciolto. Si tratta di depositi alluvionali.
Il terzo **livello C** individua depositi mediamente sciolti, con progressivo addensamento, a comportamento incoerente. Si tratta in prevalenza di ghiaie, da fini a medie, e sabbie con rara o assente matrice. IS tratta di intercalazioni medio – fini entro i livelli più grossolani.
Il **livello D** individua depositi ben addensati, alcuni anche resistenti, che contraddistinguono i livelli lenticolari di ceppo conglomeratico o ghiaie e ciottoli addensati negli strati superiori del sottosuolo, intercalati ai livello B e C. Talora questi livelli danno rifiuto superficiale alle prove penetrometriche.
Il **livello R** rappresenta l'orizzonte di rifiuto alla prova o comunque di avanzamento con numero di colpi elevato (superiore a 50) coerente al basamento conglomeratico (ceppo) o comunque a depositi fluvioglaciali ben addensati.

Si riportano di seguito le singole prove penetrometriche, svolte nel 2006 e nel 2025, ed i sondaggi, con l'interpretazione litotecnica sia per passo di avanzamento sia per livello geotecnico individuato (NSPT medio dello strato). La scala colore di lettura delle prove è la seguente:

N SPT		LITOTIPO
2	7	A
10	15	B
16	25	C
26	50	D
50	75	R

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

COMPARTO NORD - LOTTO 1

Indagini dott. geol. Reguzzi, 2006

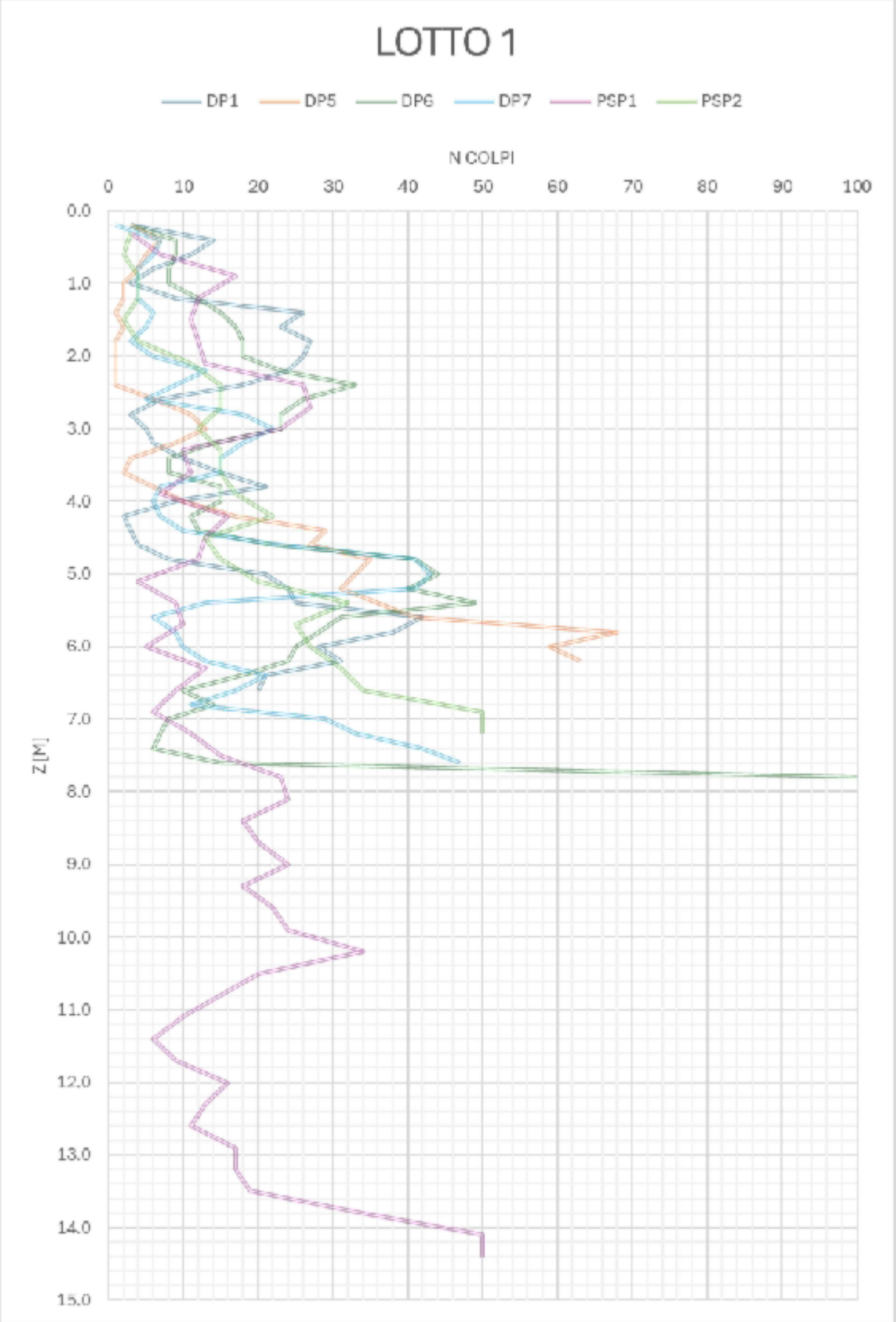
PROF	DP1		DP5		DP6		DP7	
0.2	3	11.27	3	3.68	3	10.88	1	8.26
0.4	14		7		9		7	
0.6	11		5		9		6	
0.8	6		4		8		4	
1.0	3		2		8		4	
1.2	9		2		12	30.58	4	
1.4	26	35.28	1		15		6	
1.6	23		2		17		5	
1.8	27		1		18		3	
2.0	26		1		18		6	
2.2	24		1		23		13	
2.4	18		1		33		9	
2.6	7	7.72	6	14.33	26		5	
2.8	3		11		23		18	25.87
3.0	5		13		23		22	
3.2	6		9		14	17.43	18	
3.4	10	20.21	3	7.72	8		15	
3.6	15		2		8		15	
3.8	21		6		15		7	11.03
4.0	9		10		15		6	
4.2	2	6.25	17	45.75	11		7	
4.4	3		29		12		10	
4.6	4		27		22	47.33	23	54.39
4.8	8		35		41		41	
5.0	21	40.84	33		44		43	
5.2	24		31		40		41	
5.4	25		36		49		13	18.38
5.6	42		41		31		6	
5.8	38		68	80	28		9	
6.0	28		59		25		10	
6.2	31		63		24		13	
6.4	21				18		21	
6.6	20				10	14.7	17	
6.8					14		11	
7.0					8		29	55.49
7.2					7		33	
7.4					6		42	
7.6					15		47	
7.8					100	80		
8.0								
8.2								
8.4								
8.6								

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

Indagini GEA, 2025

PROF	PSP1		PSP2		ELAB		S1
0.3	3	12.8	3	3.72	3	3.72	
0.6	7		2		2		
0.9	17		4		4		
1.2	12		4		4		
1.5	11		2		2		
1.8	12		4		4		35
2.1	13		11	18.15	11	14.33	
2.4	26	29.76	15		15		
2.7	27		15		15		
3.0	23		12		12		
3.3	10	11.83	15		10		
3.6	11		15		11		
3.9	7		17		7		26
4.2	16		22		16		
4.5	13		13		13		
4.8	12		15		12		
5.1	4		20		4	9.85	
5.4	9		32	35.01	9		
5.7	10		25		10		
6.0	5		27		5		26
6.3	13		31		13		
6.6	9		34		9		
6.9	6		50	58.75	6		
7.2	11		50		11		
7.5	15				15	25.17	
7.8	23	26.67			23		16
8.1	24				24		
8.4	18				18		
8.7	20				20		
9.0	24				24		
9.3	18				18		
9.6	22				22		
9.9	24				24		15
10.2	34				34		
10.5	20				20		
10.8	15				15		
11.1	10	13.43			10	12.73	
11.4	6				6		
11.7	9				9		
12.0	16				16		
12.3	13				13		
12.6	11				11		
12.9	17	36.62			17	25.56	
13.2	17				17		
13.5	19				19		
13.8	34				34		
14.1	50	58.75			50	58.75	
14.4	50				50		

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it



Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

COMPARTO NORD - LOTTO 2

Indagini dott. geol. Reguzzi, 2006

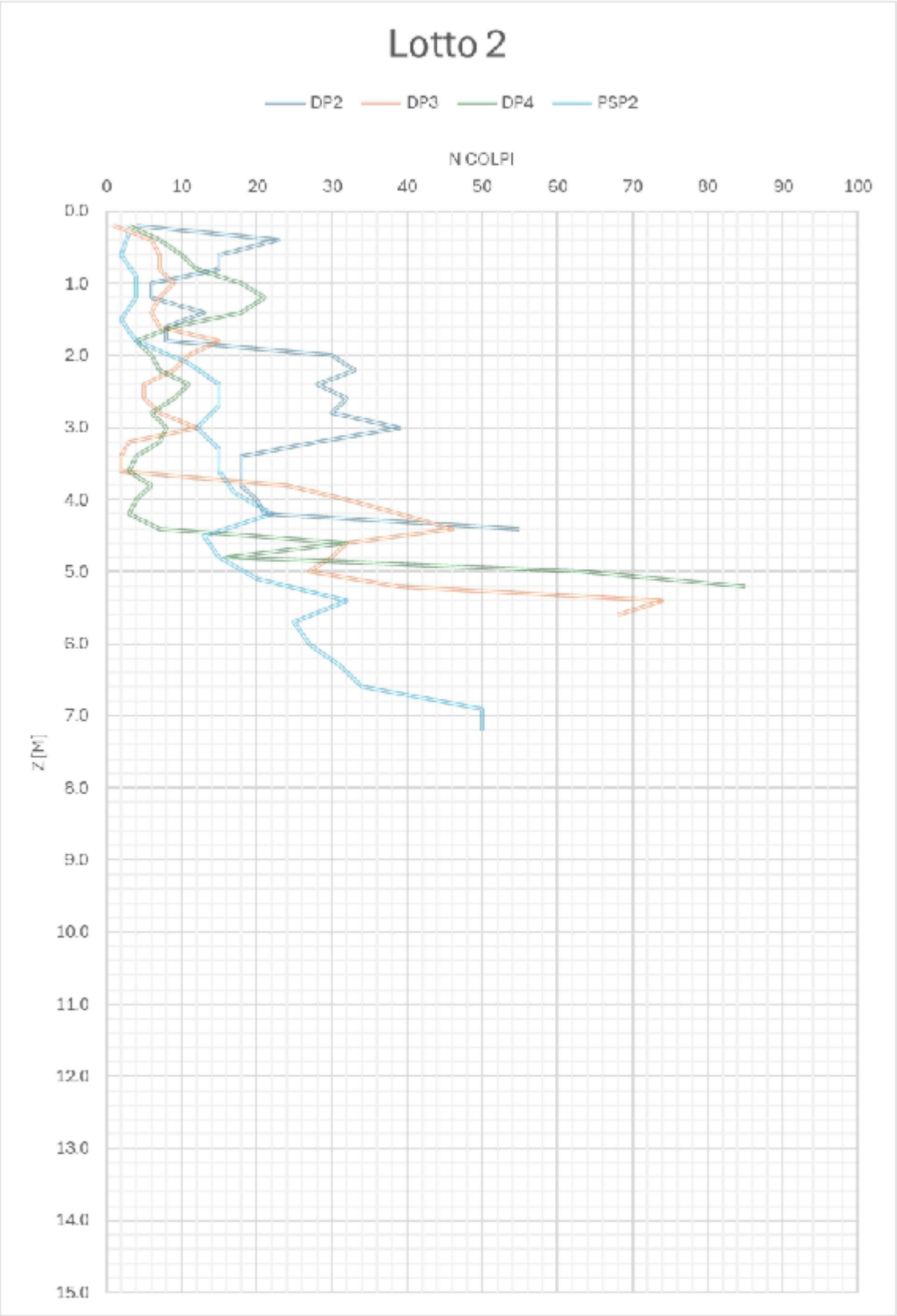
PROF	DP2		DP3		DP4	
0.2	4	16.66	1	11.17	3	16.68
0.4	23		6		7	
0.6	15		7		10	
0.8	15		7		12	
1.0	6	12.05	9		18	
1.2	6		7		21	
1.4	13		6		18	
1.6	8		7		9	8.72
1.8	8		15		4	
2.0	30	46.2	11		6	
2.2	33		9		7	
2.4	28		5		11	
2.6	32		5		9	
2.8	30		7		6	
3.0	39		12		8	
3.2	28		3	3.43	7	
3.4	18	27.9	2		4	
3.6	18		2		3	
3.8	18		24	49.42	6	
4.0	20		32		4	
4.2	21		39		3	
4.4	55	80.85	46		7	
4.6			32		32	72
4.8			30		16	
5.0			27		63	
5.2			39		85	
5.4			74	80		
5.6			68			

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

Indagini GEA, 2025

PROF	PSP2	
0.3	3	3.72
0.6	2	
0.9	4	
1.2	4	
1.5	2	
1.8	4	
2.1	11	18.15
2.4	15	
2.7	15	
3.0	12	
3.3	15	
3.6	15	
3.9	17	
4.2	22	
4.5	13	
4.8	15	
5.1	20	
5.4	32	35.01
5.7	25	
6.0	27	
6.3	31	
6.6	34	
6.9	50	58.75
7.2	50	

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it



Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

COMPARTO SUD - LOTTO 3

Indagini dott. geol. Reguzzi, 2006

PROF	DP8		DP9		DP10		DP14		DP16		DP17	
0.2	2		17		4		2		1		1	
0.4	4		43		15		21		6		1	
0.6	5		50		16		19		9		3	
0.8	5		27		14		19		9		3	
1.0	6	6.47	25		7		19	23.52	9	10	3	
1.2	22		18	44.1	4		34		18		2	
1.4	23		9		4	6.98	32		24		4	
1.6	32		6		22		34		19		12	
1.8	43		5		30		27		13	27.19	8	4.59
2.0	35		5	9.19	20		21	43.51	29		17	
2.2	40		12		15		15		29		20	
2.4	31		16		6		12		31		22	
2.6	14	44.1	11		5	24.01	7		31		30	
2.8	6		16		18		5	14.33	29		30	
3.0	5		21		27		15		25	42.63	36	
3.2	1		23	24.26	28		21		14		40	40.95
3.4	2		53		28		23		6		18	
3.6	3		52		27		27		10	14.7	17	
3.8	12		59		24		23		22		30	31.85
4.0	7		65	84.16	38		24		34		68	
4.2	4				33	40.98	35		25		71	80
4.4	3				19		42		23			
4.6	5				17		28		43	43.22		
4.8	3				36		40	40.87	63			
5.0	5	6.86			12		51		60	90		
5.2	14				10	21.32	24					
5.4	27				26		50					
5.6	12				45		49	63.94				
5.8	12				50	59.29						
6.0	7											
6.2	13											
6.4	13											
6.6	11											
6.8	16	20.42										
7.0	34											
7.2	65											
7.4	43											
7.6	27	62.11										
7.8	45											
8.0	59	76.44										
8.2												
8.4												
8.6												

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

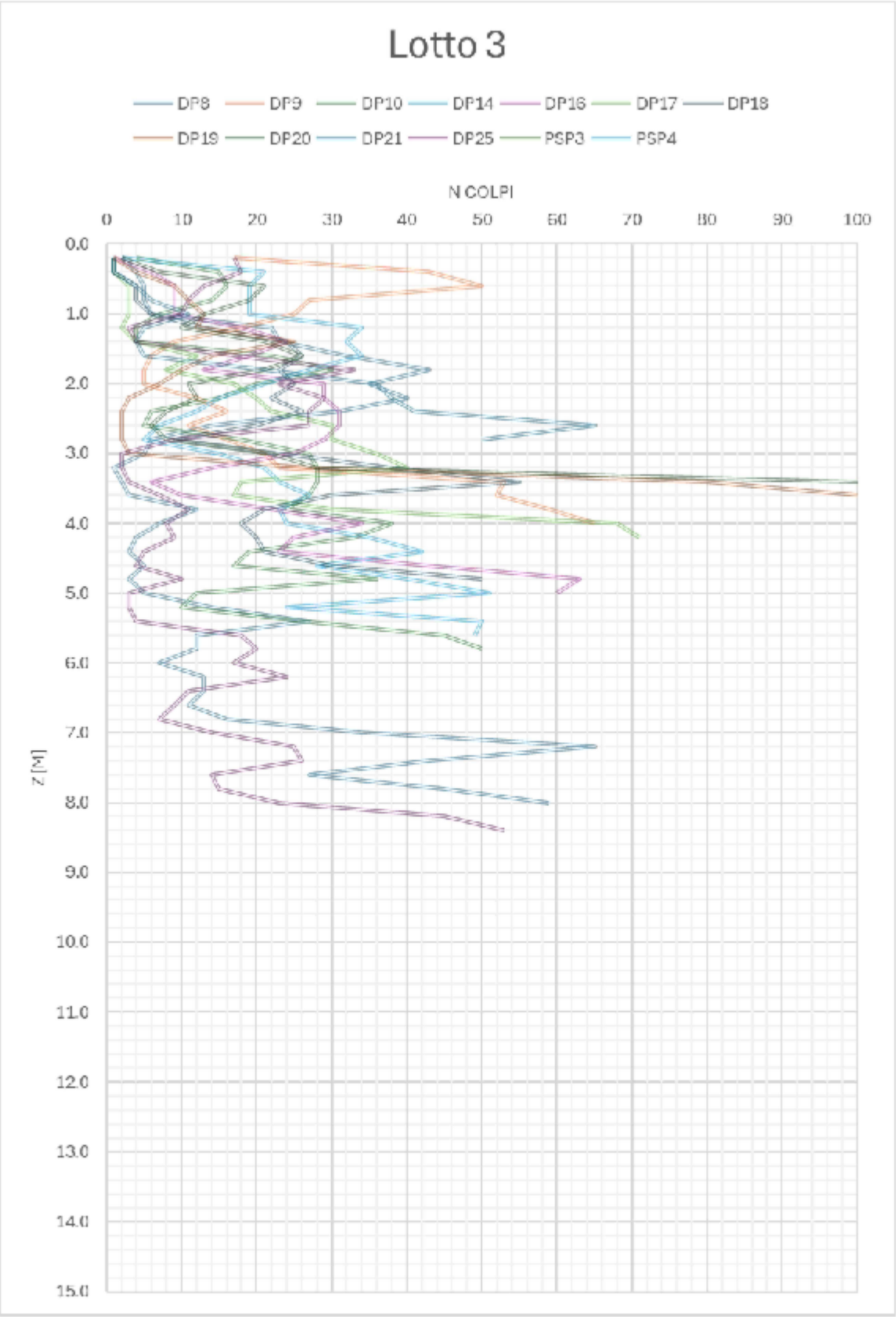
PROF	DP18		DP19		DP20		DP21		DP25	
0.2	1		1		2		1		17	
0.4	1		4	3.68	7	6.62	1		18	
0.6	4		9		21		4		13	
0.8	4		11		19		6		11	
1.0	6	4.7	13		13		11		10	20.29
1.2	13		12		10		5		3	
1.4	24		25		21		4		4	5.14
1.6	26		14		26		5	6.79	17	
1.8	23		10		21	27.5	21		33	
2.0	25		7	18.55	11		36		23	
2.2	22		3		12		38		29	
2.4	26		2		8		41	49.98	27	
2.6	20		2		6		65		27	
2.8	9		2		8	13.23	50	84	9	34.65
3.0	23		3	3.53	22				2	
3.2	38		27		28				2	
3.4	55		80		100	80			3	
3.6	30		100	90					7	
3.8	21								11	
4.0	18								8	
4.2	20								9	
4.4	21								5	
4.6	30	36.26							4	
4.8	50	75							10	
5.0									3	
5.2									3	
5.4									4	8.03
5.6									18	
5.8									20	
6.0									17	
6.2									24	
6.4									11	
6.6									9	
6.8									7	
7.0									14	
7.2									25	
7.4									26	
7.6									14	
7.8									15	
8.0									23	25.21
8.2									45	
8.4									53	72
8.6										

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

Indagini GEA, 2025

PROF	PSP3		PSP4		S2
0.3	3	4.84	29		
0.6	6		23		
0.9	4		16	15.98	
1.2	5		12		
1.5	4		9		
1.8	5		13		33
2.1	2		18		
2.4	4		21	25.68	
2.7	11	24	15		
3.0	10		17		
3.3	22		23		
3.6	15		18		
3.9	19		16		48
4.2	16		24		
4.5	17		26		
4.8	34		31		
5.1	32		29		
5.4	22		26		
5.7	14		18		
6.0	16		17		20
6.3	29		25		
6.6	32		28		
6.9	18		21		
7.2	21		19		
7.5	22		24		
7.8	20		21		14
8.1	9		14		
8.4	11		15		
8.7	16		18		
9.0	24		26		
9.3	35		31		
9.6	18		20		
9.9	15		18		50
10.2	22		19		
10.5	31		27		
10.8	21		23		
11.1	20		19		
11.4	22		21		
11.7	50	58.75	29		
12.0	50		50	58.75	
12.3			50		

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it



Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

COMPARTO SUD - LOTTO 4

Indagini dott. geol. Reguzzi, 2006

PROF	DP11		DP12		DP13		DP22		DP23		DP24	
0.2	1		38		1		3		3		2	
0.4	8		70		1		8		9		12	
0.6	15		50		3		8		11		13	
0.8	17		25		5		6		7		9	13.23
1.0	13	15.88	15	58.21	2		4		7	10.88	6	
1.2	6		10		2		3		27		3	
1.4	8		8		4		4		26		3	
1.6	7		8		4		6		24		4	
1.8	4		11		11		10	8.5	26		4	
2.0	6	9.11	6		4		21		37		7	
2.2	20		3		3		26		31	41.9	3	6.31
2.4	27		5		1		34		18		9	
2.6	26		12	11.58	1		36		11		17	
2.8	28		20		1	3.26	45		10	15.44	12	
3.0	34		17		14		43		21		8	
3.2	30		22		15		25	48.3	29		13	17.35
3.4	29		28		21		16		26		20	
3.6	39		30		29		10		17		22	
3.8	42	44.92	25		23		20	22.54	16		28	
4.0	69		30		16	28.91	31		14		29	
4.2	73	80	27		4		27		25		23	
4.4			31		6	7.35	23		30		23	
4.6			32	38.51	21		19		17		32	37.18
4.8					28		24		23			
5.0					22	34.79	14		28			
5.2					14		19		36			
5.4					11		22		24			
5.6					7	15.68	16		27	34.97		
5.8					16		21					
6.0					18		17	31.13				
6.2					25		8					
6.4					35		5					
6.6					29		8					
6.8					36		6					
7.0					36		8					
7.2					27		8					
7.4					37		20					
7.6					34	43.07	10					
7.8					55		8	11.2				
8.0					62	86	18					
8.2							17					
8.4							35					
8.6							35	38.59				

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it

Indagini GEA, 2025

PROF	PSP5		PSP6		S3
0.3	19	27	3	5.15	
0.6	30		11		
0.9	22		13		
1.2	21		6		
1.5	15	19	3		
1.8	7		9		37
2.1	10		2		
2.4	16		6		
2.7	22		5		
3.0	23		6		
3.3	21		4		
3.6	16		9	20.36	
3.9	18		13		39
4.2	33	52	19		
4.5	50		16		
4.8	50		18		
5.1			17		
5.4			16		
5.7			18		
6.0			15		15
6.3			21		
6.6			22		
6.9			24		
7.2			38	47	
7.5			36		
7.8			28		50
8.1			39		
8.4			50		
8.7			50		
9.0					
9.3					
9.6					
9.9					39
10.2					

Studio G.E.A.
Via La Patta, 30/d - 24020 Clusone (BG)
Tel e Fax 035.340112 - e-mail: gea@mediacom.it