

COMUNE DI UBIALE CLANEZZO
(Provincia di Bergamo)

**AGGIORNAMENTO DELLA COMPONENTE GEOLOGICA,
IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO
DI GOVERNO DEL TERRITORIO**
**(ai sensi della L.R. n.12 del 11/03/2005 e delle D.g.r. n 2616 del 2011, D.g.r.
n.6738 del 19.06.2017 e D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)**

RELAZIONE GEOLOGICA

Parte 1 - Relazione Illustrativa

Committente: Comune di Ubiale Clanezzo

Bergamo, Marzo 2024



Augusto Azzoni

Dott. Augusto Azzoni

**Dott. Augusto Azzoni, n.527 dell'Ordine dei Geologi della Lombardia
Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo - Tel. 035-231115, cell. 339-2262817**

INDICE

INDICE	2
1. INTRODUZIONE	4
2. METODOLOGIA DELLO STUDIO	5
3. CARATTERISTICHE GENERALI DEL TERRITORIO COMUNALE	7
3.1 Inquadramento generale	7
3.2 Criticità geologiche del Territorio Comunale.....	8
4. SISMICITA' E CLASSIFICAZIONE DELL'AREA COMUNALE	8
4.1 Inquadramento sismologico	8
4.2 Classificazione sismica	10
5. ANALISI E VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SISMICI DI SITO	12
5.1 Introduzione	12
5.2 Procedura.....	14
5.3 Analisi di 1° livello.....	16
5.3.1 Carta della Pericolosità Sismica locale	17
5.4 Analisi di 2° livello.....	18
5.4.1 Metodologia per la valutazione degli effetti di amplificazione topografica	18
5.4.2 Metodologia per la valutazione degli effetti di amplificazione litologica	22
5.4.3 Risultati dell'analisi di Amplificazione topografica	26
5.4.4 Risultati dell'analisi di Amplificazione litologica	29
5.4.5 Carta del Fattore di amplificazione locale e delle categorie di sottosuolo proposte	33
6. CARTA P.A.I. – P.G.R.A.	35
6.1 Il Piano per l'Assetto Idrogeologico del Fiume Po (P.A.I.)	35
6.1.1 Proposte di modifiche alle aree classificate Eb sui corsi d'acqua del Reticolo Idrico Minore	36
6.2 Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni.....	38
7. CARTA DEI VINCOLI	40
8. CARTA DI SINTESI	40
9. CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO	42
9.1 Classi di fattibilità	42
9.1.1 Classe 1: Fattibilità senza particolari limitazioni	42
9.1.2 Classe 2: Fattibilità con modeste limitazioni.....	42
9.1.3 Classe 3: Fattibilità con consistenti limitazioni.....	42
9.1.4 Classe 4: Fattibilità con gravi limitazioni.....	43
9.2 Sintesi dei criteri adottati per la redazione della Carta di Fattibilità.....	44
9.3 Presentazione della Carta di Fattibilità geologica per le azioni di Piano	44

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

APPENDICE 1: Sezioni topografiche considerate per la valutazione degli effetti morfologici sul Fattore di amplificazione topografico

APPENDICE 2: Misure di rumore sismico HVSR a stazione singola

Comune di Ubiale Clanezzo (BG)

Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. (ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e delle D.g.r. n.2616 del 2011, D.g.r. n.6738 del 19.06.2017 e D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)

Relazione geologica Parte 1 - Relazione illustrativa

Dott. Geologo Augusto Azzoni - Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo

TAVOLE:

Tav.1 - Carta della Pericolosità Sismica locale (scala 1: 5.000).

Tav.2 - Carta dei fattori di amplificazione locale e delle categorie di sottosuolo proposte (1: 5.000).

Tav.3 - Carta P.A.I. - P.G.R.A. (scala 1: 5.000).

Tav.4 - Carta dei Vincoli (scala 1: 5.000).

Tav.5 - Carta di Sintesi (scala 1: 5.000).

Tav.6 - Carta della Fattibilità Geologica per le azioni di Piano (scala 1: 5.000).

Tav.7 - Carta della Fattibilità Geologica per le azioni di Piano con Scenari di PSL (scala 1: 5.000).

Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. (ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e delle D.g.r. n.2616 del 2011, D.g.r. n.6738 del 19.06.2017 e D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)

Relazione geologica Parte I - Relazione illustrativa

Dott. Geologo Augusto Azzoni - Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo

1. INTRODUZIONE

Per incarico dell'Amministrazione Comunale di Ubiale Clanezzo è stato effettuato un aggiornamento dello studio geologico a scala comunale a supporto dello strumento urbanistico ("*Componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio del Comune di Ubiale Clanezzo*"), in accordo alla normativa urbanistica attualmente vigente.

In particolare il lavoro è stato svolto facendo riferimento alla L.R. n.12/2005 e alle seguenti direttive regionali: D.g.r. n.9/2616 del 30/11/2011, D.g.r. n.10/6738 del 19.06.2017, D.g.r. n.11/4685 del 10.05.2021, D.g.r. n.11/6314 del 26.04.2022, D.g.r. n.11/6702 del 18.07.2022.

Il presente studio fa seguito a tre precedenti lavori:

- lo "*Studio Geologico comunale*", redatto nel gennaio 2002 secondo i criteri della L.R.41/97 dalla Società Georobica S.G.A.,
- lo "*Studio Geologico comunale a supporto del Piano di Governo del Territorio - Aggiornamento ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e della D.g.r. n. 8/7374 del 28.05.08*" redatto dal sottoscritto nel 2010,
- l'"*Aggiornamento della cartografia geologica del Piano di Governo del Territorio del Comune di Ubiale Clanezzo (in accordo alle indicazioni della D.g.r. n.9/2616-2011)*", redatto dal sottoscritto nel 2018.

e, come concordato con l'Amministrazione Comunale di Ubiale Clanezzo, si è articolato come segue:

- a) Aggiornamento, utilizzando la base cartografica digitale già usata nei precedenti studi, di tutta la cartografia di "Sintesi e proposta" (Carta dei Vincoli, alla Carta di Sintesi, alla Carta di Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano), attività resasi necessaria a seguito di limitate correzioni e modifiche apportate al Reticolo Idrico Minore comunale;
- b) adeguamento della cartografia comunale al Piano di Gestione del Rischio alluvioni (P.G.R.A.);
- c) aggiornamento della "Carta della Pericolosità sismica locale", a seguito di limitate variazioni rispetto a quella del 2018, ed esecuzione dell'Analisi sismica di 2 livello sull'intero territorio comunale, mediante apposite rilevazioni sismiche di microtremore a stazione singola (HVSR) in aree d'interesse e con verifiche del Fattore d'amplificazione litologico e topografico;
- d) aggiornamento delle Norme Geologiche di Piano;
- e) redazione del Documento semplificato del Rischio Idraulico Comunale ai sensi dell'art. 58bis della L.R. n.12 del 11.03.2005 e del R.R. n.7 del 23.11.2017.

Il lavoro è stato svolto nell'inverno 2021-2022 e nella prima parte del 2022 per quanto riguarda i rilievi di terreno e l'acquisizione di dati bibliografici e cartografici. Lo stesso è poi proseguito nella seconda parte del 2022 per quanto attiene l'elaborazione dei dati raccolti, la redazione delle carte e la stesura del rapporto tecnico.

Il lavoro è stato realizzato con la collaborazione del dott. Gianluigi Nozza.

Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. (ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e delle D.g.r. n.2616 del 2011, D.g.r. n.6738 del 19.06.2017 e D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)
Relazione geologica Parte 1 - Relazione illustrativa

Dott. Geologo Augusto Azzoni - Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo

2. METODOLOGIA DELLO STUDIO

Come già riferito, lo studio è stato realizzato ai sensi della L.R. n.12/2005 e delle successive deliberazioni di Giunta Regionale, tra cui principalmente la

- D.g.r. n.9/2616/2011 (*"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 – Testo Integrale"*), che stabilisce i criteri e i contenuti degli studi di supporto agli strumenti urbanistici, e al contempo ne definisce le caratteristiche di riferimento.
- D.g.r. n.10/6738 del 19.06.2017 *"Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del piano di gestione dei rischi di alluvione (P.G.R.A.) nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza, ai sensi dell'art. 58 delle norme di attuazione del piano stralcio per l'assetto idrogeologico (P.A.I.) del bacino del Fiume Po così come integrate dalla variante adottata in data 7 dicembre 2016 con deliberazione n. 5 dal comitato istituzionale dell'autorità di bacino del Fiume Po -*
- D.g.r. n.11/4685 del 10.05.2021 *"Ulteriore aggiornamento Dell'allegato 1 ai 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 (D.g.r. 2616/2011 e D.g.r. 2120/2019)"*.
- D.g.r. n.11/6314 del 26.04.2022 *"Modifiche ai criteri e 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 approvati con D.g.r. 2616/2011 e integrati con D.g.r. 6738/2017"*
- D.g.r. n.11/6702 del 18.07.2022 *"Aggiornamento 2022 dell'allegato 1 ai 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 approvati con D.g.r. 30 novembre 2011, n. 2616"*.

Lo studio ha inoltre preso in considerazione i contenuti della seguente Delibera regionale, limitandosi però ad individuare le macroaree interessate dalla presenza nel sottosuolo di cavità antropogeniche e senza eseguire approfondimenti, essendo la pubblicazione della stessa Delibera successiva al termine dei presenti lavori.

- D.g.r. n.11/7564 del 15.12.2022 *"Integrazione dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio relativa al tema degli sprofondamenti (Sinkhole) (Art. 57 della L.R. 11 marzo 2005, n. 12) "*.

In accordo alla D.g.r. 2616/2011, come per i precedenti studi, lo schema metodologico adottato si è basato su tre distinte fasi di lavoro: analisi, diagnosi e proposta.

Per quanto concerne la fase di analisi, come detto, ci si è riferiti all'esistente cartografia del 2002, cui si rimanda per i dettagli, e ai risultati di altri sopralluoghi eseguiti negli anni, per verifiche sia delle condizioni di stabilità dei versanti che di problematiche concernenti il Reticolo Idrico, nonché di dati emersi successivamente allo studio del 2018.

Relativamente agli aspetti sismici, si è poi provveduto all'aggiornamento della "Carta di Pericolosità Sismica Locale", a seguito di piccole modifiche relative principalmente agli Scenari Z3 (Zone di Cresta e di Scarpata) ed è stata prodotta la "Carta dei fattori di amplificazione locale e delle categorie di sottosuolo proposte", riportante i Fattori di amplificazione litologici valutati con apposite misure HVSR in sito e quelli topografici definiti con analisi cartografiche, e con indicazioni sulle categorie di sottosuolo per cui la normativa nazionale risulta adeguata a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito.

La fase di diagnosi consiste essenzialmente nell'unione delle carte esistenti, previa analisi critica delle informazioni già riportate in carta e omogeneizzazione delle legende e dei dati disponibili. Nel caso specifico, rispetto alla stesura del 2018 sono state effettuate solo limitate modifiche, come detto essenzialmente legate a piccole variazioni del

Comune di Ubiale Clanezzo (BG)

Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. (ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e delle D.g.r. n.2616 del 2011, D.g.r. n.6738 del 19.06.2017 e D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)

Relazione geologica Parte 1 - Relazione illustrativa

Dott. Geologo Augusto Azzoni - Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo

tracciato di quattro corsi d'acqua, conseguenti all'acquisizione di nuove conoscenze sugli stessi. In tale fase sono state redatte le seguenti carte:

- "Carta dei Vincoli" esistenti sul Territorio Comunale. Tale carta riporta le aree soggette a vincoli di carattere idrogeologico ed idraulico (Vincoli derivanti dalla Pianificazione di bacino P.A.I. e da P.G.R.A., Vincoli di Polizia Idraulica, basati sul Studio del Reticolo Idrico Minore comunale, Vincoli sulle Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile). Di fatto, la carta è stata modificata rispetto alla precedente solo per la parte relativa ai nuovi tracciati dei citati corsi d'acqua e al P.G.R.A.
- "Carta di Sintesi", a scala 1: 5.000. Tale carta è stata approntata riportando, previe le opportune elaborazioni, tutti gli elementi già mappati e quelli nuovi emersi nel corso degli ultimi anni, comprendenti in particolare elementi di pertinenza della stabilità dei versanti, della dinamica torrentizia, della vulnerabilità idrogeologica e delle caratteristiche geotecniche dei terreni presenti.

La successiva fase propositiva ha permesso infine la redazione delle seguenti carte:

- "Carta della Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano", nella quale è stata effettuata una zonazione del territorio in classi a diversa attitudine, dal punto di vista geologico, a sostenere eventuali interventi antropici. Per ciascuna classe di fattibilità, poi suddivise in sottoclassi a seconda delle problematiche specifiche delle aree, sono state fornite indicazioni tecniche e prescrizioni relative all'utilizzo delle aree stesse ("Norme Geologiche di Piano"), che dovranno poi essere adeguatamente recepite dagli strumenti urbanistici al fine di minimizzare il rischio idrogeologico e gli effetti connessi alla fruizione del territorio. La carta di fatto è pressochè simile a quella del 2018, con unica differenza data dal differente tracciato dei quattro corsi d'acqua.

E' stata quindi redatta la Relazione geologica, che riporta la descrizione delle varie carte di diagnosi e di proposta e degli aspetti sismici della Normativa (solo parzialmente trattati in precedenza), omettendo invece la parte relativa all'inquadramento geologico generale e alla descrizione delle "Carte d'analisi", per cui si rimanda ai precedenti Studi. In accordo alla normativa vigente, la stessa relazione è quindi composta da due parti:

- Parte 1 - Relazione illustrativa,
- Parte 2 - Norme Geologiche di Piano.

Oltre a quanto detto, è stata prodotta la cartografia di raccordo con gli strumenti di pianificazione sovraordinata ed in particolare "Carta P.A.I.-P.G.R.A.". Questa di fatto corrisponde alla precedente "Carta del dissesto con legenda uniformata a quella del P.A.I.", cui sono stati aggiunti i contenuti del P.G.R.A. e la nuova posizione dei citati nuovi tratti dei quattro corsi d'acqua.

Tutte le carte citate sono state realizzate utilizzando la Carta Aerofotogrammetrica digitale del Comune di Ubiale Clanezzo a scala 1: 5.000 (scala apparsa di adeguato dettaglio per rappresentare la situazione geologica comunale).

Il lavoro cartografico è stato realizzato in collaborazione, per la parte cartografica, con il dott. Gianluigi Nozza, operando in ambiente GIS e restituendo, al termine delle attività, i dati raccolti nel formato shapefile richiesto dalla Regione Lombardia.

Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. (ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e delle D.g.r. n.2616 del 2011, D.g.r. n.6738 del 19.06.2017 e D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)

Relazione geologica Parte 1 - Relazione illustrativa

Dott. Geologo Augusto Azzoni - Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo

3. CARATTERISTICHE GENERALI DEL TERRITORIO COMUNALE

Rimandando per la descrizione delle carte di base al rapporto allegato allo Studio Geologico per il PGT del 2002, si presentano di seguito gli elementi salienti del territorio comunale.

3.1 Inquadramento generale

Il territorio comunale di Ubiale-Clanezzo presenta una superficie di circa 8,1kmq e si estende tra il Torrente Brembilla a nord, il Fiume Brembo a est, il Torrente Imagna a sud ed il crinale Monte Ubione-Monte Ubiale a ovest. La quota massima è rappresentata dal Monte Ubiale con 1.009m s.l.m., quella minima è rappresentata dalla confluenza tra il Brembo e l'Imagna, posta a circa 254m s.l.m.

Si tratta di un territorio prevalentemente montuoso, con estesi versanti molto acclivi e localmente anche attraversati da pareti rocciose, che per lo più hanno inizio sul crinale spartiacque fra la Valle Brembana e le Valli Brembilla e Imagna. Le aree pianeggianti sono limitate alle zone di fondovalle del Fiume Brembo e del Torrente Imagna, e corrispondono a terrazzi di origine fluviale a livello del fiume (il terrazzo della Centrale di Clanezzo) o sopraelevati di alcune decine di metri rispetto agli alvei attuali (il terrazzo di Bondo, quello di Clanezzo e quello, di minore estensione, di Ubiale).

Dal punto di vista geologico, l'area è caratterizzata dalla presenza di unità carbonatiche del periodo retico-giurassico, che per lo più si presentano in condizioni di sub affioramento o coperte da limitati depositi di versante. Si tratta sempre di formazioni costituite da calcari e marne spesso con selce, quasi sempre ben stratificate, di buona resistenza e con comportamento rigido. Tali rocce sono localmente interessate da carsismo.

Solo nelle aree dei citati terrazzi di fondovalle si riconoscono depositi alluvionali e di versante di maggiore spessore.

In merito all'idrologia, l'area comunale è caratterizzata innanzitutto alla presenza dei tre principali corsi d'acqua già citati, Torrente Brembilla, Fiume Brembo e Torrente Imagna, che come detto costituiscono il limite del territorio rispettivamente sui lati nord, est e sud. Oltre a questi è poi presente una diffusa rete di corsi minori, costituita da torrenti e piccoli rii per lo più a regime temporaneo, che solcano valli in genere strette, rettilinee ed incise in roccia, e che quasi sempre confluiscono direttamente nei corsi principali citati.

Relativamente agli aspetti idrogeologici, l'area comunale è nel complesso abbastanza povera di acqua, fatto dovuto alla forte acclività dei versanti, alla presenza di rocce di elevata permeabilità e all'assenza di importanti depositi di copertura, tutti elementi che non favoriscono l'accumulo idrico. Seppure il rilievo carbonatico dei Monti Ubione-Ubiale-Corna Marcia verosimilmente costituisca un importante acquifero, la maggior parte delle sorgenti presenti nel territorio comunale ha in genere modesta portata e caratteri di stagionalità, con forti variazioni di portata in funzione delle precipitazioni. Unica eccezione è la sorgente Fontanone, che seppur anch'essa soggetta a variazioni di portata, garantisce da sola il fabbisogno idrico di Ubiale. Tutte le sorgenti appaiono per lo più legate a fessurazione e carsismo, quasi mai alla presenza di precisi limiti idrogeologici.

Il territorio comunale è interessato dalla presenza di diverse cave e miniere, in parte tuttora attive. In particolare si ricorda l'importante polo estrattivo ATEc6, rappresentato dalla Cava di calcare per calce della ditta Unicalce, che nei decenni ha portato all'escavazione di una vasta porzione del versante del Monte Ubiale prospiciente la val Brembilla, e che ora è attivo, nella medesima area, quasi unicamente in sotterraneo. Oltre a questo, si ricordano le vecchie miniere di pietra da cemento (cavata in sotterraneo) della zona di Ubiale, e le cave a cielo aperto di selce della zona di Clanezzo.

3.2 Criticità geologiche del Territorio Comunale

Il territorio di Ubiale-Clanezzo, nonostante il carattere montuoso e la generale forte pendenza, non presenta fenomeni di dissesto attivi di particolare rilevanza o interessanti ampie superfici, fatto legato alla buona resistenza del substrato roccioso, allo spessore esiguo dei terreni di copertura e all'elevata permeabilità media della superficie, che consente l'infiltrazione di buona parte dell'acqua piovana. Inoltre i corsi d'acqua più importanti come il Fiume Brembo e i Torrenti Imagna e Brembilla sono posti al margine del territorio comunale e scorrono a quote ben inferiori ai centri abitati, di fatto quasi ovunque senza possibilità di particolari esondazioni anche in caso di piene catastrofiche (ovviamente le esondazioni possono interessare tutti i terrazzi recenti e le strutture ivi presenti).

I settori a maggiore rischio geologico dell'area comunale sono senza dubbio le strade di accesso e collegamento ai principali centri abitati, Ubiale, Bondo e Clanezzo, tutte ricavate a mezza costa lungo le ripide scarpate del Fiume Brembo. Tali strade sono soggette in particolare a cadute di massi, fenomeno presente soprattutto nelle zone con ripide pareti rocciose, quali il tratto di Strada Provinciale di accesso al centro comunale, il tratto di Via Europa a valle di Cazzanino e presso la Valle dei Morti, il tratto di Via Europa fra Bondo e la Valle di Costa Cavallina (alcuni dei tratti citati sono stati oggetto negli ultimi anni di importanti interventi di messa in sicurezza). Le stesse sono localmente soggette anche ad instabilità delle coltri superficiali presenti (soprattutto erosione superficiale, soliflusso e piccoli smottamenti), fenomeni peraltro presenti un po' su tutti i versanti, nelle zone con maggiori spessori di depositi superficiali.

Altra zona soggetta a caduta massi è la parte superiore dell'abitato di Clanezzo, oggetto anch'esso di importanti interventi di bonifica e messa in sicurezza.

In merito al rischio idraulico, alle considerazioni generali già espresse si aggiunge che i settori ove questo è più presente sono il fondovalle del Fiume Brembo all'altezza di Clanezzo, dove sorge la Centrale Enel, quello del Torrente Imagna, sede di vecchie strutture produttive (vecchia Centrale elettrica dismessa) e di valenza storica (antico edificio del Maglio), e tratti del Torrente Brembilla. I corsi d'acqua minori mostrano in genere alvei scavati in roccia e abbastanza ben dimensionati e pertanto, salvo che per eventuali ostruzioni da parte di materiali o vegetazione, appaiono nel complesso poco soggetti alla possibilità di esondazione.

Relativamente alle condizioni di sicurezza dell'area, ricordando la diffusa presenza di siti interessati dall'estrazione mineraria, si segnalano infine diverse situazioni d'instabilità legate a vecchi fronti di scavo, e la possibilità che, in corrispondenza dei punti di estrazione in sotterraneo, si verificino in futuro cedimenti o crolli.

4. SISMICITA' E CLASSIFICAZIONE DELL'AREA COMUNALE

4.1 Inquadramento sismologico

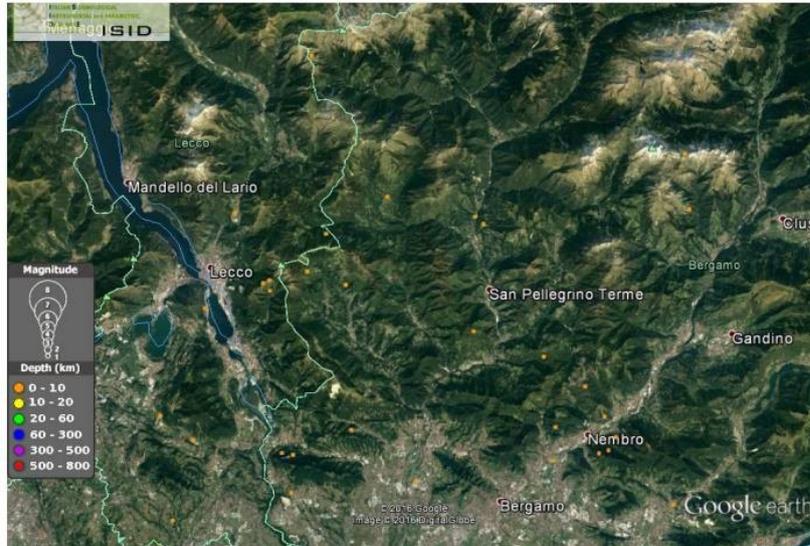
L'attività sismica delle Alpi Meridionali è prevalentemente concentrata nel settore centro-orientale (Veneto e Friuli Venezia Giulia). Relativamente al territorio lombardo, l'area a maggiore attività sismica è situata nella provincia di Brescia, in prossimità del Lago di Garda; la sismicità decresce procedendo da Est a Ovest e da Sud a Nord.

Per la caratterizzazione dell'area comunale dal punto di vista sismico, si è fatto riferimento al "*Catalogo dei Forti Terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1990*" riferito alla città di Bergamo e soprattutto alla banca dati dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ("*Catalogo Parametrico dei terremoti italiani*" CPTI11 e CPTI15 e "*Progetto Iside*", documento da cui sono state estratte le tavole di Fig.1 (terremoti avvenuti in un intorno di 20km dell'area comunale nel periodo 1985-2015).

Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. (ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e delle D.g.r. n.2616 del 2011, D.g.r. n.6738 del 19.06.2017 e D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)

Relazione geologica Parte I - Relazione illustrativa

Dott. Geologo Augusto Azzoni - Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo



#Tempo Origine (UTC)	Latitudine	Longitudine	Profondità	Magnitudo
2015-11-30 13:07:18.910	45 742	9 788	9.07	2.01
2015-11-30 12:50:03.790	45 733	9 781	10.00	2.00
2015-11-29 08:29:24.600	45 731	9 772	10.01	1.08
2015-11-28 21:29:56.860	45 756	9 777	10.03	3.00
2015-06-24 08:05:00.200	45 747	9 534	14.01	1.03
2015-06-10 20:56:07.260	45 663	9 608	6.02	1.07
2015-05-30 11:08:14.610	45 655	9 407	24.6	1.05
2014-05-03 15:26:20.170	45 895	9 855	10.00	0.09
2011-12-31 23:36:00.460	45 814	9 651	5.00	2.01
2011-08-04 08:19:32.460	45 854	9 493	5.03	1.03
2011-06-23 15:02:10.800	45 829	9 393	10.00	2.01
2010-12-30 09:26:56.480	45 730	9 478	4.03	1.05
2010-12-29 09:13:58.230	45 845	9 529	3.07	1.02
2010-11-22 09:40:08.330	45 904	9 569	5.00	1.03
2010-05-14 03:35:29.850	45 777	9 757	7.01	2.08
2010-05-12 19:58:09.040	45 726	9 728	10.00	1.03
2010-05-11 14:04:37.420	45 749	9 730	10.00	1.09
2010-05-11 02:13:42.380	45 797	9 718	3.03	3.05
2009-07-10 01:20:53.840	45 846	9 451	5.00	1.04
2009-07-10 01:06:46.880	45 848	9 457	5.04	2.04
2009-06-06 14:23:48.510	45 666	9 350	4.04	2.01
2009-01-09 16:55:27.780	45 931	9 848	8.05	2.01
2007-07-20 10:02:28.620	45 740	9 382	10.00	1.09
2007-03-23 05:01:38.960	45 696	9 844	8.06	3.04
2006-04-27 00:57:50.310	45 886	9 661	48.40	1.09
2006-04-12 08:13:19.970	45 704	9 476	6.03	1.01
1999-12-01 04:02:55.540	45 891	9 653	21.04	2.06
1999-09-11 05:49:10.700	45 685	9 362	17.07	2.07
1996-08-23 01:37:42.990	45 756	9 350	10.00	2.09
1995-06-25 17:32:13.900	45 731	9 467	17.05	3.00
1992-09-08 02:29:16.970	45 893	9 423	10.00	2.04
1988-11-30 16:02:41.650	45 996	9 498	5.00	2.03
1988-11-03 09:29:59.270	45 879	9 511	5.00	2.00
1987-02-13 21:15:45.700	45 712	9 596	21.05	2.09
1985-04-23 06:38:28.360	45 641	9 840	8.06	2.03
1985-02-23 15:46:06.620	45 841	9 457	5.00	2.05

Fig.1 – Elenco degli eventi sismici avvenuti dal 1985 al 2015 all’intorno dell’area Comunale.

Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. (ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e delle D.g.r. n.2616 del 2011, D.g.r. n.6738 del 19.06.2017 e D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)

Relazione geologica Parte 1 - Relazione illustrativa

Dott. Geologo Augusto Azzoni - Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo

Le varie fonti consultate non evidenziano eventi sismici con epicentro all'interno del territorio comunale; si riconoscono però diversi eventi in aree vicine (Lecchese, Bergamasca, Lago d'Iseo), caratterizzati da Magnitudo massime Ms in genere dell'ordine di 4-5, tutti chiaramente avvertiti nella Bassa Valle Brembana, come pure lo sono stati anche quelli principali degli ultimi decenni avvenuti nell'area Friulana, Bresciana e Parmense.

I dati relativi agli ultimi 30 anni mostrano invece eventi con Ms massima di 3 e profondità ipocentrali mediamente inferiori a 10km con massimi di 48km.

In considerazione di quanto osservato, si può ritenere che l'attività sismica in zona sia nel complesso di moderata entità (magnitudo Ms inferiore a 5,0) ed essenzialmente legata ad eventi verificatisi in aree esterne.

La sismicità strumentale contenuta nel catalogo CSI (Catalogo Strumentale della Sismicità Italiana) mostra uno schema di distribuzione con la sismicità strumentale disposta lungo una fascia allungata in direzione NE – SO che si estende dalla zona del basso Lago d'Iseo verso la Provincia di Brescia e verso la bassa Pianura Lombarda, con profondità ipocentrale degli eventi in media inferiore a 30 Km.

4.2 Classificazione sismica

L'O.P.C.M. n.3274/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", approvata con O.P.C.M. n. 3519 del 28/04/2006, ha definito una nuova zonazione sismogenetica nazionale e quindi anche il grado di pericolosità sismica dell'area lombarda e del Comune di Ubiale Clanezzo (Fig.2, Tab.2 e Fig.3), basato sul parametro ag, descrittivo del valore di scuotimento atteso (la sua unità di misura è una frazione dell'accelerazione di gravità (g) per diversi periodi di ritorno).

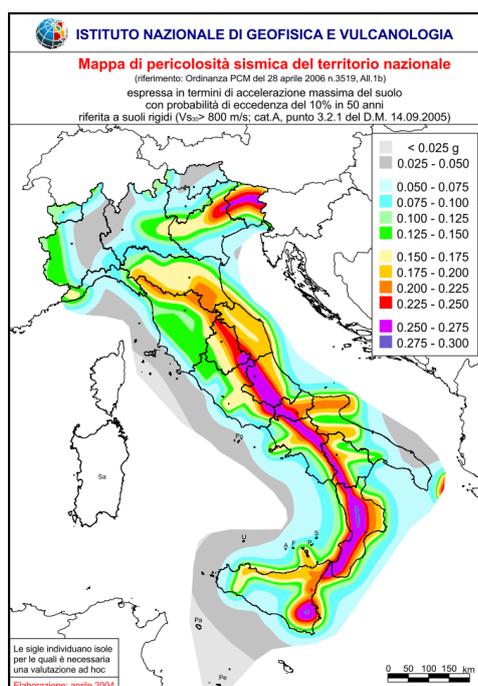


Fig.2 - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (riferimento: O.P.C.M. n. 3519/2006, All. 1b) espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_s > 800$ m/s; cat. A).

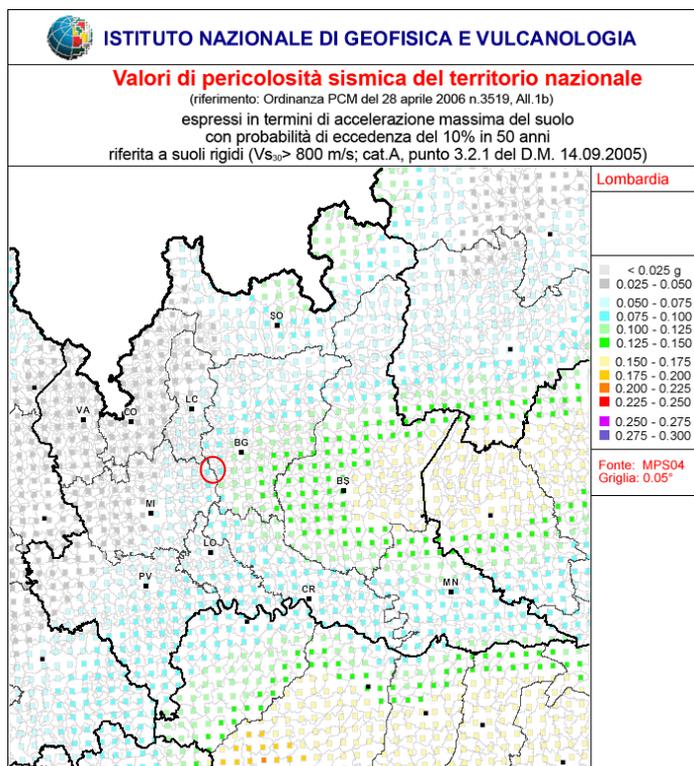


Fig.3 - Mappa di pericolosità sismica del territorio lombardo.

Il valore medio di a_g del territorio comunale (media dei valori delle quattro celle 107123, 10713, 10934 e 10935), caratterizzato da un periodo di ritorno T_R pari a 475 anni, ovvero contraddistinto da una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, corrisponde a 0,085 g. (Fig.4), che colloca l'area comunale nella "Zona 3", ovvero zona a pericolosità bassa (Tab.2).

Parametri sismici					
Categoria sottosuolo: A					
Categoria topografica: T1					
Periodo di riferimento: 50 anni					
Coefficiente c_u : 1					
	Prob. superamento [%]	T_r [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,026	2,466	0,191
Danno (SLD)	63	50	0,033	2,509	0,207
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,085	2,493	0,277
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,111	2,479	0,287

Fig.4 - Parametri sismici dell'area centrale del Comune di Ubiale Clanezzo.

Zona sismica	Fenomeni riscontrati	Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni
1	Zona con pericolosità sismica alta . Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.	$ag \geq 0,25g$
2	Zona con pericolosità sismica media , dove possono verificarsi terremoti abbastanza forti.	$0,15 \leq ag < 0,25g$
3	Zona con pericolosità sismica bassa , che può essere soggetta a scuotimenti modesti.	$0,05 \leq ag < 0,15g$
4	Zona con pericolosità sismica molto bassa . E' la zona meno pericolosa, dove le possibilità di danni sismici sono basse.	$ag < 0,05g$

Tab.2 – Classi di Pericolosità Sismica basate sull'Accelerazione massima attesa.

Si ricorda che l'O.P.C.M. n.3274/2003 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*", aveva definito una nuova classificazione sismica del territorio nazionale (precedentemente stabilita dal D.M. 5 marzo 1984), ed aveva posto il Comune di Ubiale Clanezzo in Classe 4 (sismicità molto bassa), pur con ag maggiore di 0,05. Successivamente la Regione Lombardia con D.g.r. n.10/2129/2014 ha modificato la classificazione sismica del territorio regionale ponendo il Comune di Ubiale Clanezzo in Classe 3. Tale suddivisione dei comuni italiani in 4 classi di pericolosità sismica, precedente all'OPCM 3274/2003, è mantenuta ai soli fini amministrativi, non tecnici.

5. ANALISI E VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SISMICI DI SITO

5.1 Introduzione

I concetti generali dello studio della pericolosità sismica sono descritti nella parte introduttiva del Par.1.4 della D.g.r. n.9/2616/2011, che di seguito si riporta integralmente:

"Le particolari condizioni geologiche e geomorfologiche di una zona (condizioni locali) possono influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base producendo effetti diversi da considerare nella valutazione generale della pericolosità sismica dell'area. Tali effetti vengono distinti in funzione del comportamento dinamico dei materiali coinvolti; pertanto gli studi finalizzati al riconoscimento delle aree potenzialmente pericolose dal punto di vista sismico sono basati, in primo luogo, sull'identificazione della categoria di terreno presente in una determinata area.

In funzione, quindi, delle caratteristiche del terreno presente, si distinguono due grandi gruppi di effetti locali: quelli di sito o di amplificazione sismica locale e quelli dovuti ad instabilità.

Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. (ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e delle D.g.r. n.2616 del 2011, D.g.r. n.6738 del 19.06.2017 e D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)

Relazione geologica Parte I - Relazione illustrativa

Dott. Geologo Augusto Azzoni - Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo

-
- *Effetti di sito o di amplificazione sismica locale: interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento stabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese; tali effetti sono rappresentati dall'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico (terremoto di riferimento), relativo ad una formazione rocciosa di base (bedrock), può subire, durante l'attraversamento degli strati di terreno sovrastanti il bedrock, a causa dell'interazione delle onde sismiche con le particolari condizioni locali. Tali effetti si distinguono in due gruppi che possono essere contemporaneamente presenti nello stesso sito:*
- *gli effetti di amplificazione topografica: si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie superficiali più o meno articolate e da irregolarità topografiche in generale; tali condizioni favoriscono la focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta del rilievo a seguito di fenomeni di riflessione sulla superficie libera e di interazione fra il campo d'onda incidente e quello diffratto; se l'irregolarità topografica è rappresentata da substrato roccioso (bedrock) si verifica un puro effetto di amplificazione topografica, mentre nel caso di rilievi costituiti da materiali non rocciosi l'effetto amplificatorio è la risultante dell'interazione (difficilmente separabile) tra l'effetto topografico e quello litologico di seguito descritto;*
 - *effetti di amplificazione litologica: si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie sepolte (bacini sedimentari, chiusure laterali, corpi lenticolari, eteropie ed interdigitazioni, gradini di faglia, ecc.) e da particolari profili stratigrafici costituiti da litologie con determinate proprietà meccaniche; tali condizioni possono generare esaltazione locale delle azioni sismiche trasmesse dal terreno, fenomeni di risonanza fra onda sismica incidente e modi di vibrare del terreno e fenomeni di doppia risonanza fra periodo fondamentale del moto sismico incidente e modi di vibrare del terreno e della sovrastruttura.*
- *Effetti di instabilità: interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento instabile o potenzialmente instabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese e sono rappresentati in generale da fenomeni di instabilità consistenti in veri e propri collassi e talora movimenti di grandi masse di terreno incompatibili con la stabilità delle strutture; tali instabilità sono rappresentate da fenomeni diversi a seconda delle condizioni presenti nel sito.*
- *Nel caso di versanti in equilibrio precario (in materiale sciolto o in roccia) si possono avere fenomeni di riattivazione o neoformazione di movimenti franosi (crolli, scivolamenti rotazionali e/o traslazionali e colamenti), per cui il sisma rappresenta un fattore d'innescio del movimento sia direttamente a causa dell'accelerazione esercitata sul suolo sia indirettamente a causa dell'aumento delle pressioni interstiziali.*
 - *Nel caso di aree interessate da particolari strutture geologiche sepolte e/o affioranti in superficie tipo contatti stratigrafici o tettonici quali faglie sismogenetiche si possono verificare movimenti relativi verticali ed orizzontali tra diversi settori areali che conducono a scorrimenti e cedimenti differenziali interessanti le sovrastrutture.*
 - *Nel caso di terreni particolarmente scadenti dal punto di vista delle proprietà fisico-meccaniche si possono verificare fenomeni di scivolamento e rottura connessi a deformazioni permanenti del suolo; per terreni granulari sopra falda sono possibili cedimenti a causa di fenomeni di densificazione ed addensamento del materiale, mentre per terreni granulari fini (sabbiosi) saturi di acqua sono possibili fluimenti e colamenti parziali o generalizzati a causa dei fenomeni di liquefazione.*

- Nel caso di siti interessati da carsismo sotterraneo o da particolari strutture vacuolari presenti nel sottosuolo si possono verificare fenomeni di subsidenza più o meno accentuati in relazione al crollo parziale o totale di cavità sotterranee."

5.2 Procedura

Con l'introduzione della D.g.r. n.8/1566 del 22.12.05 "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione all'art.57 della L.R. n.12 del 11.03.2005", aggiornata poi con la D.g.r. n.8/7374/2008 e quindi con la D.g.r. n.9/2016/2011, l'analisi e la valutazione degli effetti sismici di sito, finalizzate alla caratterizzazione sismica dell'area comunale per il Piano di Governo del Territorio, sono state codificate a livello procedurale mediante un approccio basato su tre distinti livelli, con grado di dettaglio via via crescente (Fig.5).

I primi due livelli sono obbligatori in fase di pianificazione, con alcune differenze in funzione della zona sismica di appartenenza, il terzo livello è invece obbligatorio in fase di progettazione sia quando con il secondo livello si dimostri l'inadeguatezza della Normativa Sismica nazionale per gli scenari di pericolosità sismica, sia per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione e contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse.

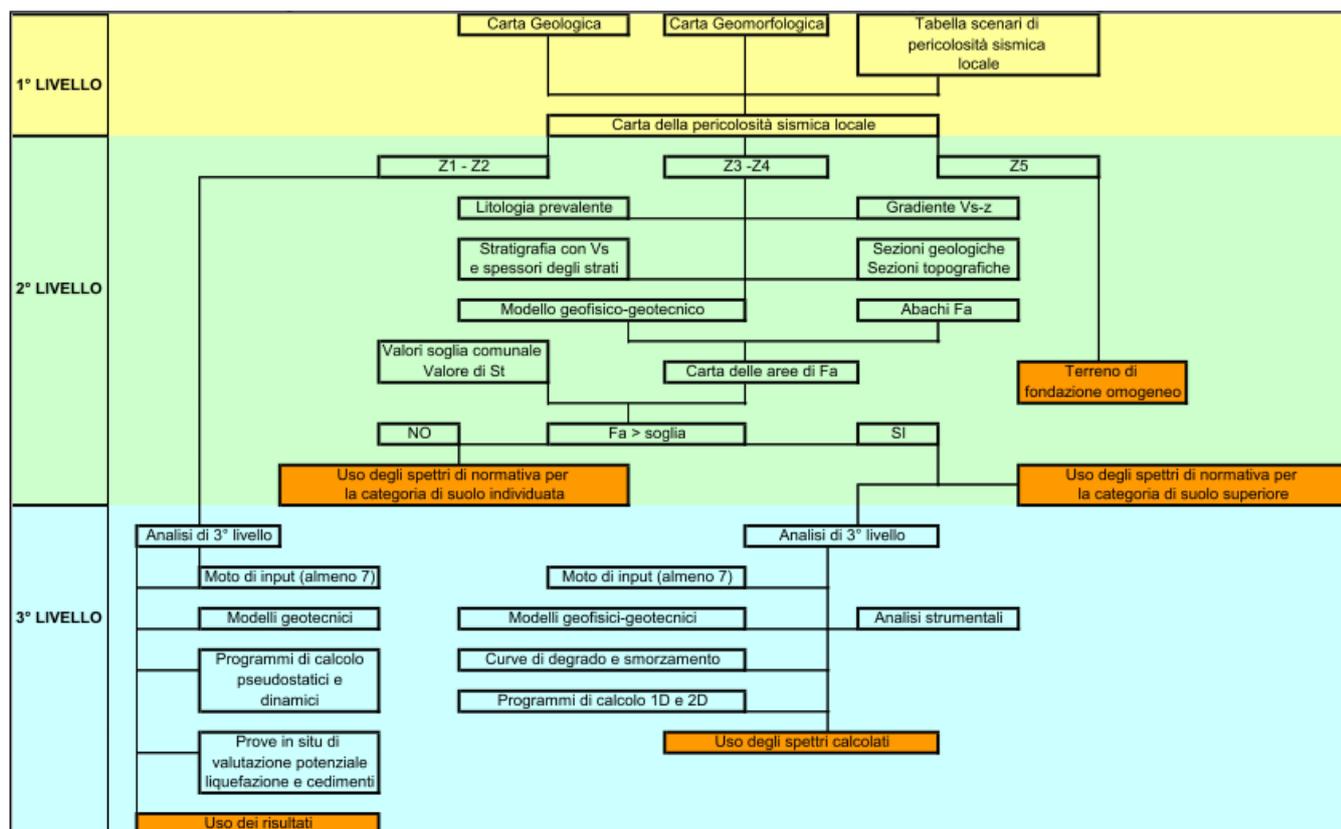


Fig.5 - Schema procedurale associato ai tre livelli di indagine (da All. 5 della D.g.r. n.9/2616/2011).

Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. (ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e delle D.g.r. n.2616 del 2011, D.g.r. n.6738 del 19.06.2017 e D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)

Relazione geologica Parte 1 - Relazione illustrativa

Dott. Geologo Augusto Azzoni - Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo

In dettaglio, in accordo alla D.g.r. n.9/2616/2011:

- 1° livello: Lo studio prevede il riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base sia di osservazioni geologiche (cartografia di inquadramento), sia di dati esistenti. Questo livello è obbligatorio per tutti i Comuni e prevede la redazione della “Carta della Pericolosità sismica locale”, nella quale deve essere riportata la perimetrazione delle diverse situazioni tipo -areale per gli scenari Z1, Z2 e Z4, lineare per gli scenari Z3 e Z5-, in grado di determinare gli effetti sismici locali (aree a pericolosità sismica locale - PSL).
- 2° livello: Lo studio prevede la caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi negli scenari perimetrati nella “Carta di pericolosità sismica locale”, che fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di Amplificazione (Fa). L’applicazione del 2° livello consente l’individuazione delle aree in cui la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale (Fa calcolato superiore a Fa di soglia comunali forniti dal Politecnico di Milano) e prevede la redazione della “Carta dei fattori di amplificazione sismica”, nella quale vengono riportati anche i risultati delle indagini svolte. Per queste aree, è previsto che, in fase di progettazione, si debba procedere alle indagini ed agli approfondimenti di 3° livello o, in alternativa, si utilizzi lo spettro di norma caratteristico della categoria di sottosuolo superiore. Il 2° livello è obbligatorio, per i Comuni ricadenti nelle zone sismiche 2 e 3, negli scenari individuati attraverso il 1° livello suscettibili di amplificazioni sismiche morfologiche Z3 e litologiche Z4 interferenti con l’urbanizzato e/o con le aree di espansione urbanistica.
Per le aree a pericolosità sismica locale caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione (zone Z1 e Z2) non è prevista l’applicazione degli studi di 2° livello, ma il passaggio diretto a quelli di 3° livello, come specificato al punto successivo. Non è necessaria la valutazione quantitativa al 3° livello di approfondimento dello scenario inerente le zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse (zone Z5), in quanto tale scenario esclude la possibilità di costruzioni a cavallo dei due litotipi, a meno che non si prendano opportuni accorgimenti progettuali atti a garantire la sicurezza dell’edificio.
- 3° livello: Lo studio prevede la definizione degli effetti di amplificazioni tramite indagini e analisi più approfondite. Al fine di poter effettuare le analisi di 3° livello la Regione Lombardia ha predisposto due banche dati (Geoportale della Regione Lombardia), il cui utilizzo è dettagliato nell’allegato 5 della D.g.r. n.9/2616/2011. Tale livello si applica in fase progettuale nei seguenti casi:
 - o quando, a seguito dell’applicazione del 2° livello, si dimostra l’inadeguatezza della normativa sismica nazionale all’interno degli scenari PSL caratterizzati da effetti di amplificazioni morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4);
 - o in presenza di aree caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione (zone Z1 e Z2), nelle zone sismiche 2 e 3 per tutte le tipologie di edifici, mentre in Zona sismica 4 nel solo caso di costruzioni di nuovi edifici strategici e rilevanti di cui al D.D.U.O. n. 19904 del 21/11/ 2003, ferma restando la facoltà dei Comuni di estenderlo anche alle altre categorie di edifici.

Nel caso di sovrapposizione di più scenari sul medesimo ambito territoriale, si deve procedere con il grado di approfondimento più cautelativo.

Infine, gli approfondimenti di 2° e 3° livello non devono essere eseguiti in quelle aree che, per situazioni geologiche, geomorfologiche e ambientali o perché sottoposte a vincolo da particolari normative, siano considerate inedificabili, fermi restando tutti gli obblighi derivanti dall’applicazione di altra normativa specifica.

5.3 Analisi di 1° livello

L'analisi di 1° livello consiste in un approccio di tipo qualitativo e costituisce lo studio propedeutico ai successivi livelli di approfondimento. E' un metodo empirico che trova le basi nella continua e sistematica osservazione diretta degli effetti prodotti dai terremoti.

Il metodo permette l'individuazione delle zone per le quali i diversi effetti prodotti dall'azione sismica, con buona approssimazione, possono essere previsti sulla base dei dati disponibili relativi alle specifiche condizioni geologiche locali (spessore delle coperture e condizioni stratigrafiche generali, posizione e regime della falda, proprietà indice, caratteristiche di consistenza, grado di sovraconsolidazione, plasticità e proprietà geotecniche nelle condizioni naturali, ecc.). Lo studio consiste quindi nell'analisi dei dati esistenti già inseriti nella Cartografia di analisi, e nella redazione di un'apposita cartografia a scala 1: 5.000 denominata "Carta della Pericolosità Sismica Locale" (PSL), dove viene riportata la perimetrazione areale e la traccia lineare delle diverse situazioni tipo (Fig.6) in grado di determinare gli effetti sismici locali, i cosiddetti "Scenari di Pericolosità Sismica locale" definiti nella Tab.1 dell'All.5 alla D.g.r. n.9/2616/2011.

Per poter identificare questi scenari nel territorio di Ubiale Clanezzo sono state utilizzate la "Carta Geologica" e la "Carta Geomorfologica", e i dati emersi da indagini geologiche di vario tipo eseguite in zona, in accordo a quanto indicato nella citata D.g.r. La trasposizione degli elementi evidenziati nella cartografia di base in scenari di Pericolosità Sismica locale è stata effettuata nel corso dell'aggiornamento della "Componente geologica" eseguito nel 2018 secondo i seguenti criteri:

- le aree corrispondenti a fenomeni franosi, che per la natura del territorio sono dati principalmente da frane di crollo in roccia e in minor misura da frane di scivolamento in roccia e terra, sono state classificate nello scenario Z1b per quanto in condizioni di quiescenza (distacchi di materiali occasionali), e nello scenario Z1c per quanto riguarda le aree a potenziale pericolo (per caduta di massi nelle zone rocciose, per scivolamento di terra in quelle con presenza di depositi eluvio-colluviali e detritici su pendenze medie e elevate), quelle cioè dove non si riconoscono fenomeni attivi, ma solo una predisposizione del territorio alla formazione degli stessi. Tali ultime aree sono state considerevolmente ampliate nella versione del 2018, rispetto a quella del 2010;
- le aree identificate come terreni di riporto e discariche di inerti di modesta qualità geotecnica sono state inserite nello scenario Z2;
- nello scenario Z3a sono state inserite le zone di ciglio con altezza maggiore di 10m, inclinazione del fronte principale $\geq 10^\circ$ e inclinazione del fronte superiore uguale o minore di un quinto dell'inclinazione del fronte principale. Nello scenario Z3b sono state inserite le zone di cresta o cocuzzolo con angolo di base $\geq 10^\circ$ (per entrambi gli scenari è quindi stata effettuata una selezione fra i molti elementi presenti sul territorio, con analisi topografiche per la verifica della rispondenza o meno di ciascuno ai criteri riportati in Normativa). La definizione degli elementi di tale scenario è stata effettuata utilizzando modello digitale del terreno (DTM) fornito dal geoportale della Regione Lombardia. Si sono così evidenziate le aree che possono ricadere nelle categorie ricercate e scelto quelle significative; successivamente, dal momento che la normativa richiede la rappresentazione degli elementi morfologici con simbologia di tipo lineare, i dati "poligonali" relativi agli elementi morfologici sono stati trasformati in lineari e inseriti nella Carta PSL, secondo il seguente schema: Zona di ciglio con $H > 10$ m - Z3a, Zona di Cresta rocciosa e/o cocuzzolo - Z3b;
- le zone di fondovalle con presenza di depositi alluvionali sono state classificate nello scenario Z4a e quelle pedemontane con presenza di falde di detrito nello scenario Z4b.

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2a	Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)	Cedimenti
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	Liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Fig.6 - Scenari di Pericolosità Sismica Locale (da All.5 della D.g.r. n.9/2616 del 30/11/2011).

5.3.1 Carta della Pericolosità Sismica locale

I vari scenari sopra descritti sono stati riportati sulla “Carta di Pericolosità sismica locale” (Tav.1) in scala 1: 5.000, dove sono stati evidenziati con poligoni gli scenari Z1b, Z1c, Z2a, Z4a e Z4b, e con elementi lineari gli scenari Z3a e Z3b. Dall’analisi della “Carta di Pericolosità sismica locale” emerge quanto segue:

- Tutte le pareti rocciose sede di occasionali distacchi di massi, come già riferito, sono state inserite nello Scenario Z1b relativo alle Frane quiescenti, mentre le aree di media pendenza interessate da potenziale pericolo di smottamenti e scivolamenti di terreno e rocce argillitiche, e le aree di alta pendenza con potenziale caduta di massi, oltre che locali frane bonificate in tempi recenti (ultimi 15-20 anni), per cui non è ancora del tutto certo l’esito dell’intervento, sono state infine inserite nello Scenario Z1c. Come riferito, non sono state inserite aree nello Scenario Z1a, in quanto nell’area comunale, al momento della stesura del presente documento, sono presenti solo piccoli problemi di stabilità in fase attiva, arealmente limitati e corrispondenti a piccoli smottamenti e crolli.
- Nello scenario Z2, comprendente terreni di fondazione particolarmente scadenti, sono state incluse le zone con terreni di riporto di dubbia o scadente qualità geotecnica, passibili di significative deformazioni quando caricati (Campo sportivo di Ubiale, Vasca Enel a Clanezzo, zone della Cava Forcella).
- Lo Scenario Z3a comprende i cigli delle scarpate che delimitano terrazzi e dossi prativi, mentre lo Scenario Z3b comprende la maggior parte delle creste che delimitano i vari bacini idrografici; lungo tali creste sono presenti le aree di Cabonorè, Postero, Zona alta di Via Cave e zona Nord di Cazzanino.
- I ripiani con depositi fluvio-glaciali dei terrazzi di Bondo e Clanezzo e i depositi alluvionali del fondovalle del Fiume Brembo sono stati posti nello Scenario Z4a. I pendii su cui si sviluppa il centro comunale, tutti

Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. (ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e delle D.g.r. n.2616 del 2011, D.g.r. n.6738 del 19.06.2017 e D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)

Relazione geologica Parte 1 - Relazione illustrativa

Dott. Geologo Augusto Azzoni - Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo

caratterizzati dalla presenza di spessori significativi di materiali argilloso-sabbiosi di origine colluviale che in parte coprono il substrato e in parte i depositi alluvionali, sono stati posti nello Scenario Z4b. Visti gli spessori in genere modesti, non sono stati segnalate le zone dello scenario Z4d, relativo ad accumuli eluvio-colluviali; aree riferibili a tale scenario poste in zone di fondovalle sono state accorpate ai due scenari in precedenza decritti Z4a e Z4b (ad esempio nella zona di Bondo).

5.4 Analisi di 2° livello

In accordo con quanto riportato nella D.g.r. n.9/2616/2011, l'analisi di 2° livello è obbligatoria, per i Comuni ricadenti nelle zone sismiche 2 e 3 (quale il Comune di Ubiale Clanezzo, a partire dal 10/04/2016), per tutti gli scenari qualitativi suscettibili di amplificazioni sismiche di tipo topografico e di tipo litologico individuati nell'analisi di primo livello e interferenti con l'urbanizzato e/o con le aree di espansione urbanistica (in precedenza l'analisi era obbligatoria solo per gli edifici considerati strategici ai sensi del d.d.u.o. 19904/04). Gli approfondimenti di secondo livello, come già visto, non sono invece necessari per le aree considerate per varie ragioni inedificabili.

La procedura consiste in un approccio di tipo semiquantitativo, che fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (Fa); gli studi sono condotti con metodi quantitativi semplificati, comunque validi per la valutazione delle amplificazioni litologiche e topografiche, e sono utilizzati per suddividere l'area comunale, nei limiti del possibile, in funzione del valore di Fa.

Il valore di Fa si riferisce agli intervalli di periodo tra 0,1-0,5 s e 0,5-1,5 s; tali intervalli sono stati scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale: in particolare l'intervallo tra 0,1-0,5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0,5-1,5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili.

La procedura di 2° livello fornisce, per gli effetti litologici, valori di Fa per entrambi gli intervalli di periodo considerati, mentre per gli effetti topografici solo per l'intervallo 0,1-0,5 s: questa limitazione è causata dall'impiego, per la messa a punto della scheda di valutazione, di codici di calcolo di tipo bidimensionale ad elementi di contorno, che sono risultati più sensibili all'influenza del moto di input nell'intervallo di periodo 0,5-1,5 s.

5.4.1 Metodologia per la valutazione degli effetti di amplificazione topografica

Due edifici identici fondati sul medesimo suolo, ma in due distinte situazioni morfologiche, avvertono in modo completamente diversa lo scuotimento del suolo causato dallo stesso sisma; è evidente che in simili circostanze anche gli effetti attesi sui due edifici possono essere molto diversi. La seguente Fig.7 schematizza il concetto che sta alla base delle analisi circa gli effetti di amplificazione topografica effettuate nel corso di questo studio.

La normativa vigente prevede che le possibili zone di amplificazione topografica vengano valutate per mezzo di procedure semplificate con l'impiego di abachi o tabelle che si riferiscono a due diverse situazioni tipo:

- zona di scarpata (Scenario Z3a);
- zona di cresta roccioso e/o cocuzzolo (Scenario Z3b).

Per la determinazione del Fattore di amplificazione (Fa) sono proposti 5 abachi per lo scenario di cresta/cocuzzolo ed una tabella per lo scenario di scarpata. Tali abachi forniscono stime del valore del fattore di amplificazione (Fa) su base statistica. Si evidenzia tuttavia come gli effetti di amplificazione topografica risentano notevolmente della direzionalità degli impulsi sismici, per cui la stima fornita è da intendersi come la risposta dello scenario considerato nel caso peggiore, cioè nel caso in cui l'incidenza del treno d'onde avvenga perpendicolarmente alla direzione di allungamento della cresta o della scarpata. In tutti i casi in cui il treno d'onde associato al movimento sismico non sia perpendicolare allo sviluppo della cresta o della scarpata, è lecito attendersi effetti di amplificazione topografica attenuati rispetto a quanto riportato più avanti.

Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. (ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e delle D.g.r. n.2616 del 2011, D.g.r. n.6738 del 19.06.2017 e D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)

Relazione geologica Parte 1 - Relazione illustrativa

Dott. Geologo Augusto Azzoni - Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo

Nel caso di rilievi morfologici asimmetrici che possono essere rappresentati sia dallo scenario Z3a sia dallo scenario Z3b, a seconda dell'orientazione della sezione, si devono analizzare entrambi i casi e si deve scegliere quello più sfavorevole.

Nel caso si prevedano costruzioni con strutture flessibili e sviluppo verticale indicativamente compreso tra i 5 e i 15 piani, in presenza di scenari Z3a e Z3b, è necessario effettuare analisi più approfondite (3° livello) in fase di progettazione edilizia.

L'esame della carta della Pericolosità Sismica Locale (PSL) ha consentito di individuare per il territorio del comune di Ubiale Clanezzo un gran numero di situazioni morfologiche potenzialmente suscettibili di effetti di amplificazione topografica, anche se solo relativamente poche di queste interessano l'edificato.

Zona di scarpata (Scenario Z3a)

Lo scenario di zona di scarpata rocciosa (Z3a) è caratterizzato da irregolarità con fronti di altezza (H) uguale o superiore a 10m ed inclinazione (α) del fronte principale uguale o superiore ai 10°. In funzione della tipologia del fronte superiore si distinguono:

- scarpate ideali con fronte superiore orizzontale;
- scarpate in pendenza con fronte superiore inclinato nello stesso senso del fronte principale;
- scarpate in contropendenza con fronte superiore inclinato nel senso opposto a quello del fronte principale.

La misura dell'altezza H è da intendersi come distanza verticale dal piede al ciglio del fronte principale, mentre il fronte superiore è definito come distanza tra il ciglio del fronte principale e la prima evidente irregolarità morfologica. Sono da considerare scarpate solo quelle situazioni che presentano (Fig.8):

- un fronte superiore di estensione paragonabile al dislivello altimetrico massimo (H) o comunque non inferiore ai 15-20m;
- l'inclinazione (β) del fronte superiore minore o uguale ad un quinto dell'inclinazione (α) del fronte principale, nel caso delle scarpate in pendenza (per $\beta > 1/5 \alpha$ la situazione è da considerarsi pendio);
- il dislivello altimetrico minimo (h) minore ad un terzo del dislivello altimetrico massimo (H), nel caso di scarpate in contropendenza (per $h \geq 1/3 H$ la situazione è da considerarsi una cresta appuntita).

All'interno della scheda di valutazione si sceglie, in funzione dell'inclinazione α il valore di F_a nell'intervallo 0,1-0,5s, come esposto nella seguente Fig.8, messa a punto dal Dipartimento di Ingegneria Strutturale di Milano. Questo ha realizzato vari modelli caratterizzati da diverse altezze H , diverse inclinazioni α del fronte principale e diversa tipologia del fronte superiore, e ha calcolato il Fattore di amplificazione per l'intervallo di periodo compreso tra 0,1-0,5s lungo il fronte superiore, identificando anche l'area di influenza (A_i) dei fenomeni di amplificazione sismica.

I F_a sono stati calcolati anche per l'intervallo 0,5-1,5s, ma in tal caso sono apparsi influenzati sensibilmente dalla variabilità del moto di input e quindi non sufficientemente adatti a rappresentare in modo univoco la risposta sismica al sito.

Il valore di F_a determinato deve essere approssimato alla prima cifra decimale ed assegnato al ciglio del fronte principale, mentre all'interno della relativa area di influenza (fronte superiore) il valore è scalato in modo lineare fino al raggiungimento del valore unitario; lungo il fronte principale tale valore è scalato in modo lineare fino al valore unitario alla base del fronte stesso.

I valori di F_a così ottenuti sono poi utilizzati per valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica vigente.

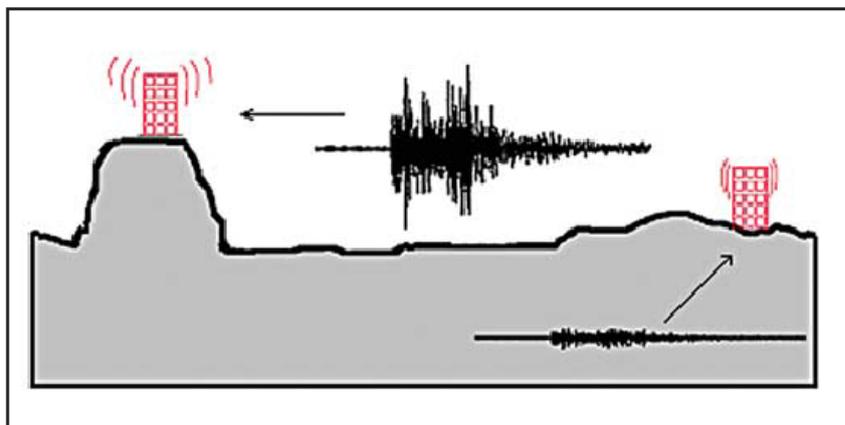
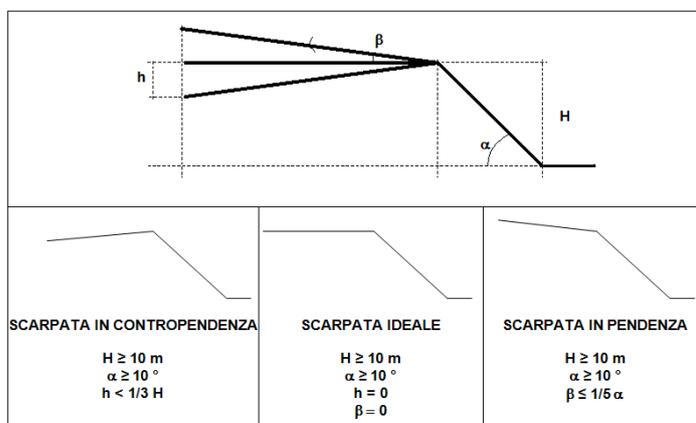


Fig.7 - Schematizzazione degli effetti di amplificazione sismica causati da una diversa situazione morfologica a parità di litologia del sottosuolo.



Classe altimetrica	Classe di inclinazione	Valore di $Fa_{0,1,0,5}$	Area di influenza
$10 \text{ m} \leq H \leq 20 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.1	$A_i = H$
$20 \text{ m} < H \leq 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.2	$A_i = \frac{3}{4} H$
$H > 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$	1.1	$A_i = \frac{2}{3} H$
	$20^\circ < \alpha \leq 40^\circ$	1.2	
	$40^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	1.3	
	$60^\circ < \alpha \leq 70^\circ$	1.2	
	$\alpha > 70^\circ$	1.1	

Fig.8 - Schema identificativo e tipologie delle situazioni di scarpata e tabella con i valori del Fa e dell'area d'influenza per varie tipologie di scarpata.

Zona di cresta rocciosa o cocuzzolo (Scenario Z3b)

La procedura semplificata è valida per lo scenario di zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo (Z3b), caratterizzata da pendii con inclinazione maggiore o uguale ai 10°; il rilievo è identificato sulla base di cartografie a scala almeno 1:10.000 e la larghezza alla base è scelta in corrispondenza di evidenti rotture morfologiche. Sono da considerare creste solo quelle situazioni che presentano il dislivello altimetrico minimo (h) maggiore o uguale ad un terzo del dislivello altimetrico massimo (H) (scheda di valutazione).

Il materiale costituente il rilievo topografico, secondo la normativa vigente, deve avere una V_s maggiore o uguale ad 800m/s (equivalente alla categoria di sottosuolo A del D.M. 17/01/2018). In relazione a quest'ultimo punto si evidenzia però come la condizione $V_s \geq 800$ m/s sia, in numerosi casi, eccessivamente ottimistica per buona parte delle rocce del substrato roccioso italiano, specialmente nella loro porzione più superficiale, sovente alterata e fratturata. Queste rocce infatti, pur manifestando indubbiamente un comportamento litoide che le farebbe classificare senza dubbio in categoria di sottosuolo A, presentano spesso $V_s < 800$ m/s. La rigida applicazione della normativa vigente renderebbe quindi estremamente difficoltoso classificare in categoria A buona parte dei terreni italiani (almeno l'85% delle rocce sedimentarie), e anche molte rocce magmatiche o metamorfiche, il che rappresenta senza dubbio un controsenso. Per ovviare a tale incongruenza in presenza di un sottosuolo riconducibile a substrato roccioso, le V_s sono state considerate comunque > 800 m/s anche quando le velocità effettivamente osservate sono risultate inferiori al limite indicato dalla normativa. Nell'ambito delle creste si distinguono due situazioni (Fig.9):

- rilievo caratterizzato da una larghezza in cresta (l) molto inferiore alla larghezza alla base (L) (cresta appuntita);
- rilievo caratterizzato da una larghezza in cresta paragonabile alla larghezza alla base, ovvero pari ad almeno 1/3 della larghezza alla base; la zona di cresta è pianeggiante o subpianeggiante con inclinazioni inferiori a 10° (cresta arrotondata).

Costituiscono elementi necessari per l'applicazione del metodo i seguenti parametri: larghezza alla base del rilievo L ; larghezza in cresta del rilievo l ; dislivello altimetrico massimo H e dislivello altimetrico minimo h dei versanti; coefficiente di forma H/L .

All'interno della scheda di valutazione si sceglie, in funzione della tipologia di cresta (appuntita o arrotondata) e della larghezza alla base del rilievo, solo per le creste appuntite, la curva più appropriata per la valutazione del valore di F_a nell'intervallo 0,1-0,5 s, in base al valore del coefficiente di forma H/L . Il valore di F_a determinato viene approssimato alla prima cifra decimale ed assegnato all'area corrispondente alla larghezza in cresta l , mentre lungo i versanti tale valore è scalato in modo lineare fino al valore unitario alla base di ciascun versante. I valori di F_a così ottenuti sono utilizzati per valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa vigente.

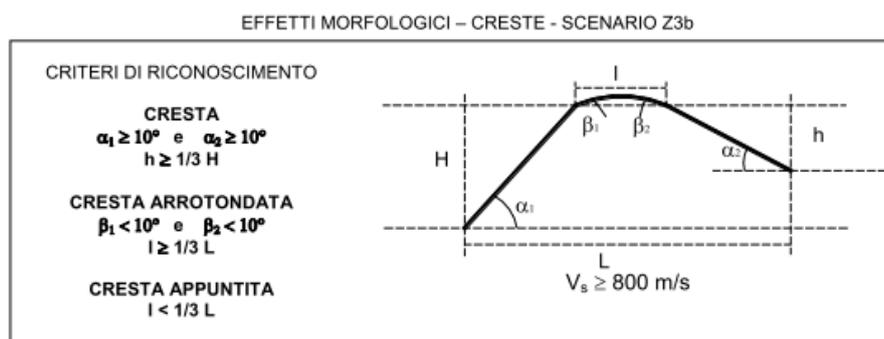


Fig.9 - Schema identificativo e tipologie delle situazioni di cresta.

Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. (ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e delle D.g.r. n.2616 del 2011, D.g.r. n.6738 del 19.06.2017 e D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)

Relazione geologica Parte I - Relazione illustrativa

Dott. Geologo Augusto Azzoni - Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo

La valutazione del grado di protezione, per ambedue gli scenari morfologici (zona di scarpata e zona di cresta rocciosa e/o cucuzzolo), viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando i valori di Fa ottenuti dalle Schede di valutazione con il valore di St delle Norme Tecniche per le Costruzioni, che si riporta nella seguente Fig.10. Tale valore St rappresenta il valore di soglia, oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

La procedura prevede, pertanto, di valutare il valore di Fa con l'apposita scheda e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia, considerando una variabilità di +/- 0,1 che tiene in conto la variabilità del valore di Fa ottenuto dalla procedura semplificata.

Si possono presentare, quindi, due situazioni:

- il valore di Fa è inferiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione topografica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;
- il valore di Fa è superiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione topografica e quindi è necessario effettuare analisi più approfondite (3° livello) in fase di progettazione edilizia.

Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Fig.10 - Valori massimi del Coefficiente di amplificazione topografica S_T .

5.4.2 Metodologia per la valutazione degli effetti di amplificazione litologica

Due edifici identici fondati su suoli diversi, con una situazione morfologica superficiale confrontabile, avvertono in maniera completamente diversa lo scuotimento del suolo causato dallo stesso sisma; anche in questa circostanza gli effetti attesi sui due edifici sono completamente diversi. La seguente Fig.11 schematizza il concetto che sta alla base delle analisi circa gli effetti di amplificazione litologica effettuate nel corso di questo studio.

La procedura di 2° livello fornisce, per gli effetti litologici, valori di Fa per entrambi gli intervalli di periodo considerati 0,1-0,5 s e 0,5-1,5 s. Si tratta di una procedura semplificata, codificata anch'essa nell'Allegato 5 della D.g.r. n.9/2616/2011, che prevede l'impiego di abachi di riferimento e richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- litologia prevalente dei materiali presenti nel sito;
- stratigrafia del sito;

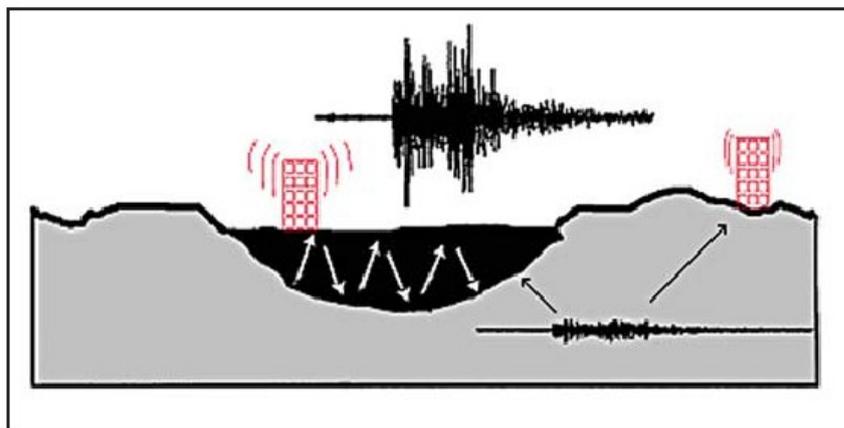


Fig.11 - Schematizzazione degli effetti di amplificazione sismica causati da una diversa situazione litologica a parità di condizione morfologica.

- andamento delle Vs con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s; la conoscenza degli spessori e delle Vs può essere ottenuta utilizzando qualsiasi metodo di indagine diretto ed indiretto, in grado di fornire un modello geologico e geofisico del sottosuolo attendibile in relazione alla situazione geologica del sito e il più dettagliato possibile nella parte più superficiale, per una corretta individuazione del cosiddetto strato superficiale. In mancanza del raggiungimento del bedrock ($V_s \geq 800$ m/s) con le indagini è possibile ipotizzare un opportuno gradiente di Vs con la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine, tale da raggiungere il valore di 800 m/s;
- spessore e velocità di ciascun strato;
- sezioni geologiche, conseguente modello geofisico-geotecnico ed identificazione dei punti rappresentativi sui quali effettuare l'analisi.

Sulla base di intervalli indicativi di alcuni parametri geotecnici, quali curva granulometrica, parametri indice, numero di colpi della prova SPT, si individua la litologia prevalente presente nel sito e per questa si sceglie la relativa scheda di valutazione di riferimento (riportate nella D.g.r. n.9/2616/2011).

Attualmente sono disponibili:

- una scheda per le litologie prevalentemente ghiaiose;
- due schede per le litologie prevalentemente limoso-argillose (tipo 1 e tipo 2);
- due schede per le litologie prevalentemente limoso-sabbiose (tipo 1 e tipo 2);
- una scheda per le litologie prevalentemente sabbiose.

Una volta individuata la scheda di riferimento, è necessario verificarne la validità in base all'andamento dei valori di Vs con la profondità, partendo dalla scheda tipo 1 e, nel caso in cui non fosse verificata la validità per valori di Vs inferiori ai 600 m/s, passando alla scheda tipo 2.

In presenza di una litologia non contemplata dalle schede di valutazione allegate, si può utilizzare la scheda di valutazione che presenta l'andamento delle Vs con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine. Nel caso esista la scheda di valutazione per la litologia esaminata, ma l'andamento delle Vs con la profondità non ricada nel campo di validità della scheda, può essere scelta un'altra scheda che presenti l'andamento delle Vs con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine.

Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. (ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e delle D.g.r. n.2616 del 2011, D.g.r. n.6738 del 19.06.2017 e D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)

Relazione geologica Parte 1 - Relazione illustrativa

Dott. Geologo Augusto Azzoni - Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo

Nel caso di alternanze litologiche, che non presentano inversioni di velocità con la profondità, si possono utilizzare le schede a disposizione solo se l'andamento dei valori di Vs con la profondità, nel caso da esaminare, risulti compatibile con le schede proposte. In presenza di alternanze litologiche con inversioni di velocità con la profondità si può utilizzare la scheda di valutazione che presenti l'andamento delle Vs con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine, accettando anche i casi in cui i valori di Vs escano dal campo di validità solo a causa dell'inversione. All'interno della scheda di valutazione si sceglie, in funzione della profondità e della velocità Vs dello strato superficiale ed utilizzando la matrice della scheda di valutazione, la curva più appropriata (indicata con il numero e il colore di riferimento) per la valutazione del valore di Fa nell'intervallo 0.1-0.5 s e nell'intervallo 0.5-1.5 s, in base al valore del periodo proprio del sito T (nel caso il valore di Vs dello strato superficiale risulti pari o superiore ad 800 m/s non si applica la procedura semplificata per la valutazione del Fa in quanto l'amplificazione litologica attesa è nulla ($Fa=1.0$)).

Il valore di Vs dello strato superficiale riportato nella scheda è da intendersi come limite massimo di ogni intervallo. Qualora lo strato superficiale abbia una profondità inferiore ai 4m si deve utilizzare, per la scelta della curva, lo strato superficiale equivalente, a cui si assegna una velocità Vs calcolata come media pesata del valore di Vs degli strati superficiali la cui somma supera i 4m di spessore.

Il periodo proprio del sito T necessario per l'utilizzo della scheda di valutazione è calcolato considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità Vs è uguale o superiore a 800m/s (se possibile) ed utilizzando la seguente equazione:

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

ove h_i e Vs_i sono lo spessore e la velocità dello strato i -esimo del modello.

Il valore di Fa determinato deve essere approssimato alla prima cifra decimale.

La valutazione del grado di protezione viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando il valore di Fa ottenuto dalle schede di valutazione con il valore fornito dalla Regione Lombardia per ciascun comune e per le diverse categorie di sottosuolo (Norme Tecniche per le Costruzioni) soggette ad amplificazioni litologiche (B, C, D ed E) e per i due intervalli di periodo 0,1-0,5 s e 0,5-1,5 s. Tali valori, riportati nella banca dati in formato .xls (soglie_lomb.xls), rappresentano il valore di soglia oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

La procedura prevede pertanto di valutare il valore di Fa con le apposite schede e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia, considerando una variabilità di +/- 0.1 che tiene in conto la variabilità del valore di Fa ottenuto (Fa calcolato non deve essere superiore al valore di Fa di soglia aumentato di 0,1).

Si possono presentare quindi due situazioni:

- il valore di Fa è inferiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;
- il valore di Fa è superiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica e quindi è necessario, in fase di progettazione

Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. (ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e delle D.g.r. n.2616 del 2011, D.g.r. n.6738 del 19.06.2017 e D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)

Relazione geologica Parte 1 - Relazione illustrativa

Dott. Geologo Augusto Azzoni - Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo

edilizia, o effettuare analisi più approfondite (3° livello) o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di sottosuolo superiore, con il seguente schema:

- anziché lo spettro della categoria di sottosuolo B si utilizzerà quello della categoria di sottosuolo C; nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro della categoria di sottosuolo D;
 - anziché lo spettro della categoria di sottosuolo C si utilizzerà quello della categoria di sottosuolo D;
 - anziché lo spettro della categoria di sottosuolo E si utilizzerà quello della categoria di sottosuolo D.
- Nel caso di presenza contemporanea di effetti litologici (Z4) e topografici (Z3) si devono analizzare entrambi i casi e scegliere quello più sfavorevole.

La scelta dei dati stratigrafici, geotecnici e geofisici, in termini di valori di Vs, utilizzati nella procedura di 2° livello deve essere opportunamente motivata e a ciascun parametro utilizzato deve essere assegnato un grado di attendibilità, secondo la seguente Fig.12:

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

Fig.12 - Livelli di attendibilità da assegnare ai risultati ottenuti dall'analisi.

Approccio metodologico impiegato

Il 2° livello, pur facendo riferimento ad una procedura standardizzata, richiede una serie di parametri (in particolare la conoscenza di un adeguato modello geofisico del sottosuolo) che non sempre è disponibile come dato di partenza, e che pertanto condiziona pesantemente l'applicabilità del metodo. Per ovviare alla mancanza di informazioni di base adeguate all'applicazione della procedura del livello 2°, nel corso di questo lavoro si è anche fatto uso di tecniche geofisiche strumentali, tipicamente impiegate nell'applicazione della procedura di terzo livello, per buona parte del tessuto edificato del territorio comunale.

L'utilizzo di queste tecniche geofisiche ha consentito quindi da un lato di fornire dati di input più affidabili per l'applicazione della procedura di 2° livello, e dall'altro di ottenere una serie di informazioni, in particolare sulle frequenze di risonanza fondamentale dei siti investigati, il cui uso può essere particolarmente utile, in fase progettuale, agli ingegneri strutturisti che intendano verificare l'interazione dal punto di vista sismico del sistema terreno-edificio (la frequenza principale di risonanza costituisce infatti il parametro fondamentale per evitare, in fase progettuale, i fenomeni di *doppia risonanza*, - cioè la coincidenza delle frequenze di vibrazione proprie del sottosuolo con quelle degli edifici-, che costituiscono la vera causa delle distruzioni causate da un terremoto).

Operativamente, nelle principali situazioni geologiche sede di centri abitati del Comune di Ubiale Clanezzo si sono effettuate delle indagini sismiche passive mediante tecnica HVSR, che hanno consentito di verificare le condizioni

Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. (ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e delle D.g.r. n.2616 del 2011, D.g.r. n.6738 del 19.06.2017 e D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)**Relazione geologica Parte 1 - Relazione illustrativa****Dott. Geologo Augusto Azzoni - Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo**

richieste dalla normativa vigente e di ricostruire adeguati modelli stratigrafici e geofisici del sottosuolo, e quindi di applicare la procedura standardizzata prevista.

Le misure a stazione singola del tremore sismico consentono infatti,

- attraverso l'analisi dei rapporti spettrali, di ricavare direttamente la frequenza (F) fondamentale di risonanza del sottosuolo, immediatamente correlabile al periodo (T) di oscillazione proprio del sito ($T = 1/F$), senza la necessità di ricorrere all'impiego di correlazioni empiriche come quella citata nei paragrafi precedenti (la frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo è un parametro la cui correlazione con gli effetti di sito è ben più significativa di quella del Vs30, che viene richiesto a livello della normativa nazionale);
- previa opportuna inversione, di stimare in maniera rapida sia la stratigrafia superficiale che il Vs30, e di ricostruire un modello geofisico del sottosuolo, che può essere utilizzato per la valutazione degli effetti sismici di sito, come previsto dalla D.g.r. n.9/2616/2011.

In accordo allo schema di cui alla precedente Fig.12, tenuto conto che i dati in ingresso, sia stratigrafici che geofisici, vengono acquisiti per mezzo di prove dirette di sismica passiva, si può affermare che il livello di attendibilità dei dati utilizzati per l'espletamento della procedura di 2° livello sia considerabile "Alto".

Si illustrano brevemente di seguito le basi teoriche della metodologia impiegata (misure geofisiche di sismica passiva a stazione singola - HVSR), di cui si è fatto largo uso in questo lavoro.

Il microtremore sismico ambientale

Il rumore sismico, generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica, è presente ovunque sulla superficie terrestre. Si chiama anche *microtremore* poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo prossimo all'epicentro.

I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il rumore non è generato *ad hoc*, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva. I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume, P o S. In essi giocano un ruolo fondamentale le onde superficiali, che hanno velocità prossima a quella delle onde S, il che spiega la dipendenza di tutta la formulazione dalla velocità di queste ultime.

Strumentazione impiegata

Tutte le misure di microtremore ambientale, della durata minima di 20 minuti ciascuna, sono state effettuate con un tromografo digitale progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento (Tromino) è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, fornito di GPS interno e senza cavi esterni. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz.

Il tipo di stratigrafia che le tecniche di sismica passiva possono restituire si basa sul concetto di contrasto di impedenza. Per strato si intende cioè un'unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto di impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

Tutte le misure a stazione singola in campo aperto sono state orientate secondo il Nord.

5.4.3 Risultati dell'analisi di Amplificazione topografica

L'analisi ha preso in considerazione tutte le principali situazioni di cresta e scarpata interferenti con le aree urbanizzate. Si riportano di seguito nelle Tab.3, 4 e 5 i risultati della analisi di amplificazione topografica, distinguendo quelle relative agli Scenari di scarpata (Z3a), da quelle degli Scenari di cresta e cocuzzolo (Z3b), realizzate con appositi abachi riportati nell'All.5 della D.g.r. Le sezioni topografiche relative a tutte le situazioni analizzate (che costituiscono una parte di quelle individuate nello studio di 1° livello) sono riportate nell'Appendice n.1 del presente rapporto.

Valutazione del Fattore di amplificazione topografico per lo Scenario di scarpata (Z3a)											
Sezione	Località	Tipo	Classe altimetrica (m)	Classe inclinazione (°)	Fa	Area influenza (m)	H (m)	h	Angolo scarpata (alfa)	Angolo fronte sup. (beta)	Lunghezza (m)
S1	Clanezzo	Pendio							40	17	>15-20m
S2	Clanezzo	Scarpata in pendenza	20-40	10°-90°	1,2	16,7	22,25		66	6	78,63
S3	Clanezzo	Pendio							18	16	>15-20m
S5	Bondo	Pendio							19	10	>15-20m
S6	Sopra Corna	Pendio							48	17	>15-20m
S7	Cazzanino	Pendio							54	21	>15-20m
S8	Cazzanino	Pendio							55	26	>15-20m
S9	Ubiale	Pendio							48	31	>15-20m
S11	Ubiale	Pendio							35	35	>15-20m
S12	Ubiale	Pendio					69,51		43	17	
S13	Ubiale	Scarpata in contropendenza	40	20< α ≤40	1,2	43,7	65,61	9,9	29	7	>15-20m
S14	Carimbelli	Pendio							24		>15-20m

Tab.3 – Fattori di amplificazione sismica relativi agli Scenari di scarpata (Z3a).

Comune di Ubiale Clanezzo (BG)

Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. (ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e delle D.g.r. n.2616 del 2011, D.g.r. n.6738 del 19.06.2017 e D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)

Relazione geologica Parte 1 - Relazione illustrativa

Dott. Geologo Augusto Azzoni - Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo

Valutazione del Fattore di amplificazione topografico per lo Scenario di cresta (Z3b)													
Sezione	Località	Tipo	Fa	Angolo base dx alfa 1	Angolo base sin alfa 2	Angolo sommità dx beta 1	Angolo sommità sin beta 2	Altezza maggiore H	Altezza minore h	Lunghezza base L	Lunghezza sommità l	Rapporto l/L	rapporto H/L
C1	Costa Cavallina	Cresta appuntita	1,35	44	32	16	22	106,17	106,17	322,98	64,46	0,20	0,33
C2	Postero	Cresta appuntita	1,28	42	31	16	22	70,16	47,47	203,02	54,67	0,27	0,35
C3	Cazzanino	Cresta appuntita	1,33	36	29	14	9	72,95	23,25	185,78	41,45	0,22	0,39
C4	Caboronè	Cresta appuntita	1,32	34	30			88,45	88,45	352,27	21,25	0,14	0,27
S4	Clanezzo	Cresta appuntita	1,12	13	43	9	8	26,39	26,39	169,17	23,89	0,14	0,27
S10	Ubiale	Cresta appuntita	1,09	18	15	4	8	22,98	9,06	109,66	11,3	0,14	0,27

Tab.4 – Fattori di amplificazione sismica relativi agli Scenari di cresta e cocuzzolo (Z3b).

Sezione	Località	Tipo	Fa	NTC2018	Parere
C1	Costa Cavallina	Cresta appuntita	1,35	T4	OK
C2	Postero	Cresta appuntita	1,28	T4	OK
C3	Cazzanino	Cresta appuntita	1,33	T4	OK
C4	Caboronè	Cresta appuntita	1,32	T4	OK
S4	Clanezzo	Cresta appuntita	1,12	T4	OK
S10	Ubiale	Cresta appuntita	1,09	T3	OK

Tab.5 – Raffronto fra i valori di amplificazione topografica calcolati e quelli proposti dalla normativa.

Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. (ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e delle D.g.r. n.2616 del 2011, D.g.r. n.6738 del 19.06.2017 e D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)

Relazione geologica Parte I - Relazione illustrativa

Dott. Geologo Augusto Azzoni - Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo

Le tabelle mostrano come, fra le situazioni considerate, non siano presenti zone suscettibili di fenomeni di amplificazione sismica locale di entità superiore a quello delle Categorie topografiche delle NTC 2018, condizione che ragionevolmente si ritiene che possa essere estesa alla maggior parte del territorio comunale (Tab.5).

La normativa è da considerarsi generalmente sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione morfologica del sito e quindi, in fase di progettazione, può essere applicato lo spettro previsto dalla normativa. Si raccomanda comunque, in caso di costruzioni di rilievo e per opere situate in aree non indagate dal presente studio ove si identificassero situazioni morfologiche passibili di fenomeni di amplificazione, di effettuare analisi simili a quelle descritte in precedenza.

5.4.4 Risultati dell'analisi di Amplificazione litologica

La procedura prevista dalla Regione Lombardia per valutare gli effetti di amplificazione di sito legati a problematiche di tipo litologico prevede l'impiego di abachi semplificati che richiedono una procedura di validazione dei dati di ingresso, e la stima del fattore di amplificazione da confrontare con il valore di soglia definito dalla D.g.r. n.8/7374/2008 per ciascun comune, in relazione al diverso intervallo di oscillazione caratteristico (0.1-0.5s e 0.5 1.5s) e alle diverse categorie di sottosuolo (B, C, D ed E).

I parametri di input per l'applicazione della procedura di 2° livello sono stati ricavati con l'approccio seguente:

- Definizione del modello geofisico del sottosuolo mediante inversione delle curve HVSR rilevate in sito e le cui registrazioni ed elaborazioni sono riportate nell'Appendice n.2;
- Calcolo della Vs30 in ciascuna situazione esaminata, e conseguente individuazione della categoria di sottosuolo di riferimento ai sensi del D.M. 17/01/2018 sulla base dello schema della Fig.13;

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

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

Fig.13 – Categorie di sottosuolo riportate nel D.M. 17/01/2018.

Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. (ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e delle D.g.r. n.2616 del 2011, D.g.r. n.6738 del 19.06.2017 e D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)**Relazione geologica Parte 1 - Relazione illustrativa****Dott. Geologo Augusto Azzoni - Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo**

- Individuazione della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo, attraverso il riconoscimento dei picchi HVSR più significativi che scaturiscono dalle registrazioni, e quindi definizione del periodo di oscillazione caratteristico del sottosuolo, calcolato come inverso della frequenza fondamentale di risonanza;
- Individuazione dello spessore dello strato superficiale a bassa velocità sismica e definizione di tale velocità delle onde S (V_s), necessario per la scelta della curva da usarsi nell'abaco.

A partire dai dati di input sopra riportati si è proceduto preliminarmente alla validazione delle condizioni di base imposte dalla procedura prevista dalla normativa, e successivamente al calcolo del fattore di amplificazione F_a utilizzando le correlazioni F_a-T , o la lettura diretta degli abachi di riferimento.

Il valore di F_a stimato (tenuto conto di una variabilità di +/- 0.1) è stato infine confrontato con valore di soglia definito dalla D.g.r. n.374/2008 per il Comune di Ubiale Clanezzo, in funzione degli intervalli di oscillazione caratteristici e in funzione delle diverse categorie di sottosuolo (Fig.14).

Intervallo	Valori soglia			
	B	C	D	E
0.1 - 0.5	1.4	1.8	2.2	2.0
0.5 - 1.5	1.7	2.4	4.2	3.1

Fig.14 - Valori di soglia del fattore d'amplificazione sismica di soglia definiti dalla D.g.r. n.8/7374/2008 per il Comune di Ubiale Clanezzo.

Nella seguente Tab.6 si riportano sinteticamente i risultati di tutte le misure HVSR eseguite e delle relative elaborazioni, nonché le ipotesi adottate per la valutazione del Fattore di Amplificazione, in accordo alla procedura definita dalla normativa.

Le indagini hanno interessato essenzialmente le aree urbanizzate sui terrazzi alluvionali di fondovalle, per i maggiori spessori dei materiali di copertura, sono più probabili i fenomeni di amplificazione sismica, quali l'area di Ubiale, quella di Bondo e quella di Clanezzo, e delle principali contrade poste sui versanti.

Tutti i risultati delle misure HVSR (complessivamente 11) sono presentati nell'Appendice n.2.

Sigla	Ubicazione	Vs30 [m/s]	Categoria suolo	F [Hz]	Vs 1° strato [m/s]	H 1° strato [m]	T=1/F	SCHEDA		TIPO	CURVA
T01	Municipio	469	B	4,44	348	11,1	0,23	C	LIMOSO-SABBIOSA	2	3
T02	Campo sportivo	436	B	6,23	300	11,8	0,16	C	LIMOSO-SABBIOSA	2	2
T03	Via Risorgimento	453	B	6,26	339	15,0	0,16	C	LIMOSO-SABBIOSA	2	3
T04	Via Costa	425	B	10,02	256	7,4	0,10	C	LIMOSO-SABBIOSA	2	3
T05	Scuole elementari	458	B	9,31	273	8,2	0,11	C	LIMOSO-SABBIOSA	2	2
T06	Cazzanino	459	B	7,23	273	5,9	0,14	C	LIMOSO-SABBIOSA	2	3
T07	Bondo Via Rigoni	402	B	7,48	247	7,8	0,13	C	LIMOSO-SABBIOSA	2	2
T08	Bondo Via Borsellino	445	B	6,52	278	8,2	0,15	C	LIMOSO-SABBIOSA	2	2
T09	Clanezzo Cimitero	523	B	10,32	340	9,0	0,10	C	LIMOSO-SABBIOSA	2	3
T10	Clanezzo	484	B	11,38	405	12,2	0,09	B	LIMOSO-ARGILLOSA	2	3
T11	Clanezzo Via Postero	496	B	15,63	280	4,4	0,06	C	LIMOSO-SABBIOSA	2	3

Tab.6 – Tabella di sintesi con i risultati delle misure HVSR e le elaborazioni effettuate per la valutazione del Fattore di amplificazione.

*Comune di Ubiale Clanezzo (BG)***Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. (ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e delle D.g.r. n.2616 del 2011, D.g.r. n.6738 del 19.06.2017 e D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)****Relazione geologica Parte 1 - Relazione illustrativa*****Dott. Geologo Augusto Azzoni - Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo***

Nel seguito (Tab.7) si riportano, per ciascuna situazione, i risultati del confronto tra il valore di Fa stimato e quello di riferimento sopra riportato, con l'indicazione del livello di protezione -sufficiente o insufficiente- nei confronti dei fenomeni di amplificazione sismica locale garantita dalla normativa vigente. Come già detto dettagliatamente nel Par.5.4.2, si ricorda in sintesi che, in fase di progettazione edilizia, in caso di protezione sufficiente si può procedere con la categoria di sottosuolo tipica del sito, mentre in caso di protezione insufficiente è invece necessario o effettuare analisi più approfondite (3° livello), o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di sottosuolo superiore.

Dalla Tab.7 si rileva come tutte le situazioni considerate (tutte poste su terrazzi di fondovalle), sulla base della semplice misura HVSR delle Vs30, siano riconducibili alle Categorie di sottosuolo B, e come per tre di esse i Fattori di amplificazione risultino superiori ai valori di soglia previsti per tale categoria, con la necessità quindi di passare, secondo le indicazioni della normativa, alla categoria di sottosuolo superiore, la categoria C.

La conoscenza diretta dei luoghi permette però di ipotizzare che i valori relativamente alti di Vs30 riscontrati dipendano in buona misura dal fatto che nei 30m considerati sia quasi sempre presente, in proporzioni considerevoli, il substrato roccioso, che seppur variamente rilasciato ed alterato, è pur sempre caratterizzato da Vs superiori a quelle dei depositi di copertura.

Per questo, e ben sapendo che, salvo forse in rare occasioni (area di Clanezzo e Bondo), gli spessori dei depositi di copertura si mantengono in genere in tutta l'area comunale inferiori a 10-15m e difficilmente raggiungono i 30m previsti dalla normativa per le Categorie di sottosuolo C e D, si sono proposte nelle ultime colonne della Tab.6 le categorie più adatte a descrivere le puntuali situazioni geologiche considerate, con l'indicazione, anche in questo caso, del livello di protezione nei confronti dei fenomeni di amplificazione sismica attesi.

Si vede quindi che, sebbene dalle analisi le categorie più frequenti siano la B e la C, nella maggior parte dei casi la categoria proposta per la progettazione, secondo normativa, è la E, categoria che meglio rappresenta una situazione geologica data da un livello superiore di terreni a bassa velocità (tipo C o D) con spessori inferiori a 30m, e da uno inferiore dato dal substrato roccioso più resistente.

Le valutazioni esposte presentano il margine d'incertezza tipico della Fase di Pianificazione entro cui si è svolto il presente studio, fase in cui difficilmente si hanno a disposizione precisi dati circa natura e spessori dei materiali. Come previsto chiaramente dalla normativa, una più precisa definizione delle categorie di sottosuolo deve essere effettuata in Fase di Progettazione dei singoli interventi, grazie a più specifiche indagini geotecniche e sismiche.

Comune di Ubiale Clanezzo (BG)

Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. (ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e delle D.g.r. n.2616 del 2011, D.g.r. n.6738 del 19.06.2017 e**D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)****Relazione geologica Parte 1 - Relazione illustrativa****Dott. Geologo Augusto Azzoni - Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo**

Intervallo Fa	Valori soglia			
	B	C	D	E
0.1 - 0.5	1,4	1,8	2,2	2,00
0.5 - 1.5	1,7	2,4	4,2	3,10

Sigla	Ubicazione	Vs30 [m/s]	F [Hz]	T	T =1/F	valori di Fa stimati		Fa (con variabilità +/- 0.1)		DATI NORMATIVA DI RIFERIMENTO (da D.M. 14/01/2008)			Valutazione rispetto alla Normativa sismica		Categoria suolo da valutazioni geologiche	Valutazione rispetto a Normativa sismica (0.1<T<0.5)
						0.1<T<0.5	0.5 <T<1.5	0.1<T<0.5	0.5 <T<1.5	Categoria suolo	Valori Fa soglia		Valori di Fa			
											0.1<T<0.5	0.5 <T<1.5	0.1<T<0.5	0.5 <T<1.5		
T01	Ubiale Municipio	469	4,44	0,33	0,23	1,6	1,2	0,2	-0,5	B	1,4	1,7	insufficiente	sufficiente	E	sufficiente
T02	Ubiale Campo sportivo	436	6,23	0,70	0,16	1,6	1,1	0,2	-0,6	B	1,4	1,7	insufficiente	sufficiente	E	sufficiente
T03	Ubiale Via Risorgimento	453	6,26	0,18	0,16	1,4	1,1	0,0	-0,6	B	1,4	1,7	sufficiente	sufficiente	E	sufficiente
T04	Ubiale Via Costa	425	10,02	0,47	0,10	1,1	1,0	-0,3	-0,7	B	1,4	1,7	sufficiente	sufficiente	E	sufficiente
T05	Ubiale Scuole elementari	458	9,31	0,24	0,11	1,3	1,0	-0,1	-0,7	B	1,4	1,7	sufficiente	sufficiente	E	sufficiente
T06	Ubiale Cazzanino	459	7,23	0,24	0,14	1,3	1,0	-0,1	-0,7	B	1,4	1,7	sufficiente	sufficiente	E	sufficiente
T07	Bondo Via Rigoni	402	7,48	0,53	0,13	1,5	1,0	0,1	-0,7	B	1,4	1,7	sufficiente	sufficiente	B	sufficiente
T08	Bondo Via Borsellino	445	6,52	0,26	0,15	1,6	1,1	0,2	-0,6	B	1,4	1,7	insufficiente	sufficiente	E	sufficiente
T09	Clanezzo Cimitero	523	10,32	0,18	0,10	1,1	1,0	-0,3	-0,7	B	1,4	1,7	sufficiente	sufficiente	E	sufficiente
T10	Clanezzo	484	11,38	0,12	0,09	1,0	1,0	-0,4	-0,7	B	1,4	1,7	sufficiente	sufficiente	B	sufficiente
T11	Bondo Via Postero	496	15,6	0,30	0,064	1,0	1,0	-0,4	-0,7	B	1,4	1,7	sufficiente	sufficiente	E	sufficiente

Tab.7 – Tabella di sintesi con i risultati delle analisi di Amplificazione sismica.

Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. (ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e delle D.g.r. n.2616 del 2011, D.g.r. n.6738 del 19.06.2017 e D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)

Relazione geologica Parte 1 - Relazione illustrativa

Dott. Geologo Augusto Azzoni - Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo

In sintesi, gli elementi principali dello studio sono:

- In considerazione della notevole variabilità geologica del territorio comunale, non è stato possibile applicare fedelmente la procedura proposta dalla D.g.r., che prevede la zonazione del territorio in aree dove il Fattore di amplificazione calcolato è sufficiente e aree dove lo stesso supera quello indicato dalla normativa, con conseguente indicazione alternativamente, per la progettazione, di utilizzare la Categoria di sottosuolo superiore o di applicare il terzo livello di approfondimento.
- Lo studio è stato quindi condotto come segue:
 - o con l'esecuzione, nelle principali aree urbanizzate del territorio comunale impostate su depositi di copertura, di una serie di misure sismiche HVSR, che hanno permesso la valutazione del parametro Vs30 e la conseguente definizione della Categoria di sottosuolo, indipendentemente dalla natura e dagli spessori dei terreni presenti,
 - o con le analisi previste dalla normativa per verificare se il fattore di amplificazione calcolato sia o meno superiore a quello di soglia, e quindi se la normativa sia da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito.
- Lo stesso ha portato all'individuazione, per ogni sito studiato, della categoria di suolo che meglio descrive le reali condizioni del sito e al contempo garantisce il rispetto della normativa, e alla definizione di massima di zone per le quali con l'impiego della categoria di sottosuolo indicata la normativa nazionale è in grado di tenere in considerazione gli effetti di amplificazione di sito. Tale categoria è:
 - o la A per gran parte dei versanti, dove vi è chiaramente una condizione di roccia affiorante o subaffiorante,
 - o la B per l'area bassa di Bondo e di Clanezzo, impostate la prima su depositi alluvionali grossolani di notevole spessore, l'altra su depositi ghiaiosi relativamente sottili,
 - o la E per gran parte delle aree di Ubiale, Bondo e Clanezzo, sviluppatasi su depositi alluvionali con velocità Vs tipiche della Categoria C, il cui spessore però non raggiunge i 30m previsti dalla normativa.

Correlazione tra altezza degli edifici e le frequenze di risonanza più dannose alla stabilità

Se si considera una relazione tipica tra altezza di un edificio in cemento armato e il suo periodo di risonanza con i relativi intervalli di confidenza, è possibile rappresentare in un grafico la relazione tra frequenza di risonanza del sito e l'altezza dell'edificio con analoghe frequenze di vibrazione (Fig.15). L'area azzurra indica la zona in cui la coincidenza delle frequenze di risonanza (sito ed edificio) produce effetti di amplificazione che devono essere attentamente valutati perché sono proprio questi fenomeni a incidere pesantemente sulla stabilità degli edifici.

Nel caso del comune di Ubiale Clanezzo, nella zona sottoposta a procedura di 2° livello per gli effetti di amplificazione litologica, sono state osservate frequenze di risonanza sostanzialmente comprese fra 4,44 e 15,6Hz, con valori medi compresi fra 6 e 11Hz, valori indicativi di un bedrock sismico collocabile indicativamente intorno ai 7-15m.

Nel caso delle frequenze maggiori appare evidente dal grafico che gli edifici maggiormente vulnerabili dal punto di vista dei fenomeni di doppia risonanza, sono quelli di 1 o 2 piani, mentre nel caso delle frequenze inferiori gli edifici maggiormente sensibili sono indicativamente quelli di 2-3 piani.

5.4.5 Carta del Fattore di amplificazione locale e delle categorie di sottosuolo proposte

I risultati delle analisi per la valutazione dei Fattori di amplificazione topografici e litologici sono stati riportati nella "Carta dei fattori di amplificazione locale e delle categorie di sottosuolo proposte" (Tav.2) dove:

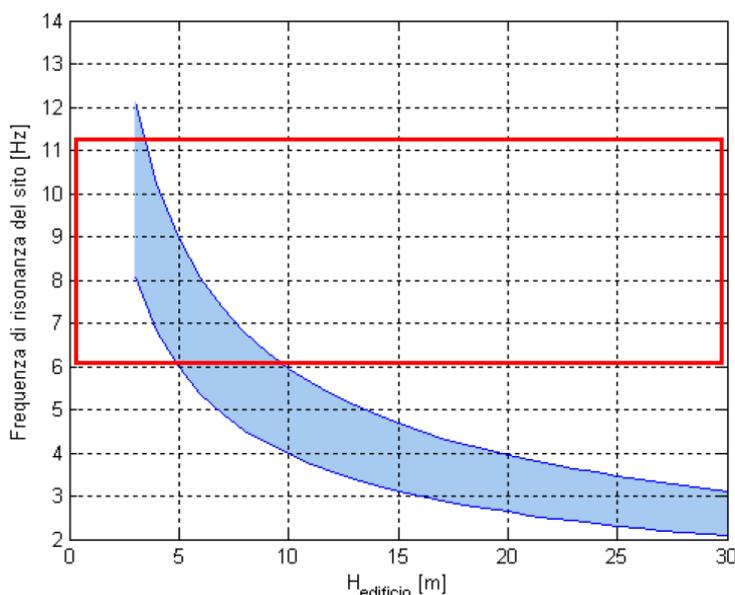


Fig.15 - Relazione tra altezza di un edificio in c.a. e frequenza di risonanza del sito investigato. La zona in blu indica l'area più vulnerabile dal punto di vista dei fenomeni di doppia risonanza ed il rettangolo rosso i valori di frequenza di picco più frequenti nell'area comunale.

- per quanto riguarda le zone interessate da amplificazione topografica, oltre alle tracce delle sezioni analizzate, all'intorno dell'elemento -cresta o scarpata- sono indicate aree con diversi valori del Fattore di amplificazione, rappresentati con una scala cromatica;
- per quanto riguarda il Fattore di amplificazione litologico, sono riportati in carta i punti ove sono state eseguite le misure sismiche HVRS con indicati il Fattore di amplificazione valutato per il solo intervallo 0,1-0,5s (dal momento che per l'intervallo 0,5-1,5s i Fattori calcolati sono risultati sempre inferiori ai valori di soglia comunale).

Come già riferito, data la variabilità geologica dell'area comunale, nella carta non è riportata la perimetrazione di massima delle zone per le quali, con l'impiego della categoria di sottosuolo indicata, la normativa nazionale è in grado di tenere in considerazione anche gli effetti di amplificazione di sito.

I criteri da adottare a riguardo sono riportati al precedente par.5.4.4; tali indicazioni dovranno essere puntualmente verificate in fase di progettazione.

Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. (ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e delle D.g.r. n.2616 del 2011, D.g.r. n.6738 del 19.06.2017 e D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)**Relazione geologica Parte I - Relazione illustrativa****Dott. Geologo Augusto Azzoni - Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo****6. CARTA P.A.I. – P.G.R.A.****6.1 Il Piano per l'Assetto Idrogeologico del Fiume Po (P.A.I.)**

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Bacino del Fiume Po, adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino con Deliberazione n.18 del 26/04/2001 ed approvato con D.P.C.M. del 24 maggio 2001, ha la finalità di ridurre il rischio idrogeologico entro valori compatibili con gli usi del suolo in atto, in modo tale da salvaguardare l'incolumità delle persone e ridurre al minimo i danni ai beni esposti.

Il P.A.I. contiene:

- La delimitazione delle fasce fluviali (Fascia A, Fascia B, Fascia B di progetto e Fascia C) dell'asta del Po e dei suoi principali affluenti (Elaborato 8).
- La delimitazione e classificazione, in base alla pericolosità, delle aree in dissesto per frana, valanga, esondazione torrentizia e conoide (che caratterizzano la parte montana del territorio regionale (Elaborato 2, Allegato 4)).
- La perimetrazione e la zonazione delle aree a rischio idrogeologico molto elevato in ambiente collinare e montano (zona 1 e zona 2) e sul reticolo idrografico principale e secondario nelle aree di pianura (zona I e zona BPr) (Elaborato 2, Allegato 4.1),
- Le norme alle quali le sopraccitate aree a pericolosità di alluvioni sono assoggettate (Elaborato 7, Norme di attuazione).

Per la determinazione delle fasce indicate con le lettere A, B, C, l'Autorità di Bacino del Fiume Po ha provveduto alla determinazione dei seguenti elementi:

- portate di piena con diversi tempi di ritorno, ricavate tramite l'impiego di apposita modellazione idrologica ed idraulica;
- profili liquidi in condizioni di piena, definiti con modelli di calcolo in grado di tener conto del livello di dettaglio dei dati geometrici e idraulici dell'alveo disponibili, e delle caratteristiche di opere e manufatti presenti nel corso d'acqua.

Così facendo, considerando come piena di riferimento quella con tempo di ritorno di 200 anni, è stato determinato il livello idrico corrispondente, e sono state individuate le seguenti fasce, così come definite dall'Autorità di Bacino:

- La "Fascia A" o Fascia di deflusso della piena, costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente, per la piena di riferimento, del deflusso della corrente, ovvero che è costituita dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena;
- la "Fascia B" o Fascia di esondazione; esterna alla precedente, è costituita dalla porzione di alveo interessata da inondazione al verificarsi dell'evento di piena di riferimento. Il limite della fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena di riferimento, ovvero sino alle opere idrauliche di controllo delle inondazioni (argini o altre opere di contenimento), dimensionate per la stessa portata;
- la "Fascia C" o Area di inondazione per piena catastrofica; è costituita dalla porzione di territorio esterna alla precedente (Fascia B), che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quelli di riferimento (500 anni).

Oltre alle fasce fluviali del Fiume Brembo, nella Tavola 3 (Carta P.A.I. – P.G.R.A.), sono perimetrate le seguenti zone in dissesto individuate dal P.A.I.:

- Aree franose:

Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. (ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e delle D.g.r. n.2616 del 2011, D.g.r. n.6738 del 19.06.2017 e D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)

Relazione geologica Parte I - Relazione illustrativa

Dott. Geologo Augusto Azzoni - Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo

- Fq: aree di frana quiescente, comprendenti, fra l'altro, tutti i versanti rocciosi ove possono verificarsi cadute di massi (fenomeni comunque sporadici);
- Fs: aree di frana relitta o stabilizzata, circoscritte ai siti unicamente interessati da modeste deformazioni ora apparentemente non più attive.
- Aree allagabili e dissesti morfologici di carattere torrentizio lungo le aste dei corsi d'acqua:
 - Ee: aree a pericolosità molto elevata di esondazione torrentizia; tale classificazione è stata riferita unicamente all'area adiacente l'alveo del Torrente Imagna,
 - aree Eb e Em, rispettivamente a pericolosità elevata (Eb) e media o moderata (Em) per esondazione. In dettaglio sono poste in Classe Eb le intere aste torrentizie e in classe Em una zona depressa in fregio a Fiume Brembo, dove in periodi di forti piogge si verificano a volte alluvionamenti dovuti alle acque ruscellanti sui pendii.

6.1.1 Proposte di modifica alle aree classificate Eb sui corsi d'acqua del Reticolo Idrico Minore

- Il primo studio geologico comunale, redatto in accordo alla L.R. n.41/1997, poneva all'intorno di tutti i corsi d'acqua del Reticolo Idrico Minore delle fasce dette "Aree di incisione torrentizia". Tali fasce, in accordo alla definizione esposta, erano interessate da fenomeni di dissesto di tipo sia gravitativo che torrentizio, ed erano larghe fino a diverse decine di metri per sponda (il valore massimo della fascia complessiva era di circa 120m per il rio della Valle dei Morti, corso d'acqua il cui alveo è largo mediamente non più di 2-4m). La perimetrazione di tali aree era stata poi adottata dal P.A.I., che aveva trasformato le stesse in "Aree ad elevato e/o molto elevato pericolo di esondazione".
- Tale classificazione, come pure quella attribuita alle zone interessate da instabilità, anche se molto severa e evidentemente poco rispondente alla realtà, era stata mantenuta nella revisione del Piano operata nel 2008, ciò a causa dei tempi ristretti posti dal Comune per il completamento del procedimento, non compatibili con il lungo iter allora necessario per eseguire modifiche alla cartografia P.A.I.
- Nel 2018, con la revisione dello studio geologico "*Aggiornamento della cartografia geologica del PGT in accordo alle indicazioni della DGR N.9/2616-2011*", si è provveduto ad una prima generale revisione delle aree di esondazione P.A.I. del Reticolo Minore montano, che per semplicità e per non apportare eccessive modifiche alla vigente cartografia P.A.I., è consistita nel far coincidere le aree di esondazione P.A.I. con le fasce di rispetto del Reticolo Idrico Comunale; tale operazione risultava comunque giustificata dalla morfologia di gran parte delle valli minori comunali, quasi sempre incise in roccia, con alvei larghi al massimo pochi metri e con ripide scarpate localmente sede di instabilità spondali. In dettaglio, nella revisione del 2018 le nuove aree di esondazione erano date da fasce di circa 11-13m per lato rispetto all'asse del rio, ed erano classificate come "Eb" per i tratti inferiori dei corsi d'acqua, dove gli alvei sono più larghi ed interessano i terrazzi su cui sorgono i centri abitati, e "Em" per i tratti superiori, dove i rii sono per lo più asciutti e spesso presentano modesta ampiezza. L'operazione era stata eseguita nella piena consapevolezza del fatto che le aree di esondazione P.A.I. e le fasce del R.I.M. siano elementi dal significato ben differente: le aree P.A.I. infatti sono legate principalmente al concetto di rischio idraulico, le altre alla necessità di garantire la perfetta gestione idraulica dei corsi d'acqua. Per una serie di problemi e disguidi, l'approvazione delle nuove aree di esondazione P.A.I., proposta nel 2018, è entrata in vigore solo a fine anno 2022.
- Il presente studio ha recepito alcune modeste modifiche al Reticolo Idrico Minore, conseguenti al riconoscimento di brevi tracciati (ordine di qualche decina di metri) sotterranei differenti da quelli originariamente conosciuti, e, su richiesta dell'Amministrazione, si era inizialmente proposto di effettuare

Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. (ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e delle D.g.r. n.2616 del 2011, D.g.r. n.6738 del 19.06.2017 e D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)

Relazione geologica Parte 1 - Relazione illustrativa

Dott. Geologo Augusto Azzoni - Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo

una nuova definizione delle aree di possibile esondazione definita su base osservazionale e su dati storici, più corretta ed aderente alla realtà dei fatti.

In particolare, grazie a nuovi dati, si era così provveduto a:

- eliminare le aree di esondazione nella parte mediana e superiore di rii,
- solo per i rii dove si era riconosciuta la possibilità che venissero temporaneamente allagate le aree adiacenti l'alveo (da Nord: Bassa Valle Locco, Valle Orteside, Valle Sponci o Cadorga, Valle dei Morti), creazione di aree di esondazione larghe complessivamente 6m a ridosso dell'asse del rio, classificate poi come Eb (aree ad elevato rischio di esondazione).

L'approccio usato trovava giustificazione, oltre che nelle chiare evidenze di sito (si vedano le foto dei maggiori corsi d'acqua nella Documentazione fotografica), nelle seguenti considerazioni:

- in tutti i casi si tratta di alvei in roccia larghi al massimo pochi metri, incassati fra ripidi versanti e assolutamente non passibili di divagazioni, se non di modesta entità,
- i corsi d'acqua presentano sempre bacini di limitata estensione e portate di massima piena con tempo di ritorno centenario nel complesso modeste, come di seguito esposto (dati in parte riportati anche nello Studio comunale sul Reticolo Idrico Minore):
 - Valle Locco, che ha bacino imbrifero di 0,076kmq e portata T_{100} di 1,79mc/s; il rio è adeguato e compatibile con una tubazione circolare di diametro 1,5m.
 - Valle Orteside, che ha bacino imbrifero di 1,22kmq e portata T_{100} di 16,27mc/s; il rio è adeguato e compatibile con un tombotto a sezione rettangolare largo 3m ed alto 2m.
 - Valle Sponci o Cadorga, che ha bacino imbrifero di 0,48kmq e portata T_{100} di 7,92mc/s; il rio è compatibile ma non adeguato rispetto alla sezione del mulino larga 1,5m e alta circa 1,1m.
 - Valle dei Morti, che ha bacino imbrifero di 1,12kmq e portata T_{100} di 12,5mc/s. Il rio non è stato oggetto di verifica idraulica ma appare comunque ampiamente compatibile con il tombotto di sottopasso stradale.
 - Valle di Bondo, che ha bacino imbrifero di 0,39kmq e portata T_{100} di 7,2mc/s. Il rio non è stato oggetto di verifica idraulica ma appare comunque ampiamente compatibile con il tombotto di sottopasso stradale.
 - Valle della Sortita, che ha bacino imbrifero di 0,078kmq e portata T_{100} di 1,84mc/s; il rio è compatibile ma non adeguato rispetto alle tubazioni poste sotto e in fregio alla sede stradale.
 - Valle di Giosafat, che ha bacino imbrifero di 0,39kmq e portata T_{100} di 6,5mc/s. Il rio non è stato oggetto di verifica idraulica ma appare comunque ampiamente compatibile con il tombotto di sottopasso stradale.
 - Valle della Foppa o Cavallina (presso centrale Enel), che ha bacino imbrifero di 0,14kmq e portata T_{100} di 3,17mc/s; il rio è compatibile e adeguato rispetto al canale presso la centrale, largo 2m ed alto circa 2,5m.
 - Valle della Foppa presso Cimitero, che ha bacino imbrifero di 0,057kmq e portata T_{100} di 1,88mc/s; il rio è compatibile ma non adeguato rispetto alla tubazione di diametro 0,8m sottostante il piazzale del cimitero. sezione del mulino larga e alta circa 1m.

Le morfologie descritte e le portate esposte evidenziano come fosse assai poco probabile la formazione di aree di esondazione di 20-25m a cavallo dell'asse del rio, quali quelle definite in precedenza, fatto ampiamente confermato dalle informazioni storiche raccolte in sito e presso l'Amministrazione comunale.

Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. (ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e delle D.g.r. n.2616 del 2011, D.g.r. n.6738 del 19.06.2017 e D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)
Relazione geologica Parte I - Relazione illustrativa

Dott. Geologo Augusto Azzoni - Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo

A supporto delle scelte tecniche ipotizzate si evidenzia inoltre quanto segue:

- tutte le aree circostanti i corsi d'acqua non più classificate come "Aree di esondazione" rimarrebbero sempre soggette alla normativa del Reticolo Idrico comunale (R.D. 25 luglio 1904 n.523, L.R. n. 4/2016 e D.g.r. n.XI/5714 del 15.12.2021), che nelle fasce vieta ogni nuove costruzione e limita gli interventi di manutenzione e modifica di quelli esistenti, di fatto con norme anche più severe di quelle del P.A.I. (ad esempio, la L.R. n. 4/2016, in caso di non compatibilità e assenza di titolo edificatorio prevede unicamente la demolizione senza ricostruzione, mentre il P.A.I. consente interventi manutentivi dell'esistente);
- con la modifica proposta, il quadro del dissesto P.A.I. relativo ai corsi d'acqua del Reticolo Minore sarebbe divenuto più simile a quello di Comuni vicini, caratterizzati da medesime condizioni morfologiche ed idrogeologiche. (A riguardo, osservando la difformità comunque esistente nella cartografia P.A.I. da Comune a Comune nell'area Brembana, riporto l'auspicio personale che venga dato dall'Autorità di Bacino un più chiaro indirizzo generale relativamente ai criteri da usare per la definizione delle "aree di esondazione" sul Reticolo Minore montano).

La documentazione relativa alla carta P.A.I.-P.G.R.A. contenente le suddette ponderate modifiche è stata caricata nell'applicativo Multiplan – Studi geologici di Regione Lombardia in data 25/08/2023 e in data 17/11/2023.

In data 18/12/2023 con protocollo regionale Z1.2023.0049698 è stato trasmesso da Regione Lombardia al Comune il parere di competenza relativo alle proposte di modifica. In tale verbale Regione Lombardia ha espresso parere negativo relativamente alle modifiche proposte alle aree in dissesto idraulico Ee e Eb in quanto l'iter codificato dalla normativa, avrebbe previsto l'esecuzione di studi di dettaglio, che evidentemente non avrebbero potuto interessare la totalità dei corsi idrici minori del comune.

A seguito di tale parere negativo lo scrivente ha pertanto proceduto a riportare le aree in dissesto idraulico Ee e Eb alla originale situazione rimandando le auspicabili modifiche ad un futuro aggiornamento.

6.2 Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni

Il Piano di Gestione Rischio Alluvioni (P.G.R.A.) è lo strumento operativo previsto dalla legge italiana, per individuare e programmare le azioni necessarie a ridurre le conseguenze negative delle alluvioni per la salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali (D.lgs. n. 49 del 2010), in attuazione della Direttiva Europea 2007/60/CE, "Direttiva Alluvioni". Il P.G.R.A. viene predisposto a livello di distretto idrografico e aggiornato ogni 6 anni. Per il Distretto Padano, cioè il territorio interessato dalle alluvioni di tutti i corsi d'acqua che confluiscono nel Po, dalla sorgente fino allo sbocco in mare, è stato predisposto il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Fiume Po (P.G.R.A.-Po).

Il primo P.G.R.A. (P.G.R.A. 2015) è stato adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po con delibera n. 4 del 17 dicembre 2015 e approvato con delibera n. 2 del 3 marzo 2016; è stato definitivamente approvato con D.P.C.M. del 27 ottobre 2016.

La prima revisione del P.G.R.A. (P.G.R.A. 2021), relativa al sessennio 2022-2027, è stata adottata dalla Conferenza Istituzionale Permanente dell'Autorità di bacino distrettuale del Fiume Po con deliberazione n. 3 del 29.12.2020 e approvata con deliberazione n. 5 del 20.12.2021.

La Regione Lombardia, con D.g.r. n. 10/6738 del 19 giugno 2017, ha definito le disposizioni per l'attuazione del P.G.R.A. nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza, ai sensi dell'art. 58 delle Norme di Attuazione del P.A.I. del bacino del Fiume Po.

Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni è suddiviso in due sezioni:

- la Sezione A, che contiene la mappatura delle aree potenzialmente interessate da alluvioni, classificate in base alla pericolosità e ai livelli di rischio, l'individuazione delle situazioni territoriali con maggiori criticità e le

Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. (ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e delle D.g.r. n.2616 del 2011, D.g.r. n.6738 del 19.06.2017 e D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)

Relazione geologica Parte I - Relazione illustrativa

Dott. Geologo Augusto Azzoni - Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo

misure da attuare per ridurre il rischio nelle fasi di prevenzione (es. vincoli all'uso del suolo, delocalizzazioni, comunicazione del rischio ai cittadini) e protezione (es. realizzazione di opere di difesa strutturale);

- la Sezione B contiene il quadro attuale del sistema di protezione civile in materia di rischio alluvioni, una diagnosi delle principali criticità e le misure da attuare per ridurre il rischio nelle fasi di preparazione (es. allerte, sistemi di monitoraggio, piani di emergenza), ritorno alla normalità e analisi (es. valutazione e rimborso danni, analisi degli eventi accaduti, politiche assicurative).

Le disposizioni regionali per l'attuazione del P.G.R.A. in campo urbanistico stabiliscono che i comuni provvedano al recepimento delle aree allagabili del P.G.R.A. e delle relative norme nello strumento urbanistico comunale; ciò deve avvenire nel rispetto dei termini stabiliti per l'adeguamento dei P.G.T. alla L.R. 31/2014 sulla riduzione del consumo di suolo (ovvero alla prima scadenza del Documento di Piano, dopo l'adeguamento di PTR e PTCP alla stessa L.R. 31/2014).

Le mappe del P.G.R.A. contengono la delimitazione delle aree per diversi scenari di pericolosità:

- aree P3/H (high) o aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti (20-50 anni), tengono conto dei livelli idrici corrispondenti alle piene con tempo di ritorno di 10-20 anni per il Reticolo Principale;
- aree P2/M (medium) o aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti, tengono conto dei livelli idrici corrispondenti alle piene con tempo di ritorno di 100-200 anni e la massima piena storicamente registrata se corrispondente a un tempo di ritorno superiore a 100 o 200 anni;
- aree P1/L (low) o aree potenzialmente interessate da alluvioni rare, tengono conto dei livelli idrici corrispondenti alle piene con tempo di ritorno di 500 anni.

Le aree allagabili, nel Comune di Ubiale Clanezzo, ricadono nei seguenti "ambiti territoriali":

- Reticolo principale di pianura e di fondovalle (RP);
- Reticolo secondario collinare e montano (RSCM);

La Tavola 3 "Carta P.A.I. – P.G.R.A.", redatta in scala 1:5.000 sull'intero territorio comunale, individua i tematismi e gli azionamenti delle aree allagabili del Reticolo Principale di fondovalle e del Reticolo Secondario Collinare e Montano, come richiesto dalla D.g.r. n.10/6738. Dal confronto con le fasce P.A.I. si rileva come le aree allagabili relative al Fiume Brembo proposte dal P.G.R.A. abbiano un'estensione leggermente diversa rispetto alle fasce P.A.I., fatto presumibilmente legato alla diversa base cartografica utilizzata e al rilievo di maggior dettaglio usato dal P.G.R.A., ed in particolare:

- le aree H e M sono nel complesso coincidenti fra loro e solo di poco più ampie dei limiti delle fasce A-B del P.A.I.,
- le aree L sono poco più ampie della fascia C del P.A.I. (per entrambe si rileva la notevole estensione sul versante, che in alcuni casi raggiunge le diverse decine di metri sull'alveo attuale del fiume).

Si evidenzia comunque, a riguardo, che le aree allagabili non sostituiscono le fasce fluviali, ma costituiscono un aggiornamento e un'integrazione alla zonazione P.A.I. tracciata principalmente in base ai livelli idrici corrispondenti alle tre piene di riferimento considerate, utilizzando rilievi topografici di dettaglio e aggiornando i livelli di piena e le portate.

Il P.G.R.A., interpolando l'utilizzo del suolo con gli scenari di pericolosità, fornisce poi una mappatura del rischio da eventi alluvionali. La Carta del rischio individua, sulla base del confronto tra la classe di pericolosità e la classe di danno associata all'elemento esposto, quattro classi rappresentate mediante colori: giallo (R1-Rischio moderato o nullo), arancione (R2-Rischio medio), rosso (R3-Rischio elevato), viola (R4-Rischio molto elevato).

Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. (ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e delle D.g.r. n.2616 del 2011, D.g.r. n.6738 del 19.06.2017 e D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)

Relazione geologica Parte 1 - Relazione illustrativa

Dott. Geologo Augusto Azzoni - Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo

7. CARTA DEI VINCOLI

La "Carta dei Vincoli" a scala 1: 5.000 (Tav.4) è stata redatta considerando le indicazioni introdotte dalla D.g.r. n.9/2616 del 30/11/2011, che prevede la rappresentazione delle aree interessate da limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative e piani sovraordinati di contenuto prettamente geologico.

Di fatto essa è sostanzialmente simile a quella del 2018, con la sola differenza data da

- le piccole modifiche recepite dallo studio del Reticolo Idrico Comunale inerenti i tracciati di quattro corsi d'acqua,
- l'inserimento delle aree indicate dal Titolo V delle NDA del P.A.I., cioè delle aree del Piano di Gestione Rischi Alluvioni,

Nel Comune di Ubiale Clanezzo sono presenti i seguenti vincoli:

- Vincoli derivanti dal P.A.I. Le aree in dissesto evidenziate nel Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico sono vincolate dalle relative Norme di Attuazione, adottate con Deliberazione del Comitato Istituzionale n.18 in data 26.04.2001 e successive modifiche e integrazioni. La descrizione delle aree soggette a vincoli P.A.I. è riportata al precedente par.6.1.
- Vincoli del P.G.R.A. Per le aree soggette ad alluvioni riportate nel Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (recepimento della Direttiva Alluvioni della Comunità Europea 2007/60/CE), la cui descrizione è riportata al precedente par.6.2., valgono le prescrizioni del cap.3 della D.g.r. n.10/6738 del 2017.
- Vincoli di Polizia idraulica. Le aree soggette a vincolo di Polizia Idraulica sono normate ai sensi del R.D. 523/1904 art. 96 e successive modifiche e integrazioni, fra cui la recente DGR n.9/5714 del 15.12.2021, riprese dal Regolamento comunale di Polizia Idraulica redatto nel 2008 dal sottoscritto ed aggiornato nel 2022.
- Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile. tali aree sono vincolate ai sensi del D.Lgs. n.258/2000, dell'art.21 del D.Lgs. n.152/99 e soprattutto dell'art.94 del D.Lgs. n.152 del 03/04/2006). Si ricorda a riguardo che l'approvvigionamento idrico comunale è garantito principalmente dalla Sorgente Fontanone, posta sul fianco sinistro idrografico della valle Cadorga.
- Geositi. In Comune di Ubiale Clanezzo non sono presenti Geositi (si segnala il geosito del Calcare di Sedrina, posto presso il confine orientale del Comune).

8. CARTA DI SINTESI

La "Carta di Sintesi" a scala 1: 5.000 (Tav.4) è stata realizzata utilizzando i dati riportati nella carta precedente, oltre come detto quelli relativi ai nuovi elementi riconosciuti dai tempi di esecuzione dello studio precedente. Per la delimitazione delle aree omogenee di pericolosità/vulnerabilità sono stati seguiti i criteri indicati nella D.g.r. n.9/2616/2011, adattandoli alla realtà comunale ed integrandoli ove necessario con situazioni non specificate. Sono stati delimitati i seguenti ambiti di pericolosità/vulnerabilità:

- Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti;
- Aree che presentano scadenti o mediocri caratteristiche geotecniche;
- Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico;
- Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico.

All'interno di tali ambiti sono state identificate le seguenti unità:

Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. (ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e delle D.g.r. n.2616 del 2011, D.g.r. n.6738 del 19.06.2017 e D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)

Relazione geologica Parte 1 - Relazione illustrativa

Dott. Geologo Augusto Azzoni - Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo

-
- Area soggetta a caduta di massi. La classe comprende tutte le aree che evidentemente possono essere interessate da cadute di massi, fenomeni comunque di tipo sporadico. Tali aree sono state poi poste nella Classe "Fq", per quanto concerne la cartografia P.A.I., e in "Classe 4" nella "Carta di Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano";
 - Area con diffusa instabilità superficiale. La classe comprende tutte le aree che per la forte pendenza sono saltuariamente interessate da distacchi di materiali e locali fenomeni d'instabilità superficiale, e le aree interessate da cadute di materiali originatesi nei settori dell'unità precedente.
 - Area con potenziale instabilità superficiale. La classe comprende vaste aree del territorio comunale a pendenza medio-elevata, generalmente in roccia (affiorante o subaffiorante con limitate coperture) e in condizioni di mediocre stabilità, che possono essere interessate da distacchi di materiali e locali fenomeni d'instabilità superficiale.
 - Area frequentemente inondabile (Tr 20-50 anni). La classe comprende le aree di sponda lungo gli stretti fondovalle del Torrente Imagna e del Torrente Brembilla.
 - Area potenzialmente soggetta a fenomeni di esondazione e/o di erosione di sponda. La classe comprende le aree allagabili (comprendenti degli alvei) adiacenti gli stessi lungo alcuni corsi del Reticolo Idrico minore.
 - Area depressa potenzialmente allagabile. Si tratta di un'area di modesta estensione posta in fregio alla vasca della Centrale Enel di Clanezzo (la vasca è stata colmata con terra), interessata da ristagni in periodi di forte piovosità.
 - Depositi superficiali limoso argillosi con scadenti/mediocri caratteristiche geotecniche. La classe comprende le aree con depositi colluviali e detritici fini presenti in vari punti dell'area comunale ed in particolare nella zona di Ubiale, dove gli stessi coprono sia il substrato roccioso che i depositi fluvioglaciali, sia in quella di Bondo.
 - Terreno di riporto. Sono state identificate tutte le principali zone interessate da riporti antropici, dati per lo più da terre con frammista ghiaia, ma anche da limi e sabbie, e da ghiaia e ciottoli. Sono di modesta qualità geotecnica i riporti presenti nella vecchia vasca della Centrale di Clanezzo, quelli di copertura del Rio Orteside in corrispondenza del Campo sportivo e quelli attualmente in fase di deposito nella vecchia Cava Forcella.
 - Area di cava. E' individuato il perimetro dell'area della Cava di proprietà Unicalce S.p.A. "Costiolo - Forcella" (ATEc6).
 - Fascia A e C dal P.A.I. lungo il corso del Fiume Brembo.
 - Fasce di rispetto dei corsi d'acqua del Reticolo Principale e Minore.
 - Settori con cavità sotterranee antropogeniche. A seguito della pubblicazione della D.g.r. n.9/7564 del 15 dicembre 2022, sono state identificate indicativamente le macroaree dove sono presenti cavità sotterranee di origine antropica, realizzate in passato, e in un caso tuttora attive, per l'estrazione minerali poi utilizzati per la produzione sia di cemento che di calce. Si ricordano in particolare le miniere in sottoterraneo abbandonate di proprietà Italcementi poste nell'area di Cazzanino, Sottocorna e lungo la Strada Provinciale di accesso al paese, e le grandi escavazioni presenti all'interno dell'ambito di cava ATEc6, tuttora in fase di realizzazione da parte della società Unicalce. Come già riferito, avendo ormai concluso il lavoro al momento della pubblicazione della D.g.r., non è stato possibile effettuare tutte le attività previste dalla citata D.g.r. relative agli studi sulle cavità sotterranee, attività che potrà essere oggetto di futuri studi.

Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. (ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e delle D.g.r. n.2616 del 2011, D.g.r. n.6738 del 19.06.2017 e D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)**Relazione geologica Parte I - Relazione illustrativa****Dott. Geologo Augusto Azzoni - Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo****9. CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO**

La L.R. n.12/2005 e le successiva delibera di attuazione prevedono la suddivisione dell'intera area comunale in quattro Classi di Fattibilità geologica:

- Classe 1: Fattibilità senza particolari limitazioni
- Classe 2: Fattibilità con modeste limitazioni
- Classe 3: Fattibilità con consistenti limitazioni
- Classe 4: Fattibilità con gravi limitazioni.

In merito alla "Carta", essa è sostanzialmente simile a quella del 2018, con la sola differenza data da

- le piccole modifiche recepite dallo studio del Reticolo Idrico Comunale inerenti i tracciati di quattro corsi d'acqua,
- l'inserimento delle aree indicate dal Titolo V delle NDA del P.A.I., cioè delle aree del Piano di Gestione Rischi Alluvioni,

Le quattro classi sopra citate sono di seguito descritte, unitamente ai criteri adottati per la loro definizione sul territorio comunale.

9.1 Classi di fattibilità**9.1.1 Classe 1: Fattibilità senza particolari limitazioni**

In accordo alla normativa, in questa classe ricadono *"quelle aree che non presentano particolari limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso e per le quali deve essere direttamente applicato quanto prescritto dalle Norme Tecniche per le costruzioni, di cui alla normativa nazionale"*.

La classe comprende aree generalmente pianeggianti o subpianeggianti, con buone caratteristiche geotecniche ed idrogeologiche dei terreni presenti e non interessate da fenomeni di dissesto idrogeologico. La presenza di falda idrica è inoltre tale da non interferire con il suolo e primo sottosuolo.

Nel territorio comunale, data la generale acclività dei siti, la notevole variabilità in senso sia verticale che orizzontale dei terreni e delle rocce presenti, la possibilità di fenomeni di carsismo nelle aree con rocce carbonatiche, e la possibile bassa soggiacenza della falda idrica in alcune zone, in accordo ai criteri comunemente utilizzati per la zonazione delle aree montane, si è deciso di non riferire nessuna area alla Classe 1, neppure quelle ove in effetti non è stato riconosciuto alcun problema particolare.

9.1.2 Classe 2: Fattibilità con modeste limitazioni

In accordo alla normativa, *"la classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico-costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa"*.

La classe comprende sia aree a modesta acclività caratterizzate da terreni di qualità mediocre con variabili spessori, che aree a media pendenza impostate su materiali di buona qualità geotecnica o sul substrato roccioso, e non interessate da alcun rilevante problema idrogeologico (frane, caduta massi, erosioni varie, ecc.).

Possono essere presenti fenomeni di dissesto, che devono comunque essere ben circoscrivibili e di modesta entità, oppure presentare limitate dimensioni ed essere già stati oggetto di interventi di bonifica ben riusciti.

Aree di Classe 2 si osservano nei settori pianeggianti o di modesta pendenza del terrazzi fluvioglaciali di Ubiale, Bondo e Clanezzo.

9.1.3 Classe 3: Fattibilità con consistenti limitazioni

Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. (ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e delle D.g.r. n.2616 del 2011, D.g.r. n.6738 del 19.06.2017 e D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)
Relazione geologica Parte 1 - Relazione illustrativa

Dott. Geologo Augusto Azzoni - Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo

In accordo alla normativa, *"la classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa."*

L'utilizzo di queste zone è pertanto subordinato alla realizzazione di supplementi di indagine per acquisire una maggiore conoscenza geologico-tecnica dell'area e del suo intorno, attività che consentirà di definire le idonee destinazioni d'uso, le volumetrie ammissibili, le tipologie costruttive più opportune, nonché le opere di sistemazione e bonifica e gli eventuali sistemi di monitoraggio geologico.

La classe comprende sia aree di media acclività potenzialmente soggette a fenomeni di dissesto idrogeologico, come frane di varia tipologia e caduta di massi, sia aree meno acclivi ma con terreni di scadente qualità o interessate da fenomeni alluvionali. Rispetto alla Classe 2 le fenomenologie elencate sono caratterizzate da maggiore estensione e diffusione, e richiedono la necessità di realizzare opere di difesa di maggior impegno tecnico e finanziario.

La Classe 3, sicuramente la più rappresentata nell'area comunale, comprende in particolare:

- Aree a media pendenza, presenti sia nei centri abitati che nelle immediate vicinanze, nelle quali non si osservano particolari fenomeni di instabilità o problemi idrogeologici, ma che per la pendenza e la presenza di terreni di qualità mediocre di notevole spessore, sono potenzialmente soggette a fenomeni di instabilità (principalmente piccoli scivolamenti e colate di terreno di detrito).
- Aree per lo più boschive poste sui versanti sopra ai centri abitati, caratterizzate da medio-alta pendenza e generalmente da presenza di roccia subaffiorante o con limitate coperture, che possono dare luogo a fenomeni di dissesto, per lo più dati da distacco e crollo di massi e detriti.
- Aree a media pendenza, in cui sono presenti terreni di scadenti caratteristiche geotecniche.
- Aree con riporti di materiale.
- Aree interessate da problemi idraulici di moderata entità.
- Aree pianeggianti e piazzali posti in ambiti di cava (sia attive, che dismesse ma non ancora recuperate), dove non vi sono particolari problemi per la stabilità e la sicurezza.

Le aree di Classe 3, suddivise a seconda delle problematiche puntualmente presenti, costituiscono la maggior parte del territorio comunale.

9.1.4 Classe 4: Fattibilità con gravi limitazioni

In accordo alla normativa, in tali zone *"l'alta pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso. Deve essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, ivi comprese quelle interrato, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti sono consentite esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'art.27, comma 1, lettere a), b), c) della L.R. n.12/2005, senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo. Sono consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica."*

Si devono inoltre fornire indicazioni in merito alle opere di sistemazione idrogeologica e, per i nuclei abitati esistenti, deve essere valutata la necessità di predisporre sistemi di monitoraggio geologico, che permettano di tenere sotto controllo l'evoluzione dei fenomeni in atto. Eventuali opere pubbliche e di interesse pubblico devono essere valutate puntualmente e, a tal fine, alle istanze per l'approvazione da parte dell'autorità comunale, deve essere allegata apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico.

Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. (ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e delle D.g.r. n.2616 del 2011, D.g.r. n.6738 del 19.06.2017 e D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)**Relazione geologica Parte 1 - Relazione illustrativa****Dott. Geologo Augusto Azzoni - Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo**

In tale classe sono state inserite:

- le scarpate rocciose interessate da problemi di caduta massi,
- le aree molto acclivi con diffusa instabilità superficiale e le aree minacciate da dissesti,
- le aree oggetto di recenti lavori di bonifica (pendii a monte della Strada comunale Via Europa),
- l'area compresa nella Fascia A e B del P.A.I. e quella P2 e P3 del P.G.R.A...

Si segnala che le aree inserite in Classe 4 a causa del pericolo di caduta di massi comprendono in effetti, a fini cautelativi, zone dove il fenomeno presenta vario grado di intensità e ricorrenza, con prevalenti settori ad alta pericolosità, senz'altro di Classe 4, ed altri a pericolosità medio-bassa (la distinzione fra queste aree può essere effettuata solo mediante studi geomorfologici di dettaglio e specifiche analisi di stabilità).

9.2 Sintesi dei criteri adottati per la redazione della Carta di Fattibilità

La classificazione in termini di Fattibilità geologica delle aree interessate da diverse criticità è sinteticamente riportata nella seguente Tab.8, che fa riferimento nelle linee essenziali alla Tab.1 del par.3.2 della D.g.r. n.9/2616/2011.

9.3 Presentazione della Carta di Fattibilità geologica per le azioni di Piano

La "Carta di Fattibilità geologica per le azioni di Piano", in accordo a quanto previsto dalla D.g.r. n.9/2616/2011, è presentata in due versioni:

- "Carta di Fattibilità geologica per le azioni di Piano" (Tav.6) con indicate, con i tre colori giallo, arancio e rosso, rispettivamente per le Classi 2, 3 e 4 e con tre sovrassegni relativi alle principali tipologie di fenomeni che condizionano la fattibilità geologica, (problemi di stabilità dei versanti, problemi idraulici, problemi geotecnici, anche accoppiati).
- "Carta di Fattibilità geologica per le azioni di Piano con Scenari di PSL" (Tav.7) con indicate:
 - o le tre Classi di fattibilità geologica con le relative sottoclassi,
 - o gli scenari di Pericolosità sismica, con apposite retinature sovrapposte ai colori delle classi, come richiesto dalla D.g.r..

AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA DELLA STABILITÀ DEI VERSANTI	
<ul style="list-style-type: none"> - Area interessata da distacco, rotolamento e accumulo di blocchi provenienti sia da ammassi rocciosi che da depositi superficiali, - Aree molto acclivi con diffusa instabilità superficiale e aree minacciate da dissesti. 	Classe 4
<ul style="list-style-type: none"> - Aree a pericolosità potenziale legata a pendenza e orientazione sfavorevole della stratificazione in roccia debole. - Aree a pericolosità potenziale legata alla possibilità di innesco di colate in terreno e detrito per pendenza e scadente/mediocre qualità dei terreni. - Aree a pericolosità potenziale legata alla presenza di terreni a granulometria fine di scadenti caratteristiche geotecniche (limi e argille) su pendii di bassa acclività. 	Classe 3
AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO	

Comune di Ubiale Clanezzo (BG)

Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. (ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e delle D.g.r. n.2616 del 2011, D.g.r. n.6738 del 19.06.2017 e D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)

Relazione geologica Parte 1 - Relazione illustrativa

Dott. Geologo Augusto Azzoni - Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo

<ul style="list-style-type: none"> - Fascia fluviale A e B del P.A.I., - Fasce allagabili del Reticolo Idrico Principale e Minore, - Aree allagabili in occasione di eventi meteorici eccezionali o allagabili con minor frequenza e/o con modesti valori di velocità ed altezze d'acqua. 	Classe 4
AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA GEOTECNICO	
<ul style="list-style-type: none"> - Aree con riporti di materiale. - Aree prevalentemente limoso-argillose con limitata resistenza . 	Classe 3
<ul style="list-style-type: none"> - Aree a modesta pendenza con terreni di buona resistenza localmente con limitati dissesti. 	Classe 2

Tab.8 - Sintesi dei criteri adottati per la "Carta di Fattibilità per le azioni di Piano".

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

(corsi d'acqua di cui si era proposta la riduzione della fascia di rispetto)



Foto n.1 e 2 - Imbocchi della vallecola a sinistra di Valle Locco e del sottopasso strada di via Grumello di Valle Locco.

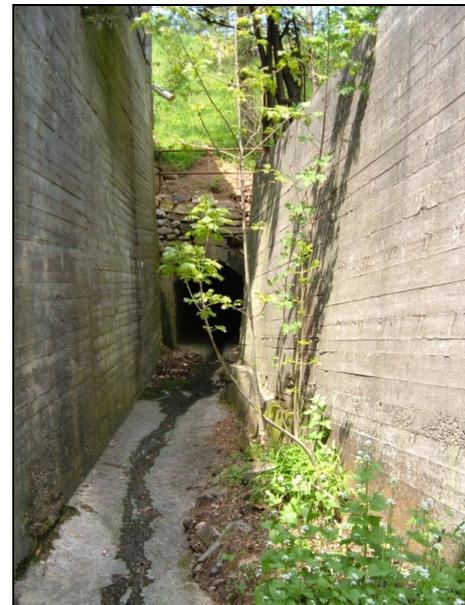


Foto n.3 e 4 – Viste sull'imbocco di monte e di valle del tombotto di Valle Locco (0011).



Foto n.5 – Vista sul Ponte della Valle Orteside di Via Carimbelli (0016).



Foto n.6 e 7 – Vista su due attraversamenti della Valle Orteside (0016).



Foto n.7 e 8 – Vista sull'imbocco del tombotto di Valle Orteside (0016) che sottopassa il Campo Sportivo.



Foto n.9 – Vista sulla briglia a monte del Mulino della Valle Sponci (0034).



Foto n.10 e 11 – Vista sul cunicolo sotto all'antico Mulino, da monte e da valle.



Foto n.12 e 13 – Vista su altri attraversamenti della Valle Cadorga (0034) a valle del Mulino, il ponte carrabile privato, il ponticello pedonale pubblico.



Foto n.14 e 15 – Viste sulla Valle dei Morti (0043).



Foto n.16 e 17 – Viste sulla Valle di Bondo (0056).

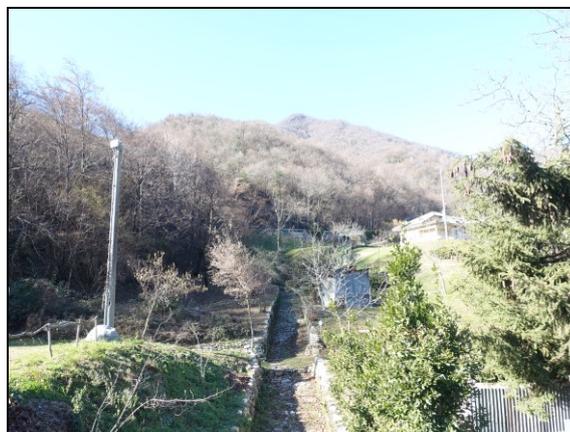


Foto n.18 – Viste sulla parte bassa della Valle di Giosafat (0060).



Foto n.19 e 20 – Viste sull'imbocco del tratto intubato della Valle della Sortita (0058) e sul canale a cielo aperto sottostante (0059).



Foto n.21 e 22 – Viste sulla valle della Foppa (0061), presso la Centrale Enel, e sulla valletta presso il Cimitero di Clanezzo (0066).

Comune di Ubiale Clanezzo (BG)

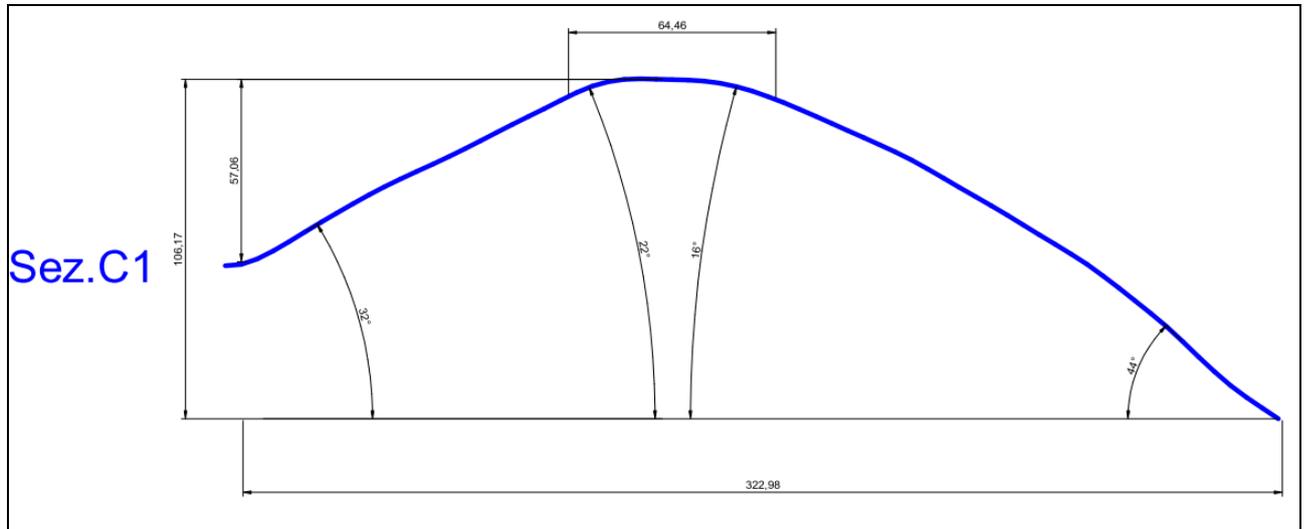
Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. (ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e delle

D.g.r. n.2616 del 2011, D.g.r. n.6738 del 19.06.2017 e D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)

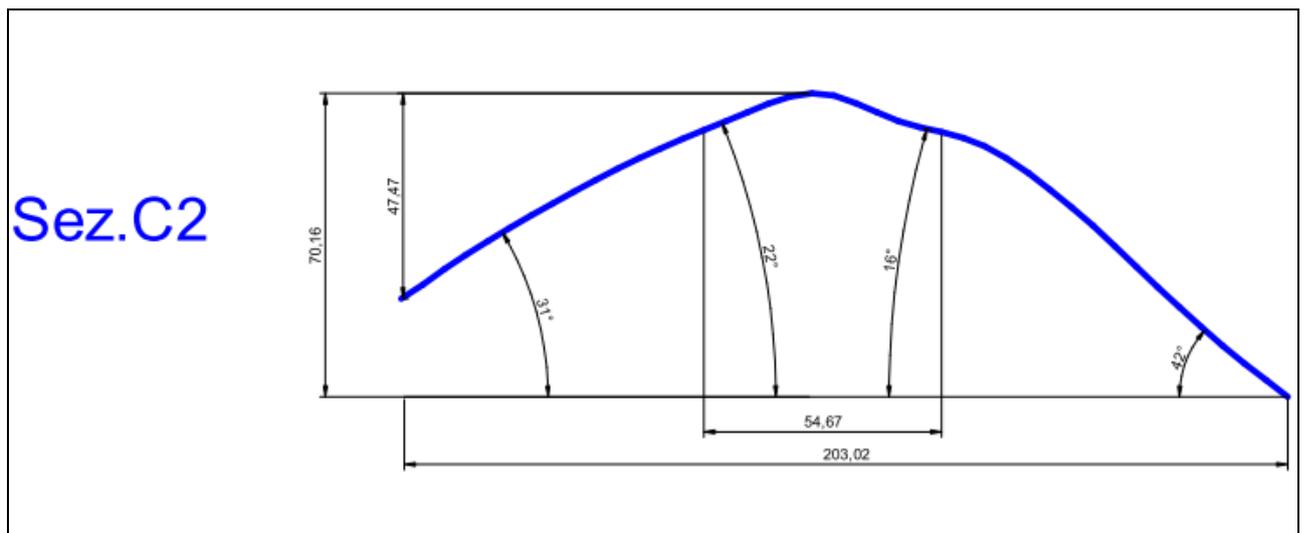
Relazione geologica Parte 1 - Relazione illustrativa

Dott. Geologo Augusto Azzoni - Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo

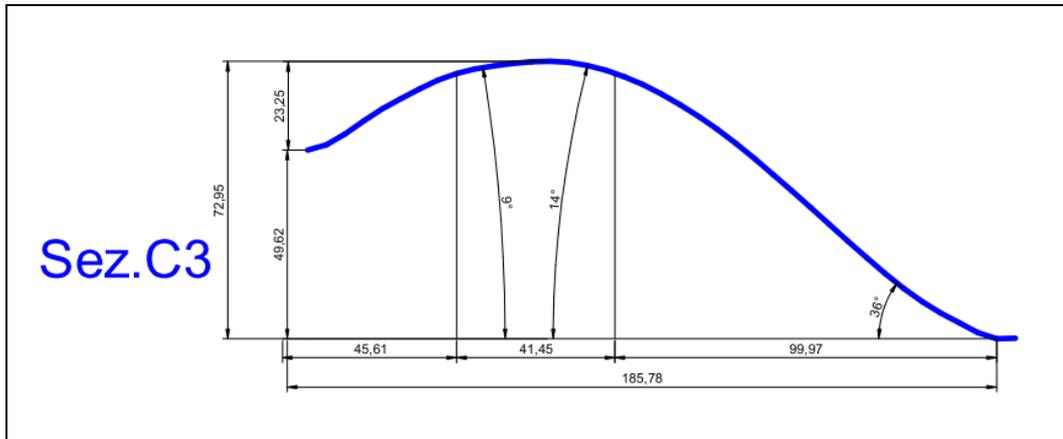
**APPENDICE 1: Sezioni topografiche considerate per la
valutazione degli effetti morfologici sul Fattore di amplificazione
topografico**



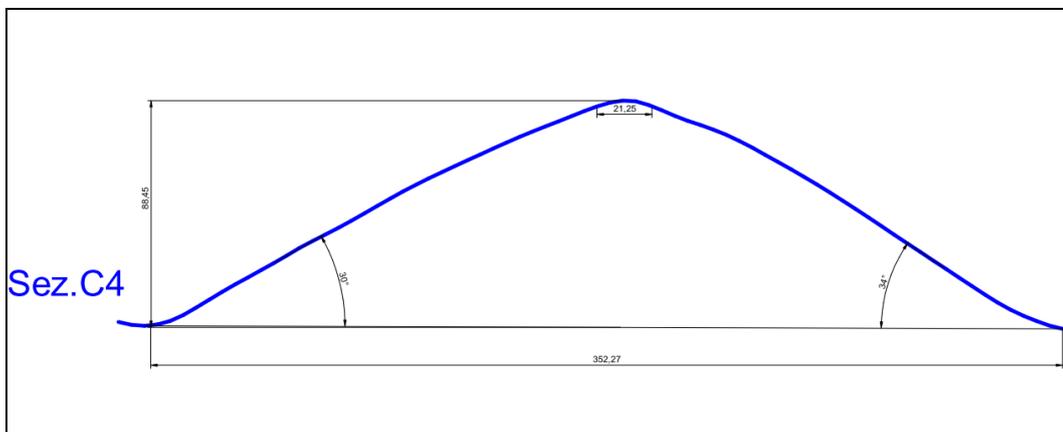
Sezione n.C1 - Costa Cavallina (cresta appuntita).



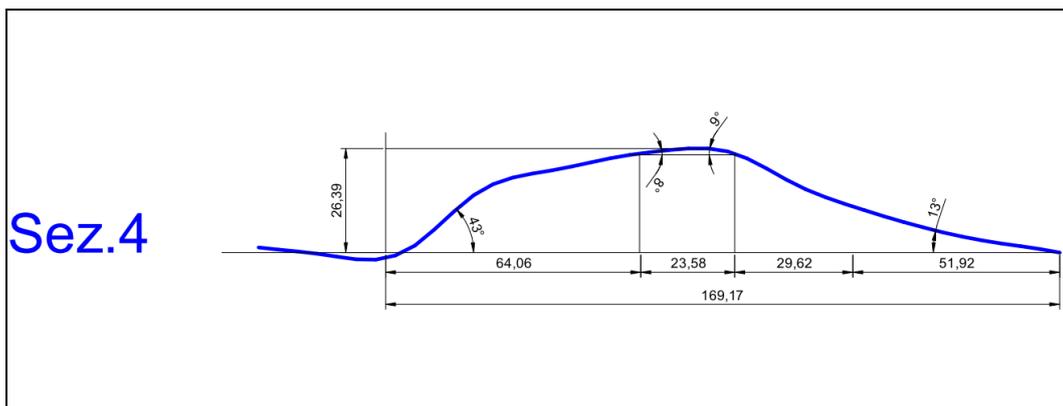
Sezione n.C2 - Postero (cresta appuntita).



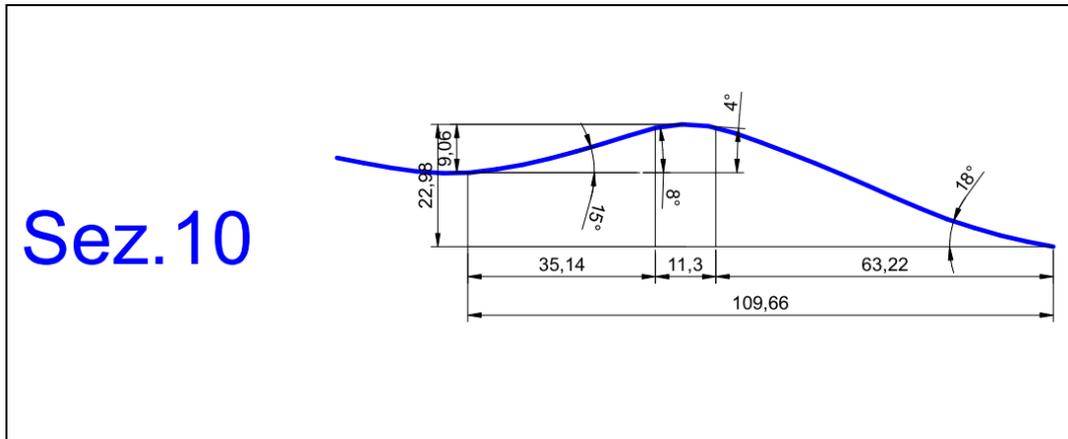
Sezione n. C3 - Cazzanino (cresta appuntita).



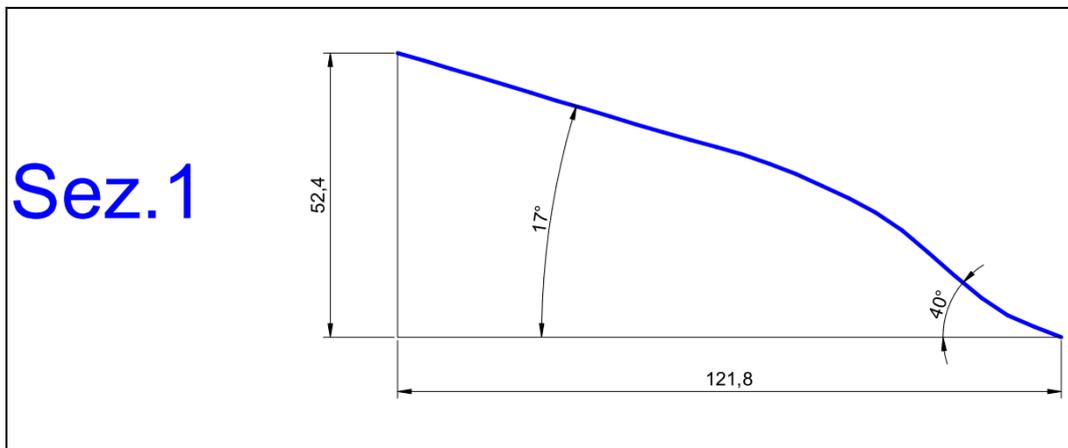
Sezione n.C4 - Cabonorè (cresta appuntita).



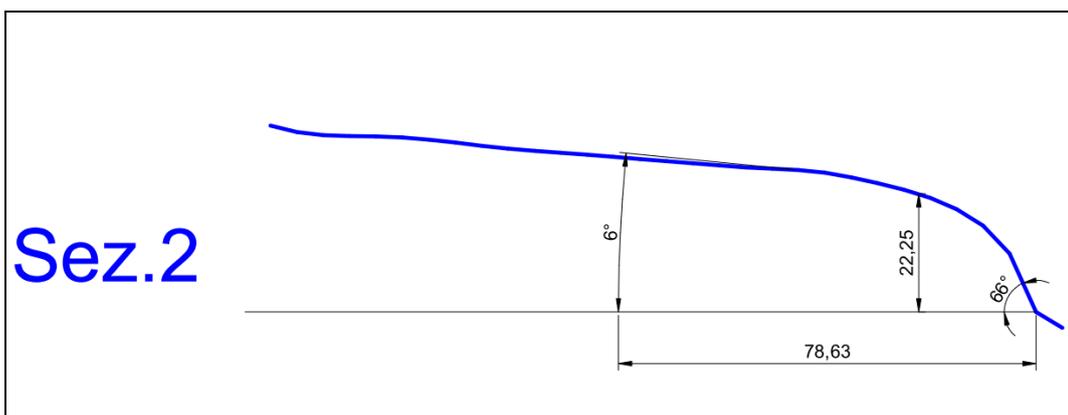
Sezione n.4 - Bondo (cresta appuntita).



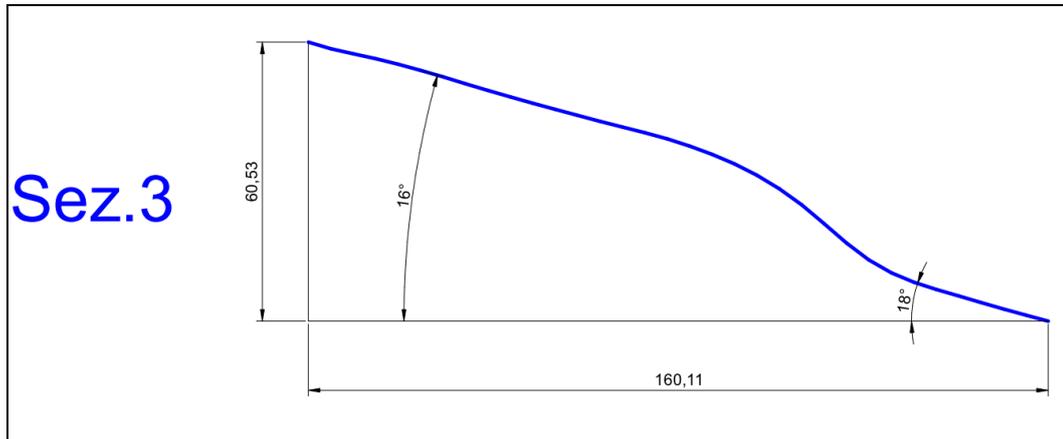
Sezione n.10 – Ubiale (cresta appuntita).



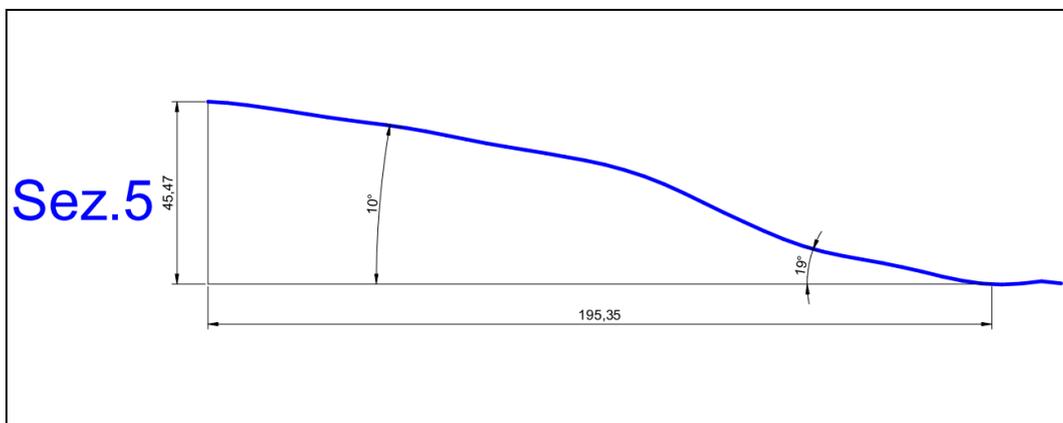
Sezione n.1 - Clanezzo (pendio).



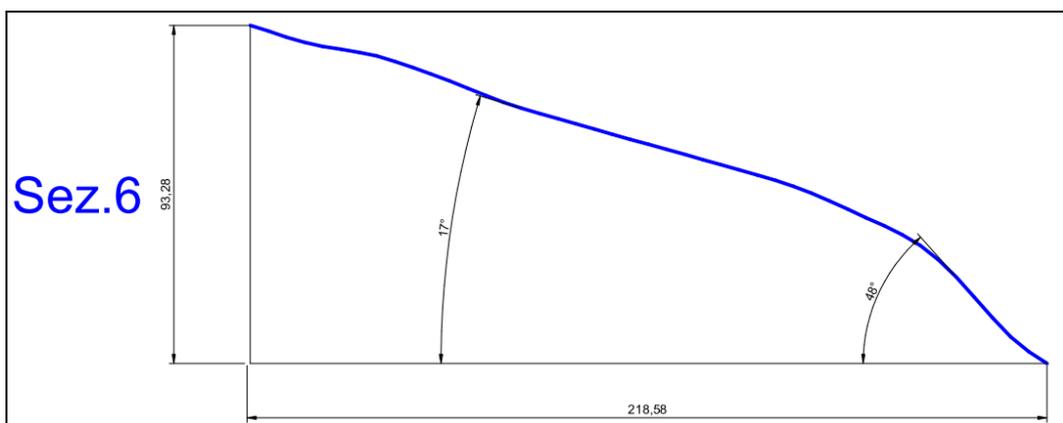
Sezione n.2 - Clanezzo (pendio).



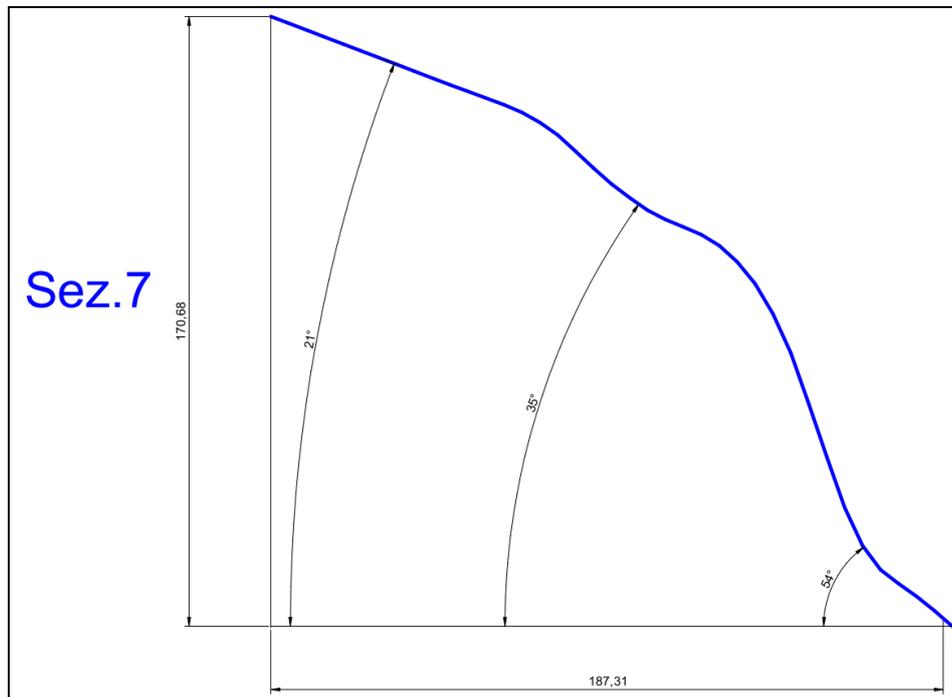
Sezione n.3 - Clanezzo (pendio).



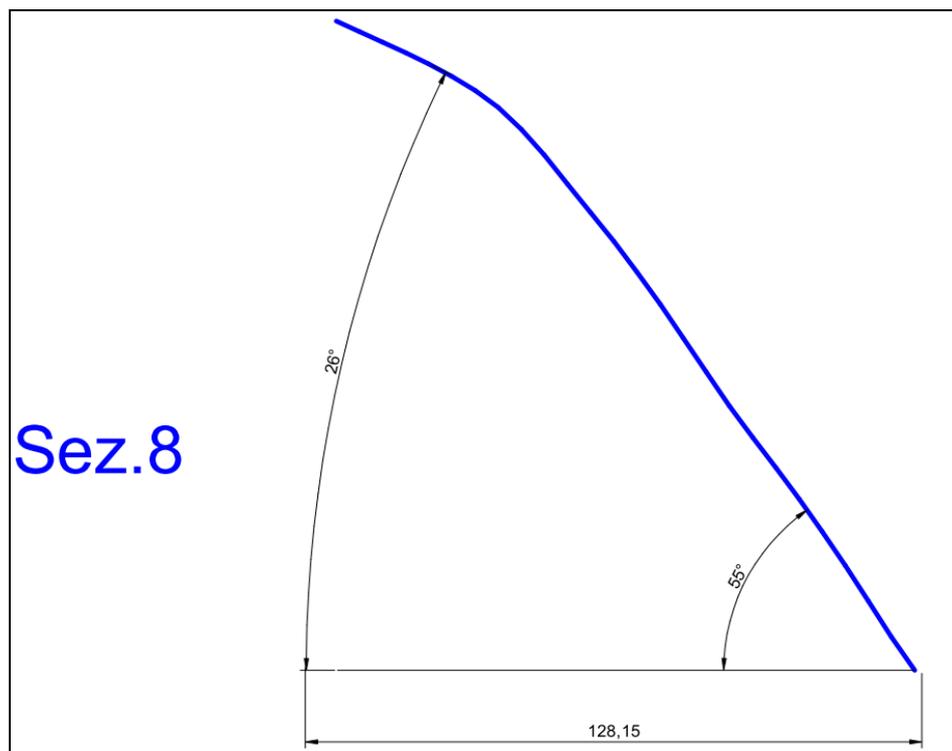
Sezione n.5 - Sopracorna (pendio).



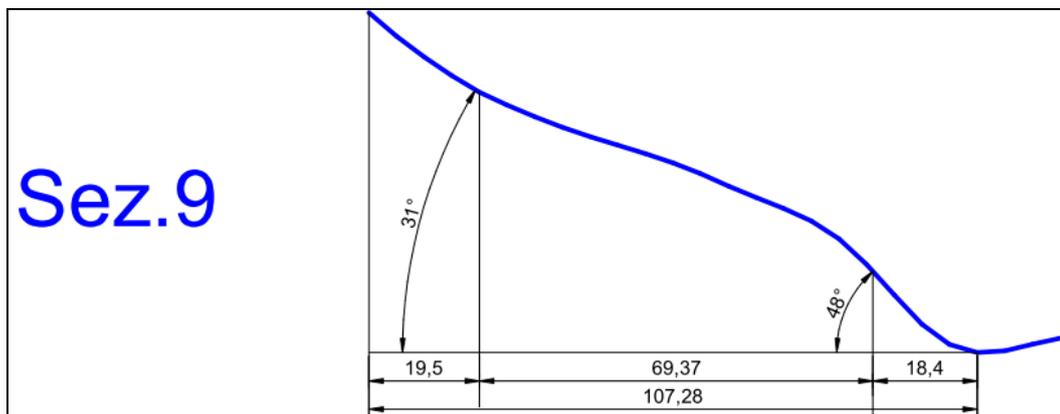
Sezione n.6 - Cazzanino (pendio).



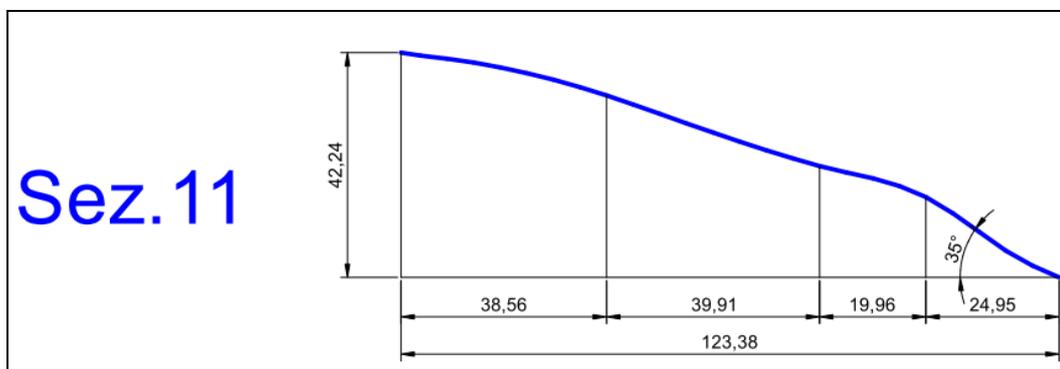
Sezione n.7 - Cazzanino (pendio).



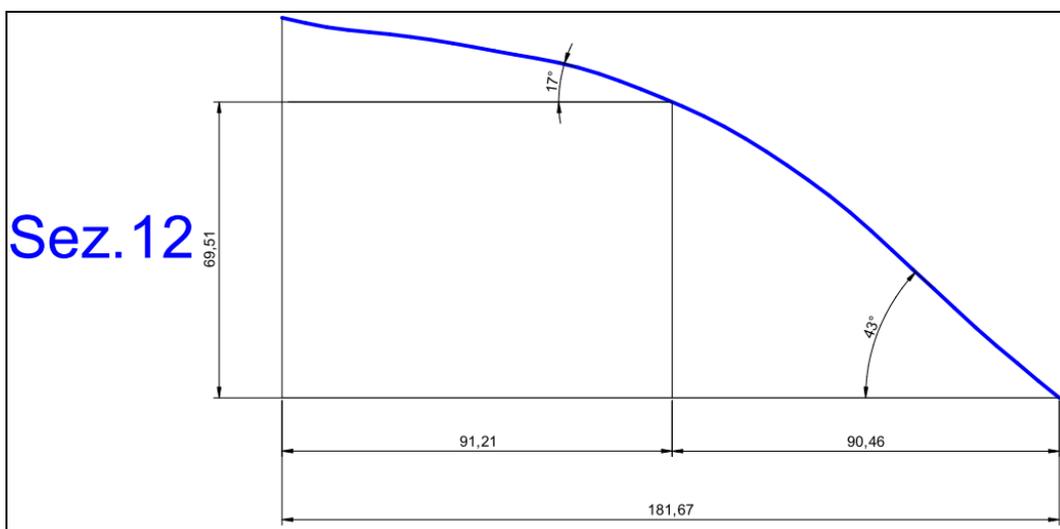
Sezione n.8 – Cazzanino (pendio).



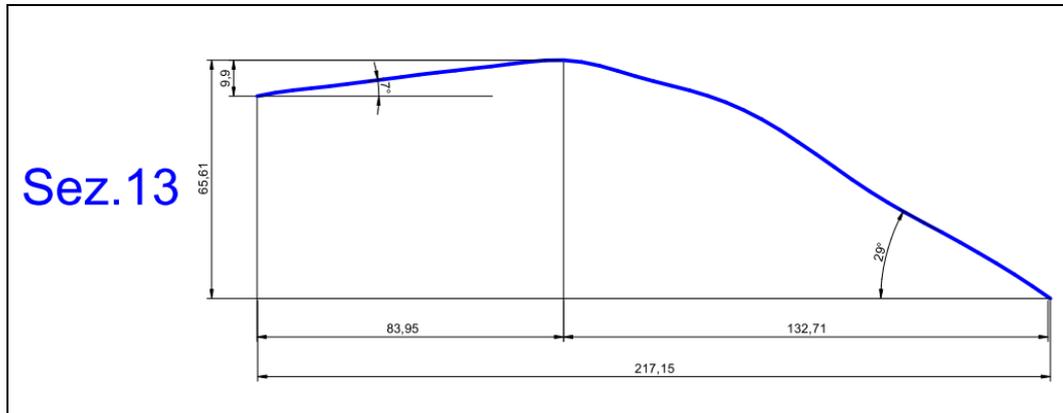
Sezione n.9 - Ubiale (pendio).



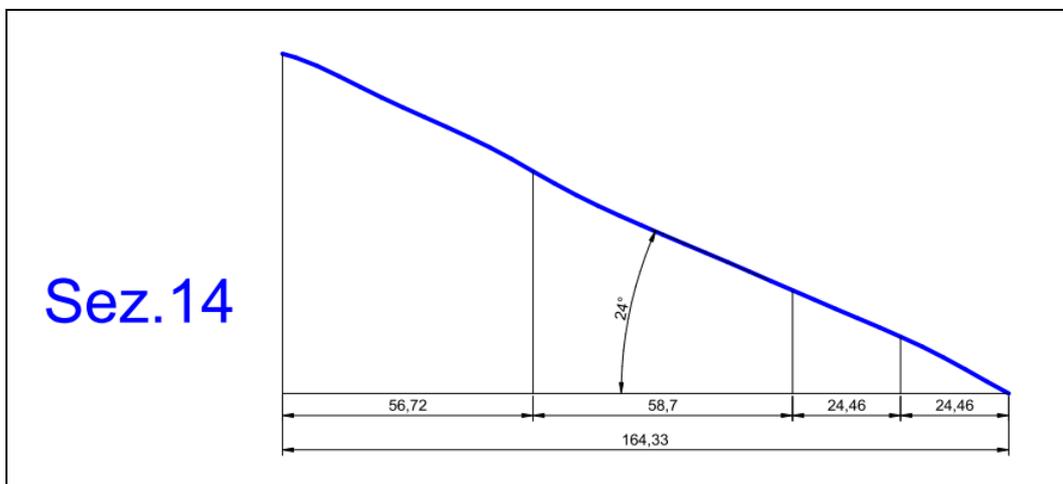
Sezione n.11 - Ubiale (pendio).



Sezione n.12 - Ubiale (pendio).



Sezione n.13 - Ubiale (scarpata in contropendenza).



Sezione n.14 - Carimbelli (pendio).

Comune di Ubiale Clanezzo (BG)

Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. (ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e delle D.g.r. n.2616 del 2011, D.g.r. n.6738 del 19.06.2017 e D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)

Relazione geologica Parte 1 - Relazione illustrativa

Dott. Geologo Augusto Azzoni - Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo

APPENDICE 2: Misure di rumore sismico HVSR a stazione singola

Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. (ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e delle D.g.r. n.2616 del 2011, D.g.r. n.6738 del 19.06.2017 e D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)

Relazione geologica Parte 1 - Relazione illustrativa

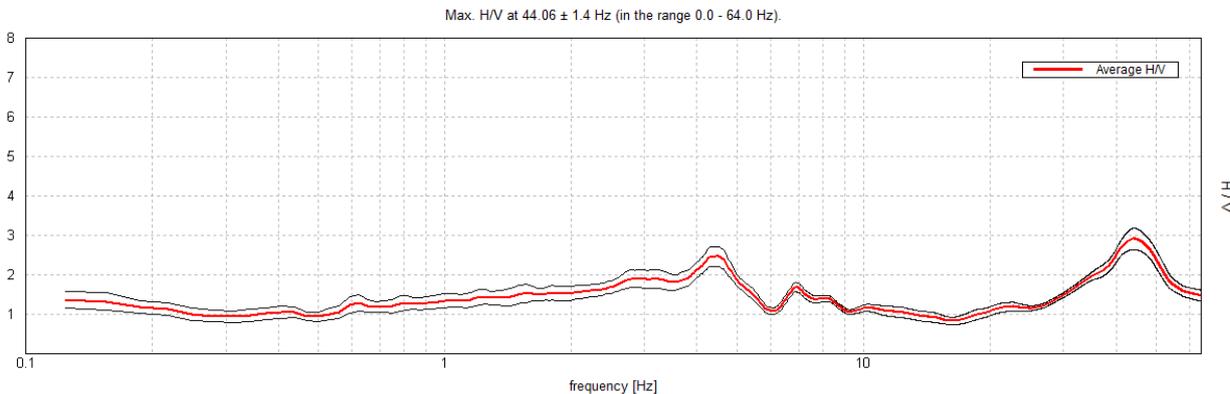
Dott. Geologo Augusto Azzoni - Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo

UBIALE CLANEZZO, Tr.1 - Municipio

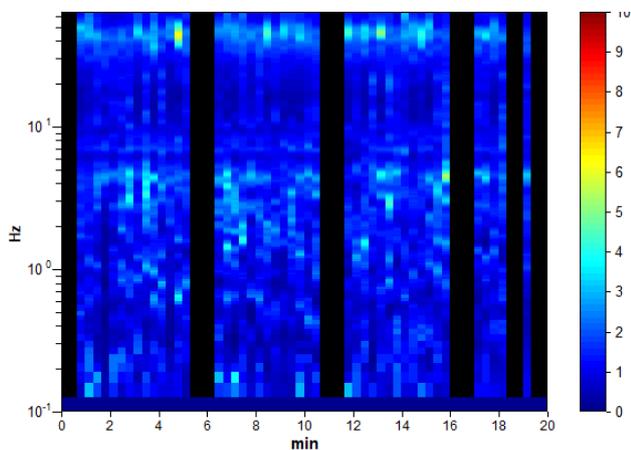
Instrument: TEN-0031/01-07
Data format: 16 bit
Full scale [mV]: 51
Start recording: 10/11/2021 15:44:27 End recording: 10/11/2021 16:04:28
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 75% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

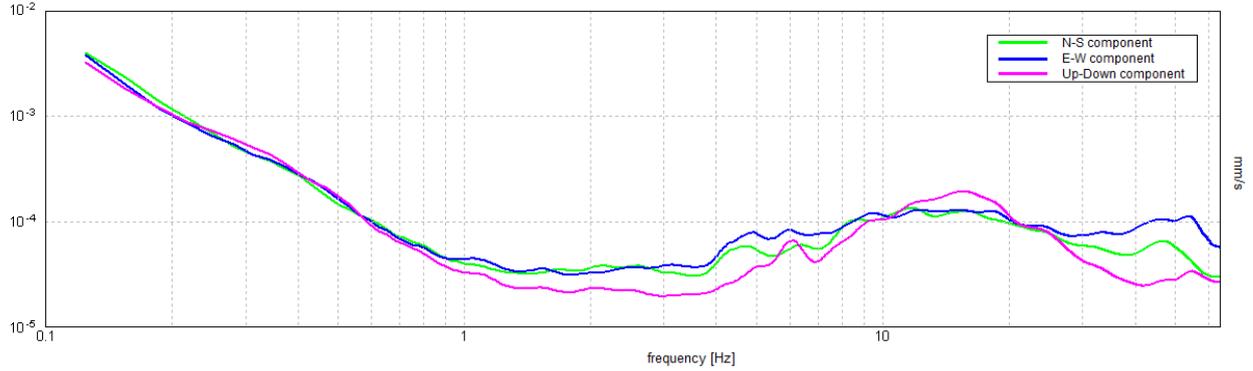
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



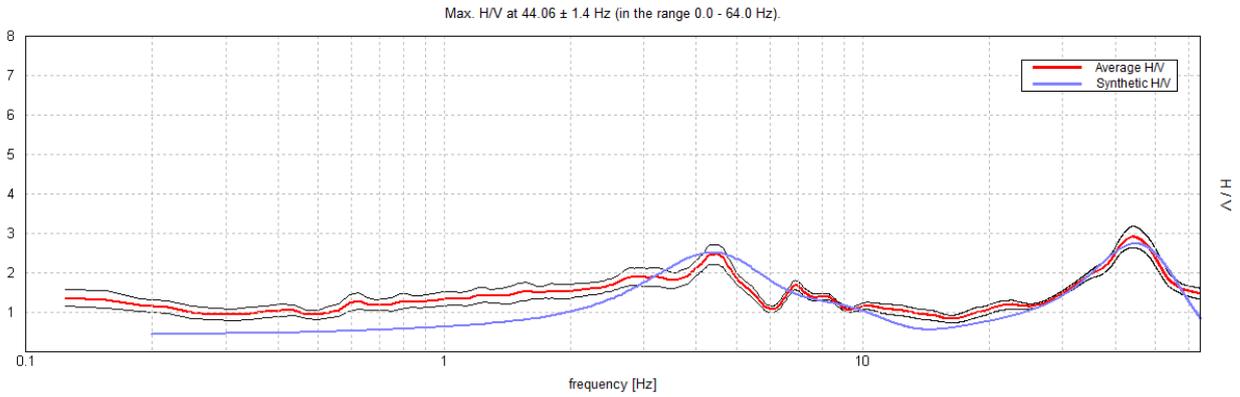
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



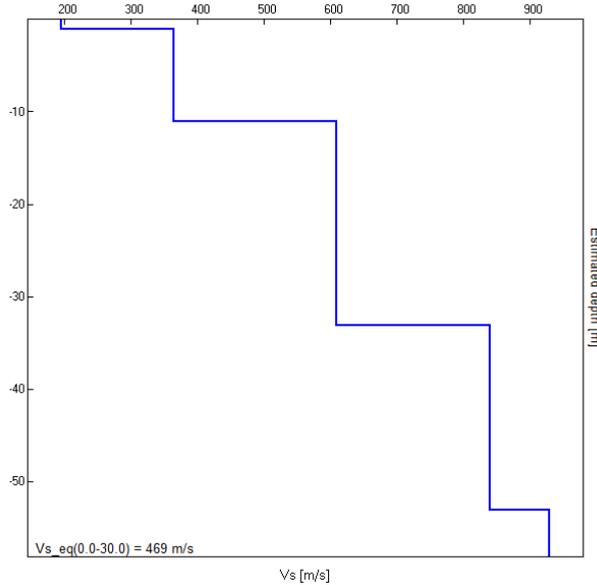
Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.10	1.10	195	0.44
11.10	10.00	365	0.42
33.10	22.00	610	0.39
53.10	20.00	840	0.42
inf.	inf.	930	0.42

$V_{s_eq}(0.0-30.0) = 469 \text{ m/s}$

Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. (ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e delle D.g.r. n.2616 del 2011, D.g.r. n.6738 del 19.06.2017 e D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)

Relazione geologica Parte 1 - Relazione illustrativa

Dott. Geologo Augusto Azzoni - Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 44.06 ± 1.4 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	44.06 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	39656.3 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$ Hz $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$ Hz	Exceeded 0 out of 1344 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	29.531 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	2.92 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.03177 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.39999 < 2.20313	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.2679 < 1.58	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. (ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e delle D.g.r. n.2616 del 2011, D.g.r. n.6738 del 19.06.2017 e D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)

Relazione geologica Parte 1 - Relazione illustrativa

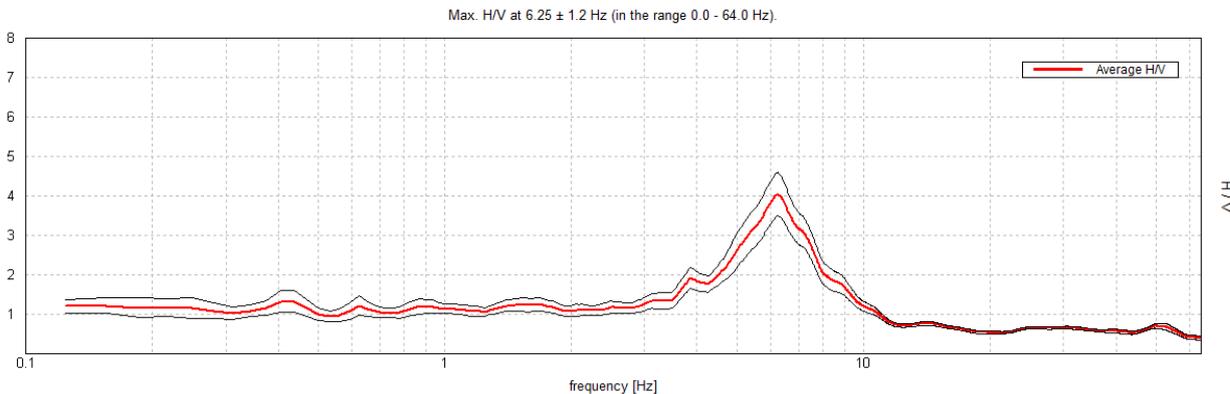
Dott. Geologo Augusto Azzoni - Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo

UBIALE CLANEZZO, Tr.2 - Campo Sportivo

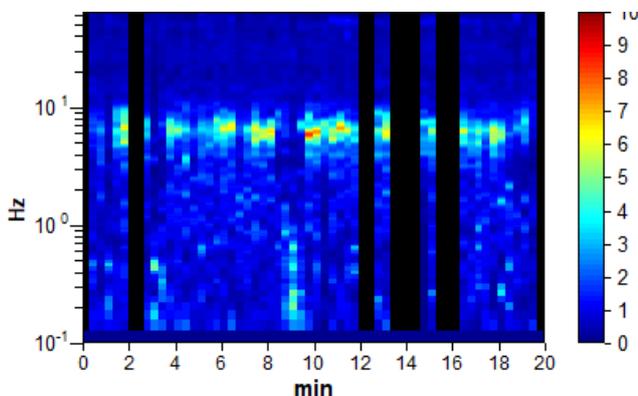
Instrument: TEN-0031/01-07
 Data format: 16 byte
 Full scale [mV]: n.a.
 Start recording: 11/01/22 12:04:28 End recording: 11/01/22 12:24:29
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
 GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 78% trace (manual window selection)
 Sampling rate: 128 Hz
 Window size: 20 s
 Smoothing type: Triangular window
 Smoothing: 10%

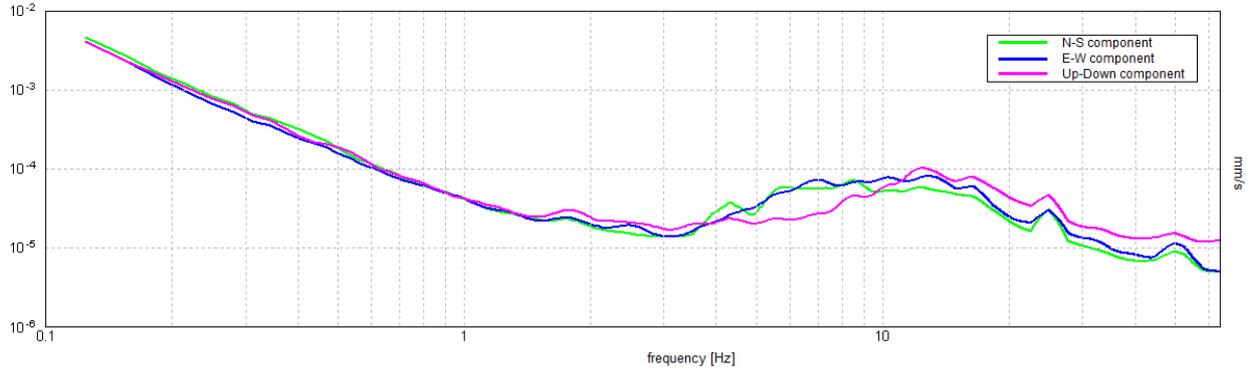
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



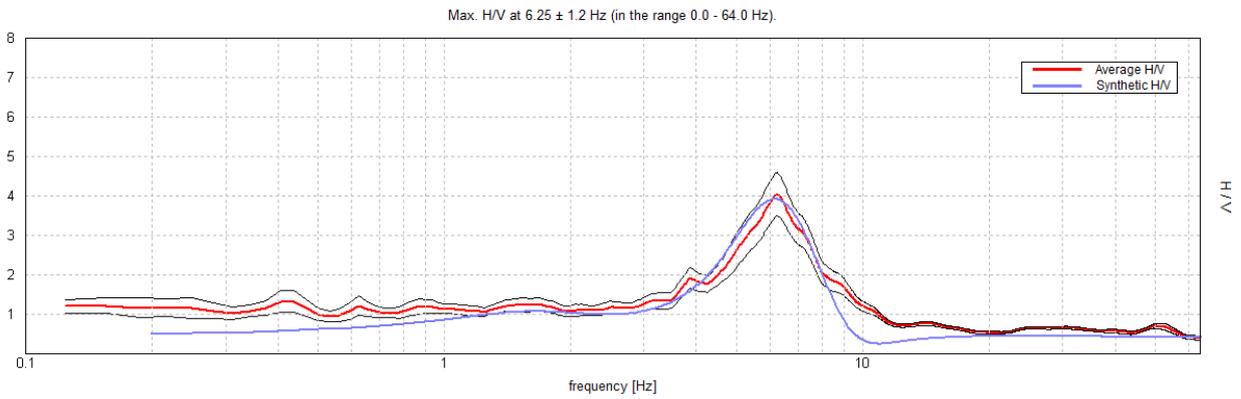
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



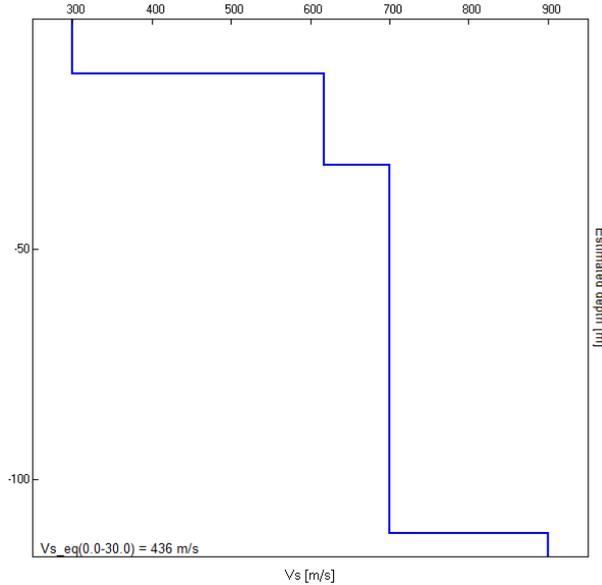
Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
11.80	11.80	300	0.42
31.80	20.00	618	0.45
111.80	80.00	700	0.40
inf.	inf.	900	0.40

$Vs_{eq}(0.0-30.0) = 436 \text{ m/s}$

Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. (ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e delle D.g.r. n.2616 del 2011, D.g.r. n.6738 del 19.06.2017 e D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)

Relazione geologica Parte I - Relazione illustrativa

Dott. Geologo Augusto Azzoni - Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 6.25 ± 1.2 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	6.25 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	5875.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 301 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	4.5 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	8.063 Hz	OK	
$A_0 > 2$	4.05 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0.19214 < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.2009 < 0.3125		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.5439 < 1.58	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\sigma_{\log H/V}(f)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$
$\theta(f_0)$	

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. (ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e delle D.g.r. n.2616 del 2011, D.g.r. n.6738 del 19.06.2017 e D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)

Relazione geologica Parte 1 - Relazione illustrativa

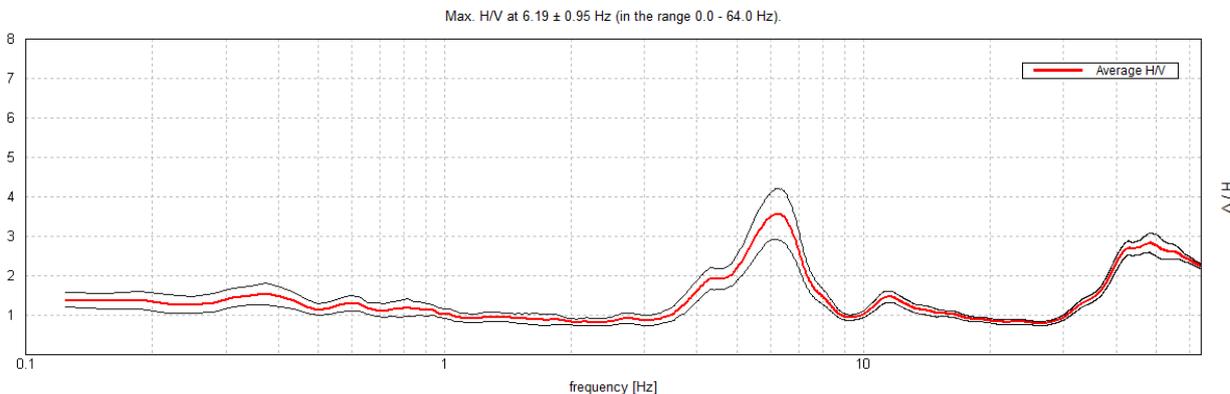
Dott. Geologo Augusto Azzoni - Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo

UBIALE CLANEZZO, Tr.3 - Via Risorgimento

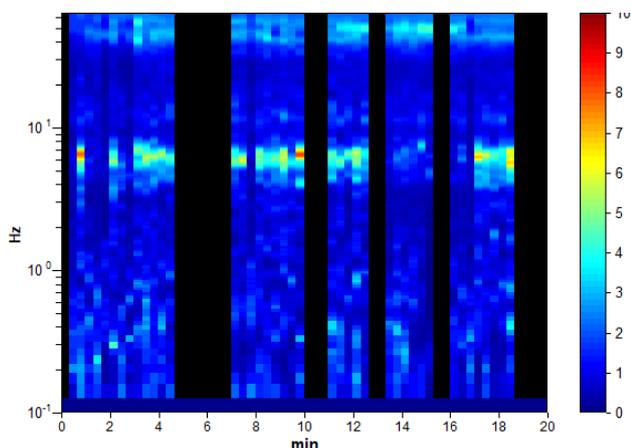
Instrument: TEN-0031/01-07
Data format: 16 bit
Full scale [mV]: 51
Start recording: 26/11/2021 11:48:39 End recording: 26/11/2021 12:08:40
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 68% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

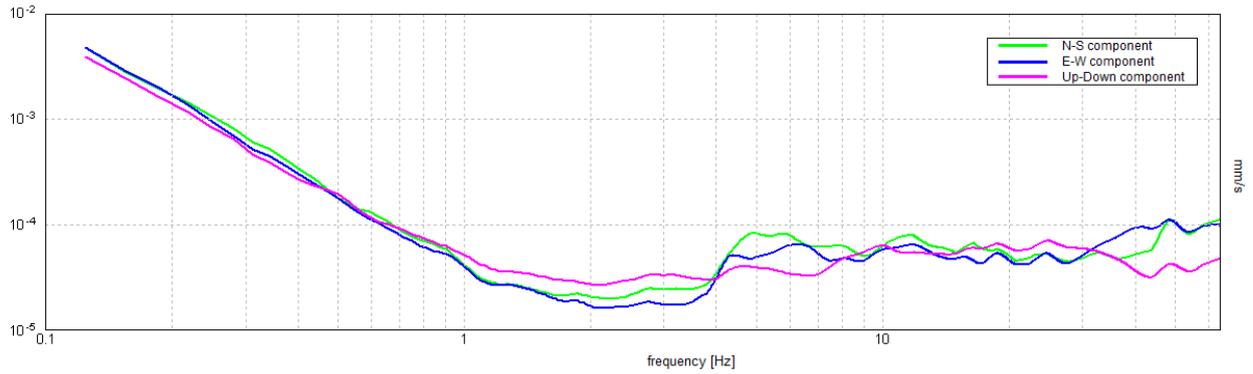
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



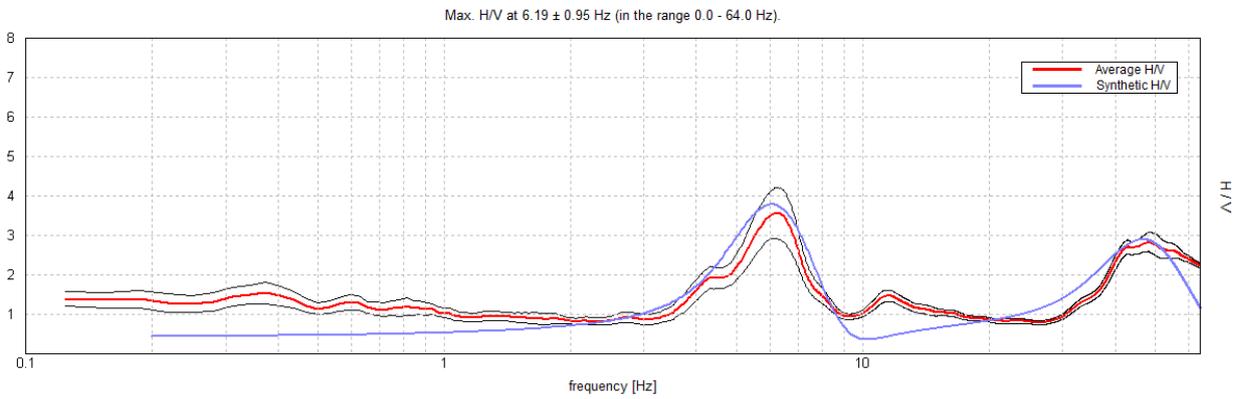
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



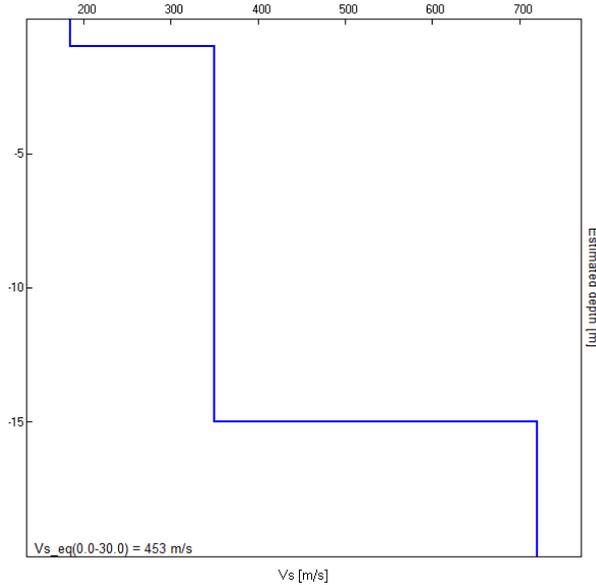
Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	185	0.44
15.00	14.00	350	0.42
inf.	inf.	720	0.39

$Vs_{eq}(0.0-30.0) = 453 \text{ m/s}$

Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. (ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e delle D.g.r. n.2616 del 2011, D.g.r. n.6738 del 19.06.2017 e D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)

Relazione geologica Parte I - Relazione illustrativa

Dott. Geologo Augusto Azzoni - Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 6.19 ± 0.95 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	6.19 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	5073.8 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 298 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	4.125 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	7.531 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.56 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.15311 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.94737 < 0.30938$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.6426 < 1.58$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

UBIALE CLANEZZO, Tr.4 - Via Costa

Instrument: TEN-0031/01-07

Data format: 16 bit

Full scale [mV]: 51

Start recording: 30/11/2021 12:56:07 End recording: 30/11/2021 13:16:08

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 47% trace (manual window selection)

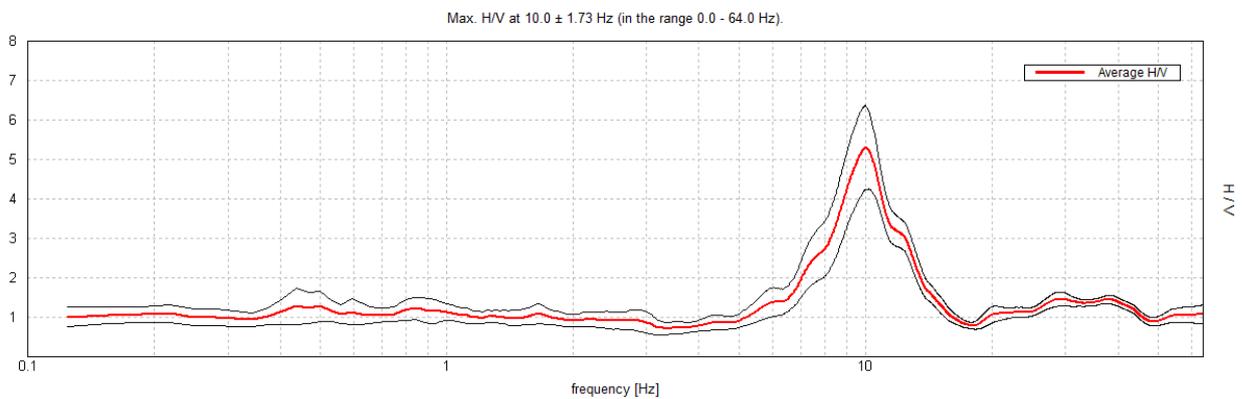
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

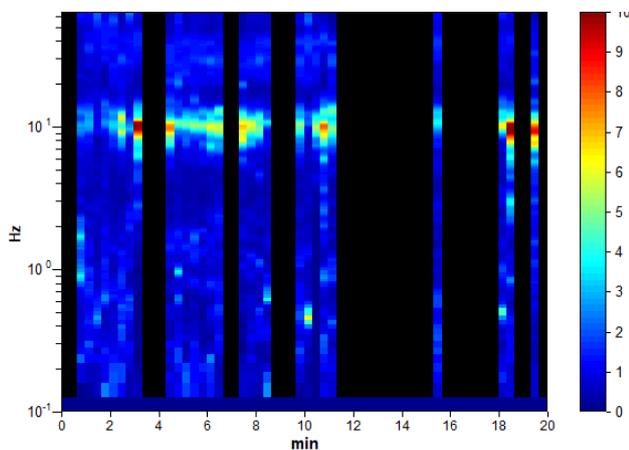
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

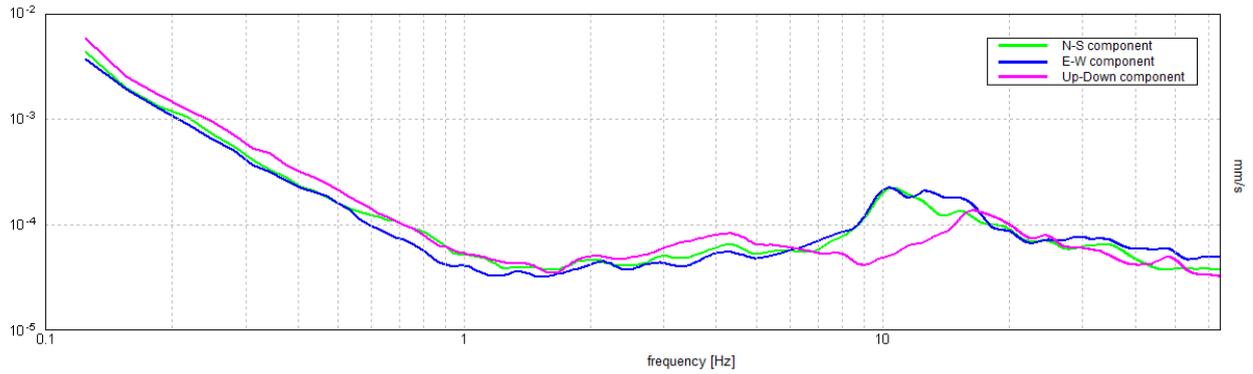
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



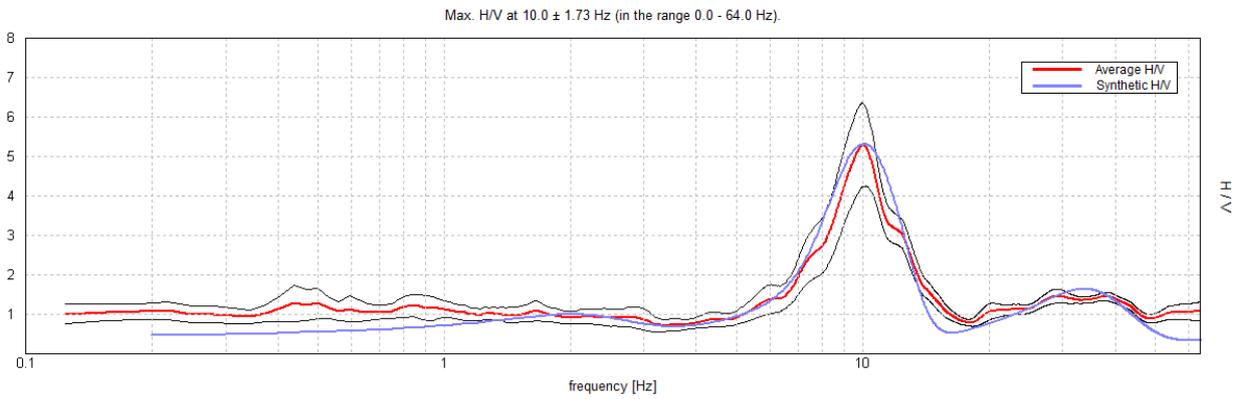
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



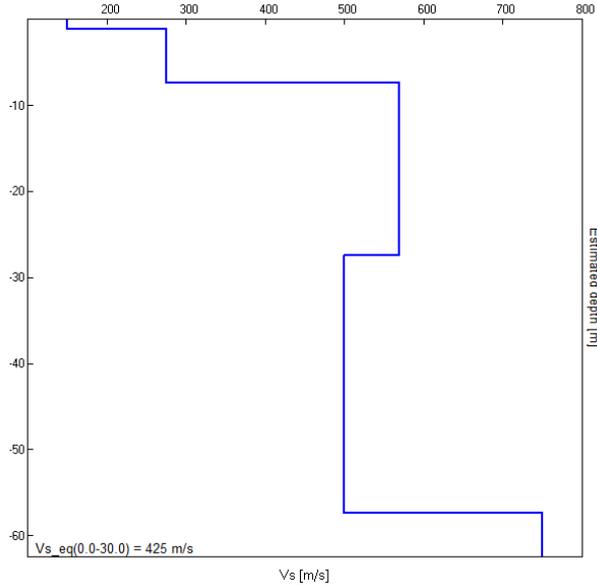
Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.10	1.10	150	0.42
7.40	6.30	275	0.40
27.40	20.00	570	0.39
57.40	30.00	500	0.40
inf.	inf.	750	0.40

$V_{s_eq}(0.0-30.0) = 425 \text{ m/s}$

Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. (ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e delle D.g.r. n.2616 del 2011, D.g.r. n.6738 del 19.06.2017 e D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)

Relazione geologica Parte I - Relazione illustrativa

Dott. Geologo Augusto Azzoni - Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 10.0 ± 1.73 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	10.00 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	5600.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 481 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0] A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	7.813 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0] A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	12.875 Hz	OK	
$A_0 > 2$	5.30 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	[0.1732] < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.73203 < 0.5		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.0557 < 1.58	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Comune di Ubiale Clanezzo (BG)

Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. (ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e delle D.g.r. n.2616 del 2011, D.g.r. n.6738 del 19.06.2017 e D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)

Relazione geologica Parte 1 - Relazione illustrativa

Dott. Geologo Augusto Azzoni - Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo

1UBIALE CLANEZZO, Tr.5 - Scuola Elementare

Instrument: TEN-0031/01-07

Data format: 16 bit

Full scale [mV]: 51

Start recording: 26/11/2021 12:25:59 End recording: 26/11/2021 12:46:00

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 67% trace (manual window selection)

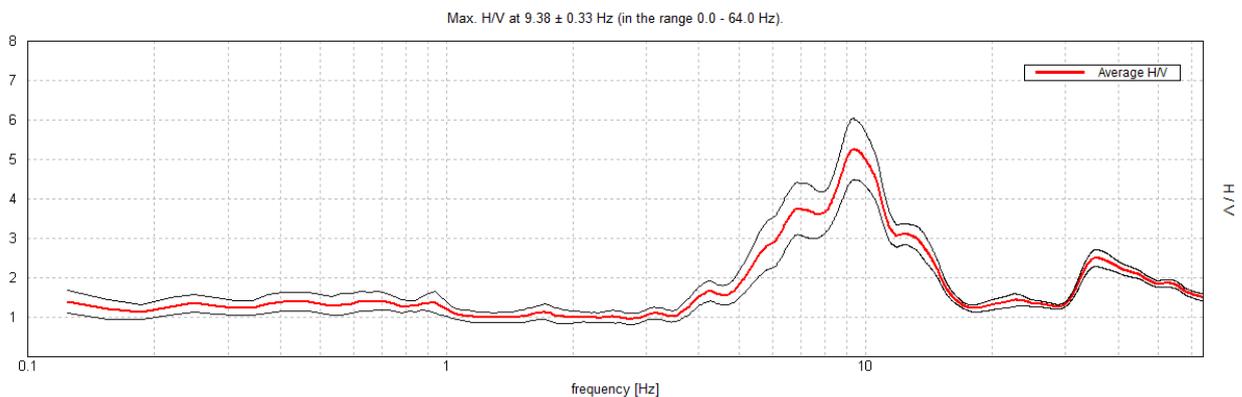
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

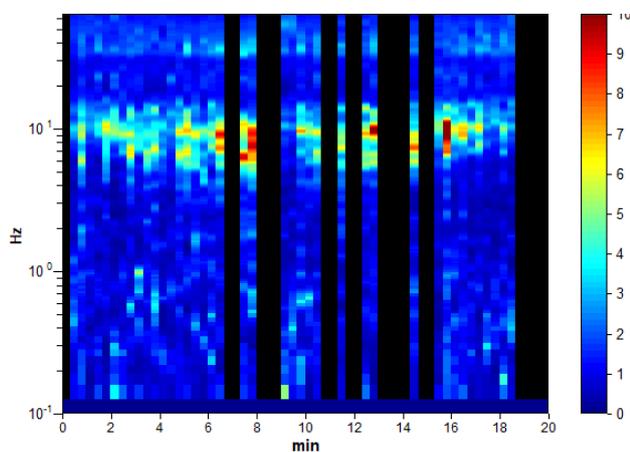
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

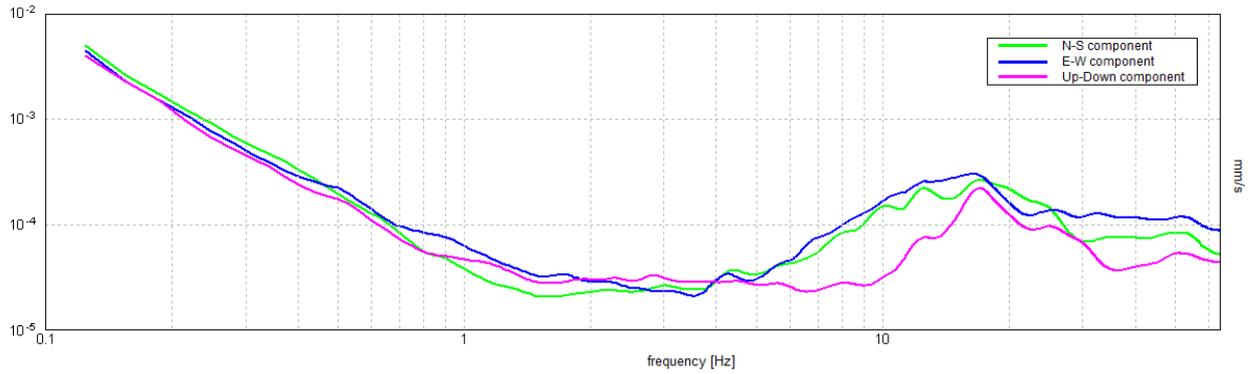
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



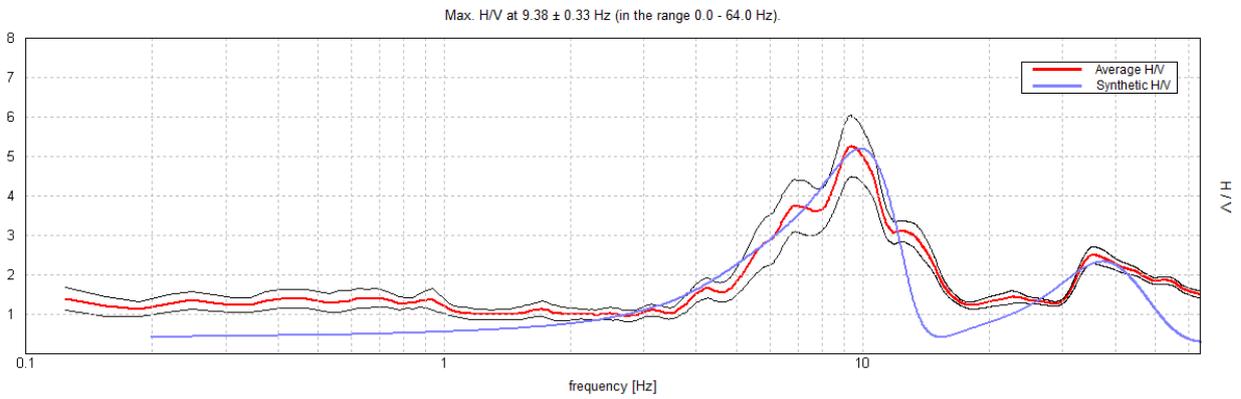
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



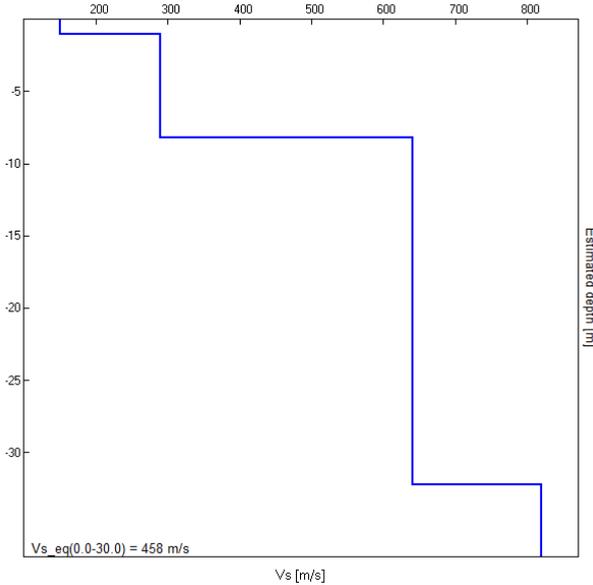
Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	150	0.44
8.20	7.20	290	0.40
32.20	24.00	640	0.42
inf.	inf.	820	0.42

$V_{s_eq}(0.0-30.0) = 458 \text{ m/s}$

Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. (ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e delle D.g.r. n.2616 del 2011, D.g.r. n.6738 del 19.06.2017 e D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)

Relazione geologica Parte I - Relazione illustrativa

Dott. Geologo Augusto Azzoni - Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 9.38 ± 0.33 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	9.38 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	7500.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$ Hz $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$ Hz	Exceeded 0 out of 451 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	5.594 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	14.125 Hz	OK	
$A_0 > 2$	5.26 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0.03525 < 0.05	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.33042 < 0.46875	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.7766 < 1.58	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

UBIALE CLANEZZO, Tr.6 - CAZZANINO

Instrument: TEN-0031/01-07

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 11/01/22 13:24:19 End recording: 11/01/22 13:44:19

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 85% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

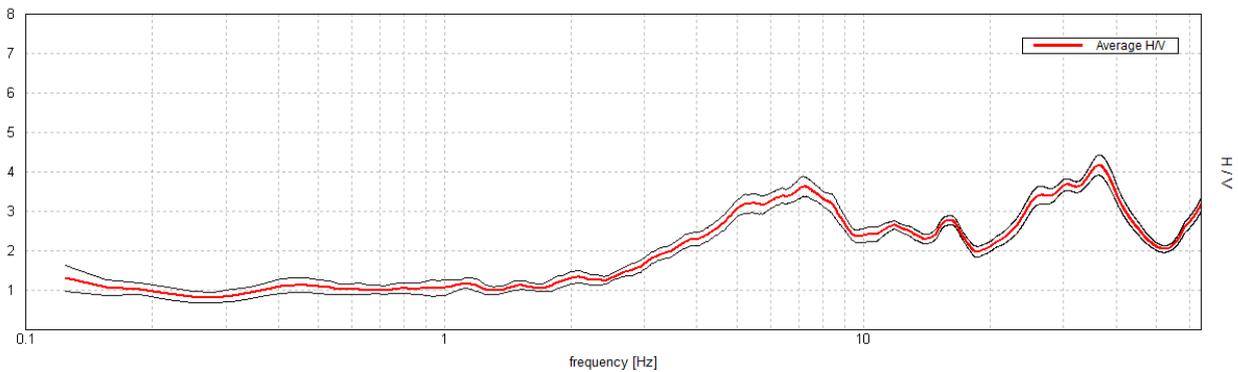
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

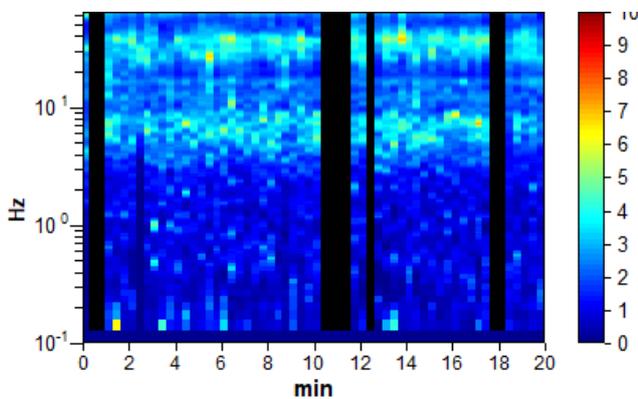
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

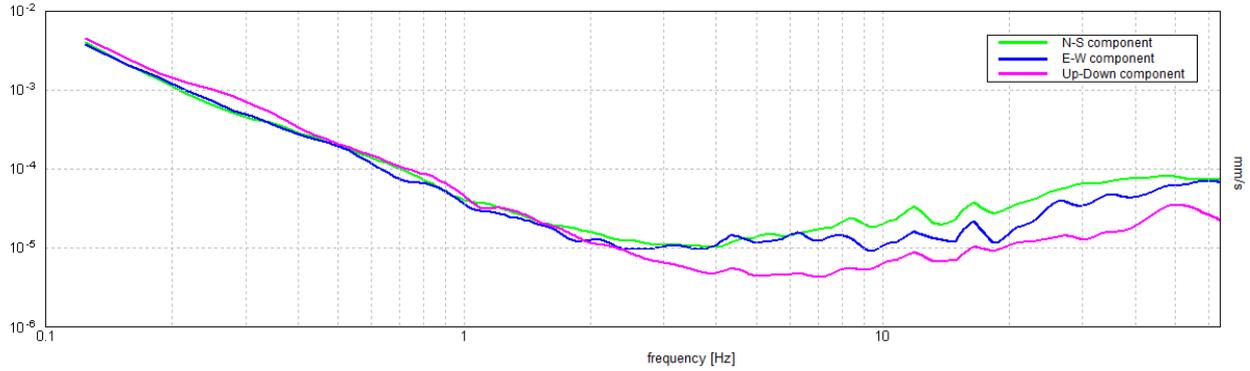
Max. H/V at 36.44 ± 7.72 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



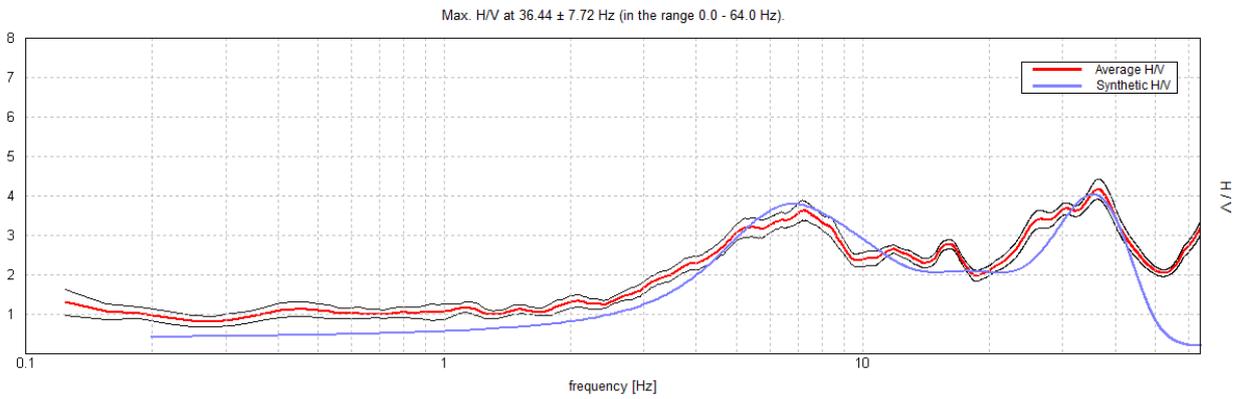
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



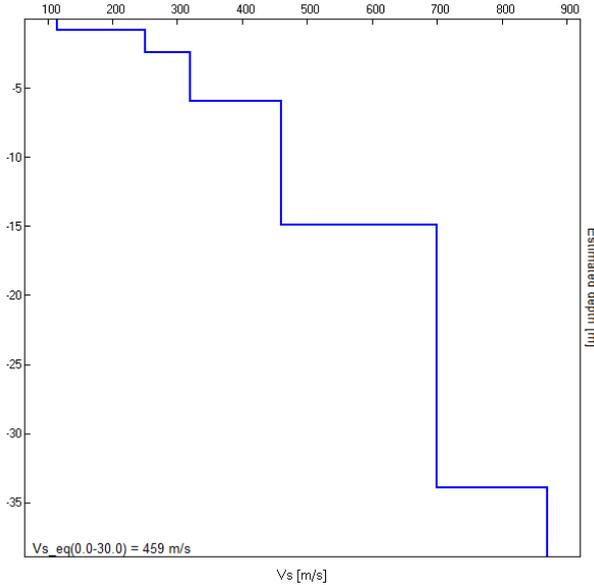
Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.80	0.80	115	0.45
2.40	1.60	250	0.45
5.90	3.50	320	0.42
14.90	9.00	460	0.38
33.90	19.00	700	0.42
inf.	inf.	870	0.42

$V_{s_eq}(0.0-0.0) = 459 \text{ m/s}$

Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. (ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e delle D.g.r. n.2616 del 2011, D.g.r. n.6738 del 19.06.2017 e D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)

Relazione geologica Parte I - Relazione illustrativa

Dott. Geologo Augusto Azzoni - Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 36.44 ± 7.72 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	36.44 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	37166.3 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1466 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0] A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	19.75 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0] A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	50.625 Hz	OK	
$A_0 > 2$	4.17 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.21191 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	7.72149 < 1.82188		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.2574 < 1.58	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Freq. range [Hz]	Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$				
	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

UBIALE CLANEZZO, Tr.7 - Bondo Via Rigoni Stern

Instrument: TEN-0031/01-07

Data format: 16 bit

Full scale [mV]: 51

Start recording: 12/11/2021 13:08:10 End recording: 12/11/2021 13:28:11

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 40% trace (manual window selection)

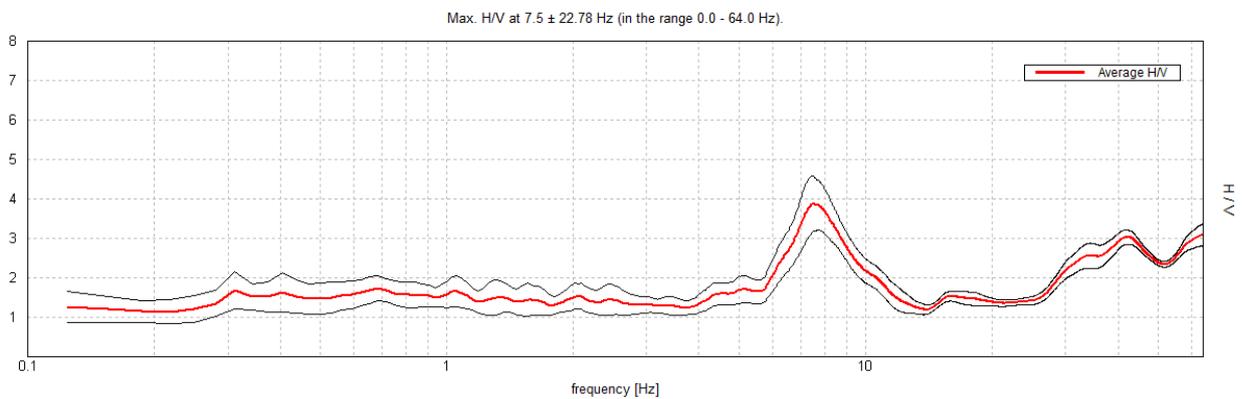
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

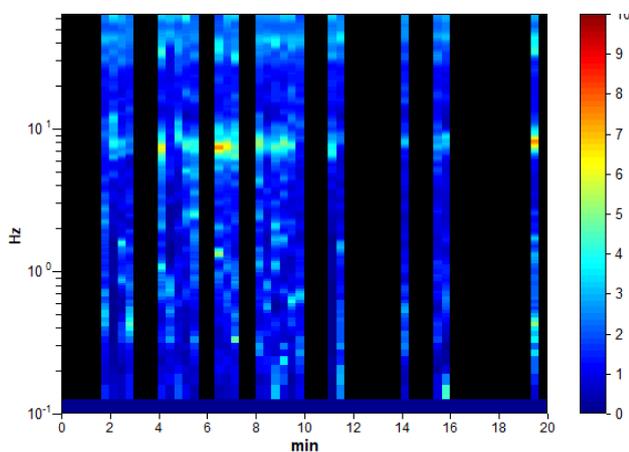
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

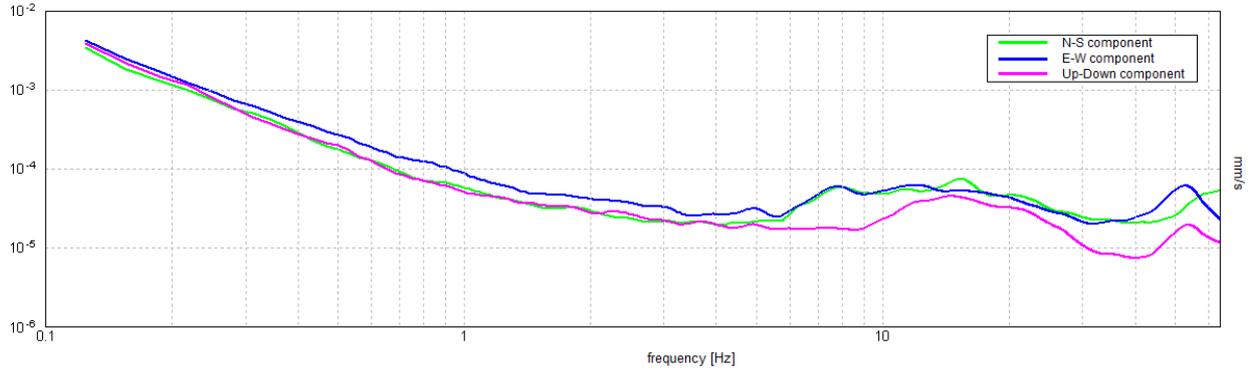
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



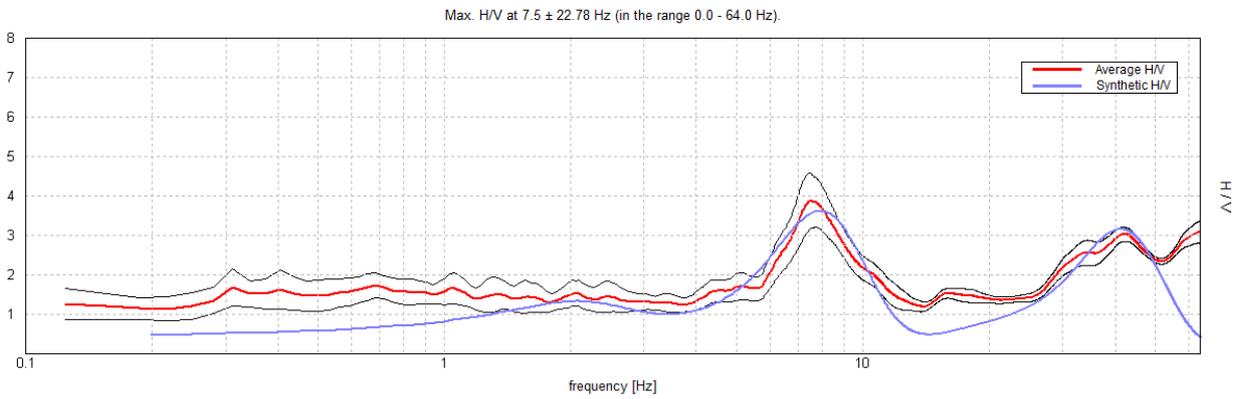
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



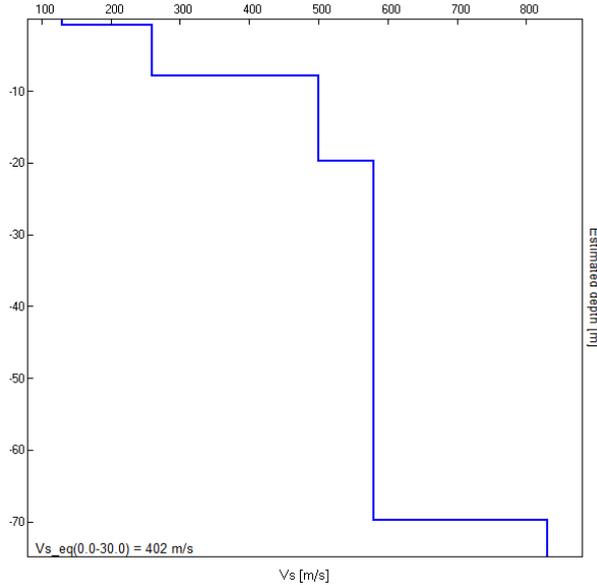
Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.80	0.80	130	0.44
7.80	7.00	260	0.42
19.80	12.00	500	0.38
69.80	50.00	580	0.40
inf.	inf.	830	0.40

$V_{s_eq}(0.0-0.0) = 402 \text{ m/s}$

Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. (ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e delle D.g.r. n.2616 del 2011, D.g.r. n.6738 del 19.06.2017 e D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)

Relazione geologica Parte I - Relazione illustrativa

Dott. Geologo Augusto Azzoni - Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 7.5 ± 22.78 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	7.50 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	3600.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 361 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	5.906 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	10.781 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.88 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	3.03753 < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	22.78147 < 0.375		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.7051 < 1.58	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. (ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e delle D.g.r. n.2616 del 2011, D.g.r. n.6738 del 19.06.2017 e D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)

Relazione geologica Parte 1 - Relazione illustrativa

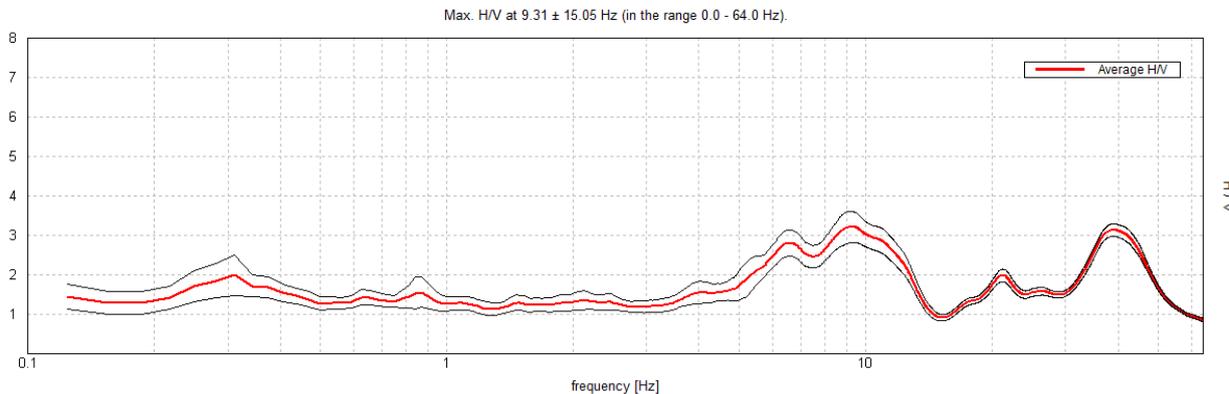
Dott. Geologo Augusto Azzoni - Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo

UBIALE CLANEZZO, Tr.8 - Bondo Via Borsellino

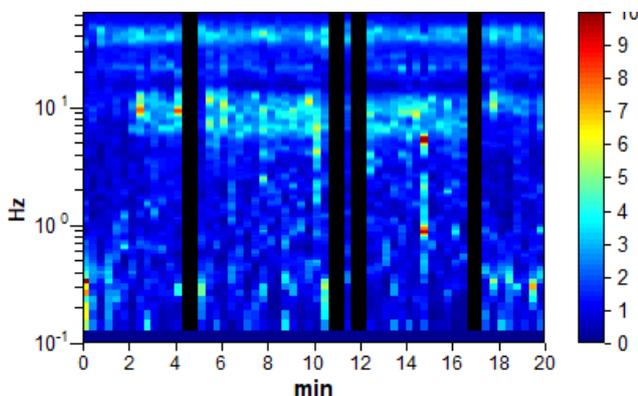
Instrument: TEN-0031/01-07
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 12/11/21 12:35:35 End recording: 12/11/21 12:55:36
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 87% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

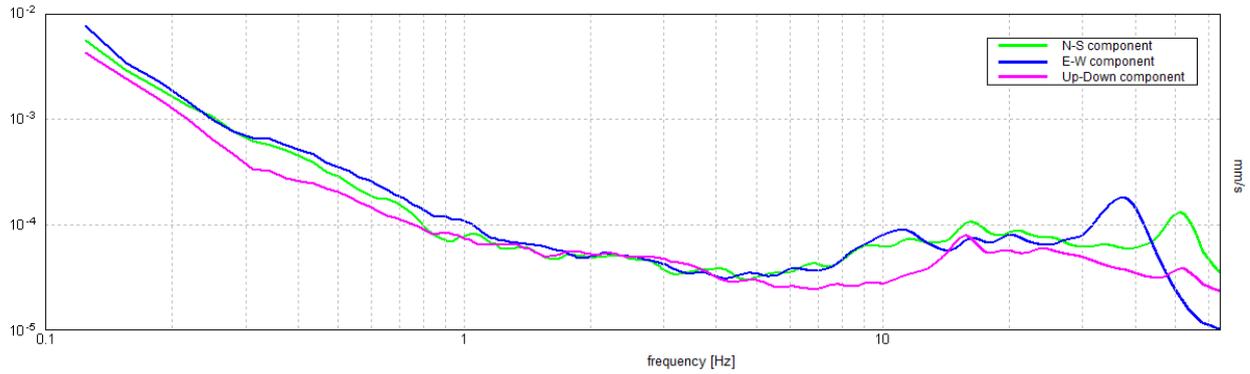
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



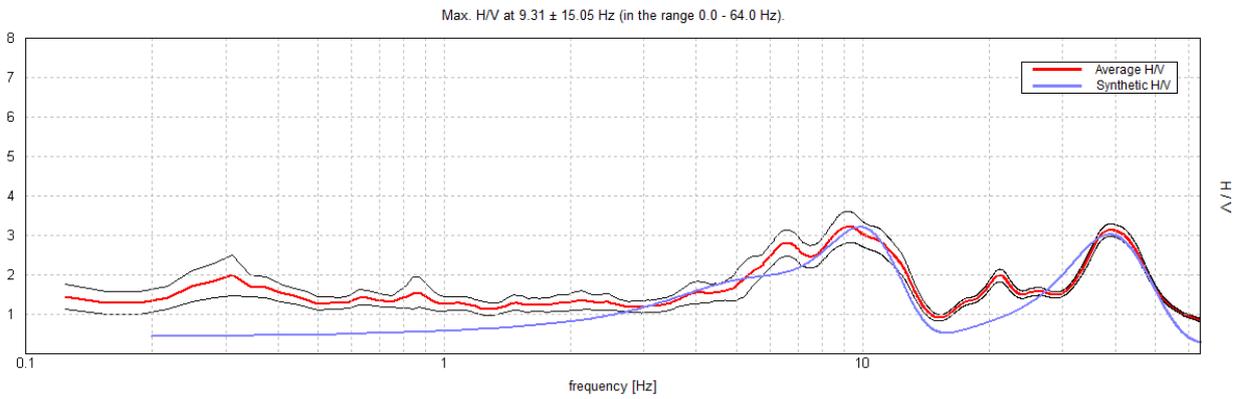
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



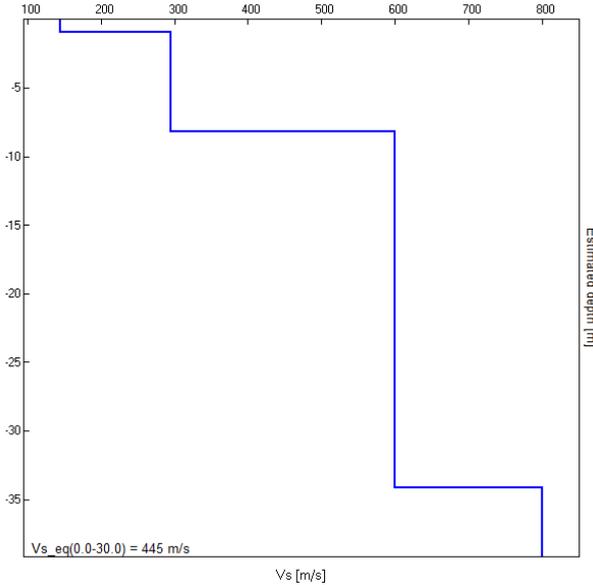
Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.95	0.95	145	0.44
8.15	7.20	295	0.40
34.15	26.00	600	0.38
inf.	inf.	800	0.42

$Vs_{eq}(0.0-0.0) = 445 \text{ m/s}$

Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. (ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e delle D.g.r. n.2616 del 2011, D.g.r. n.6738 del 19.06.2017 e D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)

Relazione geologica Parte I - Relazione illustrativa

Dott. Geologo Augusto Azzoni - Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 9.31 ± 15.05 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	9.31 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	9685.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 448 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	4.688 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	13.313 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.22 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	1.61591 < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	15.04819 < 0.46563		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.3924 < 1.58	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

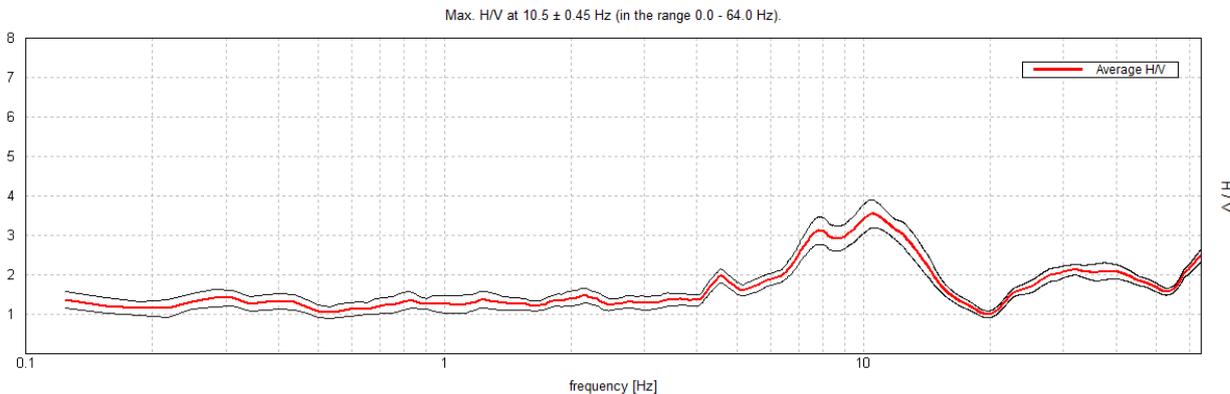
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

UBIALE CLANEZZO, Tr.9 - Clanezzo Cimitero

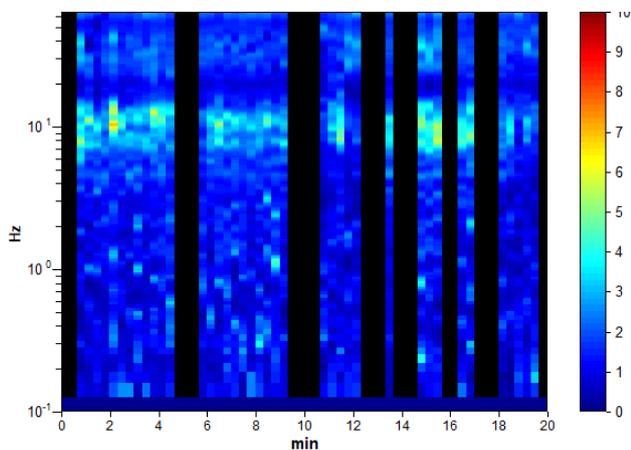
Instrument: TEN-0031/01-07
Data format: 16 bit
Full scale [mV]: 51
Start recording: 12/11/2021 11:59:42 End recording: 12/11/2021 12:19:43
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 65% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

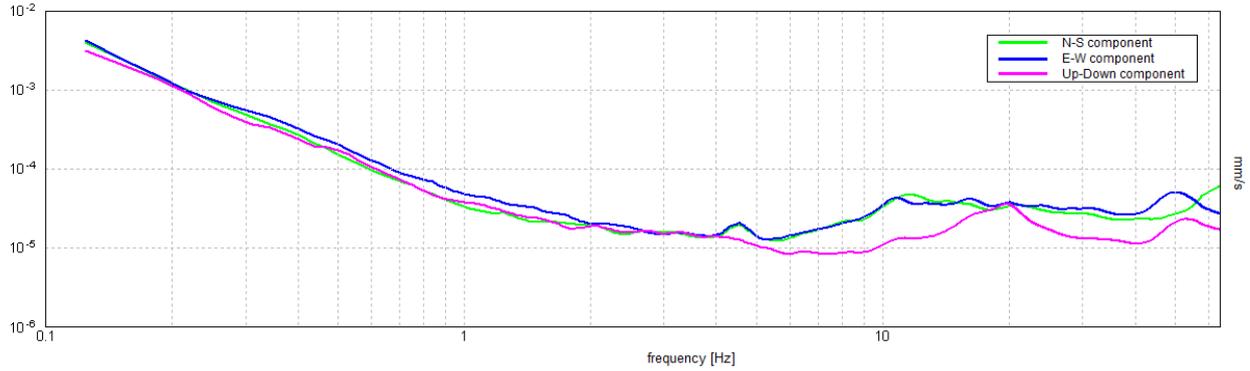
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



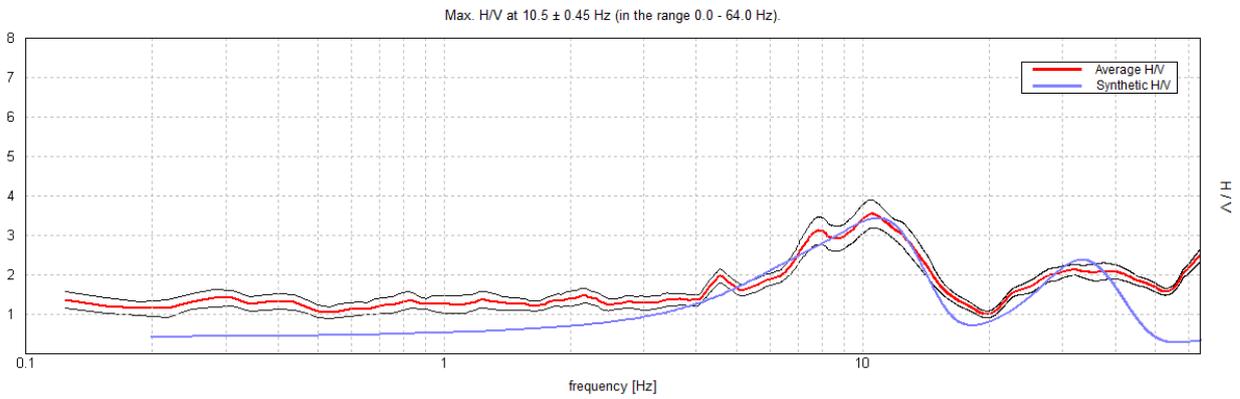
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



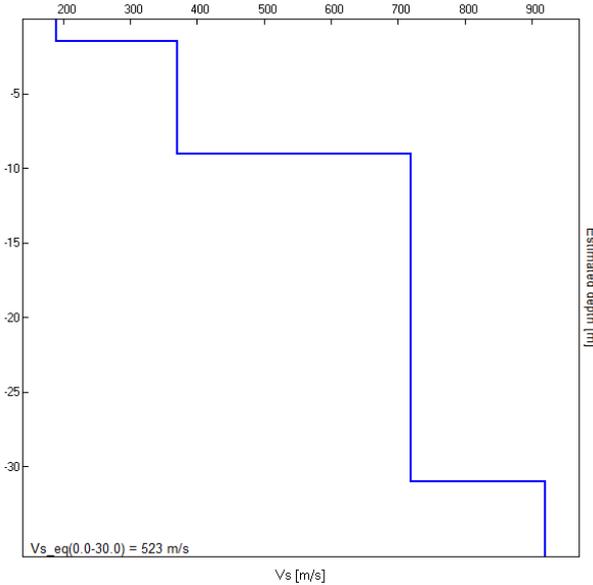
Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.50	1.50	190	0.44
9.00	7.50	370	0.41
31.00	22.00	720	0.38
inf.	inf.	920	0.38

$Vs_{eq}(0.0-0.0) = 523 \text{ m/s}$

Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. (ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e delle D.g.r. n.2616 del 2011, D.g.r. n.6738 del 19.06.2017 e D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)

Relazione geologica Parte I - Relazione illustrativa

Dott. Geologo Augusto Azzoni - Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 10.5 ± 0.45 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	10.50 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	8190.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$ Hz $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$ Hz	Exceeded 0 out of 505 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	5.625 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	15.219 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.54 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0.04283 < 0.05	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.44966 < 0.525	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.351 < 1.58	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. (ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e delle D.g.r. n.2616 del 2011, D.g.r. n.6738 del 19.06.2017 e D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)

Relazione geologica Parte I - Relazione illustrativa

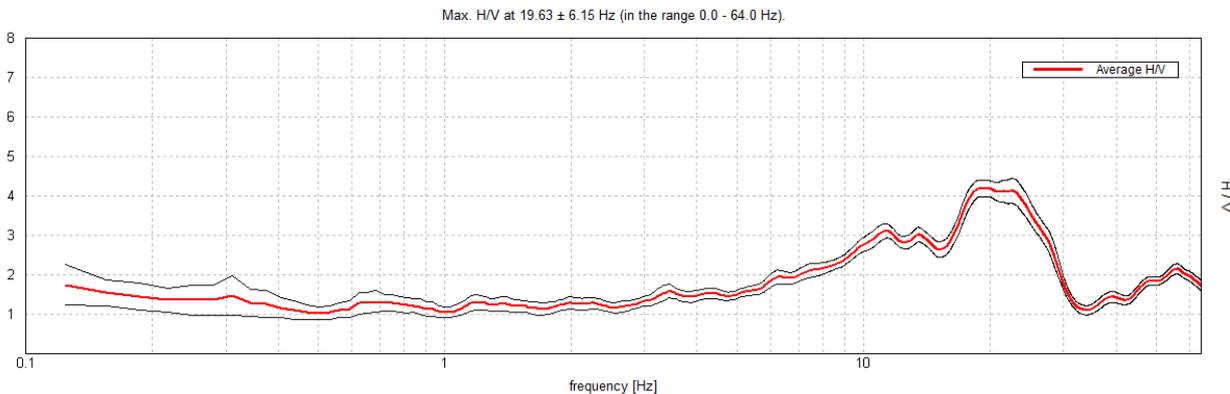
Dott. Geologo Augusto Azzoni - Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo

UBIALE CLANEZZO, Tr.10 - Clanezzo Centro Polifunzionale

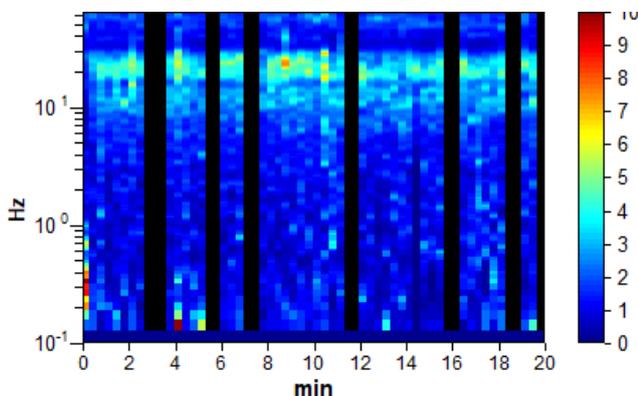
Instrument: TEN-0031/01-07
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 11/01/22 11:27:34 End recording: 11/01/22 11:47:35
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 77% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

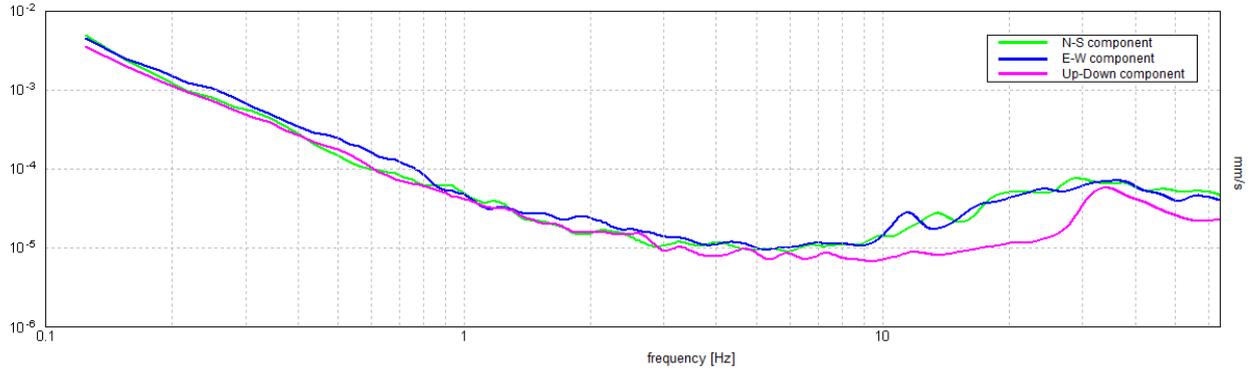
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



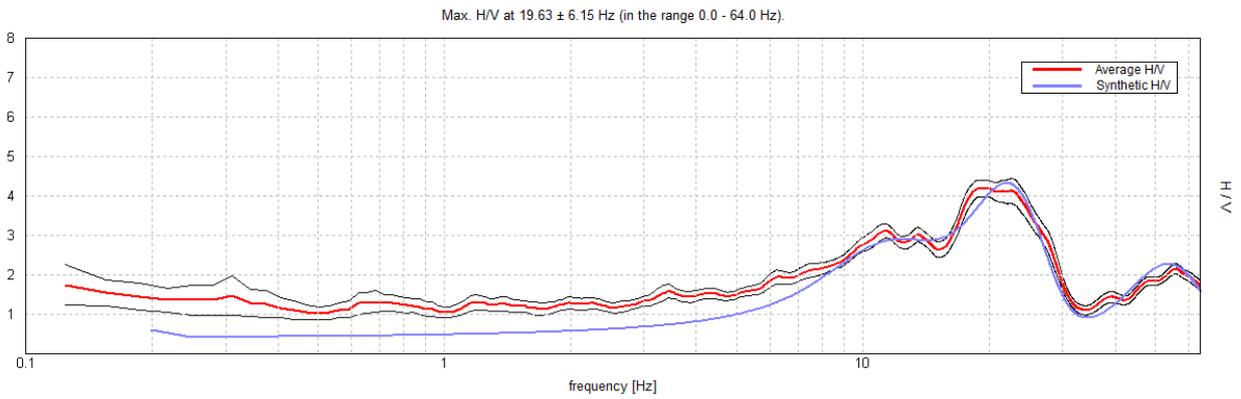
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



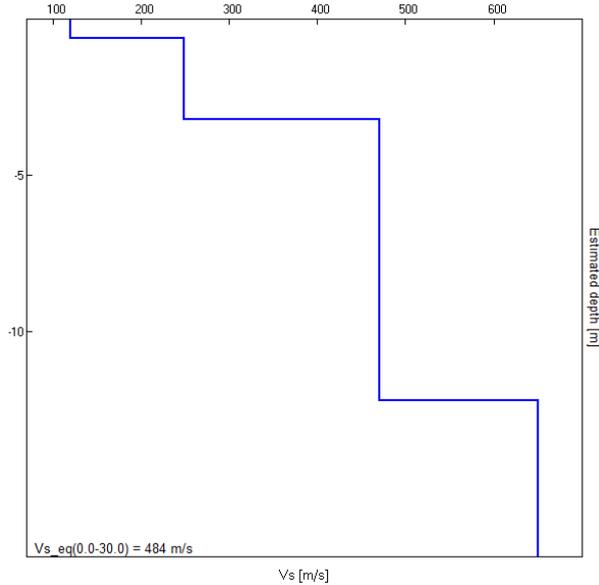
Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.60	0.60	120	0.45
3.20	2.60	248	0.42
12.20	9.00	470	0.38
inf.	inf.	650	0.42

$Vs_{eq}(0.0-0.0) = 484 \text{ m/s}$

Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. (ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e delle D.g.r. n.2616 del 2011, D.g.r. n.6738 del 19.06.2017 e D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)

Relazione geologica Parte I - Relazione illustrativa

Dott. Geologo Augusto Azzoni - Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 19.63 ± 6.15 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	19.63 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	18055.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 943 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	7.313 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	29.375 Hz	OK	
$A_0 > 2$	4.19 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0.31327 < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	6.14784 < 0.98125		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.202 < 1.58	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

UBIALE, Tr.11 - BONDO – Via Postero

Instrument: TEN-0031/01-07

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 04/08/20 14:55:48 End recording: 04/08/20 15:15:49

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling rate: 128 Hz

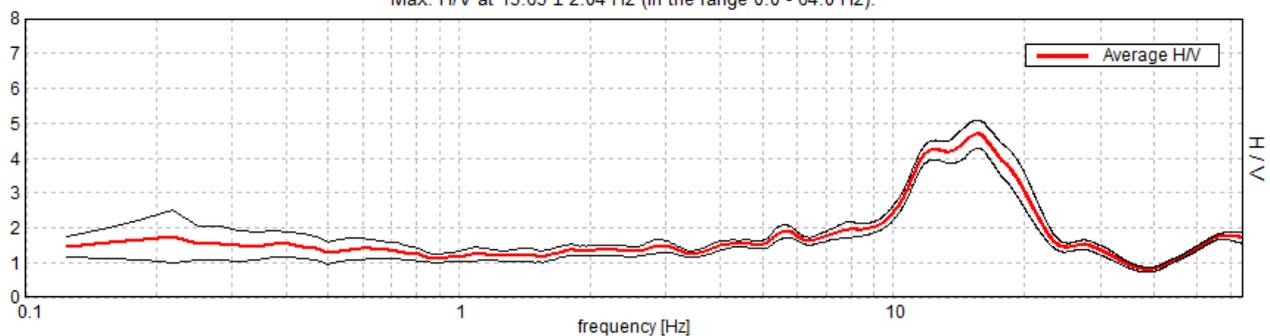
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

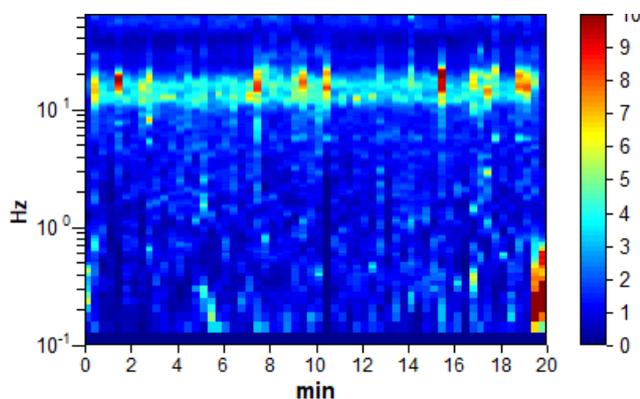
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

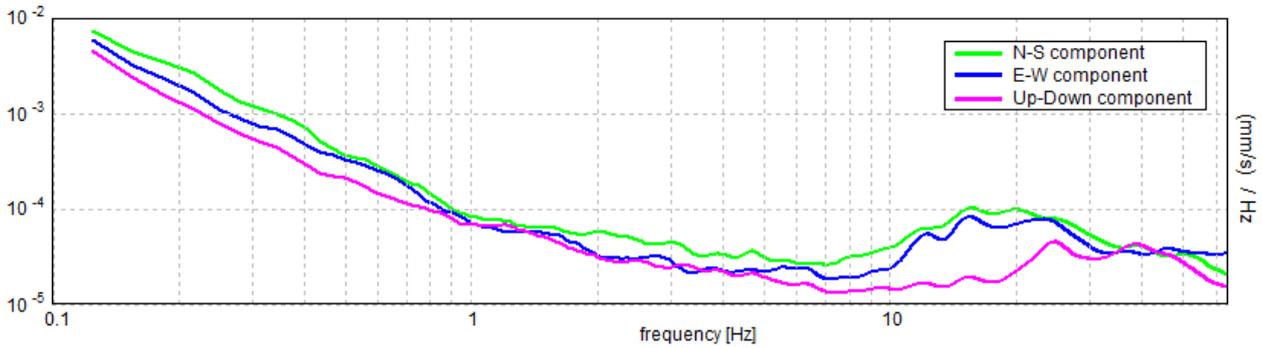
Max. H/V at 15.63 ± 2.04 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



H/V TIME HISTORY

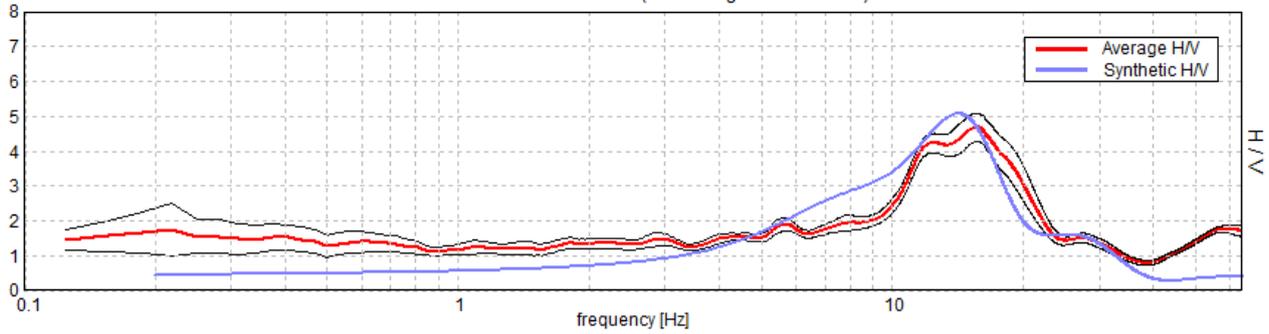


SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at 15.63 ± 2.04 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



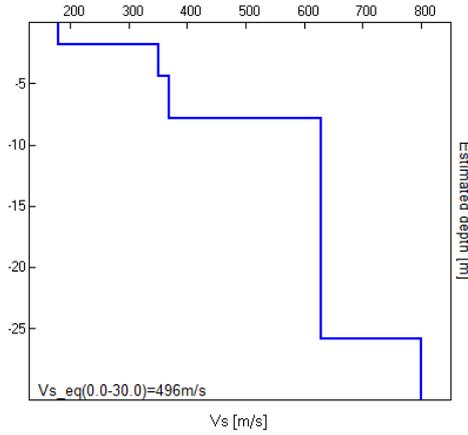
Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.80	1.80	180	0.45
4.40	2.60	350	0.44
7.80	3.40	370	0.42
25.80	18.00	630	0.40
inf.	inf.	800	0.38

Vs_eq(0.0-30.0)=496m/s

Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. (ai sensi della L.R. n. 12 del 11.03.2005 e delle D.g.r. n.2616 del 2011, D.g.r. n.6738 del 19.06.2017 e D.g.r. n.4685 del 10.05.2021)

Relazione geologica Parte 1 - Relazione illustrativa

Dott. Geologo Augusto Azzoni - Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 15.63 ± 2.04 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	15.63 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	18750.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 751 times	OK	
$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$			
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^* in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$	9.844 Hz	OK	
Exists f^* in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$	21.563 Hz	OK	
$A_0 > 2$	4.68 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	[0.1306] < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	2.04067 < 0.78125		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.4032 < 1.58	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^*	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^*) < A_0/2$
f^*	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^*) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Freq. range [Hz]	Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$				
	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20