

Comune di BERBENNO IN VALTELLINA

Prov. Sondrio

LAVORI DI REALIZZAZIONE NUOVA PALESTRA AL SERVIZIO DELLA SCUOLA PRIMARIA DI BERBENNO, COFINANZIATO CON FONDI DELL'UNIONE EUROPEA – NEXT GENERATION EU. PNRR M4C1 INV.1.3 CUP: G71B22001270001



**Finanziato
dall'Unione europea**
NextGenerationEU

BERBENNO IN VALTELLINA

Indagine geologica geotecnica-simica invarianza idraulica

NTC 2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni) Gazzetta Ufficiale il 20 febbraio 2018

L.R. 11 MARZO 2005, N. 12

D.g.r. 10 ottobre 2014 – n X/2489

par. 2.2.4 dell'allegato 2 alla D.G.R. 30/11/2011, n. IX/2616 e s.m.i.

STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA

dr. Maurizio Azzola

Via Gavazzeni, 6 23100 SONDRIO

tel 0342- 214938 cel 347 4325678

e-mail maurizio@geologoazzola.it

pec maurizio@pec.geologoazzola.it

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | PREMESSA | 4 |
| 2 | METODOLOGIA | 6 |
| 2.1 | RELAZIONE | 6 |
| 2.2 | SISMICA PASSIVA | 7 |
| 2.3 | ISPEZIONE CON DRONE | 13 |
| 2.4 | ELABORATI GRAFICI | 15 |
| 3 | GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA | 16 |
| 3.1 | SISMICA PASSIVA | 16 |
| 3.2 | STABILITA' EDIFICIO | 23 |
| 3.3 | INTERFEROMETRIA RADAR | 27 |
| 3.4 | DIRETTIVA ALLUVIONI | 28 |
| 4 | INTERVENTO | 29 |
| 5 | STABILITÀ DEI FRONTI DI SCAVO | 33 |
| 6 | APPROFONDIMENTO SISMICO DI SECONDO LIVELLO (L.R. 12/05 E S.M.I.) | 35 |
| 6.1 | INQUADRAMENTO NORMATIVO E D'ANALISI | 35 |
| 6.2 | ANALISI DELLA SISMICITÀ LOCALE (SECONDO LIVELLO) | 37 |
| 7 | RADON | 43 |
| 8 | INVARIANZA | 45 |
| 8.1 | DEFINIZIONE DELL'OPERA DI INVARIANZA IDRAULICA | 49 |
| 8.2 | CALCOLO DEL VOLUME DI LAMINAZIONE | 51 |
| 8.2.1 | REQUISITI MINIMI | 51 |
| 8.2.2 | 1CALCOLO DELLA PORTATA DELLO SCARICO | 52 |
| 9 | CONCLUSIONI | 53 |

**LAVORI DI REALIZZAZIONE NUOVA PALESTRA AL SERVIZIO DELLA SCUOLA PRIMARIA DI BERBENNO, COFINANZIATO
 CON FONDI DELL'UNIONE EUROPEA – NEXT GENERATION EU. PNRR M4C1 INV.1.3 CUP: G71B22001270001**

Indagine Geologica- Geotecnica –simica invarianza idraulica Relazione

| | |
|---|----|
| Figura 1 corografia intervento..... | 4 |
| Figura 2 estratto catastale..... | 5 |
| Figura 3 ortofoto..... | 6 |
| figura 4 modello 3d da drone | 6 |
| Figura 5 tabella categorie profili stratigrafici..... | 7 |
| Figura 6 Spettro del rumore sismico (in termini di velocità, componente verticale del moto) minimo e massimo secondo i modelli standard del servizio geologico USA (USGS) (J. Peterson, Observations and Modelling of Background Seismic Noise, Open-file report 93-32..... | 8 |
| Figura 7 esempio di risposta sismica | 10 |
| Figura 8 esempio di risposta sismica di origine stratigrafica | 10 |
| figura 9 Diagramma per le categorie di sottosuolo secondo i riferimenti del § 3.2.2 delle NTC 2018..... | 12 |
| figura 10 Schemi di riferimento richiamati al § 3.2.2 delle NTC 2018..... | 12 |
| Figura 11 stralcio flotta registrata ENAC | 13 |
| Figura 12 stralcio patente Maurizio Azzola attestato europeo..... | 14 |
| figura 13 missioni di volo eseguite..... | 14 |
| figura 14 posizione punti di scatto ed errore..... | 15 |
| figura 15 stralcio carta geomorfologica e geologica applicativa dell' alta Valtellina..... | 16 |
| figura 16 ubicazione sismica | 17 |
| Figura 17 tabella categorie del sottosuolo..... | 18 |
| figura 18 sismostratigrafia | 22 |
| Figura 19 Frequenze fondamentali di edifici in cemento armato..... | 23 |
| Figura 20 stralcio carta IFFI..... | 24 |
| Figura 21 estratto carta PAI | 24 |
| Figura 22 estratto carta di fattibilità classe 3 | 25 |
| Figura 23 estratto carta sismica geologico comune di BERBENNO IN VALTELLINA..... | 26 |
| Figura 24 CTR e risultati interferometria radar..... | 27 |
| Figura 25 estratto carta direttiva alluvioni e | 29 |
| figura 26 planimetria..... | 30 |
| figura 27 prospetto..... | 30 |
| figura 28 sezioni di progetto | 31 |
| figura 29 traccia sezione | 32 |
| figura 30 sezione sismo stratigrafica | 33 |
| Figura 31 inclinazioni massime a breve termine dovute principalmente alla coesione non drenata e all'angolo d'attrito | 34 |
| Figura 32 effetti di sito più importanti legati ad un sisma | 36 |
| Figura 33 legenda della pericolosità sismica locale Z4b | 36 |
| Figura 34 grafico profondità-velocità..... | 38 |
| Figura 35 riepilogo schede..... | 39 |
| Figura 36 Estratto scheda litologica dell'Allegato 5 DGR n. IX/2616..... | 40 |
| Figura 37 Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione..... | 42 |
| Figura 38 Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione..... | 42 |
| Figura 39 zonazione sismogenetica del Nord Italia..... | 43 |
| figura 40 Mappa della probabilità che una generica abitazione a piano terra abbia una concentrazione di radon superiore a un livello a 200 Bq/m3 ARPA | 44 |
| figura 41 schema sulle vie d' accesso del radon nelle abitazioni | 45 |
| figura 42 Cartografia degli ambiti a diversa criticità idraulica | 46 |
| figura 43 Elenco dei Comuni ricadenti nelle aree ad alta, media e bassa criticità idraulica, ai sensi dell'art. 7 del regolamento | 46 |
| figura 44 Stralcio tavola "Carta delle discipline delle aree" del Piano delle Regole del P.G.T. del Comune di Berbenno di Valtellina..... | 47 |
| figura 45 Tabella classificazione degli interventi richiedenti misure di invarianza idraulica e idrologica "R.R. n° 8 del 19 aprile 2019"..... | 49 |
| figura 46 Esempio di vasca di laminazione interrata con scarico a gravità..... | 50 |
| figura 47 Esempio di vasca di laminazione interrata con scarico mediante pompaggio | 50 |

1 PREMESSA

L'indagine in corso, commissionata dalla comune di Berbenno in Valtellina è 23033 è finalizzata a descrivere le caratteristiche geologiche-geotecniche e sismiche dei terreni dove si intende procedere con **LAVORI DI REALIZZAZIONE NUOVA PALESTRA AL SERVIZIO DELLA SCUOLA PRIMARIA DI BERBENNO, COFINANZIATO CON FONDI DELL'UNIONE EUROPEA – NEXT GENERATION EU. PNRR M4C1 INV.1.3 CUP: G71B22001270001**

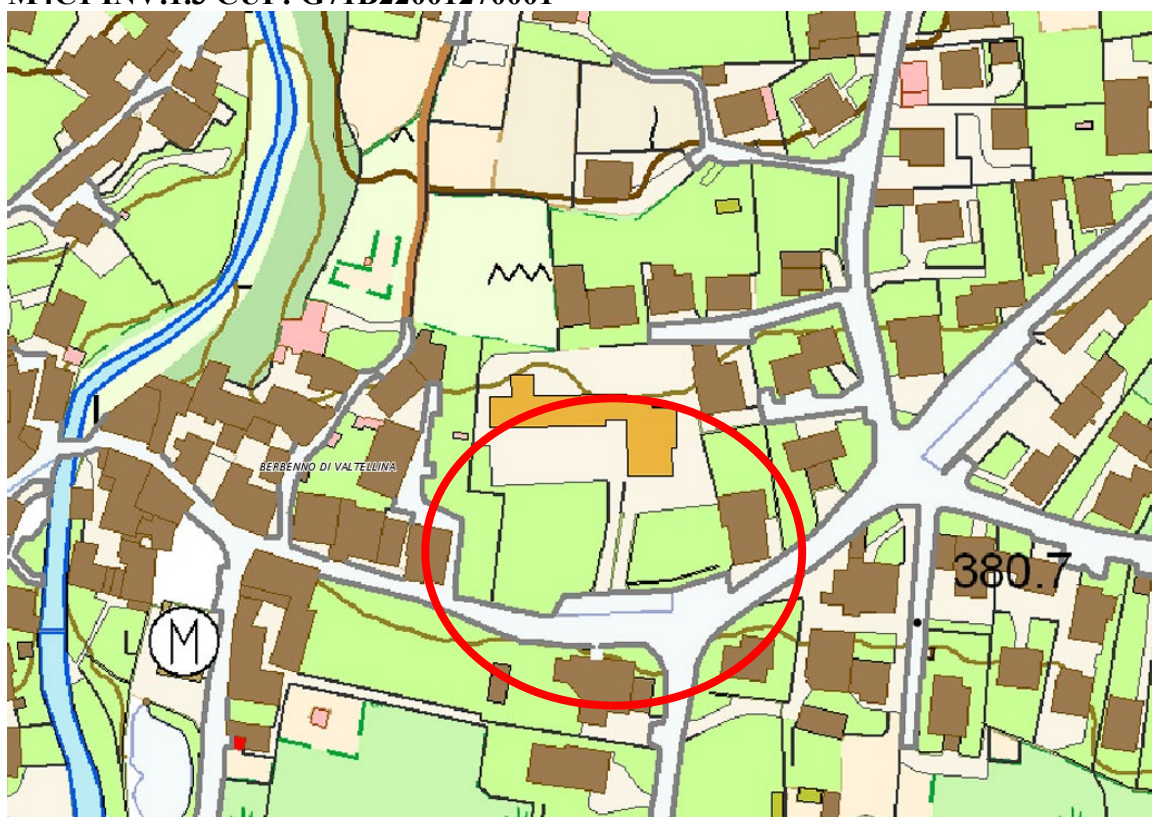


Figura 1 corografia intervento

La relazioni geologica, geotecnica e sismica ha la finalità di:

- a) Definire la categoria del suolo di fondazione e la classe di zonazione sismica, ai sensi della nuova normativa sismica (ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003).
- b) Assumere il modello stratigrafico e geotecnico per le verifiche di capacità portante, di stabilità dei terreni di fondazione e scavo.
- c) Definire i parametri geotecnici necessari per il dimensionamento delle strutture di fondazione.
- d) Indicare i valori di portata agli Stati Limite (NTC2018) ed i relativi cedimenti per le possibili soluzioni di fondazione.

LAVORI DI REALIZZAZIONE NUOVA PALESTRA AL SERVIZIO DELLA SCUOLA PRIMARIA DI BERBENNO, COFINANZIATO CON FONDI DELL'UNIONE EUROPEA – NEXT GENERATION EU. PNRR M4C1 INV.1.3 CUP: G71B22001270001

Indagine Geologica- Geotecnica –simica invarianza idraulica Relazione

- e) Indicare, in via preliminare, le possibili soluzioni e modalità d'apertura degli scavi e, ove necessario, le possibili soluzioni per il sostegno degli stessi.

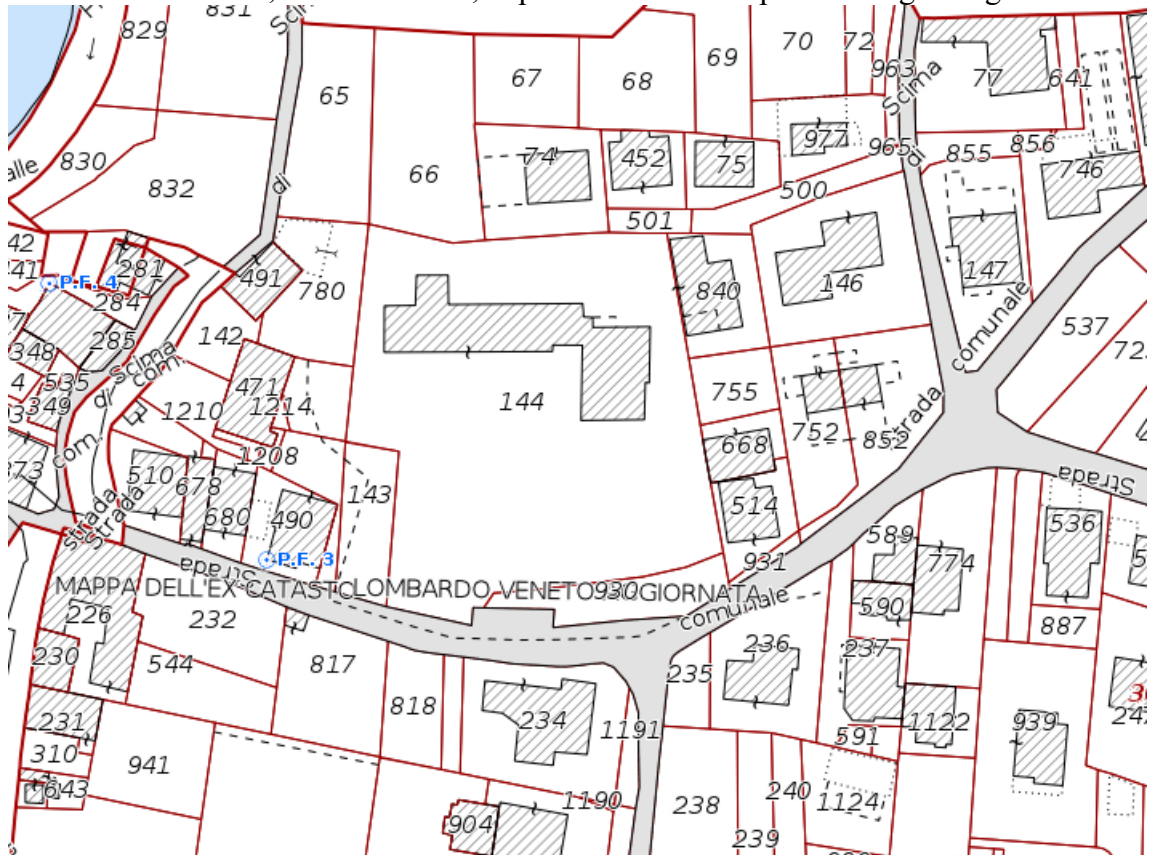


Figura 2 estratto catastale



Figura 3 ortofoto



figura 4 modello 3d da drone

2 METODOLOGIA

Per descrivere la situazione geologica della zona in esame sono state eseguite le seguenti fasi di lavoro:

- *Sopralluoghi*
- *Rilievo geologico*
- *Ispezione con drone*
- *Indagine sismica passiva*
- *Relazione*
- *Elaborati grafici.*

2.1 RELAZIONE

Il risultato di tale indagine è descritto nella presente relazione.

2.2 SISMICA PASSIVA

È stata eseguita una indagine geofisica col metodo della sismica passiva eseguendo 1 registrazioni del rumore naturale.

Stante le caratteristiche geomorfologiche si è adottato il sistema della sismica passiva che in queste situazioni litostratigrafiche da buoni risultati e permette di individuare il valore di Vs30 richiesto dalla normativa recente.

La stazione di misura di sismica passiva premette di ottenere indicazioni ‘puntuali’ sulla stratigrafia sismica sotto il punto di misura, dato utile per ricostruire la stratigrafia geologica, oltre che di individuare la categoria del sottosuolo secondo quanto richiesto dalla normativa recente.

Per determinare i parametri geologici indispensabili per la progettazione tra l’ altro la normativa prevede la individuazione della pericolosità sismica di base del sito di costruzione per poter individuare la categoria del sottosuolo secondo la tabella seguente.

| 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> |

Figura 5 tabella categorie profili stratigrafici

Le tecniche di sismica passiva a stazione singola forniscono:

- le frequenze fondamentali di risonanza del sottosuolo,
- indicazioni ‘puntuali’ sulla stratigrafia sismica sotto il punto di misura,
- e, tramite opportuna inversione, l’andamento della velocità delle onde di taglio (Vs, parametro a cui è legata la rigidità del terreno) nel sottosuolo.

Per la registrazione del rumore sismico si è usato uno specifico strumento registratore (Tromino®) che per 20 minuti ha monitorato i microtremori sismici in seguito elaborati mediante un software dedicato.

La sismica passiva si basa sull'analisi di registrazioni di perturbazioni elastiche naturali .

Il rumore sismico è presente in qualsiasi punto della superficie terrestre e consiste per lo più nelle onde prodotte dall'interferenza costruttiva delle onde P ed S negli strati superficiali. Il rumore sismico viene prodotto principalmente dal vento e dalle onde del mare. Anche le industrie e il traffico veicolare producono localmente rumore sismico ma, in genere, solo a frequenze relativamente alte, superiori ad alcuni Hz, che vengono attenuate piuttosto rapidamente.

Nelle zone in cui non è presente alcuna sorgente di rumore locale, in assenza di vento e nel caso in cui il terreno sia roccioso e pianeggiante, lo spettro di rumore sismico è quello mostrato in Figura 6, dove la curva blu rappresenta il rumore di fondo 'minimo' di riferimento secondo il servizio geologico statunitense (USGS) mentre la curva verde rappresenta il 'massimo' di tale rumore.

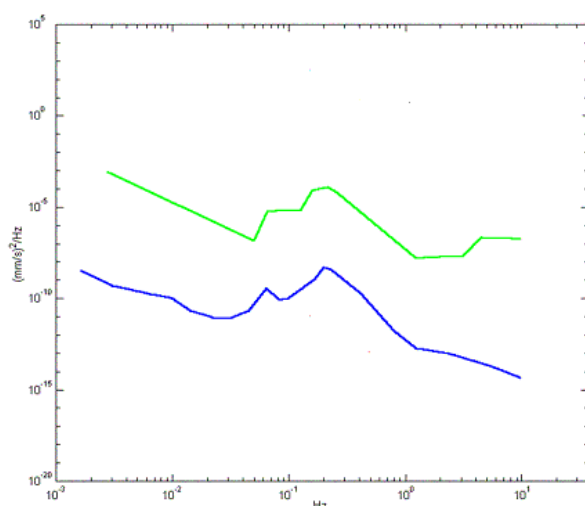


Figura 6 Spettro del rumore sismico (in termini di velocità, componente verticale del moto) minimo e massimo secondo i modelli standard del servizio geologico USA (USGS) (J. Peterson, Observations and Modelling of Background Seismic Noise, Open-file report 93-32

Tutte le misure di microtremore ambientale, della durata di 20 minuti ciascuna, sono state effettuate con un tromografo digitale progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico.

Lo strumento 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.

Dalle registrazioni del rumore sismico sono state ricavate e analizzate due serie di dati: - le curve HVSR, secondo la procedura descritta in Castellaro et al. (2005), con parametri:

- larghezza delle finestre d'analisi 20 s, lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale,
- rimozione delle finestre con rapporto STA/LTA (media a breve termine / media a lungo termine) superiore ad 2,
- rimozione manuale di eventuali transienti ancora presenti. le curve dello spettro di velocità delle tre componenti.

Nei casi particolarmente semplici (copertura + bedrock) le profondità h delle discontinuità sismiche sono state ricavate tramite la formula in cui V_0 è la velocità al tetto dello strato, a un fattore che dipende dalle caratteristiche del sedimento (granulometria, coesione ecc.) e v la frequenza fondamentale di risonanza (cf. ad esempio Ibs-Von Seht e Wohlenberg, 1999).

Nei casi più complessi si sono invertite le curve HVSR creando una serie di modelli teorici da confrontare con quello sperimentale, fino a considerare ottimale il modello teorico più vicino alle curve sperimentali. In questo lavoro per l'inversione delle curve HVSR si sono seguite le procedure descritte in Arai e Tokimatsu (2004), usando il modo fondamentale delle onde di Rayleigh e Love.

Per facilitare l'interpretazione delle curve HVSR, in questa sezione si illustrano sinteticamente alcune casistiche generali. I picchi HVSR o H/V si spostano da basse ad alte frequenze mano a mano che il contrasto di impedenza si sposta da condizioni profonde a condizioni superficiali. Nella figura seguente sono

rappresentati i picchi relativi al contatto sedimenti vs. bedrock in 3 situazioni: profonda (1500 m), intermedia (30 m) e superficiale (6 m).

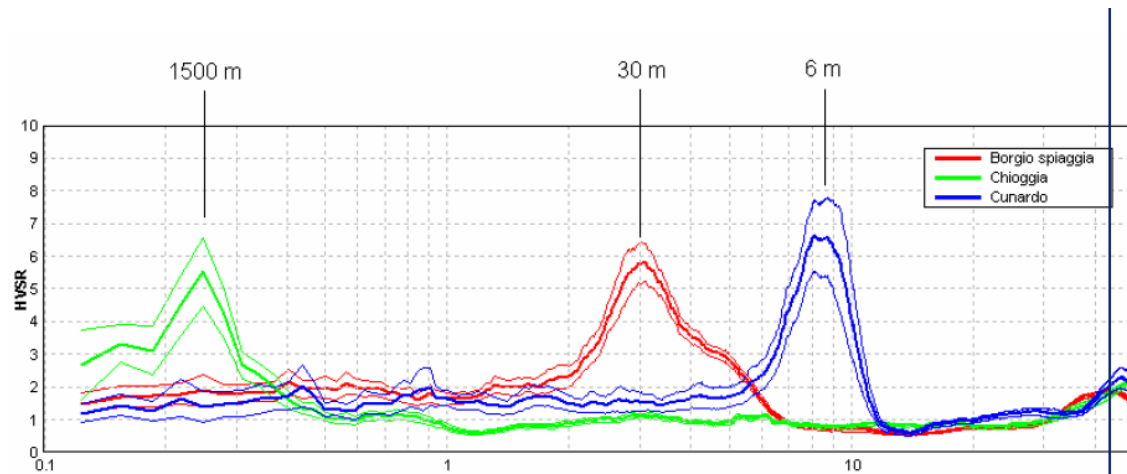


Figura 7 esempio di risposta sismica

Una curva HVSr piatta e pari a 1, come accade sotto 2 Hz nelle curve blu e rossa e sotto 0.25 Hz nella curva verde, indica la presenza del bedrock.

I picchi H/V vanno interpretati come di origine stratigrafica quando sono determinati da un minimo locale della componente spettrale verticale (curva magenta in Figura seguente) con o senza un massimo, alla stessa frequenza, delle componenti spettrali orizzontali, seguiti, a frequenza all'incirca doppia, da un massimo in tutte e tre le componenti del moto

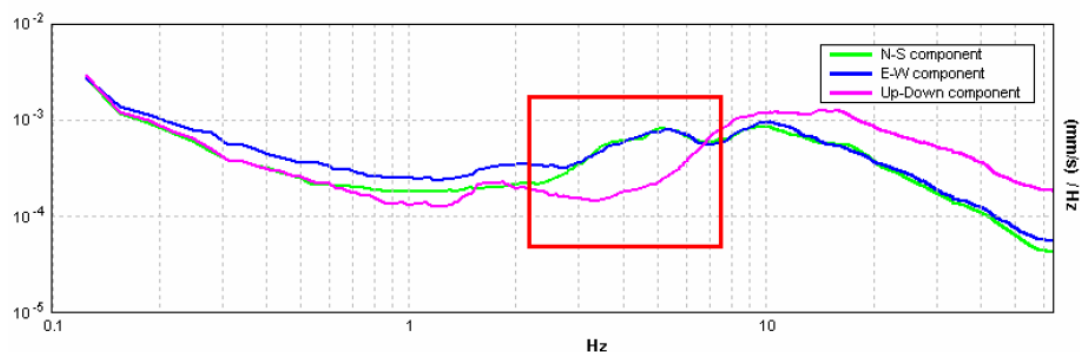


Figura 8 esempio di risposta sismica di origine stratigrafica

Lo studio sugli effetti di sito è un aspetto fondamentale nella valutazione e mitigazione del rischio sismico. Tale studio si effettua in termini di risposta sismica locale, partendo dal concetto di amplificazione del moto sismico che si origina dal basamento roccioso (definito *bedrock* sismico) e che si propaga all'interno di un deposito sino a raggiungere la superficie. Valutare questi effetti non è sempre del tutto facile anche perché, in molti

casi, l'amplificazione è dovuta ai cosiddetti fenomeni di risonanza nei terreni stratificati posti al di sopra del *bedrock*, di riflessione e rifrazione delle onde sismiche nelle interfacce di discontinuità e tra mezzi a diversa densità, dove le onde vengono per così dire "intrapolate" e successivamente trasmesse allo strato più superficiale generando così onde di tipo Love e di Rayleigh. A questi, poi, si aggiunge l'effetto di focalizzazione del raggio sismico nelle zone morfologicamente più acclive. Sul territorio italiano la valutazione degli effetti della risposta sismica locale viene fatta sulla base delle vigenti norme tecniche per le costruzioni pubblicate in *GU n.42 del 20/02/2018 - Suppl. Ordinario n. 8*. In particolare per situazioni riconducibili alle categorie definite in Tab. 3.2.II di cui al § 3.2.2 si può fare riferimento ad un approccio semplificato basato sui valori di velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s , che costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo di cui al § 6.2.2. In tal caso si calcola la velocità equivalente con la seguente espressione:

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

con h_i lo spessore in metri dell' i^{esimo} strato di terreno;

$V_{s,i}$ la velocità dell'onda di taglio media corrispondente;

N il numero di strati;

H la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$ dove $H = 30$ m considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Mentre per tutti quei casi non rientranti è richiesta una specifica analisi della risposta sismica locale, così come previsto al § 7.11.3.

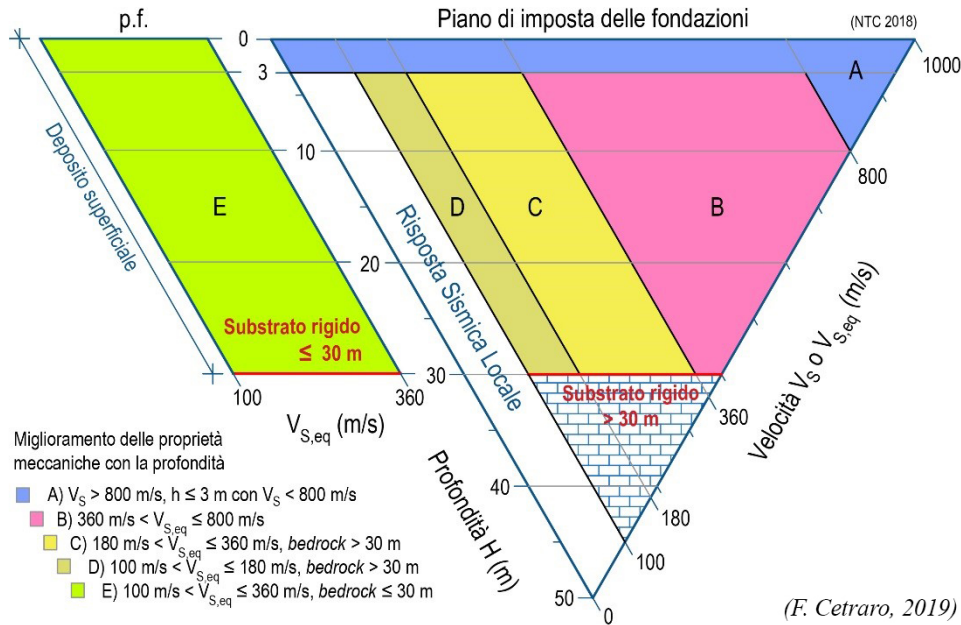


figura 9 Diagramma per le categorie di sottosuolo secondo i riferimenti del § 3.2.2 delle NTC 2018

Ricordando che per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

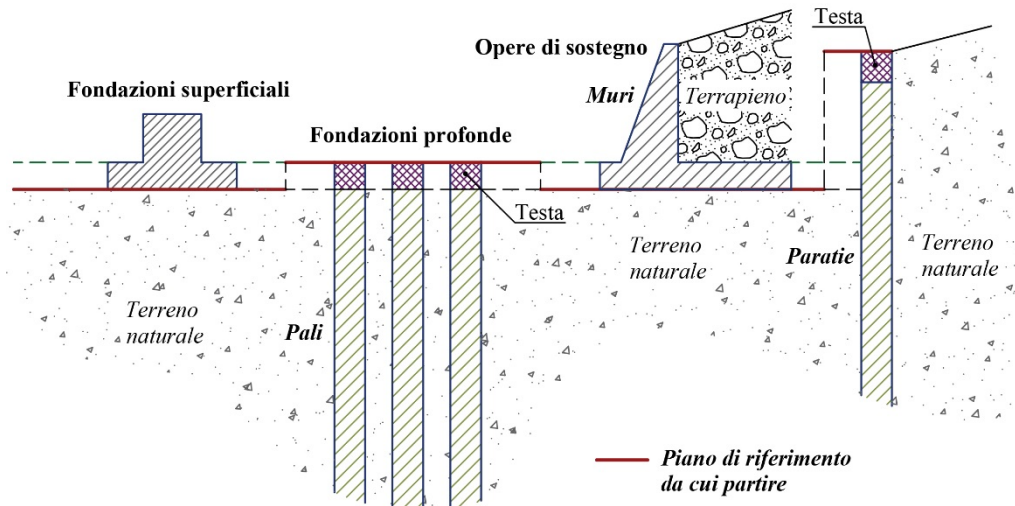


figura 10 Schemi di riferimento richiamati al § 3.2.2 delle NTC 2018.

2.3 ISPEZIONE CON DRONE

La zona di indagine è stata ispezionata anche mediante una missione di sorvolo con drone che ha permesso di eseguire foto ed avere una panoramica aerea e ricavare l' ortofotocarta della zona.

I voli e le riprese fotografiche sono stati eseguiti con DJI Mavic serie enterprise registrato dji 3e mau targaITA-3613383

Le successive elaborazioni hanno permesso la ricostruzione del modello 3D del terreno per poter valutare la morfologia della zona.

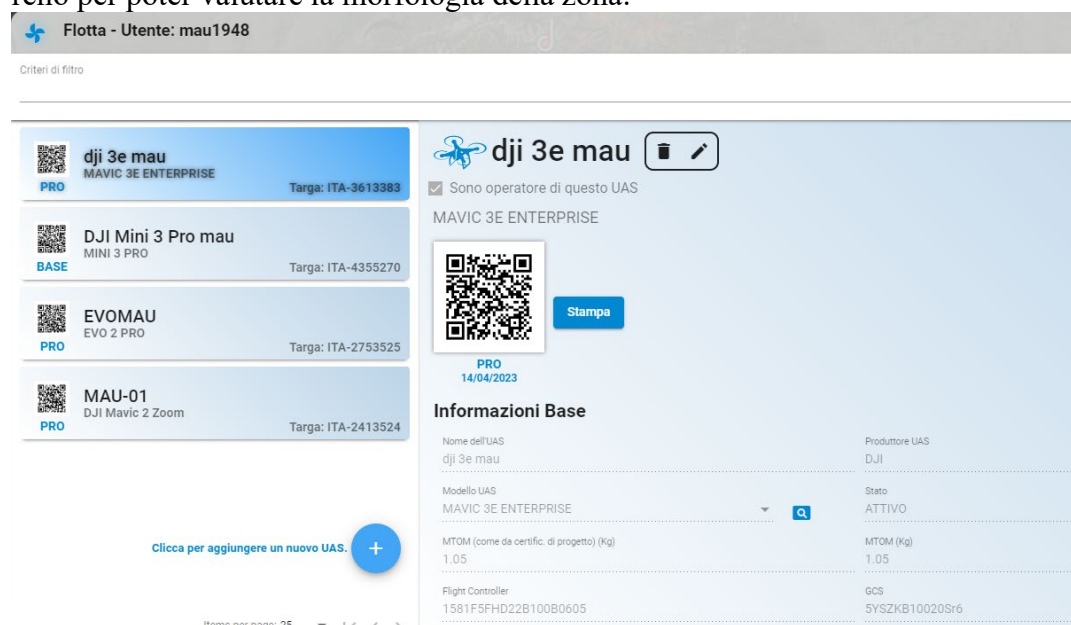
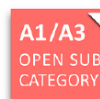


Figura 11 stralcio flotta registrata ENAC

Pilotato da Maurizio Azzola Attestato operatore UAS SAPR abilitato a operazioni specializzate rif ENAC 40924 e d-flight cod. EASA ITAvsl62sjnwyt67



Certificato di competenza di Pilota remoto REMOTE PILOT CERTIFICATE OF COMPETENCY

Nome (First Name)

maurizio

Cognome (Last Name)

azzola

Numero di registrazione (Identification number)

ITA-RP-000001314aba

Data di scadenza (Expiration date)

09.09.2025



Figura 12 stralcio patente Maurizio Azzola attestato europeo

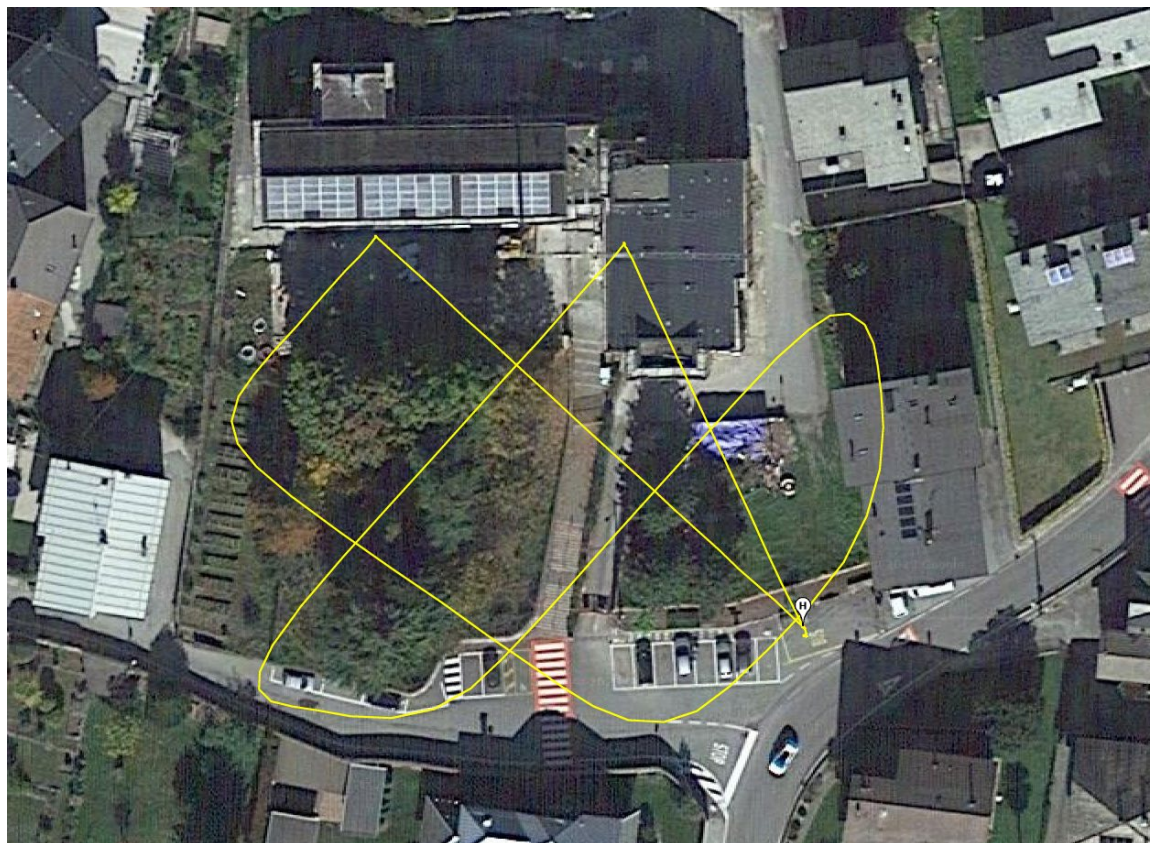


figura 13 missioni di volo eseguite

Posizione Camere (punti di scatto)



Fig. 3. Posizione Camere (punti di scatto) ed errori stimati.

L'errore Z è rappresentato dal colore dell'ellisse. Gli errori X,Y sono rappresentati dalla forma dell'ellisse.

Le posizioni stimate delle camere sono contrassegnate da un punto nero.

| errore X (cm) | errore Y (cm) | errore Z (cm) | errore XY (cm) | Errore totale (cm) |
|---------------|---------------|---------------|----------------|--------------------|
| 0.986805 | 0.986968 | 0.603942 | 1.39567 | 1.52074 |

Tabella 3. Errore medio di posizione delle Camere.

X - Longitudine, Y - Latitudine, Z - Altitudine.

figura 14 posizione punti di scatto ed errore

2.4 ELABORATI GRAFICI

A completamento della relazione, nelle figure allegate, si descrive la situazione geologica dei terreni interessati dai lavori.

3 GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA

La zona dove sorge l' edificio sede dell' intervento è situato su una pendio costituito da un conoide di deiezione.

I conoidi di deiezione sono costituiti da sabbie, ghiaie con ciottoli.

Il substrato roccioso non è visibile.

Dove è prevista la realizzazione della palestra il terreno è rimaneggiato e riportato per realizzare i giardinetti.

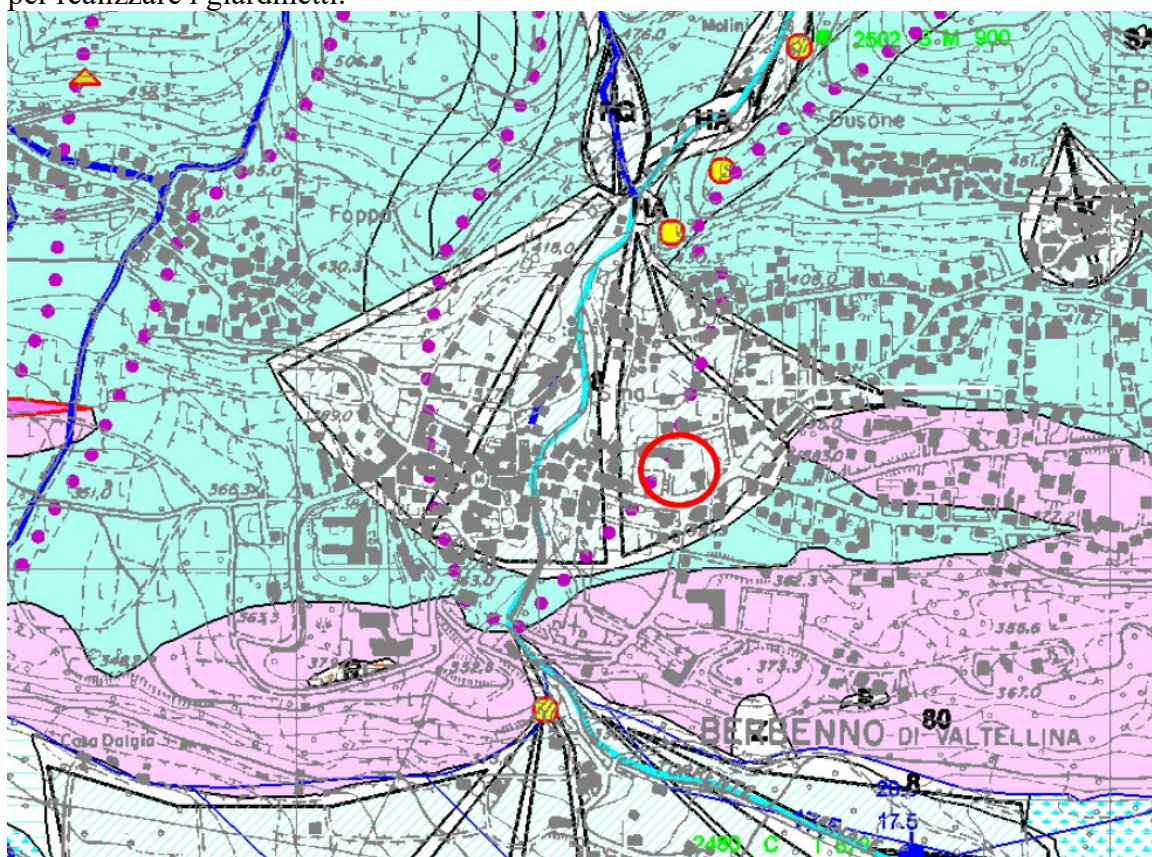


figura 15 stralcio carta geomorfologica e geologica applicativa dell' alta Valtellina

3.1 SISMICA PASSIVA

In un punto significativo e rappresentativo per la formazione geologica su cui insiste l'intervento si sono eseguite registrazioni del tremore naturale.

La campagna di indagini geofisiche è stata finalizzata a verificare le caratteristiche sismiche dei terreni su cui verrà impostato l'intervento.

La tecnica adottata (sismica passiva) premette inoltre di definire l'azione sismica locale.

La recente normativa tiene conto del fatto che le condizioni geologiche e topografiche giocano un ruolo importante sul livello di movimento del terreno causato da un terremoto.



figura 16 ubicazione sismica

L'ampiezza delle onde sismiche aumenta significativamente quando queste passano attraverso terreni sciolti posti sopra il bedrock. Questo fenomeno conosciuto come amplificazione sismica dipende da riflessioni multiple ed effetti di risonanza nei terreni.

Secondo la recente normativa è necessario individuare le categorie di sottosuolo di riferimento che si effettua in base alla velocità equivalente $V_{s,30}$ di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30metri di profondità.

| Categoria | Descrizione |
|--|--|
| A | <i>Ammassi rocciosi</i> 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.. |
| B | <i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati</i> 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. |
| C | <i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati</i> 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. |
| D | <i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati</i> 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. |
| 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> |
| Tabella 3.2.II – Categorie del sottosuolo DECRETO 17 gennaio 2018 . Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni». | |

Figura 17 tabella categorie del sottosuolo

La norma raccomanda la misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio in modo da individuare le categorie di sottosuolo secondo la tabella precedente e le procedure di verifica sismica.

BERBENNO 01

Instrument: TEN-0043/01-08

Data format: 16 bit

Full scale [mV]: 51

Start recording: 31/05/2023 08:46:20 End recording: 31/05/2023 09:06:21

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down

GPS data not available

**LAVORI DI REALIZZAZIONE NUOVA PALESTRA AL SERVIZIO DELLA SCUOLA PRIMARIA DI BERBENNO, COFINANZIATO
CON FONDI DELL'UNIONE EUROPEA – NEXT GENERATION EU. PNRR M4C1 INV.1.3 CUP: G71B22001270001**

Indagine Geologica- Geotecnica –simica invarianza idraulica Relazione

Trace length: 0h20'00". Analyzed 72% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

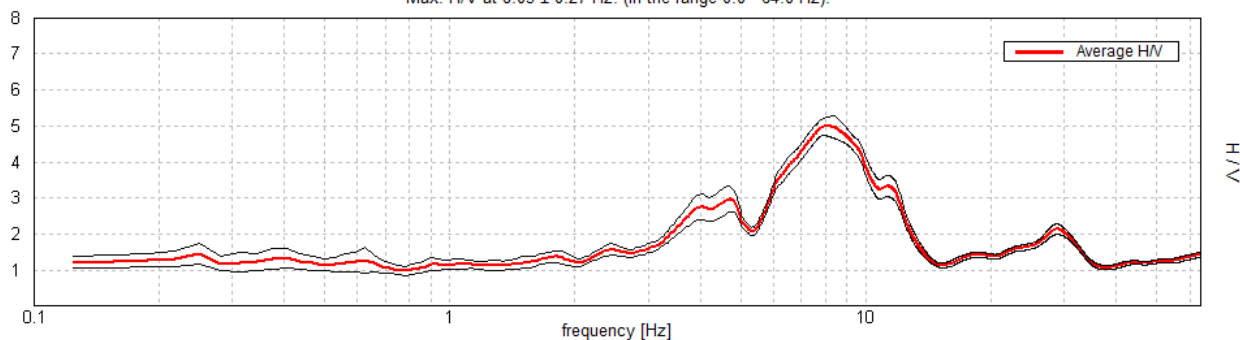
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

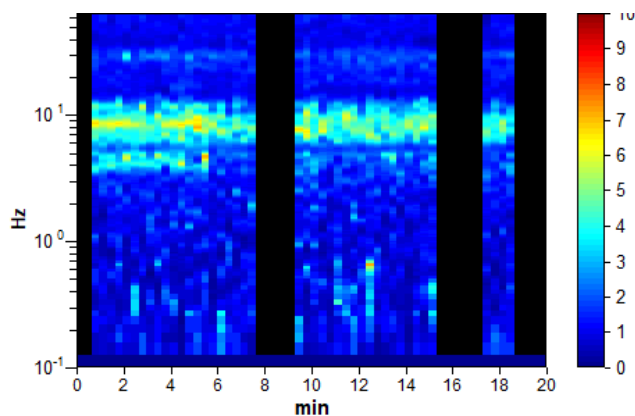
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

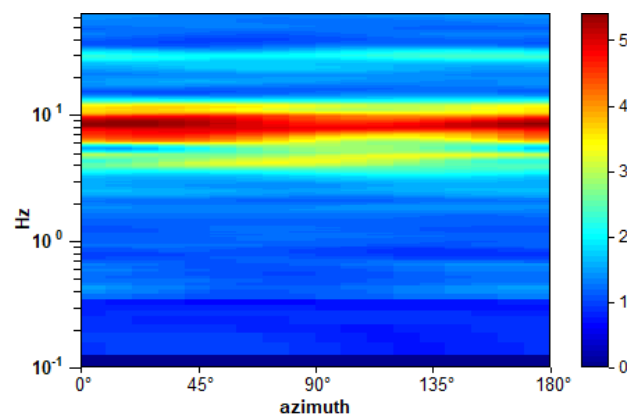
Max. H/V at 8.03 ± 0.27 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



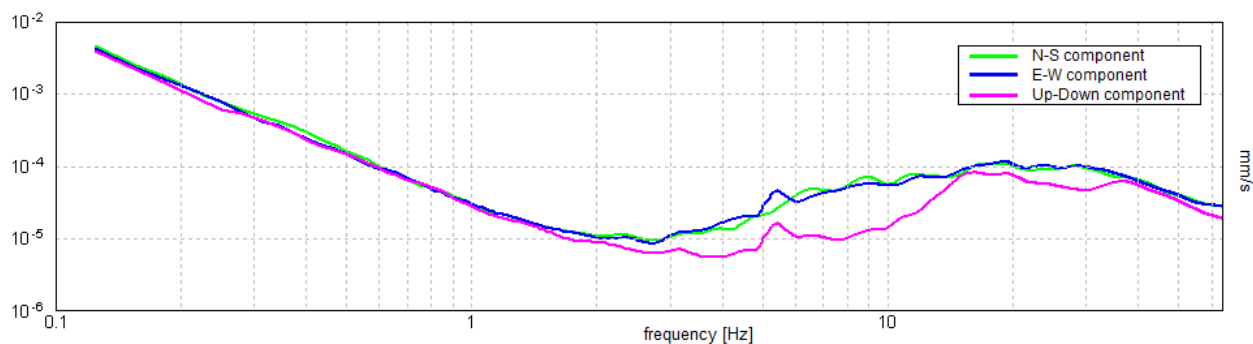
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA

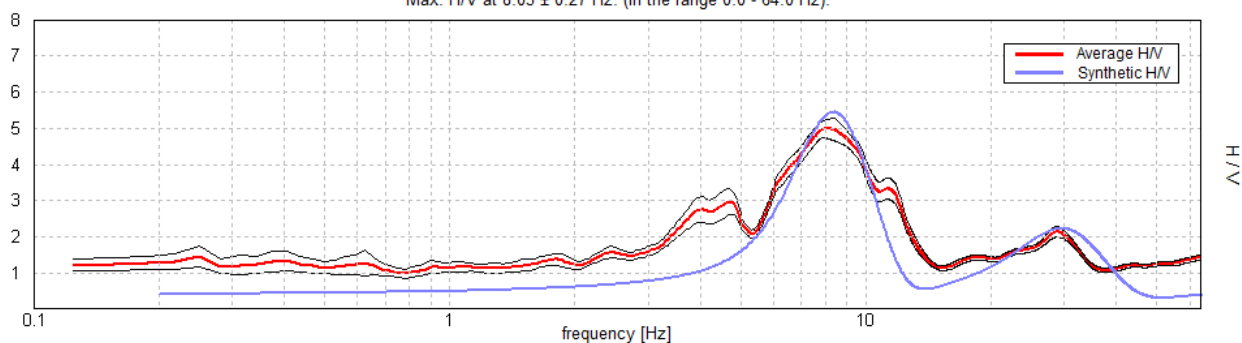


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

**LAVORI DI REALIZZAZIONE NUOVA PALESTRA AL SERVIZIO DELLA SCUOLA PRIMARIA DI BERBENNO, COFINANZIATO
CON FONDI DELL'UNIONE EUROPEA – NEXT GENERATION EU. PNRR M4C1 INV.1.3 CUP: G71B22001270001**

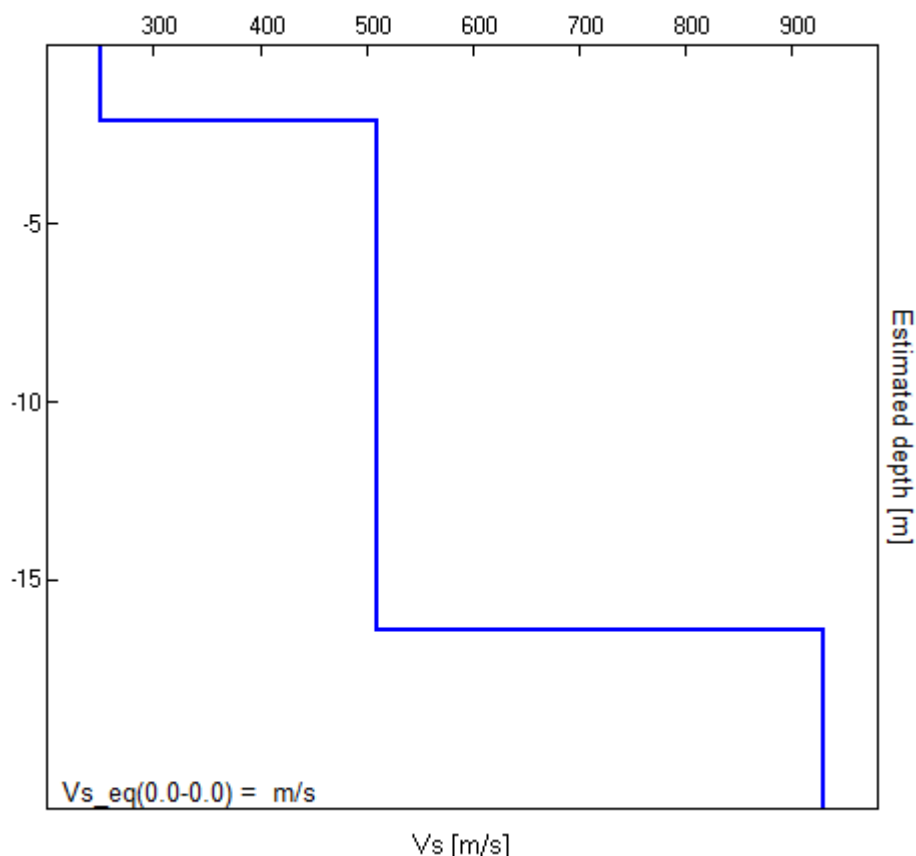
Indagine Geologica- Geotecnica –simica invarianza idraulica Relazione

Max. H/V at 8.03 ± 0.27 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



| Depth at the bottom of the layer [m] | Thickness [m] | Vs [m/s] | Poisson ratio |
|---|---------------|----------|---------------|
| 2.10 | 2.10 | 250 | 0.42 |
| 16.40 | 14.30 | 510 | 0.42 |
| inf. | inf. | 930 | 0.45 |

$Vs_{eq}(0.0-16.5) = 451$ m/s



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

Max. H/V at 8.03 ± 0.27 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

| Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled] | | | |
|--|-----------------------------|----|--|
| $f_0 > 10 / L_w$ | $8.03 > 0.50$ | OK | |
| $n_c(f_0) > 200$ | $6906.9 > 200$ | 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 386 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 $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ | 12.406 Hz | OK | |
| $A_0 > 2$ | $4.99 > 2$ | OK | |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.03342 < 0.05$ | OK | |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | $0.2684 < 0.40156$ | OK | |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | $0.2531 < 1.58$ | 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 |

La misura identifica fino a 2,1m velocità basse 250m/s attribuibile a depositi superficiali rimaneggiati poi fino a -16,4m velocità sismica 510 attribuibili a depositi di conoide compatti e successivamente uno strato con velocità superiore a 800m/s attribuibile a roccia.

| Depth at the bottom of the layer [m] | Thickness [m] | Vs [m/s] | Poisson ratio |
|--------------------------------------|---------------|----------|---------------|
| 2.10 | 2.10 | 250 | 0.42 |

**LAVORI DI REALIZZAZIONE NUOVA PALESTRA AL SERVIZIO DELLA SCUOLA PRIMARIA DI BERBENNO, COFINANZIATO
CON FONDI DELL'UNIONE EUROPEA – NEXT GENERATION EU. PNRR M4C1 INV.1.3 CUP: G71B22001270001**

Indagine Geologica- Geotecnica –simica invarianza idraulica Relazione

| | | | |
|-------|-------|-----|------|
| 16.40 | 14.30 | 510 | 0.42 |
| inf. | inf. | 930 | 0.45 |

$$V_{s_eq}(0.0-16.5) = 451 \text{ m/s}$$

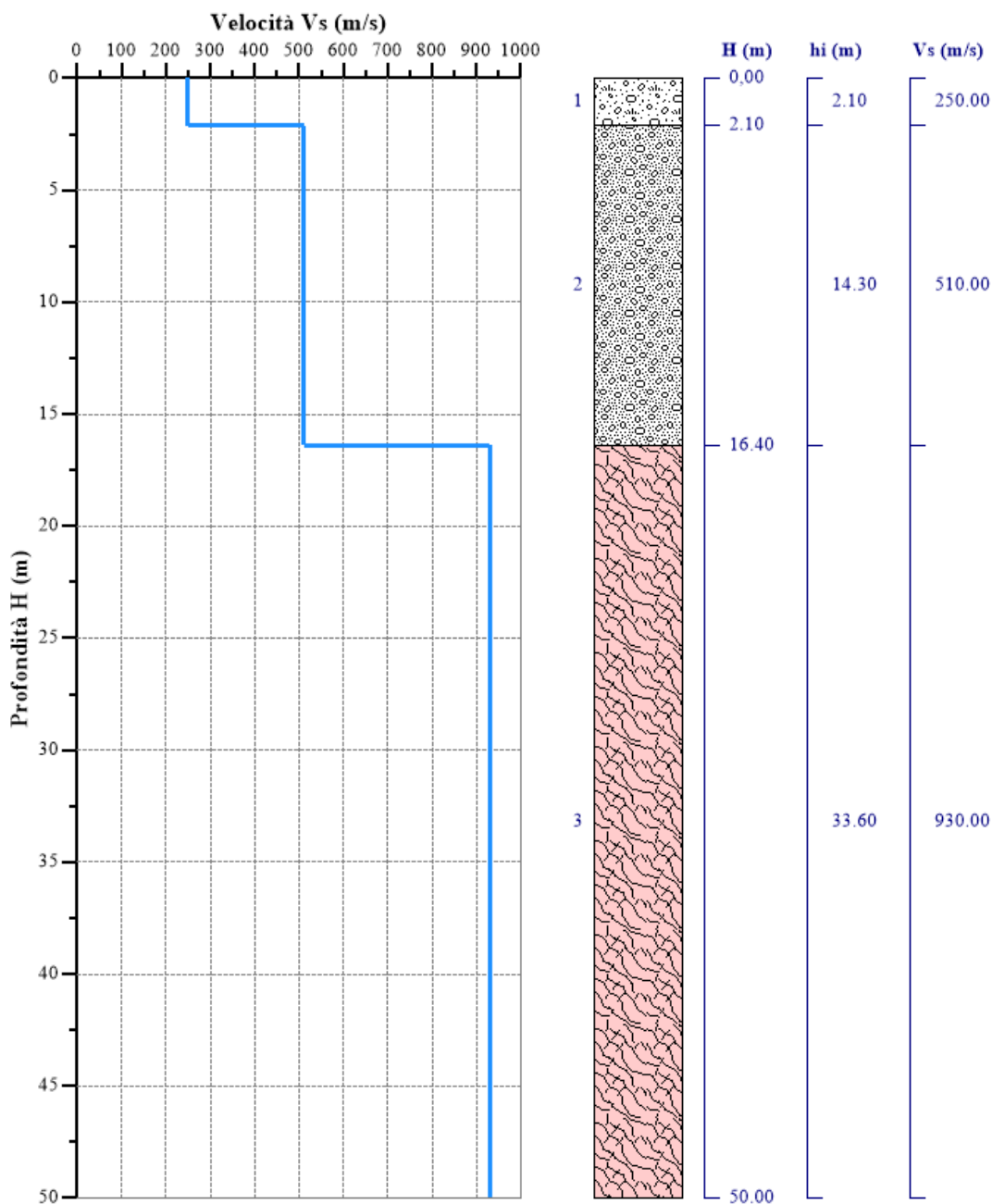


figura 18 sismostratigrafia

Al fine di poter procedere con le operazioni di calcolo sono stati inseriti gli spessori con le relative velocità V_s di ogni sismostrato secondo le indicazioni riportate in normativa.

Nr = numero progressivo per ciascun sismostrato, H = profondità, h_i = spessori, V_s = velocità onde di taglio, H_{calc} e $h_{i,calc}$ sono rispettivamente la profondità e gli spessori ricalcolati partendo dal piano d'impasto delle fondazioni.

$V_{s,eq} = 451$ m/s Categoria di sottosuolo: **B**

Descrizione: 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.

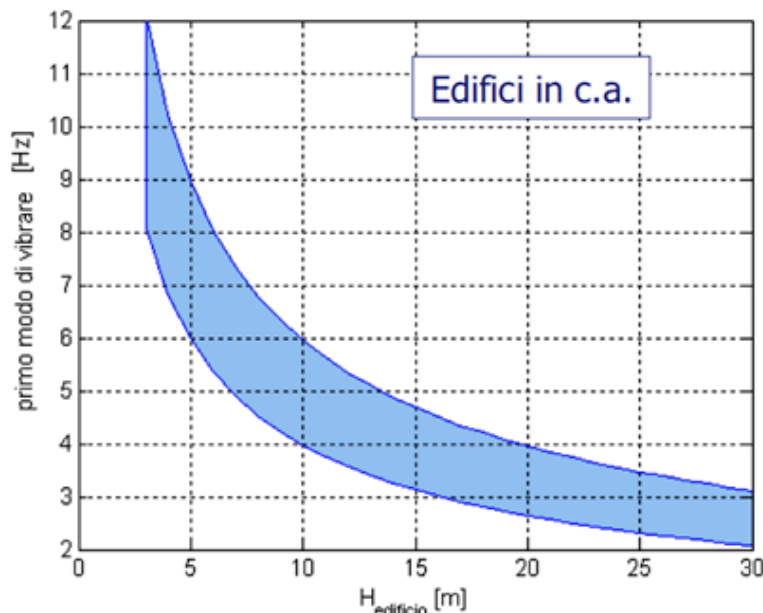


Figura 19 Frequenze fondamentali di edifici in cemento armato

Si ricorda che quando la frequenza fondamentale (o le frequenze) del sottosuolo e della costruzione sono all'incirca uguali, in caso di sollecitazione dovuta al passaggio di onde sismiche si genera una fortissima amplificazione del moto sismico ("risonanza").

È stato individuato un picco di risonanza a 9Hz e 30Hz.

3.2 STABILITA' EDIFICIO

Secondo l'inventario dei fenomeni franosi la zona non è interessata da dissesti

**LAVORI DI REALIZZAZIONE NUOVA PALESTRA AL SERVIZIO DELLA SCUOLA PRIMARIA DI BERBENNO, COFINANZIATO
 CON FONDI DELL'UNIONE EUROPEA – NEXT GENERATION EU. PNRR M4C1 INV.1.3 CUP: G71B22001270001**

Indagine Geologica- Geotecnica –simica invarianza idraulica Relazione

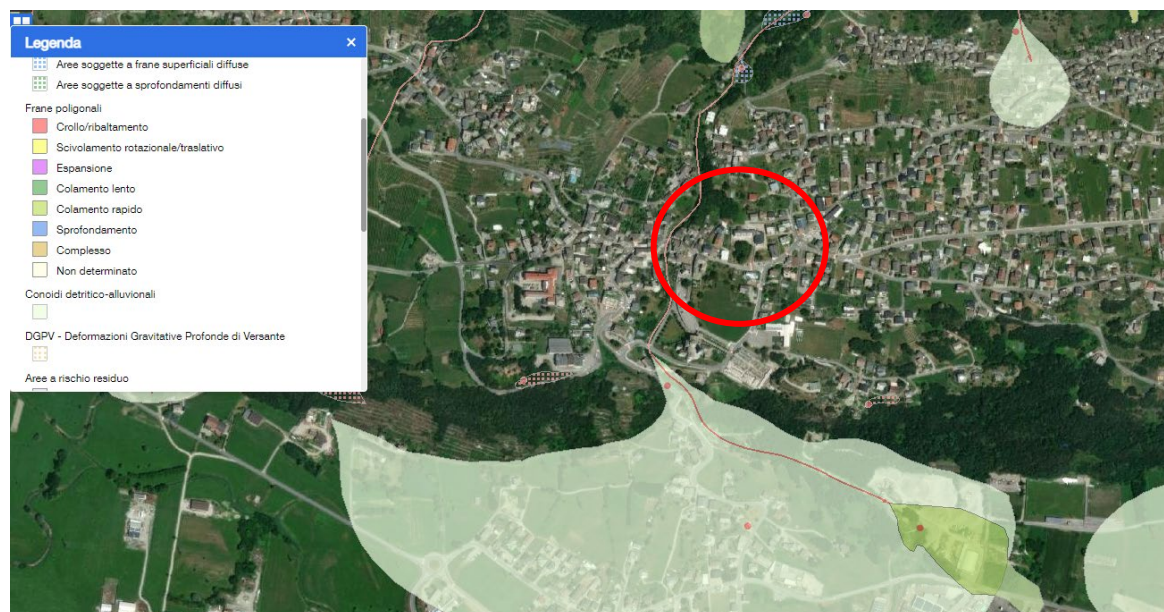


Figura 20 stralcio carta IFFI

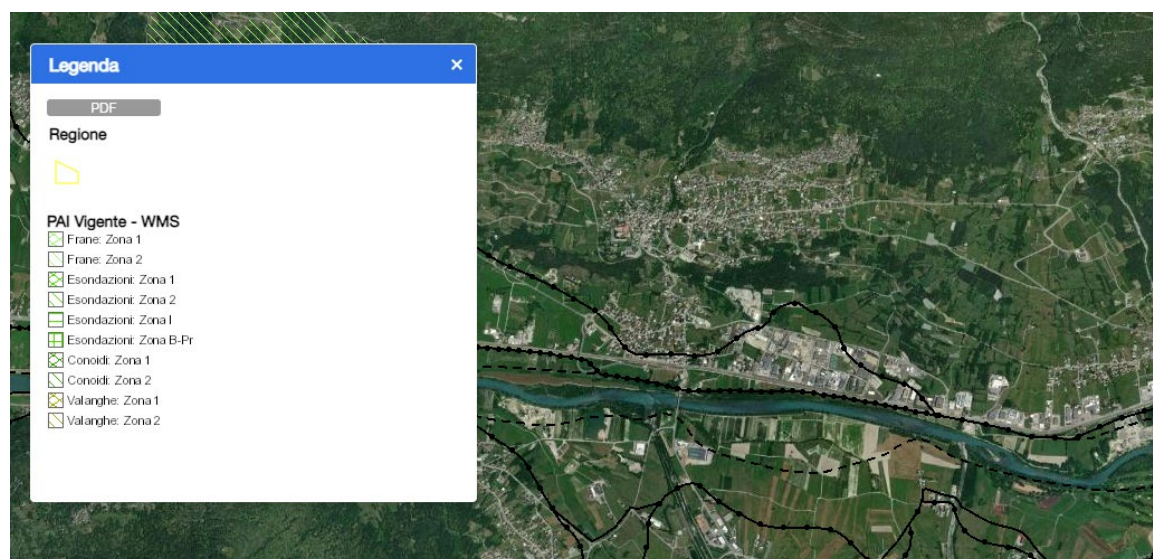


Figura 21 estratto carta PAI

Il PAI vigente non segnala disseti in zona.

L' area in esame è in classe 3a secondo la carta di fattibilità del comune

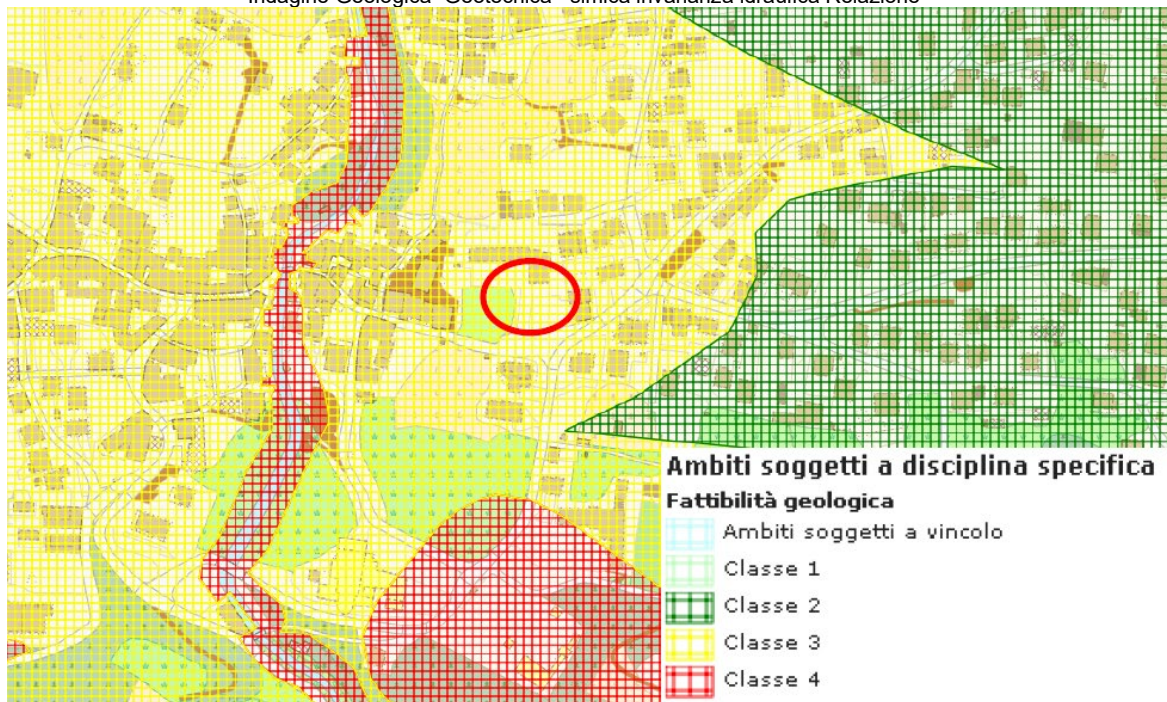


Figura 22 estratto carta di fattibilità classe 3

Classe 3 (arancione) – Fattibilità con consistenti limitazioni

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso delle aree per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate. Di seguito sono indicate le prescrizioni da adottare in funzione della tipologia del fenomeno che ha generato la pericolosità/vulnerabilità e gli eventuali supplementi di indagine necessari per approfondire le problematiche individuate.

ARTICOLO 4 CLASSE 3 - fattibilità con consistenti limitazioni

Le aree comprese nella classe 3 sono soggette a rischi idrogeologici diversi

1. Nuova edificazione: è consentita solo nel rispetto delle seguenti condizioni
- I. Venga redatto uno studio specialistico descritto in una relazione geologica e/o geotecnica (DM11.3.88) che analizzi i rischi di tutta la zona di influenza delle opere (anche al di fuori del lotto o della proprietà direttamente interessate dall'intervento) e che contenga supplementi di indagine che consentano di approfondire le tematiche specifiche e che fornisca le indicazioni per la redazione del progetto e indichi la eventuale periodicità dei controlli e degli interventi di manutenzione delle opere di messa in sicurezza
- II. Venga redatto un progetto delle opere che preveda tutti gli interventi indicati nella relazione geologico-geotecnica con estensione a tutta la zona di influenza delle opere
- III. Vengano eseguite le opere previste ai punti I) e II)
- IV. Venga rilasciata ad opere eseguite una certificazione a firma di tecnico abilitato geologo che attesti che tutte le opere prescritte ai punti I) e II) sono state eseguite e che le condizioni di sicurezza e stabilità sono verificate e che indichi la eventuale periodicità dei controlli e degli interventi di manutenzione delle opere di messa in sicurezza.
- V. Venga prodotta una impegnativa a firma del soggetto titolare dell'opera a verificare nel tempo il mantenimento delle condizioni di sicurezza secondo le indicazioni eventualmente contenute nella relazione del punto I) e/o nella certificazione del punto IV).

LAVORI DI REALIZZAZIONE NUOVA PALESTRA AL SERVIZIO DELLA SCUOLA PRIMARIA DI BERBENNO, COFINANZIATO CON FONDI DELL'UNIONE EUROPEA – NEXT GENERATION EU. PNRR M4C1 INV.1.3 CUP: G71B22001270001

Indagine Geologica- Geotecnica –simica invarianza idraulica Relazione

Opere di consolidamento dei versanti, opere di sistemazione idrogeologica, opere di intersezione pubblica (previa verifica puntuale): queste opere sono consentite solo nel rispetto delle condizioni I), II), III) del punto 1) del presente articolo. -

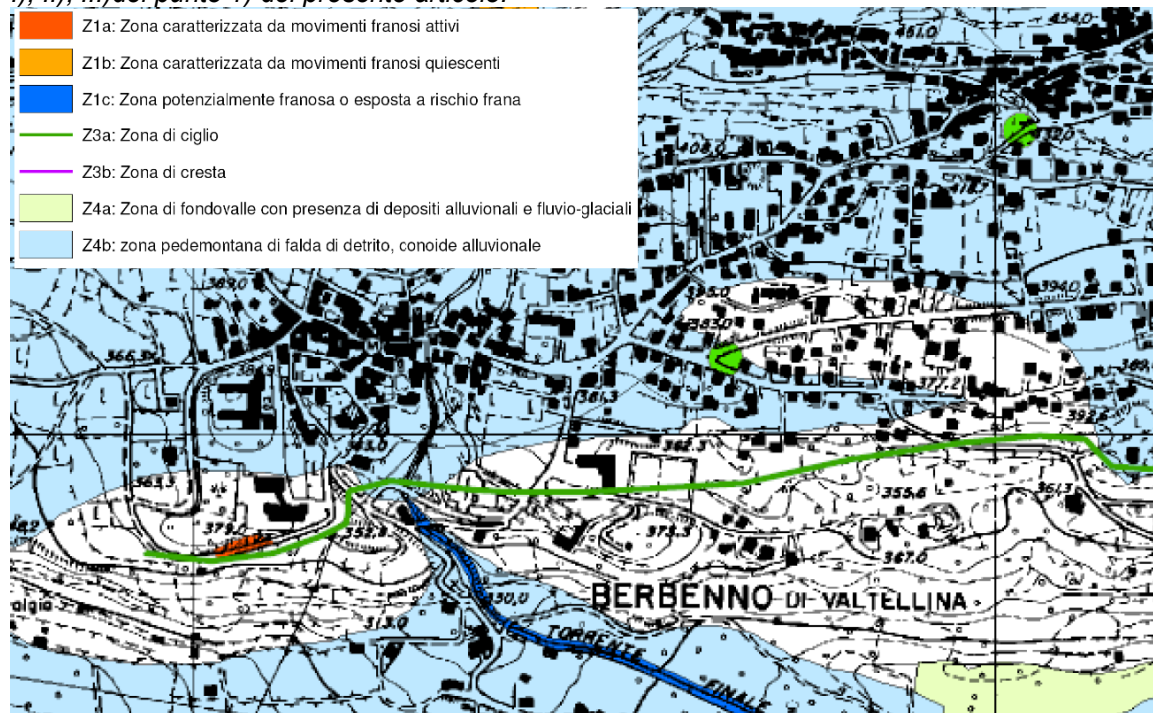


Figura 23 estratto carta sismica geologico comune di BERBENNO IN VALTELLINA

| 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 | |
| Z2 | Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.) Zone con depositi granulari fini saturi | Cedimenti e/o 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 |

In relazione alla nuova normativa D.g.r. 10 ottobre 2014 – n X/2489, per l'area di progetto l'indagine sismica per il PRG inserisce quest' area in classe Z4b "zona pedemontana di falda di detrito, conoide di deiezione dove si deve prevedere un ulteriore approfondimento di secondo livello

3.3 INTERFEROMETRIA RADAR

Si è controllato il territorio nell' intorno dell'intervento previsto anche verificando i risultati delle analisi con interferometria da radar satellitare elaborate dalla Regione Lombardia.

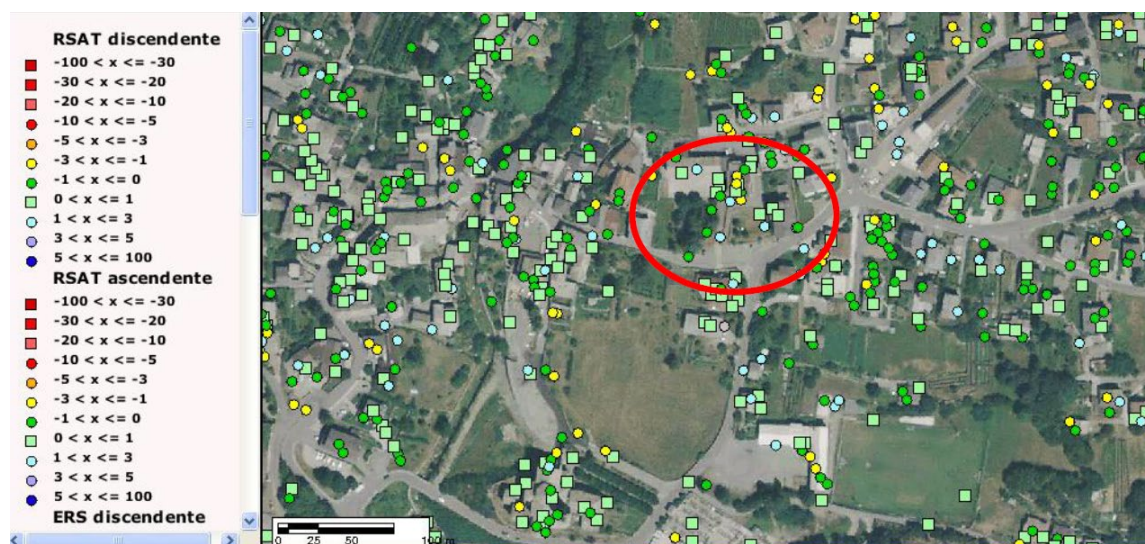


Figura 24 CTR e risultati interferometria radar

Questo servizio di mappa contiene i dati puntuali di interferometria radar dal 1992 al 2014 in base ai quali è possibile monitorare i movimenti lenti del terreno legati a fenomeni franosi e di subsidenza e misurarne la velocità media in millimetri/anno.

I punti di diverso colore indicano la velocità di subsidenza in mm/anno di punti “riflettori”

L' interferometria radar è uno strumento estremamente efficace per il monitoraggio, con accuratezza millimetrica, di fenomeni di deformazione della superficie terrestre, basato sull'impiego di serie temporali d'immagini radar satellitari (in particolare dati dei satelliti ERS-1/2 dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA) e del satellite RADARSAT-1 della Canadian Space Agency (CSA)).

Nel campo geologico, la metodologia risulta particolarmente efficace nel monitoraggio di fenomeni di deformazioni a bassa velocità, quali ad esempio le frane di scivolamento lento, le deformazioni gravitative profonde di versante (DGPV), oppure per l'individuazione di aree soggette a fenomeni di subsidenza o compattazioni locali dei terreni.

L'indagine che ha lo scopo di fornire in prima analisi un elenco di settori di territorio “sensibili” dal punto di vista geologico ha evidenziato che nella zona **non sono stati rilevati movimenti significativi**.

3.4 DIRETTIVA ALLUVIONI

La Direttiva Alluvioni pone la necessità di individuare unità territoriali di gestione del rischio dove le condizioni di rischio potenziale sono particolarmente significative, per le quali è necessaria una gestione specifica del rischio. Le ARS Distrettuali corrispondono a nodi critici di rilevanza strategica in cui le condizioni di rischio elevato o molto elevato coinvolgono insediamenti abitativi e produttivi di grande importanza, numerose infrastrutture di servizio e le principali vie di comunicazione. Le situazioni di elevata pericolosità, conseguenti a considerevoli portate di piena e rilevante estensione delle aree inondabili, richiedono complessi interventi di mitigazione del rischio che comportano effetti alla scala di intero bacino idrografico o di ampi settori del reticolo idrografico principale, è pertanto necessario il coordinamento delle politiche di più regioni.

Le disposizioni “attuazione del Piano di gestione dei rischi di alluvione (PGRA)”, approvate con delibera n. 6738 del 19 giugno 2017, e pubblicate sul Bollettino Ufficiale Regione Lombardia n. 25, Serie Ordinaria, del 21 giugno 2017 aggiornano e integrano quelle relative alla componente geologica, idrogeologica e sismica dei PGT

Una verifica nella cartografia della regione Lombardia evidenzia che la zona in esame **non è in aree pericolose**.

V

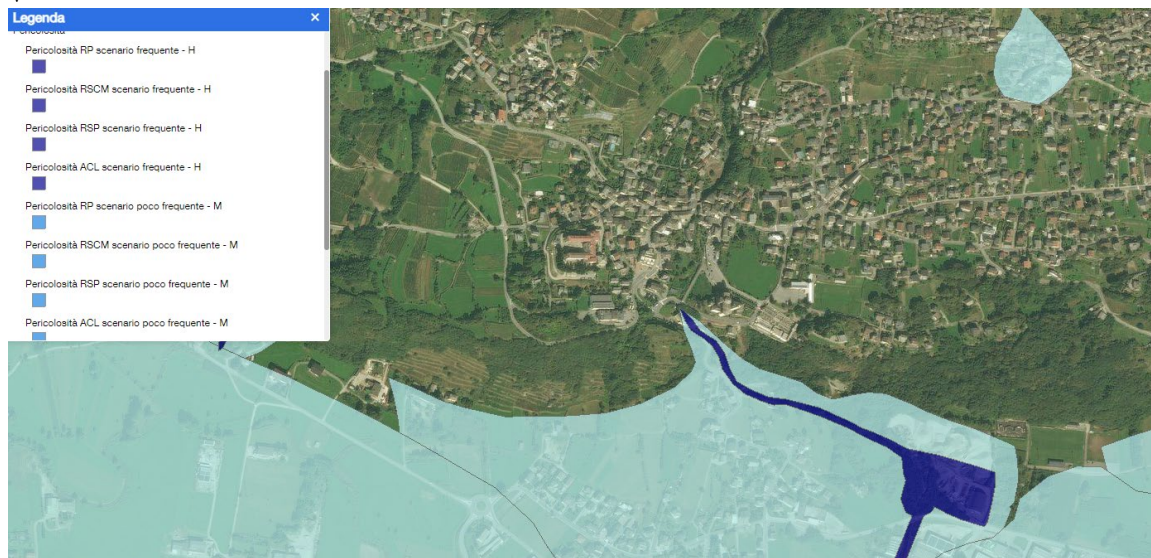


Figura 25 estratto carta direttiva alluvioni e

4 INTERVENTO

L'intervento in oggetto consiste contempla nella realizzazione di infrastrutture interrate nell'attuale giardino della scuola



figura 26 planimetria



figura 27 prospetto

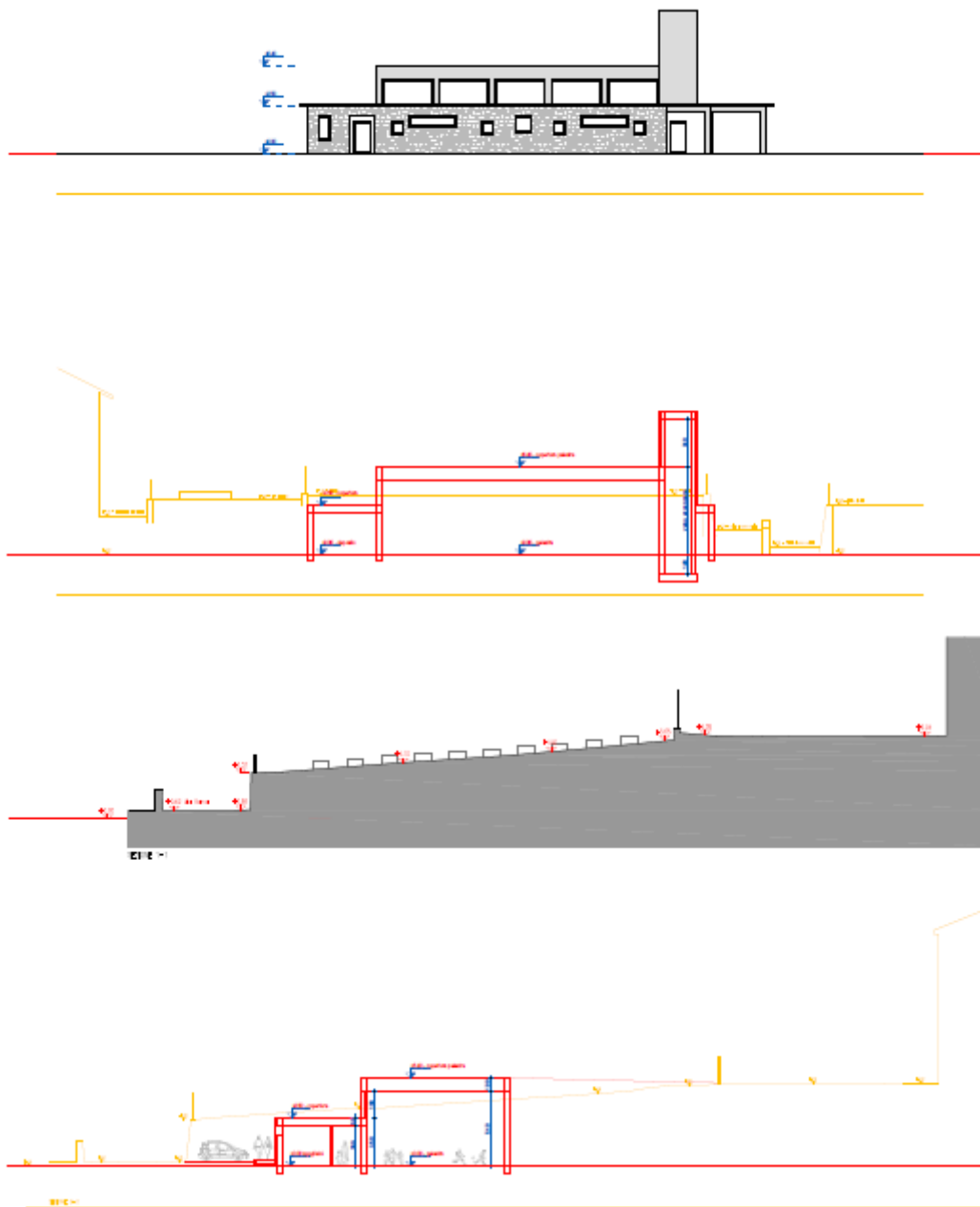


figura 28 sezioni di progetto



figura 29 traccia sezione

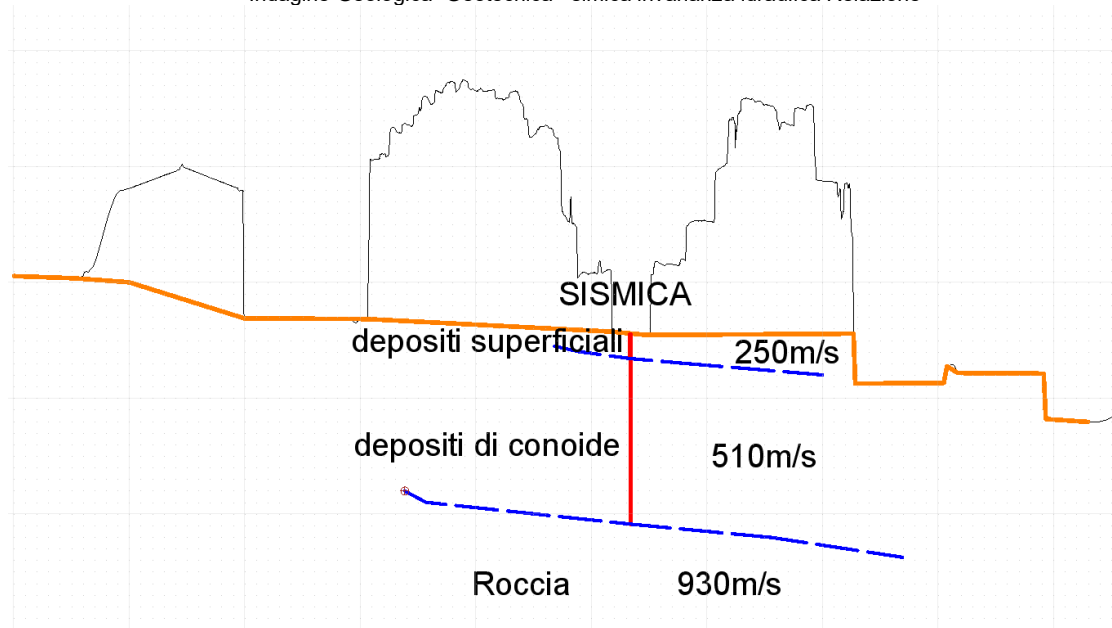


figura 30 sezione sismo stratigrafica

5 STABILITÀ DEI FRONTI DI SCAVO

Per quanto riguarda la stabilità dei fronti di scavo, è influenzata dall'altezza ed inclinazione dei fronti, dall'angolo d'attrito, dalla coesione non drenata del terreno, dalla presenza di sovraccarichi, dalle condizioni meteorologiche (variazioni di temperatura-precipitazioni), da eventuali venute d'acqua dai fronti stessi e dal tempo che lo scavo resterà aperto.

Nel caso in oggetto sono previsti fronti di scavo importanti, si dovranno adottare tutte le precauzioni per non indurre disequilibri garantire la sicurezza alle maestranze in fase costruttiva.

Per altezze non superiori a 4 m si potranno adottare le seguenti inclinazioni, in funzione del periodo in cui resteranno aperti:

Stabilità a breve termine

Considerando terreni con un angolo d'attrito medio di 28-29°, dotati di minima coesione non drenata, con scavi di altezze non superiori di 4 m, in assenza di carichi e acqua, si potranno adottare inclinazioni di circa 50°-55°.

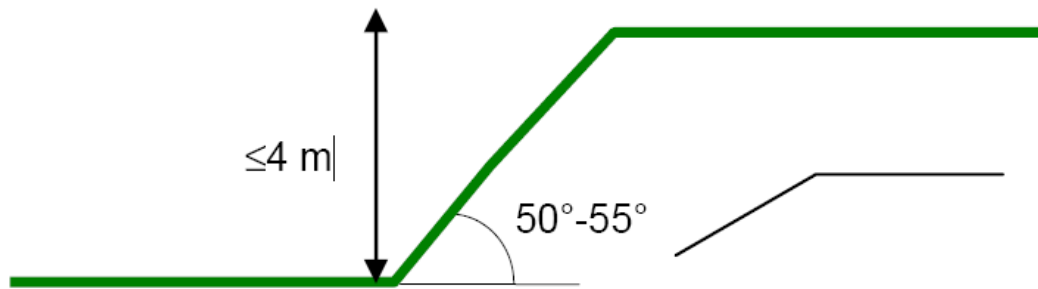


Figura 31 inclinazioni massime a breve termine dovute principalmente alla coesione non drenata e all'angolo d'attrito

Stabilità a lungo termine

A lungo termine, quindi senza l'effetto della coesione non drenata, con scavi di altezze non superiori di 4 m, in assenza di carichi e acqua, si potranno adottare inclinazioni di circa 40°-45°.

Nel caso di scavi con altezza maggiore di 4 m, e/o in prossimità di strutture, si devono prevedere opere di sostegno quali ad esempio paratie di micropali, eventualmente tirantate, da dimensionare, o sottomurazioni.

In ogni caso si dovrà tenere aperti gli scavi il minor tempo possibile e proteggerli con teli impermeabili in caso di piogge; bisognerà inoltre evitare il transito dei mezzi, delle persone e la permanenza di carichi in prossimità dei cigli.

Nel caso di comparsa di venute idriche sarà necessario interrompere gli scavi e mettere in atto i necessari accorgimenti, (sistemi di drenaggio, pompe portatili a fondo scavo, etc.) e solo successivamente riprendere le attività di scavo.

In generale per l'esecuzione degli scavi si dovranno seguire le normative vigenti quali:

- *Art. 12 e 13 D.P.R n 164 del 07/01/1956 norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro nelle costruzioni; art 12 "quando per la particolare natura del terreno o per causa di piogge, di infiltrazione, di gelo o disgelo, o per altri motivi, siano da temere frane o scoscendimenti, deve essere provveduto all'armatura o al consolidamento del terreno" art 13 "Nello scavo di pozzi o trincee profondi più di 1,5 m, quando la consistenza del terreno non dia sufficientemente garanzia di stabilità, anche in relazione alla pendenza delle pareti, si deve provvedere, man mano che procede lo scavo, all'applicazione delle necessarie armature di sostegno".*

- *D.L.gs n 494 del 14 Agosto 1996 modificato dal D.L.gs n 528 del 19 Novembre 1999 Attuazione della direttiva 92/57/CEE concernente le prescrizioni minime di sicurezza e di salute da attuare nei cantieri temporanei o mobili.*
- *Decreto presidente Consiglio dei Ministri 14 ottobre 1997, n. 412 – Regolamento recante l'individuazione delle attività lavorative comportanti rischi particolarmente elevati, per le quali l'attività di vigilanza può essere esercitata dagli ispettori del Lavoro dalle Direzioni Provinciali del Lavoro.*

Scavi in sezione ristretta, d'altezza maggiore a 1.5 m, nei quali si presuppone la permanenza anche temporanea e/o il passaggio delle maestranze, dovranno essere messi in sicurezza tramite opere di sostegno anche provvisorie (armature, sbadacchiature, ecc.).

Nello specifico caso sono previsti scavi importanti a monte e quindi andranno eseguiti con **modalità che garantiscano di non destabilizzare gli edifici retrostanti e garantire la sicurezza del cantiere.**

6 APPROFONDIMENTO SISMICO DI SECONDO LIVELLO (L.R. 12/05 E S.M.I.)

6.1 INQUADRAMENTO NORMATIVO E D'ANALISI

La metodologia per la valutazione dell'amplificazione sismica locale in adempimento a quanto previsto dal D.M. del 14 gennaio 2008, della D.G.R. n. 14964 del 7 novembre 2003 e del d.d.u.o n. 19904 del 21 novembre 2003, si basa su tre livelli successivi di approfondimento, in funzione della zona sismica di appartenenza e degli scenari di pericolosità sismica locale.

L'effetto del terremoto può essere quindi amplificato in base alle casistiche sotto schematizzate, nel caso in esame sulla base dello studio sismico che accompagna il PGT si è in condizioni di “amplificazioni litologiche e geometriche”.

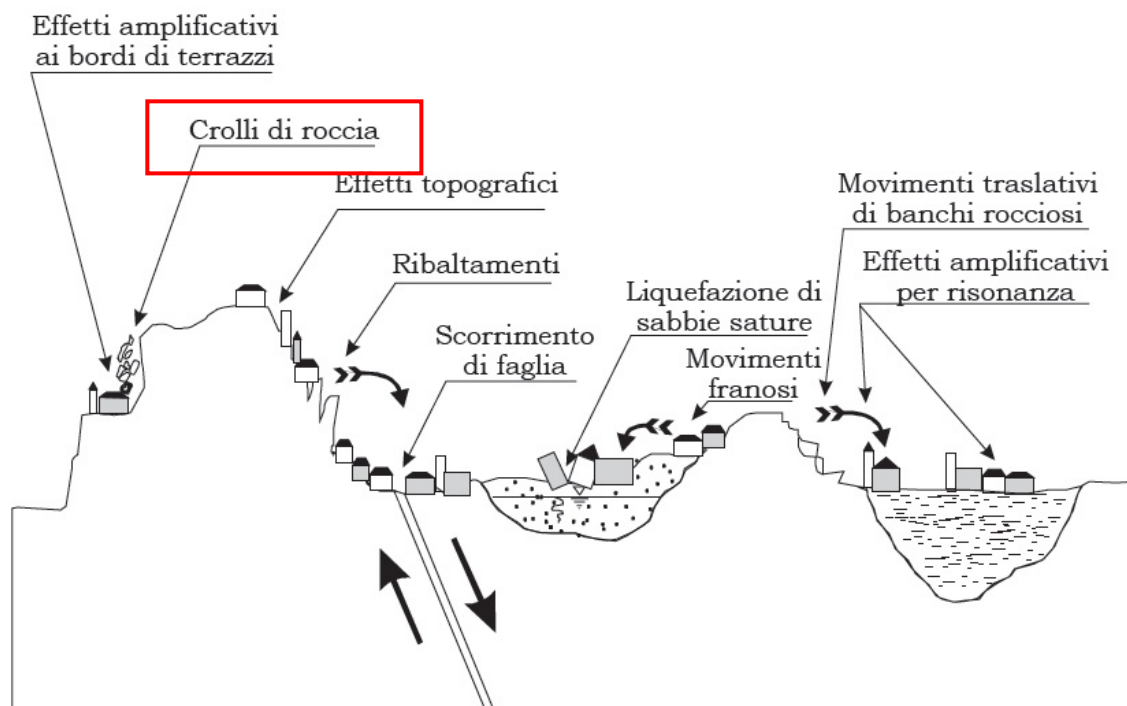


Figura 32 effetti di sito più importanti legati ad un sisma

In relazione alla nuova normativa **D.g.r. 10 ottobre 2014 – n X/2489**, per l'area di progetto è da prevedersi un ulteriore approfondimento di secondo livello, in quanto la nuova classificazione sismica della Regione Lombardia inserisce il comune di BERBENNO IN VALTELLINA in zona 3 (la classificazione precedente lo inseriva in zona 4).

| SIGLA | SCENARIO PSL | EFFETTI | CLASSI DI PERICOLOSITA' |
|-------|--|--|------------------------------------|
| | Z1a Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi | Instabilità | H3 |
| | Z1b Zona caratterizzata da movimenti quiescenti | | H2 - livello di approfondimento 3° |
| | Z1c Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana | | |
| | Z2 Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti | Cedimenti e/o liquefazioni | H2 - livello di approfondimento 3° |
| | Z3a Zona di ciglio | Amplificazioni topografiche | H2 - livello di approfondimento 2° |
| | Z3b Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo | | |
| | Z4a Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio glaciali granulari e/o coesivi | Amplificazioni litologiche e geometriche | H2 - livello di approfondimento 2° |
| | Z4b Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre | | |
| | Z4c Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi | | |
| | Z5 Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche diverse | Componenti differenziali | H2 - livello di approfondimento 3° |

Figura 33 legenda della pericolosità sismica locale Z4b

Secondo lo studio geologico e sismico a supporto del PGT l'area in oggetto risulta classificato in zone **Z4b** zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi.

6.2 ANALISI DELLA SISMICITÀ LOCALE (SECONDO LIVELLO)

L'analisi di seguito riportata e dettagliata è riferita allo studio di possibili effetti di tipo litologico (scenario Z4b), ovvero potenziali fenomeni di amplificazione che si possono verificare quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie sepolte e da particolari profili stratigrafici costituiti da litologie con determinate proprietà meccaniche; tali condizioni possono generare esaltazione locale delle azioni sismiche trasmesse dal terreno e fenomeni di risonanza.

Le conoscenze della litologia e stratigrafia dell'area, non sono state ritenute sufficienti per dettagliare e ricostruire un profilo sismico significativo, è stata eseguita una indagine sismica passiva metodologia tipo Stazione Singola HVSR. Durante le indagini è stata acquisita una registrazione di sismica a onde superficiali con il calcolo delle Vs30.

Il **periodo di oscillazione naturale** del sito (T_p) si calcola attraverso la conoscenza dettagliata della distribuzione in profondità delle Vs, fino allo strato con $V_s \geq 800$ m/s.

Utilizzando i dati ricavati dalle misure sismiche si è calcolato con un software specifico il valore di T_p mediante l'equazione:

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

Applicando l'equazione si ottiene per il sito considerato: **$T_p = 0.68s$**

Tutte le elaborazioni sono state eseguite calcolando il fattore di amplificazione per un intervallo di periodo tra 0.1s e 0.5s (di solito preso in considerazione per strutture basse, regolari e rigide),

Dall'andamento del profilo sismico, a base di calcolo, e in base ai rilievi geologici eseguiti, è possibile scegliere la scheda di valutazione (di cui all'All. 5 della dgr IX/2616) più idonea; dall'analisi dei campi di validità (identificati sui gradienti delle Vs) e dei parametri indicativi (granulometria e comportamento del materiale).

Nel caso in esame l'andamento più simile è quello della scheda litologica limo sabbiosa 2.

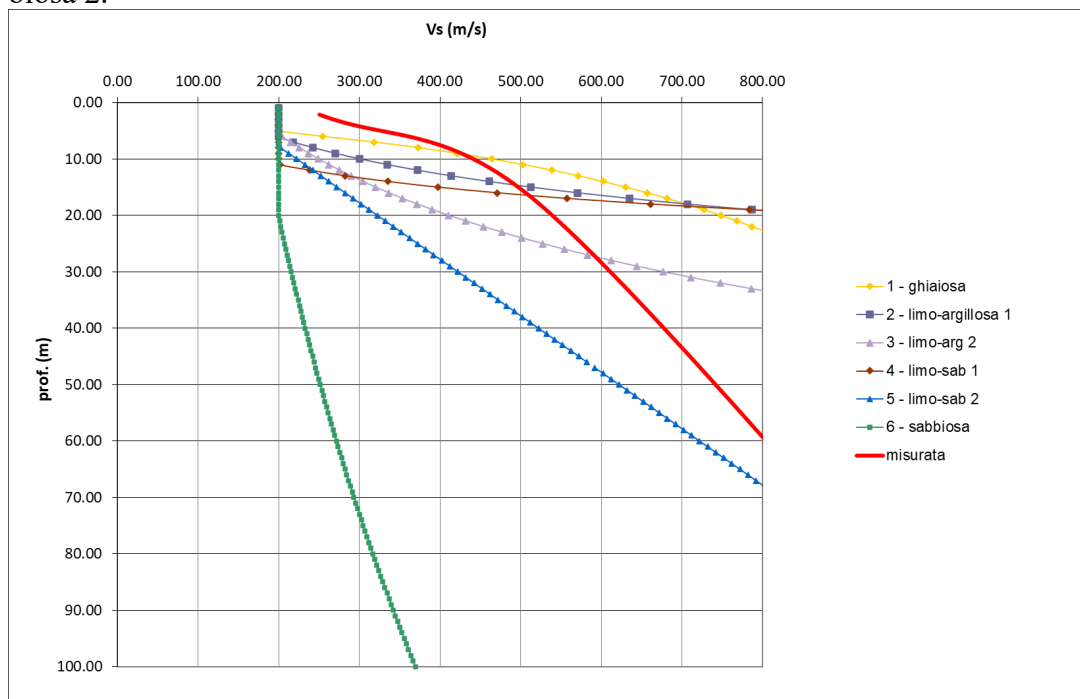


Figura 34 grafico profondità-velocità

Di seguito si riporta la curva limite che separa i campi di validità per le litologie considerate (di cui all'All. 5 della dgr IX/2616) e la curva di campagna registrata, risulta quindi evidente che il profilo sismico dell'area ricade nel campo di validità della curva litologia sabbiosa.

**LAVORI DI REALIZZAZIONE NUOVA PALESTRA AL SERVIZIO DELLA SCUOLA PRIMARIA DI BERBENNO, COFINANZIATO
CON FONDI DELL'UNIONE EUROPEA – NEXT GENERATION EU. PNRR M4C1 INV.1.3 CUP: G71B22001270001**

Indagine Geologica- Geotecnica –simica invarianza idraulica Relazione

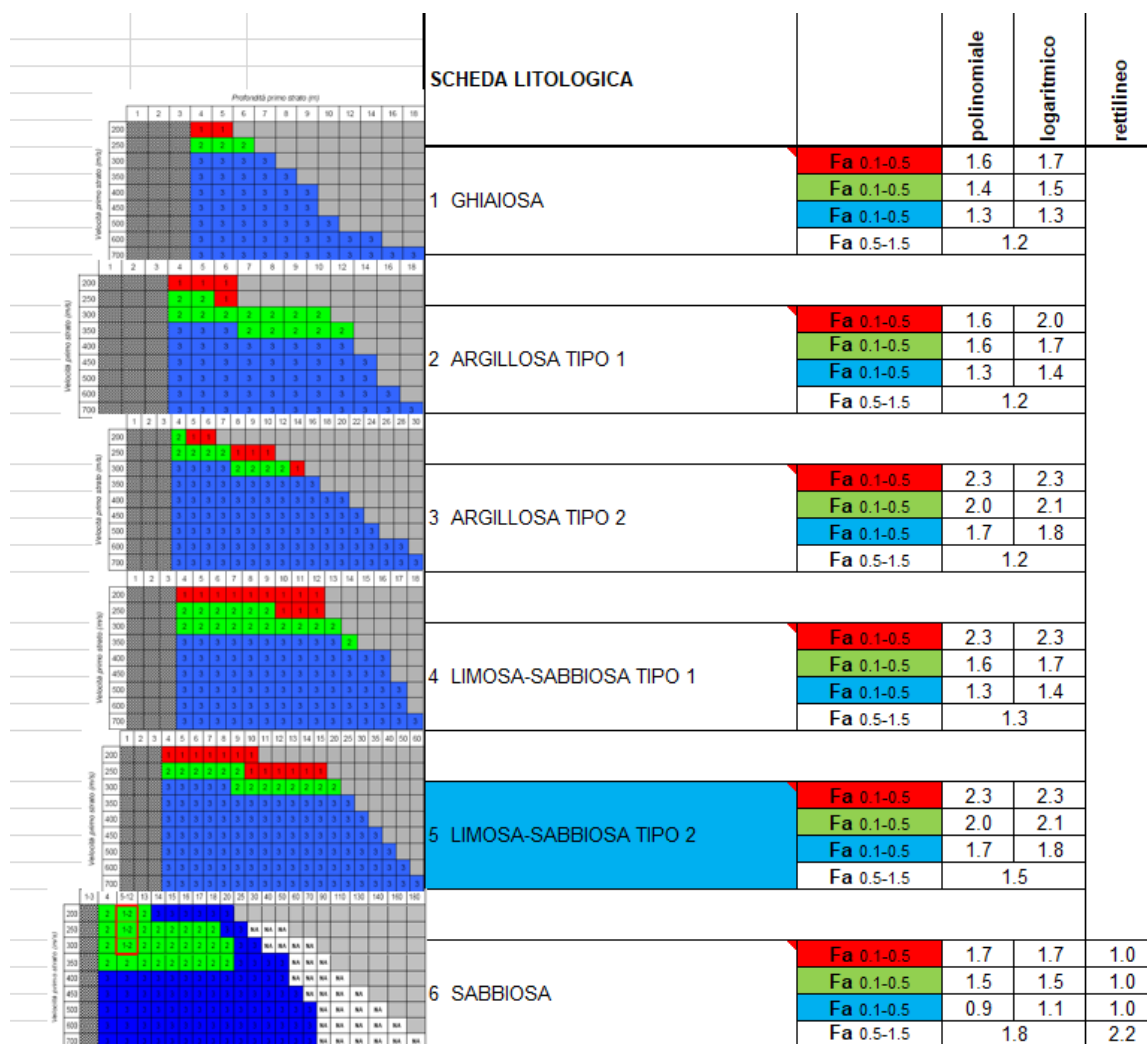


Figura 35 riepilogo schede

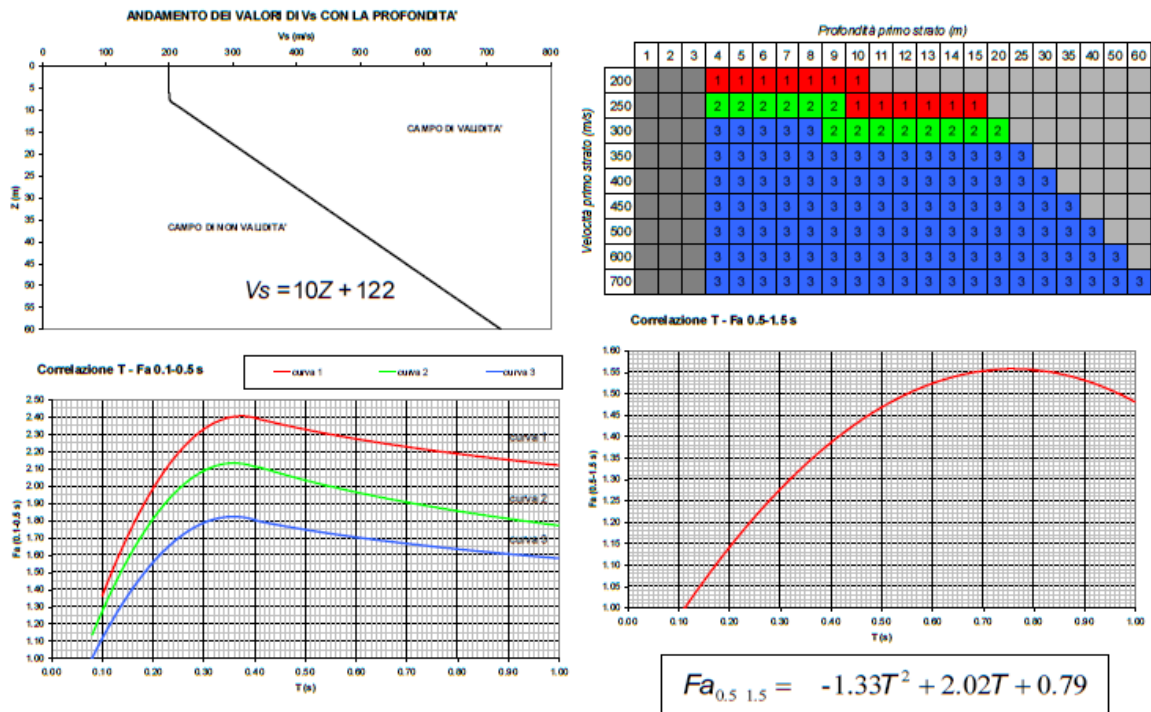
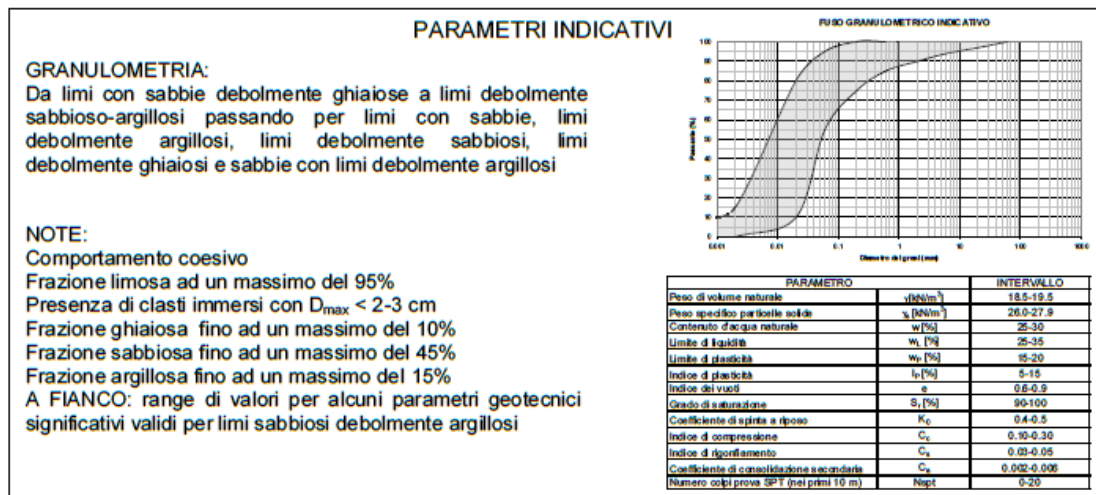
Secondo tale scheda, è possibile identificare la curva di riferimento per il calcolo del Fa sulla base della velocità dello strato superficiale.

Nel caso è possibile fare riferimento alle equazioni riportate nelle schede

LAVORI DI REALIZZAZIONE NUOVA PALESTRA AL SERVIZIO DELLA SCUOLA PRIMARIA DI BERBENNO, COFINANZIATO
CON FONDI DELL'UNIONE EUROPEA – NEXT GENERATION EU. PNRR M4C1 INV.1.3 CUP: G71B22001270001

Indagine Geologica- Geotecnica –simica invarianza idraulica Relazione

EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO – SABBIOSA TIPO 2



| Curva | Tratto polinomiale | Tratto logaritmico |
|-------|--|--|
| 1 | $0.10 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -13.9T^2 + 10.4T + 0.46$ | $0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 2.12 - 0.30 \ln T$ |
| 2 | $0.08 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -12.8T^2 + 9.2T + 0.48$ | $0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.77 - 0.38 \ln T$ |
| 3 | $0.05 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -10.6T^2 + 7.6T + 0.46$ | $0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.58 - 0.24 \ln T$ |

Figura 36 Estratto scheda litologica dell'Allegato 5 DGR n. IX/2616

Il calcolo del Fa è stato perciò eseguito secondo l'equazione.

Periodo 0.1s – 0.5s

Quindi il fattore d'amplificazione locale per il sito considerato nel periodo 0.1-0.5s risulta: $Fa_{0.1-0.5} = 1,8$

Vista la struttura dell'edificio in progetto, si ritiene a ragione che il Fattore di amplificazione che meglio approssima le condizioni di rischio sismico locali sia quello calcolato per un breve periodo e pari a 1.8.

Si ricorda che 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 le strutture in progetto, ossia il fattore di amplificazione sismico (Fa) calcolato è inferiore di quello di soglia comunale fornito dal Politecnico di Milano.

Nel caso in esame la FA risulta maggiore alla soglia relativa $FA > 1.5$ pertanto va utilizzato spettro di norma caratteristico del suolo **sismico di tipo C**

| COMUNE | SOGLIE | B | C | D | E |
|------------------------|---------|-----|-----|-----|-----|
| BERBENNO DI VALTELLINA | 0.1-0.5 | 1.5 | 1.9 | 2.3 | 2.0 |
| BERBENNO DI VALTELLINA | 0.5-1.5 | 1.7 | 2.4 | 4.3 | 3.1 |

- C Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s..

LIQUEFAZIONE

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti cinque circostanze:

- 1) eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5 ; (è la Magnitudo Momento M_w)
- 2) accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di $0,1g$;(ag max)
- 3) profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub –orizzontale e strutture con fondazioni superficiali (misura riferita Al valore medio stagionale
- 4) depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata (N_1) $60 > 30$ oppure $q_{c1} N > 180$ dove (N_1) 60 è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e $q_{c1} N$ è il valore della resistenza determinata In prove Penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa

- 5) distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 37 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c^* < 3,5$ ed in Figura 38 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

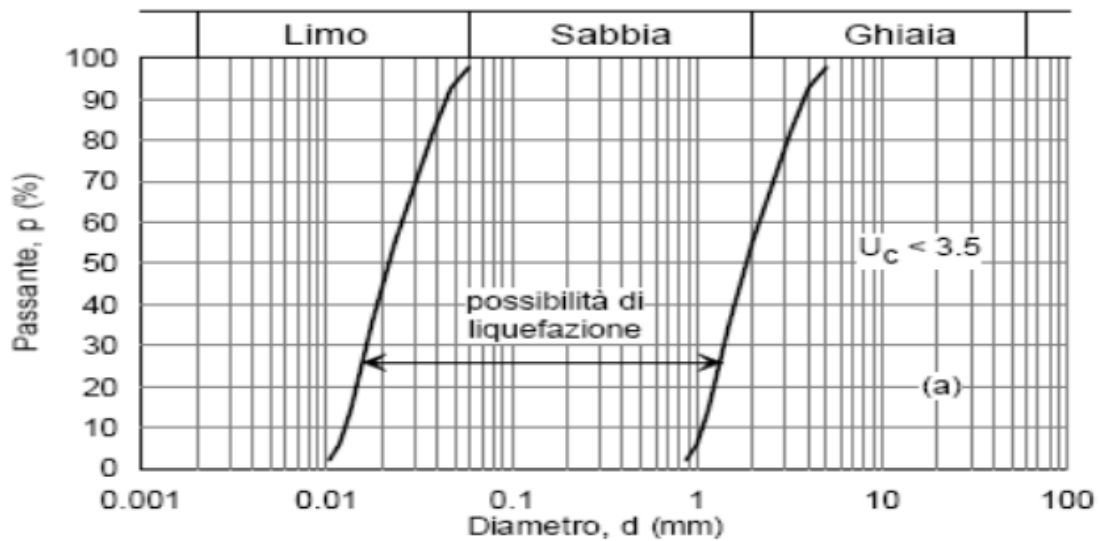


Figura 37 Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

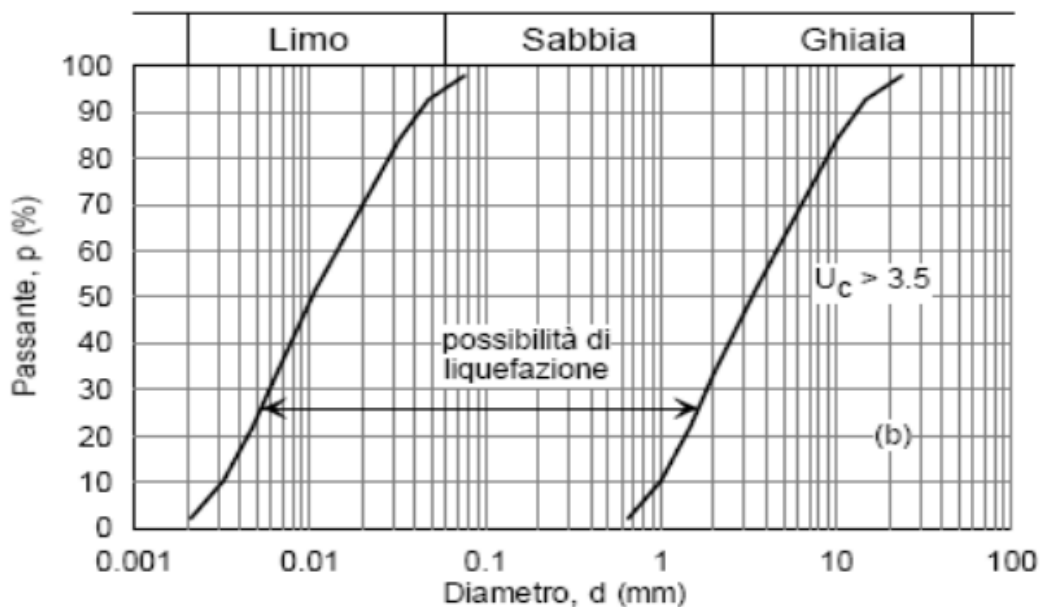


Figura 38 Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

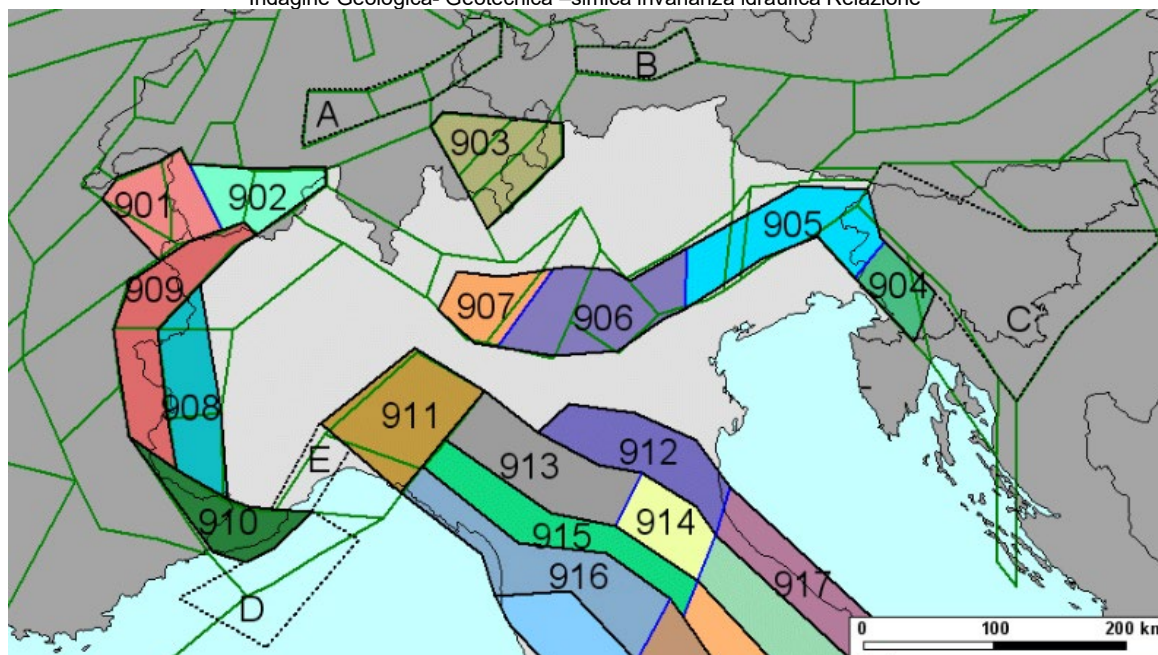


Figura 39 zonazione sismogenetica del Nord Italia

La Valtellina e i Grigioni rientrano nella zona sismogenetica 903.

| Zona | Numero di eventi Md>2.0 | Numero di eventi Md>2.5 | Numero di eventi Md>3.0 | Magnitudo massima (Md) | Classe di profondità (km) | Profondità efficace (km) |
|------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| 901 | 18 | 15 | 2 | 4.0 | 8-12 | 8 |
| 902 | 34 | 25 | 2 | 3.8 | 8-12 | 10 |
| 903 | 23 | 19 | 2 | 4.5 | 8-12 | 9 |

Dove la magnitudo massima non dovrebbe superare i 4,5Md

Nella zona in esame la falda è più profonda di 30 metri dal pc, la granulometria è prevalentemente ghiaiosa quindi **non si rientra in casistiche soggette a liquefazione**.

7 RADON

La attuale direttiva europea del settore indica quali livelli di concentrazione di radon in ambienti chiusi da considerare:

- 200 Bq /m³ per le nuove abitazione e i nuovi edifici con accesso di pubblico;
- 300 Bq /m³ per le abitazioni esistenti;
- 300 Bq/ m³ per edifici esistenti con accesso di pubblico, tenuto conto che nel periodo di permanenza la media dell'esposizione non deve superare i 1000 Bq /m³

La mappa della regione Lombardia realizzata con approccio di tipo geostatistico e di previsione spaziale realizzata tenendo conto sia delle misure esistenti che della caratterizzazione geologica del territorio, prevede valore di concentrazione di radon indoor elevati per l'area di intervento.

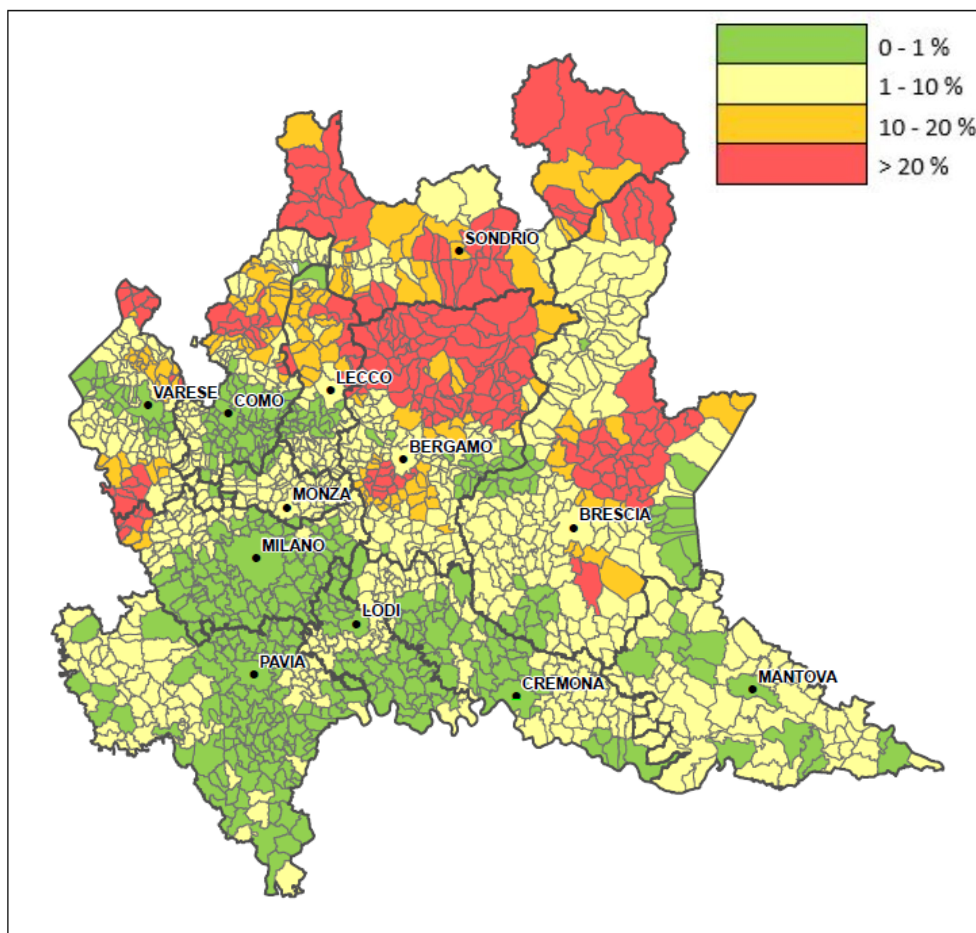


figura 40 Mappa della probabilità che una generica abitazione a piano terra abbia una concentrazione di radon superiore a un livello a 200 Bq/m³ ARPA

Il gas radon presente normalmente nel suolo, senza opportune opere di mitigazione, tende ad accumularsi all'interno dell'edificio per effetto della lieve depressione, causata essenzialmente dalla differenza di temperatura tra interno ed esterno dell'edificio.

Si ricorda poi che alcuni materiali da costruzione possono essere causa di un significativo incremento delle concentrazioni di gas radon all'interno dell'edificio, a causa del loro contenuto di radionuclidi di origine naturale.



figura 41 schema sulle vie d' accesso del radon nelle abitazioni

Si consiglia quindi di adottare in sede progettuali e realizzative (scelta dei materiali a bassa emissione) tutte quelle tecniche di controllo dell'inquinamento indoor da gas radon che possono essere schematicamente riassunte in:

- ☢ barriere impermeabili (evitare l'ingresso del radon all'interno degli edifici con membrane a tenuta d'aria);
- ☢ depressione alla base dell'edificio (intercettare il radon prima che entri all'interno degli edifici aspirandolo per espellerlo poi in atmosfera);
- ☢ pressurizzazione alla base dell'edificio (deviare il percorso del radon creando delle sovrappressioni sotto l'edificio per allontanare il gas).

Trattandosi di un edificio interrato si **raccomanda di mettere in atto tutti quegli accorgimenti** per evitare che controlli successivi ad edificio realizzato accertino il superamento delle norme di legge.

8 INVARIANZA

Il riferimento normativo è il Regolamento regionale 23 novembre 2017 – n. 7 e ss.mm.ii. .

Secondo tale regolamento il territorio lombardo è suddiviso in 3 ambiti in cui sono inseriti i Comuni in base alla criticità idraulica dei bacini dei corsi d'acqua recettori.

Ad ogni Comune è associata una criticità (Allegato B della Dgr):

- A –alta criticità

- B –media criticità
- C –bassa criticità

In dettaglio al Comune di Berbenno di Valtellina è associata una bassa criticità a cui corrisponde la Zona C.

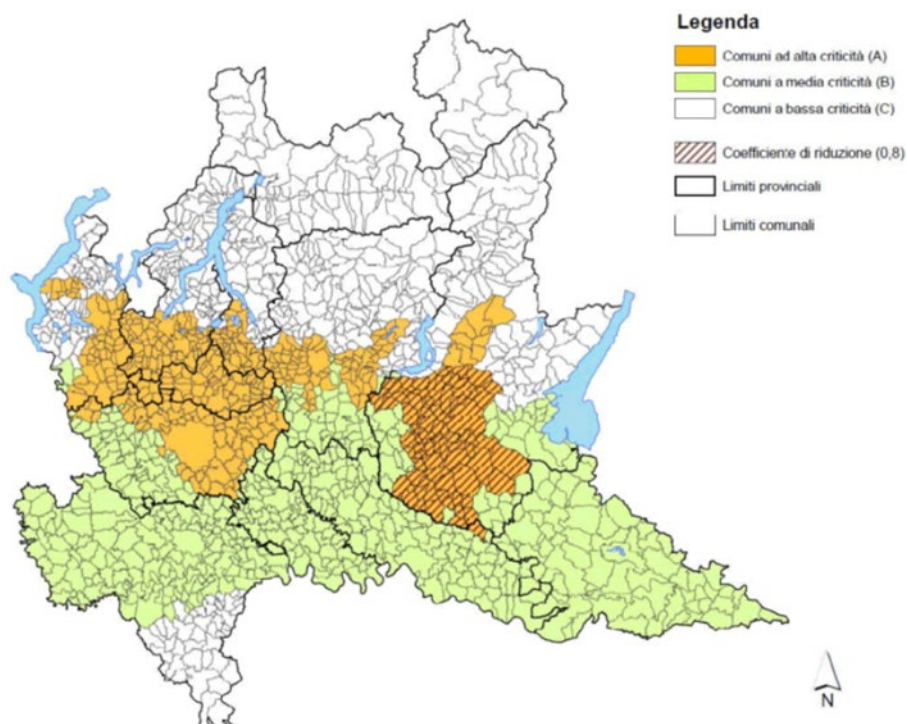


figura 42 Cartografia degli ambiti a diversa criticità idraulica

| Comune | Provincia | Criticità idraulica | Coefficiente P |
|------------------------|-----------|---------------------|----------------|
| BERBENNO DI VALTELLINA | SO | C | |

figura 43 Elenco dei Comuni ricadenti nelle aree ad alta, media e bassa criticità idraulica, ai sensi dell'art. 7 del regolamento

Si aggiunge che l'area in esame NON ricade all'interno degli ambiti di trasformazione e dei piani attuativi previsti nel P.G.T. del Comune di Berbenno di Valtellina (So).

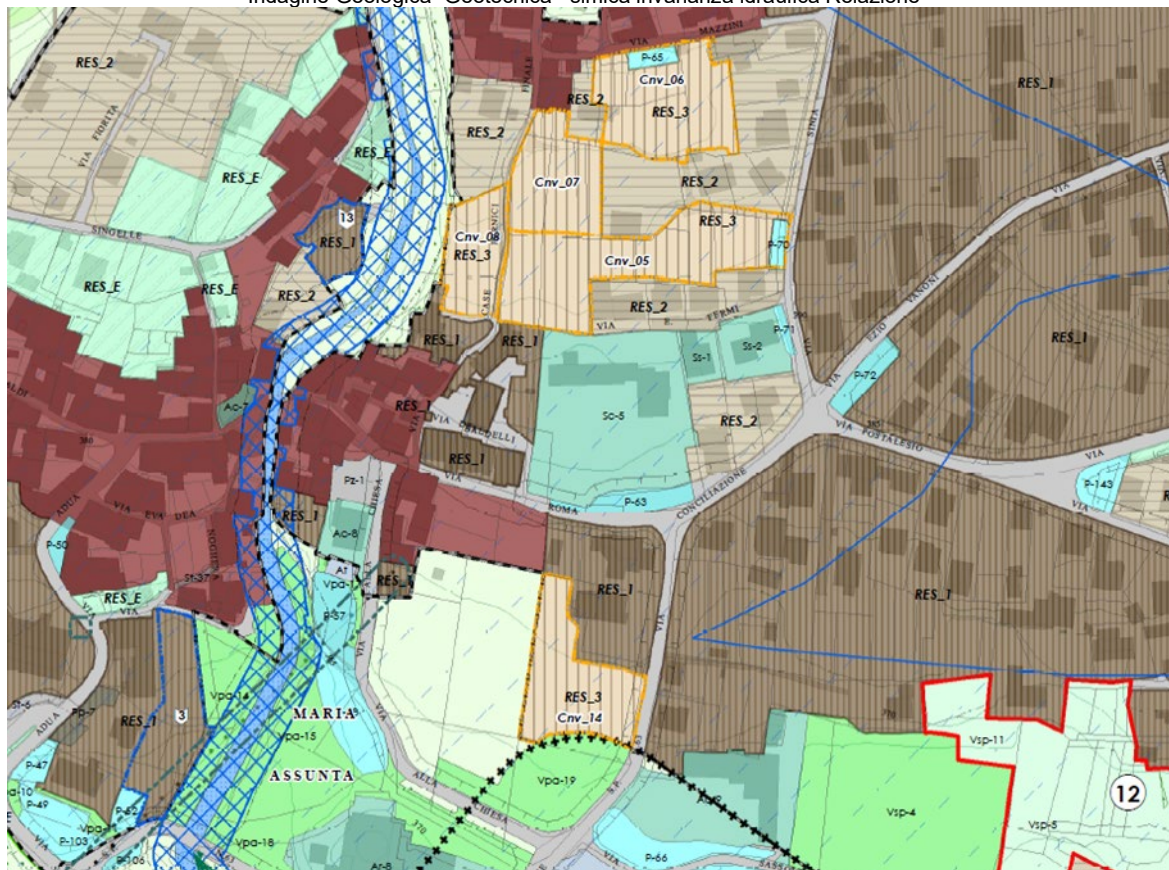


figura 44 Stralcio tavola “Carta delle discipline delle aree” del Piano delle Regole del P.G.T. del Comune di Berbenno di Valtellina

Nella presente valutazione saranno assoggettati al principio di invarianza idraulica ed idrologica, in base agli elaborati progettuali in possesso, i 228,00 m² di superficie di copertura della palestra a cui è stato assegnato un coefficiente di deflusso ϕ pari a 1,00, i 180,00 m² di superficie di copertura dello spogliatoio a cui è stato assegnato un coefficiente di deflusso ϕ pari a 1,00, i 54,00 m² di superficie di copertura del locale deposito a cui è stato assegnato un coefficiente di deflusso ϕ pari a 1,00, i 8,00 m² di superficie di copertura del vano ascensore a cui è stato assegnato un coefficiente di deflusso ϕ pari a 1,00, i 17,00 m² di superficie di copertura della pensilina a cui è stato assegnato un coefficiente di deflusso ϕ pari a 1,00 e i 45,00 m² di superficie di pavimentazione del percorso di accesso alla scuola a cui è stato assegnato un coefficiente di deflusso ϕ pari a 1,00.

Per l’attribuzione del coefficiente di deflusso si è fatto riferimento all’ Art. 11 del “Regolamento regionale 23 novembre 2017 - n. 7” e ss.mm.ii. - R.R. n° 8 del 19 aprile 2019.

(...) 1. la valutazione delle perdite idrologiche per il calcolo dell'idrogramma netto di piena in arrivo nell'opera di laminazione o nell'insieme delle opere di laminazione, può essere effettuata anche in via semplificata adottando i seguenti valori standard del coefficiente di deflusso, in luogo del calcolo dell'infiltrazione come da Allegato F:

1.1. pari a 1 per tutte le sotto-aree interessate da tetti, coperture e pavimentazioni continue di strade, vialetti, parcheggi(8);

1.2. pari a 0,7 per i tetti verdi, i giardini pensili e le aree verdi sovrapposti a solette comunque costituite, per le aree destinate all'infiltrazione delle acque gestite ai sensi del presente regolamento e per le pavimentazioni discontinue drenanti o semipermeabili di strade, vialetti, parcheggi(9);

1.3. pari a 0,3 per le sotto-aree permeabili di qualsiasi tipo, comprese le aree verdi munite di sistemi di raccolta e collettamento delle acque ed(10) escludendo dal computo le superfici incolte e quelle di uso agricolo; (...)

| TIPOLOGIA DI SUPERFICI | VALORE STANDARD DEL COEFFICIENTE DI DELUSO ϕ [-] |
|---|--|
| sotto-aree interessate da tetti, coperture e pavimentazioni continue di strade, vialetti, parcheggi | 1 |
| tetti verdi, i giardini pensili e le aree verdi sovrapposti a solette comunque costituite, per le aree destinate all'infiltrazione delle acque gestite ai sensi del presente regolamento e per le pavimentazioni discontinue drenanti o semipermeabili di strade, vialetti, parcheggi | 0,7 |
| sotto-aree permeabili di qualsiasi tipo, comprese le aree verdi munite di sistemi di raccolta e collettamento delle acque ed(10) escludendo dal computo le superfici incolte e quelle di uso agricolo | 0,3 |

Le restanti superfici del lotto (opere già esistenti, aree a verde, ecc.) sono state considerate come completamente drenanti o che spagliano le acque direttamente nei terreni a verde circostanti e NON sono conteggiate nel calcolo delle portate entranti.

La superficie interessata dall'intervento (area dalle Scuola Primaria), pari a circa 5.330,00 m² (mappali 143 – 144 – 930), ricade all'interno dell'intervallo 1.000 m² < S ≤ 10.000 m².

La superficie scolante impermeabile S_{si} è data dal prodotto della superficie coperta e il coefficiente di deflusso ϕ corrispondente.

$$S_{si} = (228,00 \text{ m}^2 \times 1,00) + (180,00 \text{ m}^2 \times 1,00) + (54,00 \text{ m}^2 \times 1,00) + (8,00 \text{ m}^2 \times 1,00) + (17,00 \text{ m}^2 \times 1,00) + (45,00 \text{ m}^2 \times 1,00) + (4.798,00 \text{ m}^2 \times 0,00) = 532,00 \text{ m}^2$$

Il coefficiente di deflusso medio ponderale ϕ_m sarà dato della seguente relazione:

$$\phi_m = ((228,00 \text{ m}^2 \times 1,00) + (180,00 \text{ m}^2 \times 1,00) + (54,00 \text{ m}^2 \times 1,00) + (8,00 \text{ m}^2 \times 1,00) + (17,00 \text{ m}^2 \times 1,00) + (45,00 \text{ m}^2 \times 1,00) + (4.798,00 \text{ m}^2 \times 0,00)) / 5.330,00 \text{ m}^2$$

$$= 0,100 \leq 0,40$$

Dalla tabella sottoriportata si evince che l'opera in progetto ricade in classe di intervento 2 (impermeabilizzazione potenziale media) ed il calcolo potrà essere effettuato seguendo i "Requisiti minimi articolo 12 comma 2".

| CLASSE DI INTERVENTO | | SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO | COEFFICIENTE DEFLUS- SO MEDIO PONDERALE | MODALITÀ DI CALCOLO | |
|----------------------|--|---|--|---|--|
| | | | | AMBITI TERRITORIALI (articolo 7) | |
| | | | | Aree A, B | Aree C |
| 0 | Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi | ≤ 0,03 ha (≤ 300 mq) | qualsiasi | Requisiti minimi articolo 12 comma 1 | |
| 1 | Impermeabilizzazione potenziale bassa | da > 0,03 a ≤ 0,1 ha (da > 300 mq a ≤ 1.000 mq) | ≤ 0,4 | Requisiti minimi articolo 12 comma 2 | |
| 2 | Impermeabilizzazione potenziale media | da > 0,03 a ≤ 0,1 ha (da > 300 a ≤ 1.000 mq) | > 0,4 | Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11 e allegato G) | Requisiti minimi articolo 12 comma 2 |
| | | da > 0,1 a ≤ 1 ha (da > 1.000 a ≤ 10.000 mq) | qualsiasi | | |
| | | da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq) | ≤ 0,4 | | |
| 3 | Impermeabilizzazione potenziale alta | da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤100.000 mq) | > 0,4 | Procedura dettagliata (vedi articolo 11 e allegato G) | |
| | | > 10 ha (> 100.000 mq) | qualsiasi | | |

figura 45 Tabella classificazione degli interventi richiedenti misure di invarianza idraulica e idrologica "R.R. n° 8 del 19 aprile 2019"

8.1 DEFINIZIONE DELL'OPERA DI INVARIANZA IDRAULICA

Verificata la zona e la classe di intervento, al fine dell'abbattimento della portata delle acque pluviali e meteoriche, si propone la realizzazione di un'opera di laminazione interrata in particolare vasche di laminazione.

La vasca di laminazione è una struttura in c.a. o altro materiale, prefabbricata o realizzate in opera, di dimensioni e forme differenti in funzione del volume, del materiale utilizzato, dell'allocazione, del riutilizzo o meno delle acque.

I componenti di base di una struttura interrata di laminazione sono: una copertura sicura (dimensionata in funzione dei carichi attesi), un sistema di accesso per manutenzione e/o pulizia, un sistema di schermatura per le zanzare e altri animali, un sistema di filtrazione per evitare l'immissione di materiale grossolano (es. foglie o rifiuti), un tubo di troppo

pieno (o, comunque, un'uscita controllata), un sistema di gestione delle emergenze (es. alloggiamento pompe).

Le caratteristiche supplementari possono includere un indicatore di livello dell'acqua, una trappola di sedimenti, o la possibilità di estendere modularmente il volume di accumulo.

NOTA : in alternativa potrà essere valutata la soluzione mediante dispersione / infiltrazione nel terreno (vasche di accumulo e dispersione nel terreno o trincee drenanti) previa verifica e documentazione del coefficiente di permeabilità (K) dei terreni naturali presenti.

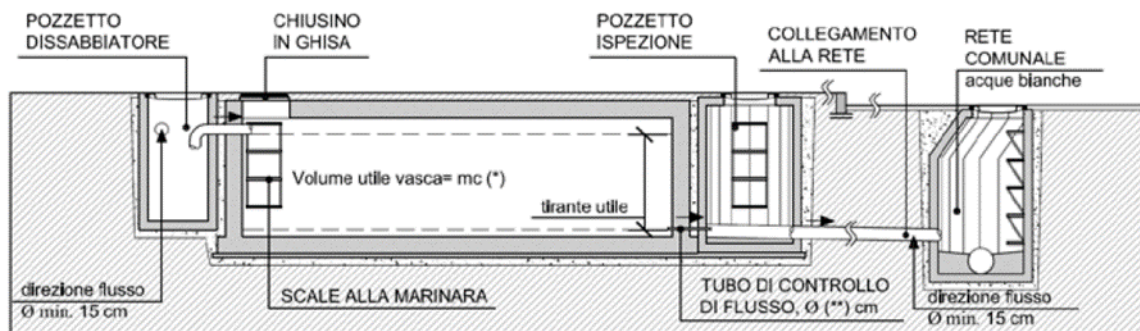


figura 46 Esempio di vasca di laminazione interrata con scarico a gravità

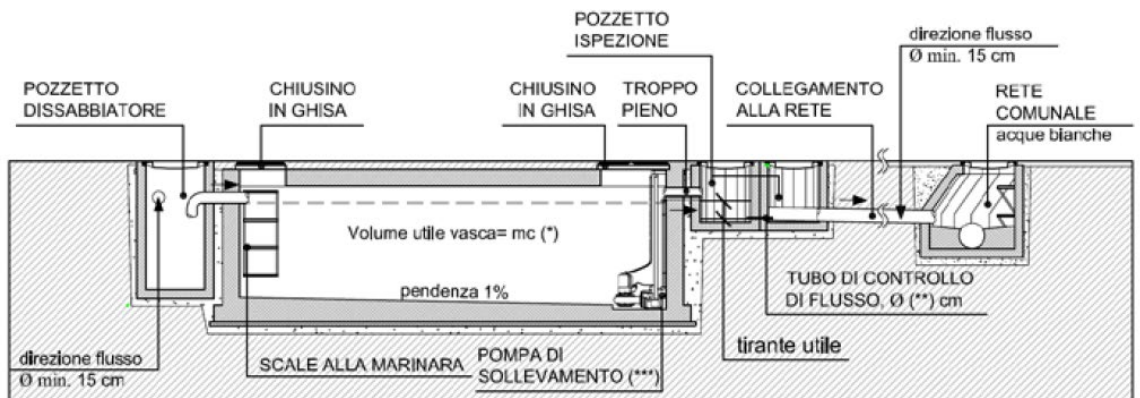


figura 47 Esempio di vasca di laminazione interrata con scarico mediante pompaggio

Per l'ubicazione delle vasche di laminazione interrate si rimanda alla planimetria progettuale.

8.2 CALCOLO DEL VOLUME DI LAMINAZIONE

8.2.1 REQUISITI MINIMI

Ricadendo l'opera in progetto in Area C ed in classe di intervento 2 (impermeabilizzazione potenziale media), il calcolo del volume di laminazione potrà essere effettuato seguendo i requisiti minimi articolo 12 comma 2.

Art. 12 (Requisiti minimi delle misure di invarianza idraulica e idrologica)

(...)

2. Nel caso di interventi classificati ad impermeabilizzazione potenziale bassa, indipendentemente dalla criticità dell'ambito territoriale in cui ricadono, e nel caso di interventi classificati ad impermeabilizzazione potenziale media o alta e ricadenti nell'ambito territoriale di bassa criticità, ferma restando la facoltà del professionista di adottare la procedura di calcolo delle sole piogge o la procedura di calcolo dettagliata descritte nell'allegato G, il requisito minimo da soddisfare consiste nella realizzazione di uno o più invasi di laminazione, comunque configurati, dimensionati adottando i seguenti valori parametrici del volume minimo dell'invaso, o del complesso degli invasi, di laminazione:

a) per le aree A ad alta criticità idraulica di cui all'articolo 7: 800 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento moltiplicato per il coefficiente P' di cui alla tabella riportata all'Allegato C;

b) per le aree B a media criticità idraulica di cui all'articolo 7: 500 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento;

c) per le aree C a bassa criticità idraulica di cui all'articolo 7: 400 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento.

(...)

Il calcolo semplificato comporta un volume degli invasi di laminazione pari a 21,28 m³.

$$W = 400 \times 532,00 / 10.000 = 21,28 \text{ m}^3$$

Nel caso in cui si dovesse procedere alla realizzazione di una vasca di laminazione con fondo drenante si potrà ridurre il volume della vasca del 30% come indicato all' Art 11 della normativa vigente.

(...) 3. il volume di laminazione da adottare per la progettazione degli interventi di invarianza idraulica e idrologica(12) è il maggiore tra quello risultante dai calcoli e quello

valutato in termini parametrici come requisito minimo di cui all'articolo 12, comma 2. Qualora si attui il presente regolamento mediante la realizzazione di sole strutture di infiltrazione, e quindi non siano previsti scarichi verso ricettori, il requisito minimo di cui all'articolo 12, comma 2, è ridotto del 30 per cento, purché i calcoli di dimensionamento delle strutture di infiltrazione siano basati su prove di permeabilità, allegate al progetto, rispondenti ai requisiti riportati nell'Allegato F. Tale riduzione non si applica nel caso in cui si adotti il requisito minimo di cui all'articolo 12, comma 2, senza pertanto applicare la procedura di calcolo delle sole piogge o dettagliata(12); (...).

Si rammenta che, per la riduzione del 30% del volume, tale volume dovrà essere calcolato con una procedura più dettagliata (procedura di calcolo “Metodo delle sole piogge”) e dovrà essere effettuata e restituita almeno n° 1 prove di permeabilità in situ che dovrà evidenziare che i terreni in esame hanno una permeabilità ELEVATA.

N.B. Dai calcoli effettuati dallo scrivente per l'area in esame si avrà un volume di laminazione significativamente maggiore con il “Metodo delle sole piogge” pari a circa 36,00 m³.

8.2.2 1 CALCOLO DELLA PORTATA DELLO SCARICO

Se si dovesse procedere alla realizzazione di una vasca di laminazione a tenuta stagna (senza fondo drenante), tale vasca dovrà essere collegata mediante uno scarico ad una rete di smaltimento (rete fognaria, ecc.) oppure ad un recapito idrico vicino, nel caso in esame si ipotizza lo scarico nella vicina rete della acque bianche. Pertanto si dovrà rispettare una portata di scarico massima.

Secondo la normativa vigente “Art. 8 (Valori massimi ammissibili della portata meteorica scaricabile nei ricettori)

1. Gli scarichi nel ricettore sono limitati mediante l'adozione di interventi atti a contenere l'entità delle portate scaricate entro valori compatibili con la capacità idraulica del ricettore stesso e comunque entro i seguenti valori massimi ammissibili (ulim):

- a) per le aree A di cui al comma 3 dell'articolo 7: 10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento;
- b) per le aree B di cui al comma 3 dell'articolo 7: 20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento;
- c) per le aree C di cui al comma 3 dell'articolo 7: 20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento.”

Ricadendo l'area in esame all'interno delle aree C a bassa criticità ci si dovrà attenere ai **limiti ed alle procedure indicate per le aree C.**

Ne consegue che il valore massimo assimilabile è pari a 20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento (532,00 m²).

$$Q_{\text{scarico}} = 20 \text{ l/s} * (532,00 \text{ m}^2 / 10.000 \text{ m}^2) = 1,06 \text{ l/s}$$

Lo scarico dovrà avere una portata massima pari a 1,06 l/s. Tale portata di scarico potrà essere garantita mediante sistema a gravità con diametro e pendenze opportunamente dimensionate oppure mediante regolatore di portata a vortice verticale VLS.

Si precisa che il tempo di svuotamento del volume calcolato nel capitolo precedente per la vasca di laminazione ($21,28 \text{ m}^3$) non deve superare le 48 ore, in modo da ripristinare la capacità d'invaso quanto prima possibile.

Mantenendo una portata dello scarico di 1,06 l/s in 48 ore verranno smaltiti 183.168 litri pari a circa 183 m³. Tale valore è superiore rispetto al volume della vasca di laminazione, pertanto il **tempo di svotamento** del volume invasato dalla vasca in progetto è pari a **5 / 6 ore circa**.

9 CONCLUSIONI

In conclusione si ritiene che l'intervento in oggetto non alteri le caratteristiche idrogeologiche della zona e sia compatibile con le caratteristiche litogeologiche.

L' intervento è su conoide di deiezione non interessato da dissesti e in area classificata nello studio geologico a supporto del PGT come zona 3. L' indagine puntuale geologica geotecnica ha verificato che non necessitano particolari opere per la messa in sicurezza della zona.

Gli interventi progettati inducono sul terreno carichi limitati e compatibili con la natura geolitologica..

Le fondazioni di tipo superficiale sono depositi grossolani e in grado di sopportare carichi elevati.

- angolo di attrito interno ϕ = $35 \pm 2^\circ$
- peso di volume γ = $16 \pm 1 \text{ kN/mc}$
- coesione **C** = 0

Sulla base delle misure eseguite e dell'analisi di secondo livello la categoria suolo è:

- C Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s..

In riferimento all' invarianza idraulica è stata valutata la possibilità di ottemperare al regolamento regionale sull'invarianza idraulica ed idrologica mediante la realizzazione di un'opera di laminazione interrata in particolare **vasche di laminazione**.

La vasca di laminazione potrà anche essere suddivisa in più settori e dovrà avere un volume minimo pari a di 21,28 m³ con lo scarico avente una portata massima pari a 1,06 l/s.

In alternativa si potrà realizzare una vasca di laminazione con fondo drenante previa l'effettuazione e la restituzione di almeno n° 1 prove di permeabilità *in situ*.

In fase esecutiva si potrà valutare se realizzate una singola vasca di laminazione interrata o più vasche ed eventualmente in quali settori del lotto in esame collocarle.

Le ipotesi attuali NON considerano il riutilizzo delle acque meteoriche; si consiglia tale valutazione in fase realizzativa ad esempio mediante la realizzazione di una vasca di accumulo per uso igienico sanitario non potabile ed irrigazione aree a verde, alimentazione laghetto, ecc. .

Sondrio 6 luglio 2023

dr. M.Azzola

