COMUNE DI BERBENNO DI VALTELLINA

Prov. Sondrio

RELAZIONE GEOLOGICA GENERALE

Piano per il governo del territorio
direttiva l.r. 11 marzo 2005, n. 12.

Studio di valutazione di compatibilità ambientale e zonizzazione sismica

Componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell' art. 57 della l.r. 11 marzo 2005, n. 12

Aggiornamento , MAGGIO 2012

STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA
dr. Maurizio Azzola
Via Gavazzeni, 6 23100 SONDRIO
tel 0342- 214938 fax 0342-214938
e-mail *maurizio@geologoazzola.it*

1. PREMESSA 4

2. FINALITÀ E METODOLOGIA 6

2.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO 7
2.2 CARTOGRAFIA 12

3. RICERCA STORICA E SINTESI BIBLIOGRAFICA 13

4. STATO DEL TERRITORIO 17

4.1 ELEMENTI GEOLOGICI GEOTECNICI E STRUTTURALI 17
4.1.1 • Carta d'inquadramento geologico morfologico (G1) 17
4.1.2 Inventario dei fenomeni franosi (Tratto da IFFI novembre 2007) (G2) 24
4.1.3 Carta dei Vincoli (G3) 26
4.1.4 Carta della pericolosità sismica locale (G4) 27
4.2 ELEMENTI DI DINAMICA GEOMORFOLOGICA 75
4.2.1 CENSIMENTO 75
4.2.2 Pericolosità 76
4.3 ELEMENTI METEOCLIMATICI, IDROGRAFICI E IDROGEOLOGICI 76

5. CONDIZIONI DI PERICOLOSITA' CARTA DI SINTESI 84

5.1 SITI A MAGGIOR RISCHIO 88
5.1.1 Verifica della pericolosità delle conoidi 88

6. DISSESTI 109

7. INTERVENTI 116

8. CLASSI DI FATTIBILITA' E NORME GEOLOGICHE DI ATTUAZIONE 121

9. RIFERIMENTI NORMATIVI 125

9.1 STANDARD 129
9.2 INDAGINI 130

10. CONCLUSIONI 130

Figura 1Stralcio della Carta geologica rappresentante l'area occupata dai bacini imbriferi. Si notano le tre Conoidi principali: da ovest verso est si ritrovano: torrente Maroggia, Finale e Caldenno 9
Figura 2 ubicazione piezometri 12
Figura 3 carta del rischio sismico in Lombardia 28
Figura 4 tabella categorie profili stratigrafici 29
Figura 5 categorie di sottosuolo tabella 3.2.II delle Norme Tecniche 30
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 31
Figura 7 ubicazioni stazioni di misura sismica 32
Figura 8 esempio di risposta sismica 33
Figura 9 risposta sismica di origine stratigrafica 34
Figura 10 horizontal to vertical spectral ratio 34
Figura 11 H/V time history 35
Figura 12 single component spectra 35
Figura 13 experimental Vs. synthetic H/V 35
Figura 14 horizontal to vertical spectral ratio 38
Figura 15 H/V time history 38

Figura 16 single component spectra 38
Figura 17 experimental Vs. synthetic H/V 39
Figura 18 horizontal to vertical spectral ratio..... 42
Figura 19 H/V time history..... 42
Figura 20 single component spectra 42
Figura 21 experimental Vs. synthetic H/V 43
Figura 22 horizontal to vertical spectral ratio..... 46
Figura 23 H/V time history..... 46
Figura 24 single component spectra 46
Figura 25 experimental Vs. synthetic H/V 47
Figura 26 horizontal to vertical spectral ratio..... 49
Figura 27 H/V time history..... 49
Figura 28 single component spectra 49
Figura 29 experimental Vs. synthetic H/V 50
Figura 30 horizontal to vertical spectral ratio..... 53
Figura 31 H/V time history..... 53
Figura 32 single component spectra 53
Figura 33 experimental Vs. synthetic H/V 54
Figura 34 horizontal to vertical spectral ratio..... 56
Figura 35 H/V time history..... 56
Figura 36 single component spectra 56
Figura 37 experimental Vs. synthetic H/V 57
Figura 38 horizontal to vertical spectral ratio..... 59
Figura 39 H/V time history..... 60
Figura 40 single component spectra 60
Figura 41 experimental Vs. synthetic H/V 60
Figura 42 horizontal to vertical spectral ratio..... 63
Figura 43 H/V time history..... 63
Figura 44 single component spectra 63
Figura 45 experimental Vs. synthetic H/V 64
Figura 46 sismostrati e Vs30 misurata stazione 1 66
Figura 47 sismostrati e Vs30 misurata stazione 2 66
Figura 48 sismostrati e Vs30 misurata stazione 3 66
Figura 49 sismostrati e Vs30 misurata stazione 4 67
Figura 50 sismostrati e Vs30 misurata stazione 5 67
Figura 51 sismostrati e Vs30 misurata stazione 6 67
Figura 52 sismostrati e Vs30 misurata stazione 7 67
Figura 53 sismostrati e Vs30 misurata stazione 8 67
Figura 54 sismostrati e Vs30 misurata stazione 9 68
Figura 55 Scenari di pericolosità sismica locale..... 71
Figura 56 Classi di pericolosità per ogni scenario di pericolosità sismica locale 72
Figura 57Stralcio della "Carta delle precipitazioni massime annue del territorio alpino lombardo (registrate nel periodo 1891 – 1990)", Nel cerchio rosso l'area occupata dai bacini imbriferi dei torrenti Maroggia, Finale e Caldenno..... 78
Figura 58 stralcio della carta delle precipitazioni massime annue..... 79
Figura 59 stralcio della carta delle precipitazioni medie annue 79
Figura 60 stralcio della carta delle precipitazioni minime annue..... 80
Figura 61 stralcio catasto Valanghe 81
Figura 62 Stralcio della carta di inquadramento raffigurante le 3 sorgenti "Vignone"..... 82
Figura 63 Stralcio della carta di inquadramento raffigurante le 4 sorgenti "Caldenno"..... 82
Figura 64 stralcio IFFI 115
Figura 65 carta estratta dal catasto dei fenomeni Franosi della Regione Lombardia (dicembre 2007)..... 116

1. PREMESSA

Il Comune di Berbenno di Valtellina è già dotato di uno studio geologico approvato e redatto ai sensi della LEGGE REGIONALE 24 Novembre 1997 - N. 41 **Prevenzione del rischio geologico, idrogeologico e sismico mediante strumenti urbanistici generali e loro varianti** che ha imposto specifiche indagini secondo uno schema approvato con Delibera della Giunta Regionale n° VI/37918 del 6 agosto 1998 "***Criteri ed indirizzi relativi alla componente geologica nella pianificazione comunale***".

In definitiva, per conseguire la condizione d'esonero ai sensi dell'art. 18 delle NdA del PAI, il comune di Berbenno ha dovuto inviare il *quadro del dissesto risultante su tutto il territorio comunale con legenda uniformata a quella del PAI alla Giunta Regionale D.G. Territorio ed Urbanistica entro i termini previsti.*

Successivamente allo schema approvato con Delibera della Giunta Regionale n° 8/7374 del 28 maggio 2008 "***aggiornamento dei Criteri ed indirizzi relativi alla componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di governo del Territorio, in attuazione dell' art. 57, comma 1 della l.r. 11 marzo 2005, n.12 " approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005 n. 8/1566***, si è reso necessario l'aggiornamento dello studio geologico.

Il precedente studio geologico ha avuto come fine ultimo quello di verificare e correggere lo studio geologico di supporto al piano urbanistico del Comune di Berbenno in modo da aggiornarlo secondo le attuali normative, tenendo conto dei risultati ottenuti durante la studio effettuato per la stesura del "quadro del dissesto" precedentemente menzionato.

Le direttive utilizzate durante la redazione del precedente studio sono quelle indicate nella Deliberazione Giunta Regionale 29 ottobre 2001 – N° 7/6645 – **Approvazione direttive per la redazione dello studio geologico ai sensi dell'art. 3 della l.r. 41/97**.

Le indagini sono state eseguite anche ai sensi di quanto indicato nell'attuale legislazione e, in particolare, della legge n 64 del 2 febbraio 1974 e dei relativi decreti attuativi[1].

Il D.M 11 marzo 1988 prescrive infatti al punto H. FATTIBILITÀ GEOTECNICA DI OPERE SU GRANDI AREE:

> H.1. *Oggetto delle norme*
> Le presenti norme comprendono i criteri di carattere geotecnico da adottare nell' elaborazione di piani urbanistici e nel progetto di insiemi di manufatti che interessano ampie superfici e che possono comportare variazioni significative nelle condizioni del sottosuolo, quali:
> *a*) nuovi insediamenti urbani o civili o industriali
> *b*) ristrutturazione di insediamenti già esistenti ...
> *i)* bonifiche e sistemazioni .

e secondo quanto indicato dalla Regione Lombardia che con circolare n 17780 del 21 luglio 1983 indirizzata a tutti i comuni stabilì che:

> ....
> *Pertanto lo strumento di disciplina urbanistica in oggetto dovrà essere integrato da una perizia geologica particolareggiata, predisposta da un tecnico geologo, contenente l'esame geotecnico relativo alla staticità dei terreni.*

E con i nuovi criteri indicati nel TESTO UNITARIO NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI 23 settembre 2005, n. 222

Le nuove normative riferite al Governo del Territorio impongono approfondimenti di studi in particolare in riferimento alla zonizzazione sismica.

Quindi, all'interno del programma di predisposizione del nuovo Piano di Governo del Territorio comunale, si è provveduto ad effettuare le indagini e prospezioni necessarie per proporre un aggiornamento dei principali documenti cartografici integrando lo stesso con riferimento alla vigente nuova normativa, ovvero una nuova analisi territoriale

---

1 **D.M. 11 marzo 1988 (sup.ord. G.U. n.127 del 1-6- 1988)**
Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilita` dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l' esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

volta non alla mera eventuale modifica della carta di fattibilità ma ad un critico esame ed aggiornamento di un documento a supporto del nuovo PGT.

Lo studio è stato eseguito in conformità con gli indirizzi di natura geologica contenute nella delibera di Giunta Regionale relativi 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***"

2. FINALITÀ E METODOLOGIA

La finalità della presente relazione è quella di fornire all'amministrazione comunale un potente strumento di controllo e di supporto al Piano di Governo del Territorio. Questo aspetto è di particolare importanza, in quanto la relazione geologica diviene un fondamentale strumento per la salvaguardia e la tutela del territorio e dei suoi abitanti, nonché un indispensabile punto di partenza per l'esecuzione di futuri studi specialistici più approfonditi riguardanti il territorio comunale.

La parte più impegnativa di un'indagine di questo tipo è la realizzazione delle carte tematiche che rappresentano, in effetti, l'attrezzo di maggior utilizzo e supporto al Piano di Governo del Territorio.

La creazione delle carte allegate a questa relazione è il risultato dell'integrazione di molti dati, in parte già presenti in archivio, in parte ottenuti dalla Struttura Rischi Geologici della Regione Lombardia, in parte forniti dal Comune e in parte rilevati ex-novo.

L'interpolazione di tutte queste informazioni, avvenuta per via informatica ma sempre controllata da attente considerazioni geologiche, ha permesso la realizzazione delle carte richieste dalla normativa citata in precedenza.

Le carte che sono state prodotte sono:

- Carta d'inquadramento geologico morfologico (G1 scala 1:10.000)
- Inventario dei fenomeni franosi (Tratto da IFFI Regione Lombardia giugno 2011) (G2 scala 1:10.000)
- Carta dei Vincoli (G3 scala 1:10.000) (aggiornata maggio 2012)
- Carta della pericolosità sismica locale (G4 scala 1:10.000) (aggiornata maggio 2012)
- Carta di sintesi (G5 scala 1:10.000) (aggiornata maggio 2012)
- Carta della fattibilità e delle azioni del piano (F0 scala 1:10.000 e F1 - F18 scala 1:2.000) (aggiornata maggio 2012)
- Carta della fattibilità con sovrapposta la pericolosità sismica locale (G6 scala 1:10.000) (aggiornata maggio 2012)
- Carta del dissesto con legenda uniformata PAI (G7 scala 1:10.000) (maggio 2012) .

Per ognuna di queste carte, all'interno della presente relazione, è stato sviluppato un paragrafo con descritte, in maniera approfondita, le metodologie adottate durante la loro stesura.

Oltre alle carte sopra elencate, sono forniti alcuni fascicoli (riguardanti conoidi, sorgenti e frane) costituiti da varie schede compilate per integrare i dati presenti nell'archivio comunale.

2.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il Comune di Berbenno ha una superficie di 3570 ha così suddivisa per classi di altitudine, secondo lo schema tratto da CCIAA (1974) :

Quota m slm	ha
0-500	930
501-1000	555
1001-1500	690
1501-2000	630
>2000	765

Il territorio comunale si estende dunque dal fondovalle fino a oltre quota 2500 ed è caratterizzato da un alternarsi di litofacies parallele all' andamento del lineamento insubrico.

Tra le coperture quaternarie, quelle moreniche ne rappresentano la parte principale, in quanto potenti coltri ricoprono i versanti.

Il reticolo idrografico è particolarmente inciso e fitto nella zona di Pedemonte, dove i torrenti hanno intaccato i depositi morenici e fluvioglaciali fino a raggiungere il substrato roccioso.

Nella stralcio della carta geologica qui di seguito allegata tratta da "*Carta geologica d' Italia foglio 7-18*" si osservano:

ml-formazione della punta di Pietra Rossa: micascisti muscovitici-cloritici, spesso granatiferi, localmente tormaliniferi, con noduli e lenti di quarzo latteo; gneiss minuti biotitici, talora granatiferi ed anfibolici; **go²** gneiss con fiamme di biotite

gab-gneiss di Morbegno : gneiss biotitici a noduli di albite, granatiferi, talora staurolitici o sillimanitici, passanti a tipi quarzitici; localmente micascisti granatiferi a stasurolite e cianite macroscopiche;

gγ-gneiss del M. Rolla: si tratta di gneiss granitici e granodioritici, talora occhiadini; graniti a tessitura piu` o meno orientata, a volte con facies porfirica per fenocristalli di felspato potassico;

mg - **gneiss del M. Canale**: gneiss e micascisti muscovitico-epidotici, sovente cloritici o quarzitici, localmente anfibolici, con frequenti passaggi a gneiss occhiadini;

gsl- -gneiss del Monte Tonale: gneiss e micascisti a due miche o prevalentemente biotitici, generalmente sillimanitici e spesso granatiferi, talora iniettati a letto a letto da vene quarzoso- feldspatiche; gneiss scuri a larghe lamine di muscovite lungo le linee di dislocazione;

γg-**diorite del pizzo Bernina**: dioriti e granodiorite localmente felspatizzate fortemente cataclasiche a grana medio fine talora con tessitura orientata;

al- alluvioni di fondovalle e conoidi di deiezione

dp – depositi palustri talora torbosi

mo- morene e principali cordoni morenici

md – depositi morenici misti a detrito

md – depositi morenici misti a detrito

dt – detriti di falda

dt – detriti di falda

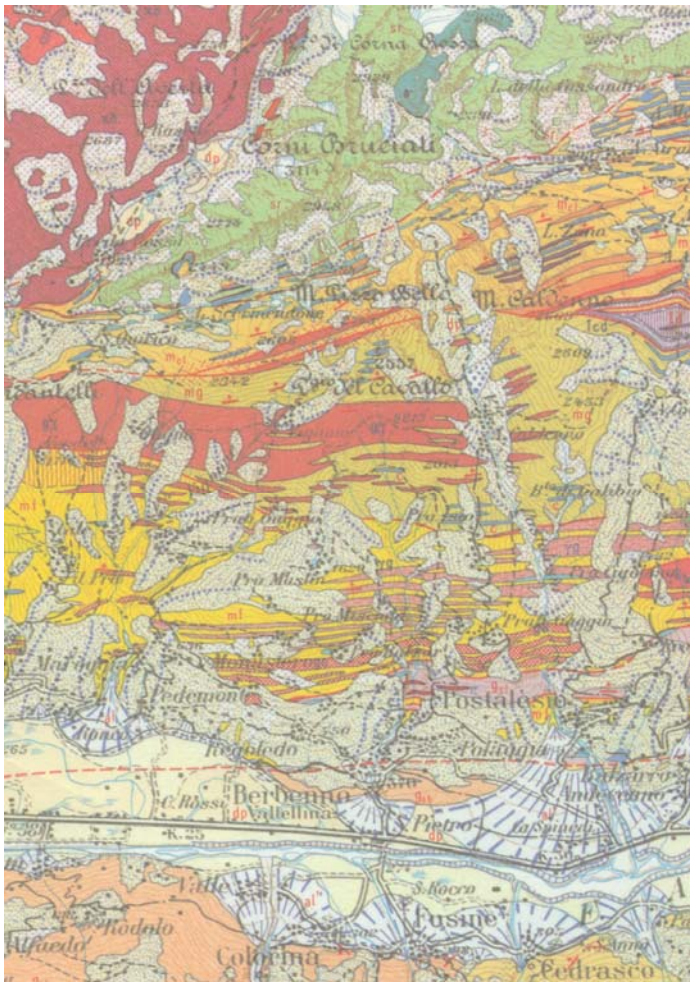
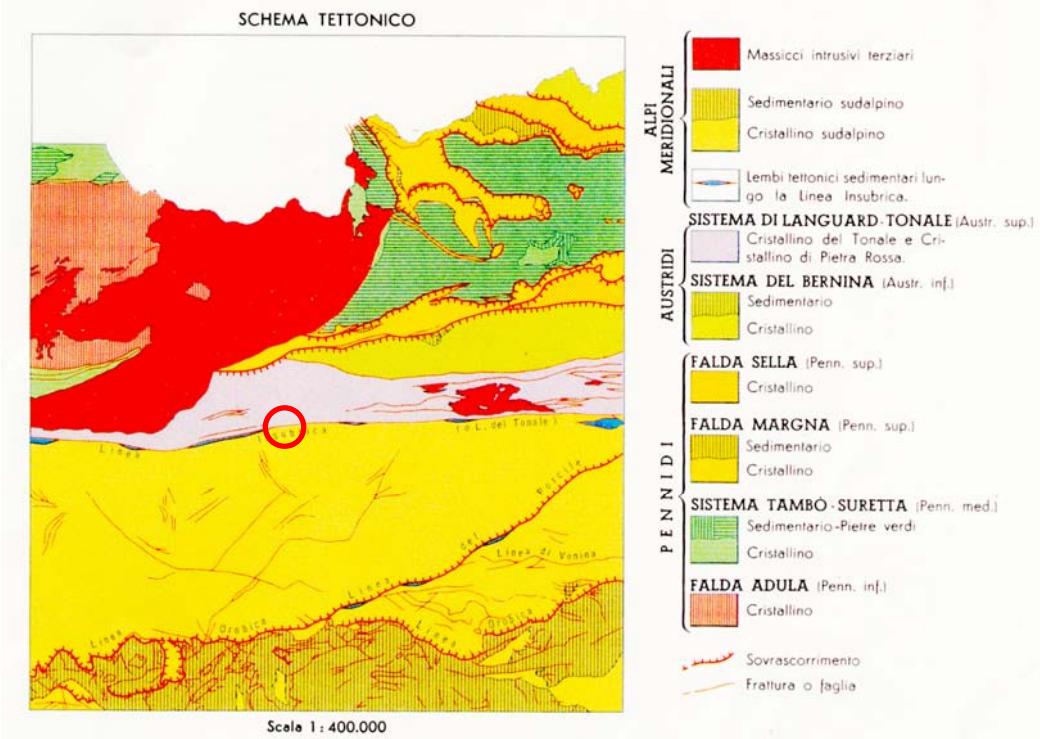


Figura 1Stralcio della Carta geologica rappresentante l'area occupata dai bacini imbriferi. Si notano le tre Conoidi principali: da ovest verso est si ritrovano: torrente Maroggia, Finale e Caldenno

La figura sottostante ripresa dalla Carta Geologica d' Italia riporta lo schema tettonico della zona:



Dal punto di vista morfologico, non vi sono grandi dissesti all'interno dell'area analizzata, fatta eccezione per la frana Capin, che sebbene posizionata completamente all'interno del Comune limitrofo di Postalesio, scarica direttamente nel Torrente Caldenno i suoi detriti. Va ricordato però che la parte di conoide costruita del torrente Caldenno e facente parte del Comune di Berbenno è una minima porzione marginale di questa e relativamente lontana dal corso d'acqua. Ancora, i fenomeni di dissesto idrogeologico avvenuti in passato, in particolare in corrispondenza dell' alluvione del 1987, nel 2000 e nel 2002, sono sempre stati legati a fenomeni di trasporto di massa lungo le vallette che solcano il versante, in particolare nella zona compresa tra le conoidi del torrente Finale e quella del torrente Maroggia.

Foto 1 Panoramica della zona compresa tra la conoide del torrente Maroggia (a sinistra), ed il torrente Finale (a destra, fuori foto).

Foto 2 il territorio di Berbenno durante l'alluvione del 1987.

I corsi d' acqua principali e le vallette sono state oggetto di numerosi interventi di sistemazione, che hanno elevato il fattore di sicurezza. Attualmente sono in corso altri lavori di sistemazione, specificatamente sull'asta e bacino del torrente Finale.

Nella zona dei Piasci è stato posizionato un sistema di monitoraggio con tre piezometri che controllano il livello della falda freatica.

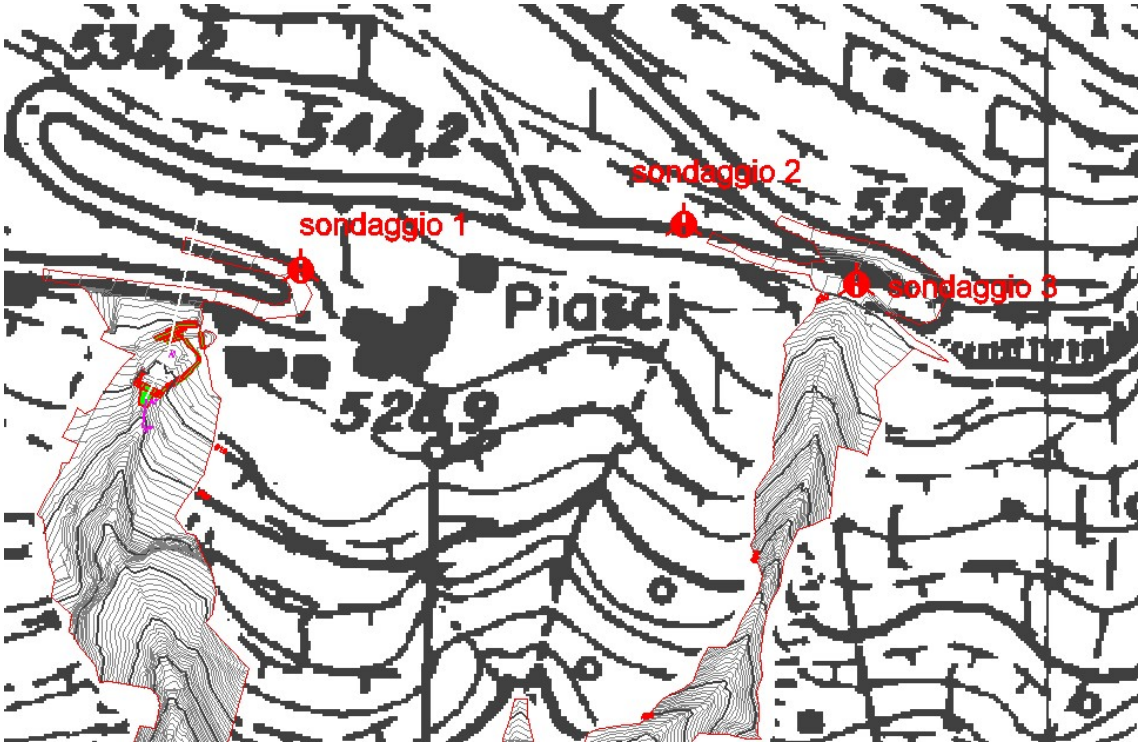


Figura 2 ubicazione piezometri

2.2 CARTOGRAFIA

Come base cartografica per lo studio geologico generale è stata usata la carta tecnica regionale per la carta di inquadramento e le nuove CTR della Comunità Montana di Valtellina. Il territorio comunale ricade totalmente nei fogli C3c1, C3c2, C3b1, C3b2, C2c5.

3. RICERCA STORICA E SINTESI BIBLIOGRAFICA

Durante la fase di ricerca è stata effettuata un'analisi storica di tutte le notizie che riguardano eventi calamitosi che hanno interessato in passato il territorio comunale di Berbenno, utilizzando le seguenti fonti:

- Agostani S., Laffi R., Sciesa E. (1997)"Centri abitati instabili della provincia di Sondrio" - Consiglio Nazionale delle Ricerche – Gruppo nazionale per la difesa dalle catastrofi idrogeologiche.
- l'Archivio Valtellina della Biblioteca comunale di Sondrio;
- M. Govi O. Turitto (1994) *"Ricerche bibliografiche per un catalogo sulle inondazioni, piene torrentizie e frane in Valtellina e Valchiavenna"* - Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica nel Bacino Padano (IRPI),.
- Carta inventario degli eventi storici. Regione Lombardia, Struttura rischi geologici (aggiornamento 2002),

Nella tabella seguente vengono indicati i fenomeni storici noti di particolare rilevanza che hanno interessato l'area occupata del territorio comunale.

Data	Tipologia evento
1884	Due frazioni del Comune di Postalesio investite da *debris_flow*.
08/1906	Danni da trasporto solido dei torrenti ed erosione superficiale.
08/1911	Nubifragio colpisce anche Berbenno.
08/1950	Erosione ed allagamenti del torrente Finale in centro a Berbenno.
08/1951	Frane, allagamenti ed alluvionamenti a Berbenno
1956	Piena del Fiume Adda
11/1960	Abitato di Pedemonte minacciato da un *debris_flow*
07/1985	Piena torrentizia e alluvionamento a Ronco e Pedemonte.

Tabella 1 Fenomeni storici che hanno interessato il territorio comunale.

In realtà, nella documentazione consultata, sono stati ritrovati altri eventi antichi, soprattutto di piena eccezionale. All'interno di questo studio, si vogliono però mettere in evidenza soprattutto gli avvenimenti più recenti, ricordando che attualmente quasi tutti i collettori sono interessati da opere idrauliche. In questo modo diventa importante registrare gli eventi avvenuti dopo la costruzione di tali opere, in quanto in precedenza, le conoidi erano totalmente in balia dei "capricci" dei propri torrenti.

Dalla consultazione delle varie fonti precedentemente elencate è risultato come il territorio del Comune di Berbenno sia stato interessato, durante gli anni, da numerosi eventi franosi; tali eventi sono stati inseriti all'interno della carta di inquadramento alla quale è stato affiancato un *database*. In pratica ad ogni frana è stato assegnato un numero di identificazione (id) e sono state descritte tutte le caratteristiche note. Questi dati forniti dalla Regione Lombardia, Struttura Rischi Geologici (aggiornamento 2007), coprono tutta la Valtellina e quindi, una volta analizzati e filtrati in modo da dare solamente le informazioni necessarie, sono stati raccolti ed inseriti in un fascicolo allegato alla presente relazione (allegato B).

L'identificazione del fenomeno franoso in carta avviene tramite una stringa alfanumerica che indica il numero progressivo della frana, la tipologia di movimento ed il tipo di materiale.

La tabella seguente mostra il significato delle varie sigle che si ritrovano sulla carta di inquadramento: in questa sono affiancate dal punto indicante il luogo in cui è avvenuto l'evento:

Sigla	TIPO	Sigla	MATERIALE
Cr	Crollo	Ro	Roccia
Cld	Colata detritica	M	Misto
S	Scivolamenti	T	Terreno
E	Erosione	NC	Non classificato
C	Complesso		
Adiff	Area a franosità diffusa		
Clt	Colata di terra		
NC	Non classificato		

La sigla è preceduta da un id di classificazione (**ID**) di quattro cifre fornito dalla Regione e seguito da un numero (**N°**) progressivo di 3 cifre che indica anch'esso la singola frana; ad esempio 2110 Cr Ro 630.

In questo modo è stato possibile fornire una documentazione storica riguardante i dissesti nel territorio di Berbenno.

Da questi dati si evince che gli ultimi eventi di proporzioni ragguardevoli che hanno interessato il comune sono avvenuti in concomitanza con le alluvioni del 1987 e del novembre 2000.

La **terminologia adottata** nella descrizione dello stato di attività è basata sulle raccomandazioni del Wp/Wli (1993a) e del Glossario Internazionale delle frane (Wp/Wli, 1993b), tradotto in Italiano in Canuti & Esu (1995), in Canuti & Casagli (1994) e riproposto più recentemente in Cruden & Varnes (1996).

Per quanto riguarda lo stato di attività, occorre premettere che in natura esiste una **vasta gamma di possibilità e variabili** che con difficoltà può essere descritta con pochi e sintetici termini. Ciononostante, il Gruppo di Lavoro Iffi ritiene che la terminologia adottata presenti il migliore grado di versatilità e sintesi in relazione a questo uso specifico, avendo nel contempo il pregio di uniformare a livello internazionale criteri e definizioni. Per quest'ultimo motivo si è ritenuto di limitare al massimo le modifiche rispetto alla bibliografia preesistente, uniformandosi il più possibile alla versione più recente di Cruden & Varnes (1996).

Lo stato di attività dei fenomeni franosi può essere descritto con i seguenti termini:

1. ***attivo*** (*active*): fenomeno attualmente in movimento
2. ***sospeso*** (*suspended*): fenomeno che si è mosso entro l'ultimo ciclo stagionale ma che non si muove attualmente
3. ***riattivato*** (*reactivated*): movimento di nuovo attivo dopo essere stato inattivo
4. ***quiescente*** (*dormant*): frana inattiva che può essere riattivata dalle sue cause originali; fenomeno per il quale permangono le cause del movimento

5. ***naturalmente stabilizzato*** (*abandoned*): frana inattiva che non è più influenzata dalle sue cause originali; fenomeno per il quale le cause del movimento sono state naturalmente rimosse
6. ***artificialmente stabilizzato*** (*stabilized*): frana inattiva che è stata protetta dalle sue cause originali da misure di stabilizzazione
7. ***relitto*** (*relict*) (sinonimo: *paleofrana*): frana inattiva che si è sviluppata in condizioni geomorfologiche o climatiche considerevolmente diverse dalle attuali.

Schede Conoide

Come allegato alla carta di inquadramento generale sono state compilate le schede delle conoidi alluvionali individuate dai tecnici della Regione Lombardia all'interno del territorio comunale.

Sono state individuate diverse conoidi (16), di cui solo 3 hanno dimensioni ragguardevoli; queste sono, da ovest verso est, la conoide del torrente Maroggia, quella del torrente Finale e quella del Caldenno.

I dati morfometrici di conoidi e bacini sono stati calcolati utilizzando il calcolatore, mentre le altre informazioni presenti sulle schede sono state inserite durante la campagna di rilevamento.

All' interno dell'allegato "Schede conoidi" sono stati riassunti i dati raccolti; inoltre sono state aggiunte alcune immagini che descrivono la situazione attuale delle opere idrauliche presenti sulle conoidi. La mancanza di alcune voci dalle schede conoidi dipende da diversi fattori, come per esempio l'elevata antropizzazione della conoide, che ne hanno falsato i valori o dalla non rilevabilità del dato stesso o ancora dal tipo di attività della conoide.

4. STATO DEL TERRITORIO

4.1 ELEMENTI GEOLOGICI GEOTECNICI E STRUTTURALI

4.1.1 • Carta d'inquadramento geologico morfologico (G1)

La carta di inquadramento è stata redatta per l' intera superficie del territorio comunale utilizzando come base cartografica la Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000.

Tale carta ha lo scopo di inquadrare il territorio comunale dal punto di vista geologico, geomorfologico, idrogeologico e strutturale.

Per questo motivo, sulla base dei dati bibliografici, di archivio integrati con i dati reperiti mediante sopralluoghi e specifiche indagini e confrontati con le fotografie aeree e le ortofotocarte, nella carta di inquadramento sono stati inseriti i seguenti elementi:

a) litologici, geotecnici e pedologici;

Per rappresentare le varie litologie presenti sul territorio sono stati usati dei colori diversi in funzione dell'appartenenza di un ammasso roccioso a un tipo litologico, mettendo in evidenza proprio le caratteristiche litologiche di ogni roccia piuttosto che l' appartenenza ad una particolare unità litostratigrafia.

b) elementi strutturali;

In carta sono stati rappresentati i principali elementi strutturali presenti sul territorio.

c) elementi geomorfologici;

Durante la compilazione della carta geologica sono stati riportati in modo analitico i depositi presenti, le forme di erosione, i fenomeni franosi, cioè in definitiva tutti quegli elementi risultanti dalla dinamica geomorfologica.

Vista la conformazione del territorio occupato dal comune, particolare cura è stata rivolta al rilevamento dei fenomeni franosi; ad ogni singola frana è stato attribuito un codice alfanumerico che indica il numero progressivo della frana, la tipologia di movimento ed il tipo di materiale.

d) elementi idrografici e idrogeologici

In carta è stato riportato il reticolo idrografico principale affiancato da quelli minori individuati o sulla C.T.R. alla scala 1:10000 o sulle carte catastali, ai sensi della l. 1/2000 e successive modificazioni; inoltre sono state indicate le aree di esondazione dei corsi d'acqua principali basandosi sugli ultimi eventi accaduti e facendo riferimento alle fasce di delimitazione fornite dal PAI. All'interno della carta di inquadramento è stata di seguito indicata l'ubicazione dei pozzi idrici, pubblici e privati, delle sorgenti, captate e non, contraddistinte da un codice univoco.

Inoltre per le aree di alimentazione dei punti di captazione si è proceduto classificando i terreni e le rocce secondo aree di permeabilità (permeabilità/vulnerabilità); tale trattazione è esposta nel capitolo 4.3 di questa relazione.

Le informazioni relative alle sorgenti distribuite sul territorio comunale sono state raccolte e inserite all'interno dell'allegato denominato "Schede sorgenti".

Inoltre è stato possibile realizzare una piezometria chiaramente datata del fondovalle, utilizzando dati già presenti in archivio.

Ancora, le aree di salvaguardia delle opere di captazione sono state definite con criterio idrogeologico per quelle zone ove sono o saranno presenti edifici, altrimenti con criterio geometrico, circoscrivendo la zona con due cerchi concentrici aventi rispettivamente raggio di 10 e 200 metri.

Questi dati, in parte già presenti in archivio, sono stati confrontati con i dati provenienti dalla Regione Lombardia, in particolare con la "Carta inventario dei fenomeni franosi e delle coperture" e dall' Inventario dei Fenomeni Franosi italiano aggiornati al 2007.

La documentazione fornita dalla struttura tecnica regionale è stata presa come riferimento assoluto e le carte successivamente sono state elaborate utilizzando tali fonti informative.

Alle varie aree distinte sulla carta di inquadramento sono state assegnate delle sigle e affiancate delle descrizioni che vengono esposte qui di seguito. Le sigle presenti si dividono in sigle numeriche e sigle in lettere, inoltre alcune unità possono essere presenti con l'una o l'altra sigla. Questa organizzazione delle sigle dipende dal fatto che nella realizzazione della carta sono stati utilizzati dati provenienti dall'archivio d'ufficio (contrassegnati con i numeri fra parentesi) e i dati forniti dalla Regione Lombardia, in lettere. Inoltre le descrizioni comprendono sia i corpi geologici (coni di detrito, conoidi alluvionali) sia elementi geomorfologici (crolli, nicchie di frana) sia elementi litologici (graniti, gneiss, ecc…), in quanto la carta di inquadramento, come descritto nel paragrafo precedente, raccoglie vari elementi con lo scopo di inquadrare il territorio comunale dal punto di vista geologico, geomorfologico, idrogeologico e strutturale.

Unità:

KA (1) = Cono detritico non colonizzato attivo: deposito a forma di cono, di ventaglio in pianta e convesso in sezione, posto ai piedi delle pareti rocciose. Il deposito è costituito da sedimenti detritici di granulometria variabile generalmente spigolosi e di natura simile alla roccia da cui si sono distaccati, dovuti prevalentemente a crolli e a cadute di massi. Il deposito risulta essere privo di copertura vegetale con evidenti segni di attività morfologica.

KQ (2) = Cono detritico parzialmente colonizzato inattivo: presenta le stesse caratteristiche del deposito precedente con l'eccezione di essere parzialmente colonizzato da vegetazione pioniera con possibili, ma limitate e locali, indicazioni di crolli recenti.

D/DA (4) = Falda detritica non colonizzata attiva: più coni detritici possono unirsi lateralmente a formare detriti di falda organizzati in ampie fasce alla base di pareti rocciose, delle scarpate morfologiche e di frana (talus), derivate dall'accumulo che cade da queste per gravità.
Il deposito è costituito da blocchi, ciottoli e ghiaia a clasti spigolosi e natura simile alla roccia da cui si sono distaccati; inoltre risulta essere privo di copertura vegetale o arborea.

(9) = Detrito non colonizzato: più coni detritici possono unirsi lateralmente a formare detriti di falda alla base di pareti rocciose, delle scarpate morfologiche e di fra-

na (talus). Il deposito è costituito da blocchi, ciottoli e ghiaia a clasti spigolosi e natura simile alla roccia da cui si sono distaccati; inoltre risulta essere privo di copertura vegetale o arborea. Queste unità non specificano il grado di attività, anche se la mancanza di vegetazione le avvicina al tipo DA.

DQ (10) = Detrito parzialmente colonizzato: deposito del tutto simile al precedente, caratterizzato però da parziale copertura vegetale.

CA (7) = Conoide di deiezione non colonizzato attivo (Conoide alluvionale attivo): deposito dalla forma di cono, di ventaglio in pianta e convesso in sezione, posto allo sbocco dei tributari nelle valli principali. È costituito da sedimenti clastici eterogenei di granulometria variabile ed è sede di processi di trasporto di massa (colate di detrito) e di processi idraulici.
Il deposito si presenta privo di copertura vegetale e con segni di attività morfologica ed idraulica.

CR (8) = Conoide di deiezione colonizzato inattivo (Conoide alluvionale relitto): deposito del tutto simile al precedente, caratterizzato però da copertura vegetale e privo di segni di attività morfologica ed idraulica; rientrano in questa unità le conoidi smantellate da erosione incanalata o da fenomeni franosi e che si presentano sospese di alcune decine di metri rispetto al fondovalle locale.

CQ = Conoide alluvionale quiescente: deposito dalla forma di cono, di ventaglio in pianta e convesso in sezione, posto allo sbocco dei tributari nelle valli principali. È costituito da sedimenti clastici eterogenei di granulometria variabile; rientrano in questa unità le conoidi parzialmente colonizzate dalla vegetazione, prive di attività morfologica o idraulica.

CP = Conoide alluvionale quiescente pericolosa: deposito del tutto simile al precedente ma che si è riattivato in seguito ad eventi eccezionali, spesso caratterizzati dalla presenza di paleoalvei riconoscibili dalle foto aeree.

C1A = Conoide di debris_flow attivo: deposito dalla forma di cono, di ventaglio in pianta e convesso in sezione, posto allo sbocco dei tributari nelle valli principali. È costituito da sedimenti clastici eterogenei di granulometria variabile ed è sede di processi di trasporto di massa (colate di detrito) e di processi idraulici.
Il deposito si presenta privo di copertura vegetale e con segni di attività morfologica ed idraulica.

C1Q = Conoide di debris_flow quiescente: deposito simile al precedente ma parzialmente colonizzato dalla vegetazione e privo di attività morfologica o idraulica.

A (12) = Alluvione attuale: depositi attuali di fondovalle; materiale soggetto ad erosione, trasporto e deposito per azione delle acque correnti attuali costituenti gli alvei dei corsi d'acqua. È costituito da ghiaie grossolane e clasti più o meno arrotondati, con lenti di ghiaie e sabbie.

(13) = Alluvione recente: depositi fluviali recenti di fondovalle; depositi di ambiente continentale p, per lo più sciolti, a granulometria grossolana ed estremamente permeabili. Possono contenere livelli di suoli sepolti.

N = Alluvioni anastomizzate.

(17) = Deposito torboso: deposito costituito da materiale organico mineralizzato (torba), correlabile a bacini lacustri d'acque basse in fase di interramento.

(18) = Deposito morenico: accumulo marcatamente eterogeneo di ghiaie, ciottoli e massi con matrice sabbioso-limosa in quantità variabile, solo localmente superiori alla quantità dei clasti, deposto dai ghiacciai, che hanno occupato e modellato le valli.

(24) = Cordone morenico: deposito morenico organizzato in cordoni.

(GA) = Depositi morenici, periglaciali(rock glaciers), nivali (nivomorene) e fluvioglaciali indistinti in genere privi di copertura vegetale (attività A).

SR = Scorrimenti o scivolamenti relitti: sono frane per le quali è possibile riconoscere un movimento lungo una superficie di rottura anche complessa, di forma arcuata, concava verso l'alto o planare corrispondente a discontinuità litologiche, tettoniche o strutturali, ormai inattive da diverso tempo e quindi assestate.

SA (26) = Accumulo di frana di scivolamento non colonizzato: accumulo di materiale sciolto, franato in tempi recenti dal pendio sovrastante a causa di fenomeni di scorrimento/scivolamento; il deposito, costituito da abbondante matrice limosa-argillosa con pezzami lapidei disordinatamente diffusi, non è coperto da vegetazione presenta una certa freschezza morfologica. Con la stessa sigla viene definita anche l'area della nicchia di distacco.

SQ (27) = Accumulo di frana di scivolamento non colonizzato: accumulo di materiale sciolto, franato in tempi recenti dal pendio sovrastante a causa di fenomeni di scorrimento/scivolamento; il deposito, costituito da abbondante matrice limosa-argillosa con pezzami lapidei disordinatamente diffusi, è ricoperto da vegetazione e non presenta freschezza morfologica. Con la stessa sigla viene definita anche l'area della nicchia di distacco.

XAR (28) = Frane complesse accumulo relitto (accumulo di paleofrana): sono frane nelle quali è possibile riconoscere due tipologie di movimento. Si innescano generalmente come scorrimenti o crolli che successivamente si disarticolano evolvendo in colate, debris flow, dei quali spesso è visibile solo il canale di trasporto, o in valanghe di roccia. Generalmente presentano grosse scarpate nelle zone di distacco. Il deposito è costituito da materiale eterogeneo con abbondante matrice limoso argillosa e pezzami lapidei disordinatamente diffusi, colonizzato da vegetazione.

XNR = Frane complesse nicchia relitta: sono le zone di nicchia dei depositi descritti appena sopra.
XR = comprende XAR e XNR, frane complesse relitte dove non è stata distinta la nicchia dalla zona di accumulo.

MA = Conoide misto attivo: deposito dalla forma di cono, di ventaglio in pianta e convesso in sezione, posto allo sbocco dei tributari nelle valli principali. È costituito da sedimenti clastici eterogenei di granulometria variabile ed è sede di processi di trasporto di massa (colate di detrito) e di processi idraulici.

Il deposito si presenta privo di copertura vegetale e con segni di attività morfologica ed idraulica.

MQ = Conoide misto quiescente: deposito dalla forma di cono, di ventaglio in pianta e convesso in sezione, posto allo sbocco dei tributari nelle valli principali. È costituito da sedimenti clastici eterogenei di granulometria variabile; rientrano in questa unità le conoidi parzialmente colonizzate dalla vegetazione, prive di attività morfologica o idraulica.

R = Crolli: distacco di roccia o di detrito da pareti rocciose, da scarpate morfologiche o di frana. Il moto del materiale è avvenuto per scivolamento o per caduta nella zona di distacco ed in modo complesso (scivolamento, rimbalzo, rotolio, flusso, ecc…) nelle zone di trasporto e deposizione. Singoli blocchi possono essersi mossi in caduta libera, per salti, per rimbalzi o per rotolamenti.

RA = accumulo da crollo
RN = nicchia

RI = Crolli isolati: crolli per i quali si è distinta una zona sorgente da una zona di accumulo.

FA = Accumulo da debris_flow attivo: deposito costituito un prevalenza da detriti di granulometria variabile, da medio fine a grossolana. Le colate di detrito interessano sia i versanti aperti che gli impluvi, e particolarmente i tratti di rete idrografica di ordine inferiore. L'accumulo si presenta privo di copertura vegetale e con evidenti segni di attività morfologica.

FQ = Accumulo da debris_flow quiescente: deposito costituito un prevalenza da detriti di granulometria variabile, da medio fine a grossolana. Le colate di detrito interessano sia i versanti aperti che gli impluvi, e particolarmente i tratti di rete idrografica di ordine inferiore. L'accumulo si parzialmente o completamente colonizzato dalla vegetazione e non presenta segni di attività morfologica.

SDA = Franosità superficiale diffusa attiva: sono aree nelle quali si sviluppano movimenti franosi (scorrimenti superficiali o colate), di dimensioni limitate, generalmente non cartografabili singolarmente. È assente la vegetazione.

HA = Erosione regressiva attiva: aree interessate da evidenti e numerosi fenomeni di erosione superficiale diffusa ed incanalata che interessano i depositi superficiali. Spesso tali fenomeni sono legati a tratti della rete idrografica caratterizzati da fenomeni di scalzamento al piede dei versanti e da morfologie tipiche delle aree calanchive. È assente la vegetazione e sono presenti i segni di un'attività morfologica recente.

Z = Fenomeni antropici: l'unità comprende quelle attività antropiche riconoscibili da foto aeree, di dimensioni cartografabili e che possono influenzare direttamente o indirettamente la stabilità dei versanti (ad esempio: aree di cava, miniere e relative discariche a cielo aperto, movimenti di terra, ecc…).

(85) = Laghi

(63) = Rocce intrusive acide: complesso di rocce ad aspetto massiccio, con buone od ottime caratteristiche meccaniche, che danno origine generalmente ad una mor-

fologia a forte rilievo. Comprendono graniti, granodioriti, tonalità, sieniti, monzoniti.

(69) = Rocce filoniane: sono rocce tipicamente acide, composte da quarzo, ortoclasio e plagioclasio. Si associano frequentemente alla stessa massa eruttiva in forme filoniane di caria potenza oppure, grazie all'estrema fluidità del fluido magmatico, anche nelle masse confinanti, talvolta fini a notevole distanza. Rocce tipiche di questa classe sono le pegmatiti e le apliti.

(70) = Rocce filoniane: all'interno dei micascisti di Scermendone-Ciappanico
colore della roccia varia dal grigio al grigio nerastro.

(73) = Micascisti: rocce scistose composte essenzialmente da quarzo e da minerali micacei. Il progressivo impoverimento in minerali micacei costituisce il passaggio dai micascisti alle quarziti scistose ed alle quarziti p.d.
Si presentano con tessitura piano-scistosa o più spesso lenticolare, con facilità di sfaldatura lungo le superfici di scistosità. (Scisti della Punta di Pietra Rossa)

(74)_ Gneiss all'interno della Formazione Scisti della Punta di Pietra Rossa

(74b)_ Micascisti di Scermendone-Ciappanico

(77) = Serpentiniti ed altre rocce metamorfiche (ultrafemiche): sono rocce di estrema basicità, caratterizzate dalla quasi totale mancanza di quarzo e feldspati nella struttura chimica.
La massa si presenta esclusivamente formata da elementi femici: olivina, pirosseni anfiboli, serpentini. Il colore in affioramento di tali rocce varia dal grigio verdognolo al verde scuro. Questa classe si caratterizza inoltre per l'elevato peso specifico, normalmente superiore a tre. Le serpentiniti presentano inoltre una struttura mascherata da fenomeni di metamorfismo, talvolta così evidenti da dare il nome alla roccia di scisto serpentinoso e permetterne l'uso come scisti tegolari.

(78) = Serpentiniti ed altre rocce metamorfiche (ultrafemiche) : lenti ad anfiboliti.

(79) = Gneiss: rocce complessivamente resistenti alla degradazione che danno luogo a rilievi di media o forte energia. Caratteristiche generalmente buone nella direzione normele al iano di tessitura e scadenti in quella parallela. Questo carattere si manifesta nella morfologia dando lugo a rilievi asimmetrici. (Scisti del Tonale)

(79b) = lenti di gneiss in Micascisti di Scermendone-Ciappanico

(80) = Gneiss: (Gneiss del Monte Canale)

(81) = Rocce metamorfiche carbonatiche : rocce molto degradabili ed erodibili, ad eccezione delle aree dove la componente carbonatica è molto abbondante. La morfologia è influenzata dai piano di scistosità. La coperture eluviale è abbondante sui versanti a franapoggio.

4.1.2 Inventario dei fenomeni franosi (Tratto da IFFI giugno 2011) (G2)

La tavola G2 è stata disegnata riportando le informazioni tratte dall' **Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani** (IFFI) aggiornato al 2011; l'IFFI infatti rappresenta un quadro attuale del dissesto idrogeologico ed è utilizzabile quale strumento conoscitivo del territorio, seppur non determini vincoli specifici sullo stesso.

Il progetto IFFI costituisce il primo inventario omogeneo e aggiornato dei fenomeni franosi sull'intero territorio nazionale

Le conoscenze dedotte dal progetto IFFI sono state utilizzate quali riferimenti per successivi approfondimenti applicati a varie zone del territorio comunale al fine di definirne le caratteristiche e conseguentemente proporre aggiornamenti della cartografia tematica e di vincolo .

Sono censiti fenomeni areali ossia di dimensioni tali che sono rappresentabili in carta, fenomeni lineari ossia fenomeni che si sviluppano lungo corsi d'acqua e/o vallette e fenomeni puntuali ossia fenomeni che per dimensioni sono esattamente cartografabili in mappa e vengono rappresentati da un simbolo.

Il database del IFFI contiene ben 563 dissesti censiti nel Comune di Berbenno di Valtellina.

Nella carta vengono riportati fenomeni di tipo areale, lineare e puntuale

TIPO DI FENOMENO AREALE

crollo/ ribaltamento - *Non viene fatta alcuna distinzione tipologica tra i due tipi di movimento in quanto talvolta il ribaltamento evolve in un crollo in modo tale da non potere valutare in un sopralluogo successivo all'evento, se l'evento stesso sia un originale ribaltamento evoluto in crollo o un crollo tout court. La massa si muove prevalentemente nell'aria, per caduta libera, per salti rimbalzi e per rotolamento, frantumandosi in diversi elementi di pezzatura variabile ed è generalmente caratterizzata da movimento estremamente rapido. Non viene introdotta neppure alcuna distinzione volumetrica, ponendo solo un limite superiore oltre il quale grandi volumi rocciosi, dislocati da rotture istantanee e caratterizzati da spostamenti molto rapidi, inducono, tra i singoli elementi lapidei formatisi per fratturazione intensiva della massa rocciosa dislocata, interazioni caratterizzate da elevati scambi di energia che portano alla formazione di fenomeni tipo "valanga di roccia". Queste ultime verranno classificate come frane complesse.*

scivolamento rotazionale/traslativo *scivolamento rotazionale/traslativo - Anche in questo caso non viene fatta alcuna distinzione tra i due tipi di movimento. Per entrambi il movimento comporta uno spostamento lungo una o più superfici, ove viene superata la resistenza al taglio, oppure entro una zona relativamente sottile caratterizzata da intensa deformazione di taglio. Le superfici di scivolamento sono visibili o ragionevolmente ipotizzabili e possono anche essere ricostruite. Queste frane sono facilmente riconoscibili e*

ben distinguibili quando la massa dislocata non ha dimensioni rilevanti. Nel caso di frane di grandi dimensioni ove sia difficile distinguere la tipologia prevalente di movimento, essendovi spessi transizione da un tipo di movimento ad un altro, è preferibile classificarle tra le frane complesse.

colamento rapido - *dove i movimenti sono generalmente caratterizzati da velocità elevata e interessano perlopiù terreni sciolti in presenza di un significativo contenuto d'acqua. Si tratta di tutti quei fenomeni, generalmente di dimensioni non rilevanti, che si innescano in conseguenza di precipitazioni intense e coinvolgono normalmente i terreni sciolti di copertura, in tutta la loro gamma granulometrica, di versanti caratterizzati da pendenze piuttosto elevate.*

Complesso - *Il movimento risulta dalla combinazione di due o più dei movimenti precedentemente descritti. Gran parte delle frane possono dirsi caratterizzate da movimento complesso, ma in molte di queste è anche possibile distinguere un movimento prevalente che, inquadrato in un preciso contesto geologico e morfo-strutturale dell'area, è quello che le caratterizza tipologicamente. In questo caso è opportuno classificare tali frane sulla base del movimento prevalente.*

aree soggette a crolli/ ribaltamenti diffusi *in aree montuose, caratterizzano la base di pareti e le pareti stesse o versanti molto ripidi, dove si ripetono fenomeni di caduta e scendimento di singoli elementi lapidei o crolli di piccoli ammassi rocciosi, generalmente conseguenti ad uno stato di significativa fratturazione dell'ammasso roccioso e al susseguirsi di cicli stagionali caratterizzati da forte escursione termica. Devono essere circoscritte nell'area, quando possibile, sia la zona sorgente che quella di passaggio e di invasione dei materiali franati.*

aree soggette a frane superficiali diffuse - *Si riferisce a tutti quei settori di versante che in passato sono stati interessati da frane di vario tipo a carico di spessori generalmente limitati dei terreni sciolti di copertura e che si sono innescate contestualmente ad eventi idrometeorologici di forte intensità. Devono essere circoscritte nell'area, quando possibile, sia la zona sorgente che quella di invasione dei materiali franati.*

Lo stato di attività è un elemento descrittivo fondamentale ed è riportato in carta con un retino variamente orientato e colorato per i fenomeni areali e con un codice di colore per i fenomeni lineari e puntuali.

Lo stato di attività è un parametro fondamentale che entra in modo diretto nella compilazione delle carte di fattibilità geologica per le azioni di piano.

STATO ATTIVITA'

Attiva (active): frana attualmente in movimento. Nel caso di aree soggette a crolli, ribaltamenti e sprofondamenti diffusi, il termine attivo potrà essere utilizzato qualora sia alta la frequenza temporale dei singoli fenomeni su tutta l'area.

Riattivata (reactivated): una frana che è di nuovo attiva dopo essere stata inattiva; le frane senza una discernibile storia di precedenti movimenti potranno più semplicemente essere descritte come "attive".

Sospesa (suspended): se si è mossa entro l'ultimo ciclo stagionale ma non è attiva attualmente.

Quiescente (dormant): se si ritiene possibile una sua riattivazione

Relitta (relict): frana originatasi in condizioni geomorfologiche o climatiche considerevolmente diverse dalle attuali, di cui si ritiene impossibile una sua riattivazione per opera di quelle o di altre cause.

Nella carta allegata lo stato di attività è stato suddiviso in Attivo, Quiescente e Relitto.

4.1.3 Carta dei Vincoli (G3)

Come previsto nei 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 la Carta dei vincoli è stata redatta su tutto il territorio comunale in scala 1:10.000

Sono rappresentate su questa carta le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative e piani sovraordinati in vigore di contenuto prettamente geologico con particolare riferimento a:

Vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino ai sensi della l. 183/89 ed in particolare:

- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, approvato con d.p.c.m. 24 maggio 2001 (Elaborato n.8 – Tavole di delimitazione delle Fasce Fluviali);
- Quadro del dissesto come presente nel SIT regionale derivante: dall'aggiornamento effettuato ai sensi dell'art. 18 delle N.d.A. del PAI.
- Aree perimetrate negli Allegati 4.1 e 4.2 all'Elaborato 2 del PAI ("aree rosse" e "aree verdi"), nonché delle aree a rischio idrogeologico molto elevato introdotte con i successivi aggiornamenti al PS267.
- Zone di inedificabilità assoluta e temporanea, introdotte ai sensi della l. 102/90 con d.g.r. n. 6/35038 del 13 marzo 1998: "l. 2 maggio 1990 n. 102, Piano per la difesa del suolo e riassetto idrogeologico della Valtellina e delle adiacenti zone delle province di Bergamo, Brescia e Como.
- Vincoli di polizia idraulica: ai sensi della d.g.r. 25 gennaio 2002, n. 7/7868 e successive modificazioni, sono state riportate le fasce di rispetto individuate nello studio finalizzato all'individuazione del reticolo idrico minore.
- Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile: sono riportate le aree di tutela assoluta e di rispetto, (comprese le porzioni di aree di salvaguardia relative a pozzi e sorgenti dei comuni limitrofi, qualora ricadano

all'interno del territorio del comune in esame), ai sensi del d.lgs. 258/2000, art. 5, comma 4.
Le aree di rispetto sono state individuate con criterio geometrico.

- Geositi: devono essere individuati i beni geologici già soggetti a forme di tutela.

Nelle successive elaborazioni eseguite per ottenere la carta di sintesi e la carta di fattibilità geologica in caso di dissonanza tra la carta dei vincoli e il censimento delle frane IFFI si sono privilegiate le perimetrazioni e le indicazioni riportate nella carta dei vincoli in quanto il censimento IFFI costituisce a tutti gli effetti uno strumento conoscitivo del territorio comunale ma non di vincolo.

4.1.4 Carta della pericolosità sismica locale (G4)

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.

Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 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", pubblicata sulla G.U. n. 105 dell'8 maggio 2003 Supplemento ordinario n. 72, vengono individuate in prima applicazione le zone sismiche sul territorio na-

zionale, e fornite le normative tecniche da adottare per le costruzioni nelle zone sismiche stesse.

Tale Ordinanza è entrata in vigore, per gli aspetti inerenti la classificazione sismica, dal 23 ottobre 2005, data coincidente con l'entrata in vigore del d.m. 14 settembre 2005 "Norme tecniche per le costruzioni", pubblicato sulla G.U. n. 222 del 23 settembre 2005, Supplemento ordinario n. 159.

Il Comune di Berbenno di Valtellina è tra quelli classificati in Zona 4 (bassissima sismicità).

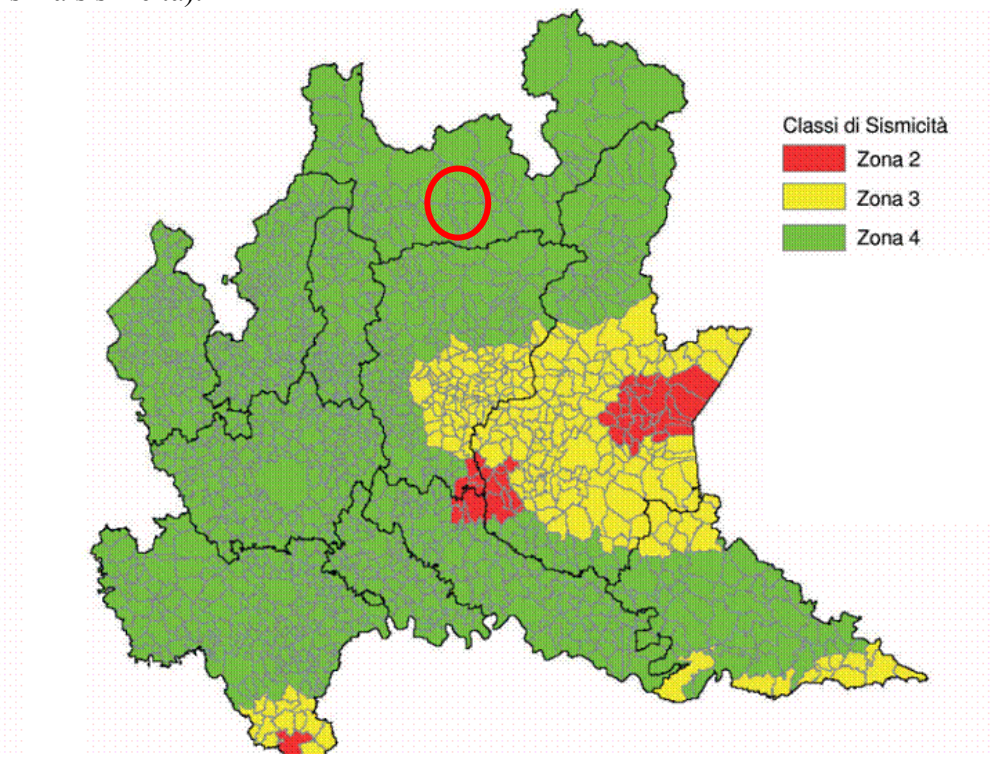


Figura 3 carta del rischio sismico in Lombardia

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, le tipologie del suolo di fondazione vengono suddivise in due gruppi: il primo gruppo è definito da 5 categorie (A, B, C, D, E) di profili stratigrafici, mentre il secondo gruppo comprende 2 categorie (S1, S2) per le quali sono richiesti studi .

Categoria	Profilo Stratigrafico
A	Formazioni litoidi o suolo omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di V_{S30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.
B	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessore di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 360m/s e 800 m/s (o
C	Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{S30} compresi tra 180 m/s 360 m/s (ovvero con $15 < N_{SPT} < 50$, o $70 < c_u <$
D	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a
	mediamente consistenti, caratterizzati da valori di $V_{S30} < 180$ m/s (ovvero con $N_{SPT} < 15$, o $c_u < 70$ kPa).
E	Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, caratterizzati da valori di V_{S30} simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 m e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con $V_{S30} > 800$ m/s.
S1	Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità (PI > 40) e contenuto d'acqua, caratterizzati da valori di $V_{S30} < 100$ m/s (ovvero con $10 < c_u < 20$ kPa).
S2	Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi presedenti.

Figura 4 tabella categorie profili stratigrafici

E' stata condotta sull' territorio comunale una indagine sismica mediante la metodologia passiva per meglio definire le risposte sismiche locali in relazione alla litologia presente.

In totale sono state eseguite 9 stazioni di rilevo sismico ubicate in posizioni ritenute significative dei litotipi presenti nel territorio comunale.

Le misure danno valori utili per la zonizzazione sismica a livello di pianificazione ma come previsto dalla normativa sono raccomandate misure dirette nei siti dove si intende costruire per determinare con esattezza il valore del Vs30 dal quale poi si identificano le categorie di suolo.

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.

Tabella 3.2.II – *Categorie di sottosuolo*

Categoria	Descrizione
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti,* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	*Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m,* posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Figura 5 categorie di sottosuolo tabella 3.2.II delle Norme Tecniche

Per fare questo è necessario conoscere la V_{s30} ossia la velocità media di propagazione delle onde sismiche dei primi 30 metri .

In merito alla determinazione della velocità di propagazione delle onde sismiche la normativa recita: "*La misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio è fortemente raccomandata*".

Le tecniche di sismica passiva a stazione singola forniscono:

a) le frequenze fondamentali di risonanza del sottosuolo,
b) indicazioni 'puntuali' sulla stratigrafia sismica sotto il punto di misura,
c) 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 che per 20 minuti ha monitorato i microtremori sismici successivamente 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 1, 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.

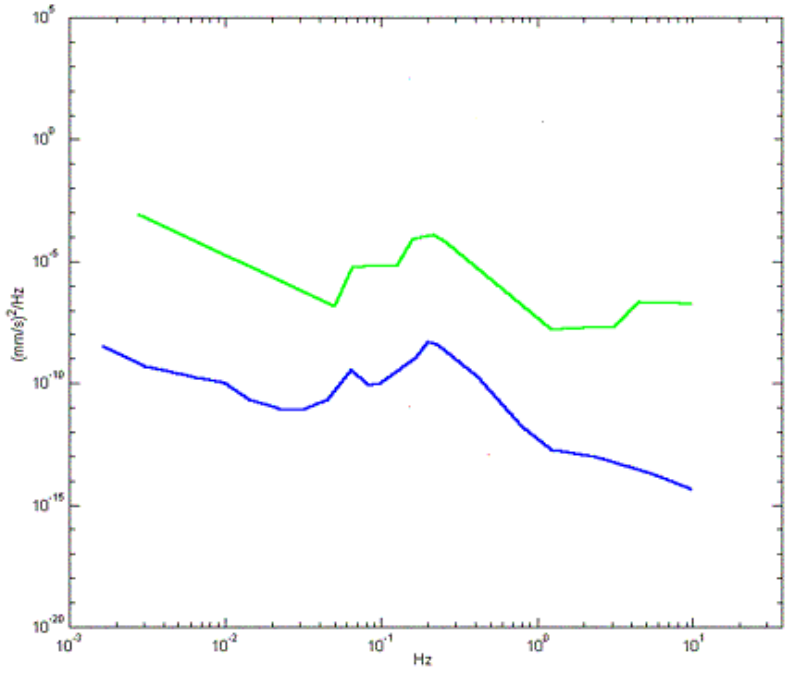


Figura 6 Spettro del rumore sismico (in termini di velocità, componente verticale del moto) minimo e massimo secondo i modelli standard del servizio geologico USA (USGS) (J. Peterson, Observations and Modelling of Background Seismic Noise, Open-file report 93-32

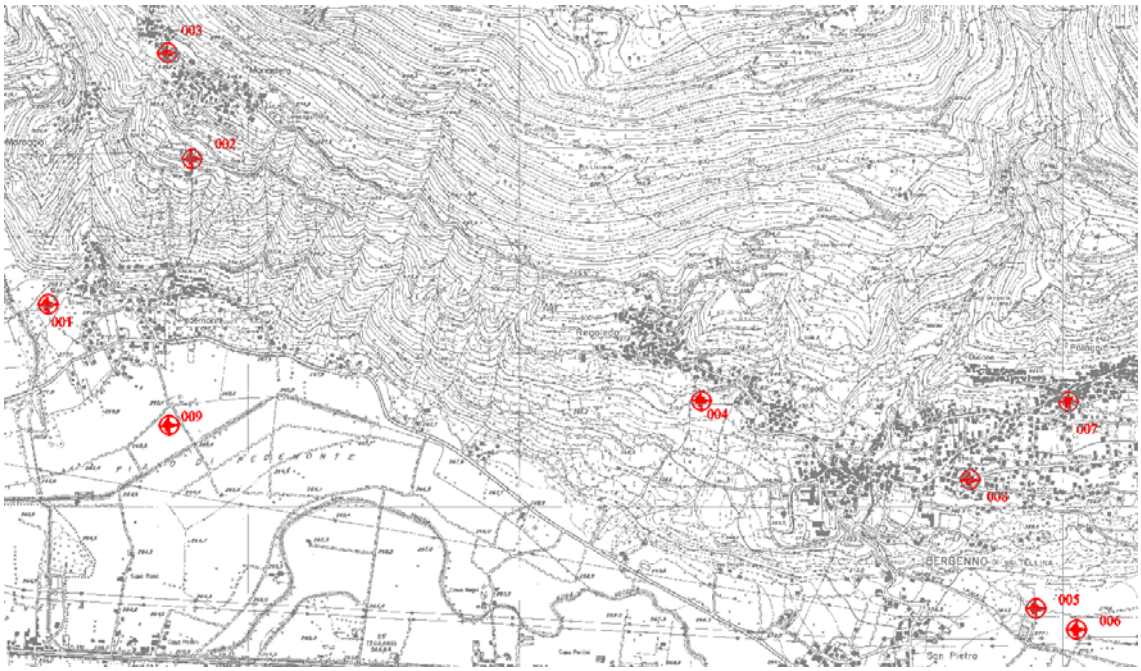


Figura 7 ubicazioni stazioni di misura sismica

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 V0 è la

velocità al tetto dello strato, a un fattore che dipende dalle caratteristiche del sedimento (granulometria, coesione ecc.) e ν 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. In 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).

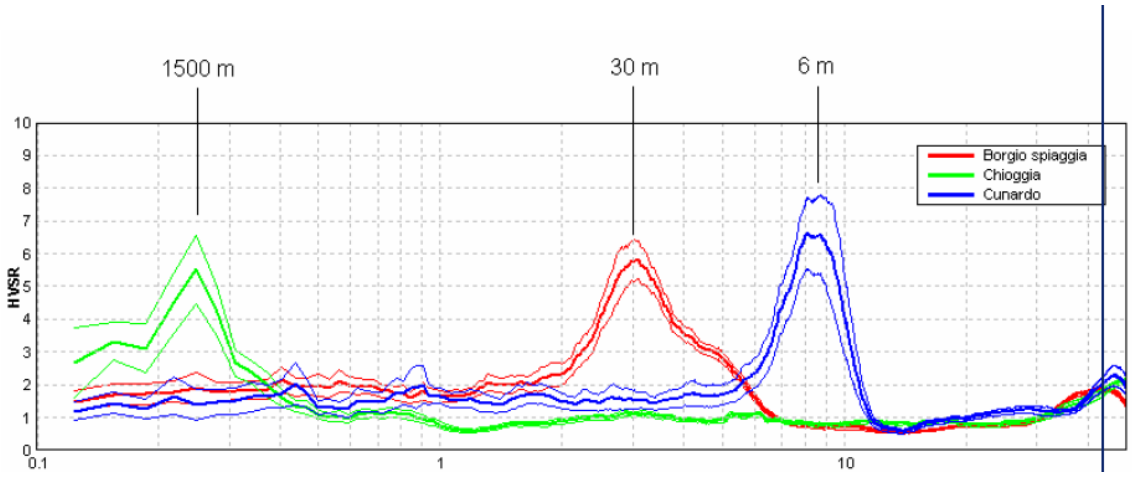


Figura 8 esempio di risposta sismica

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

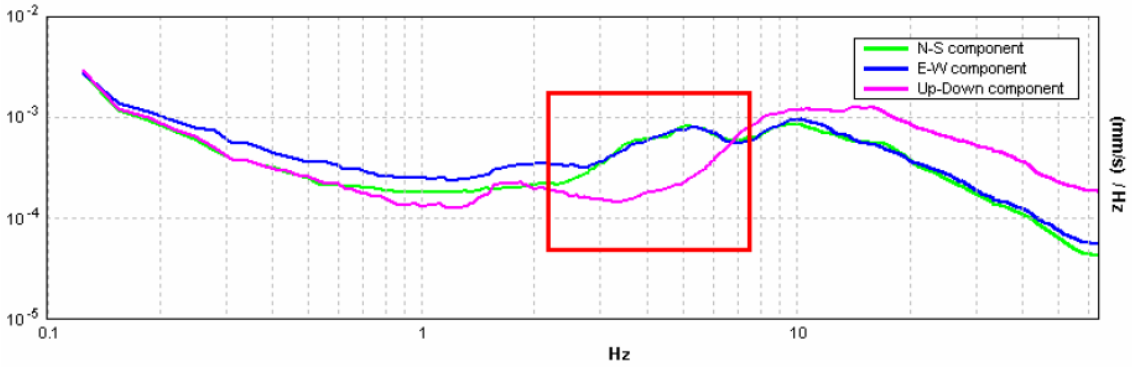


Figura 9 risposta sismica di origine stratigrafica

BERBENNO, PGT 01

Start recording: 17/10/08 12:01:59 End recording: 17/10/08 12:22:00
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

Trace length: 0h20'00''. Analysis performed on the entire trace.
Sampling frequency: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing window: Triangular window
Smoothing: 10%

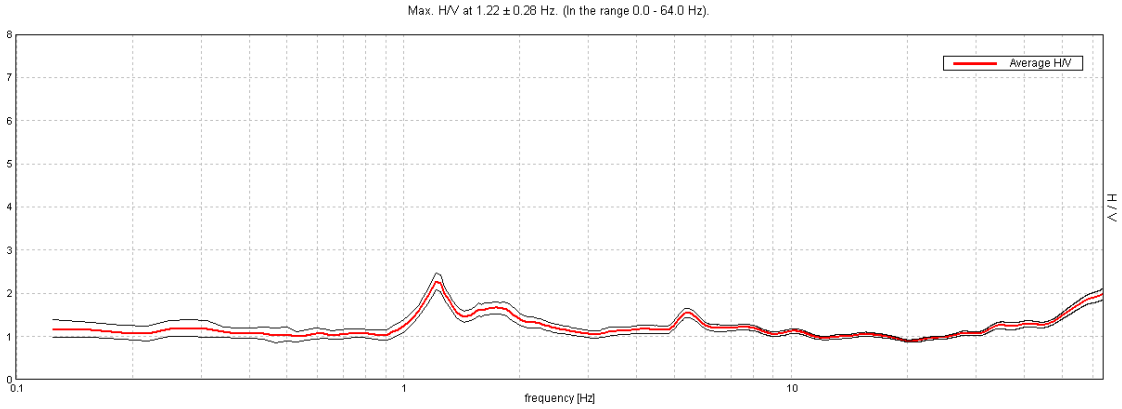


Figura 10 horizontal to vertical spectral ratio

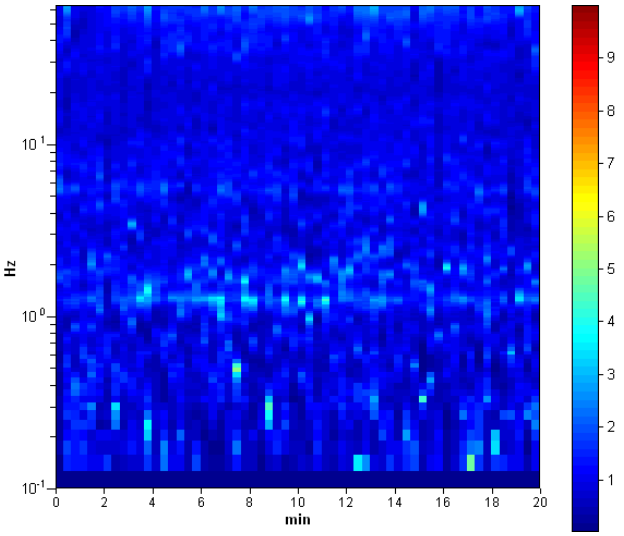


Figura 11 H/V time history

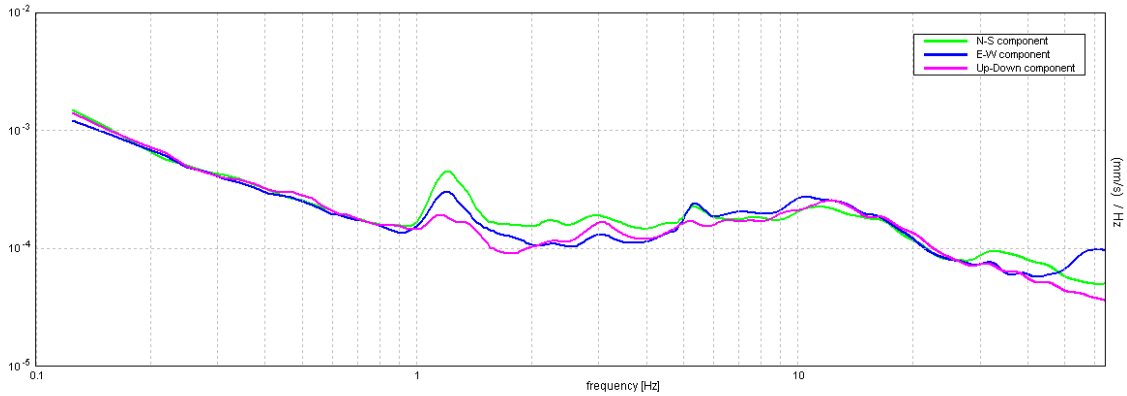


Figura 12 single component spectra

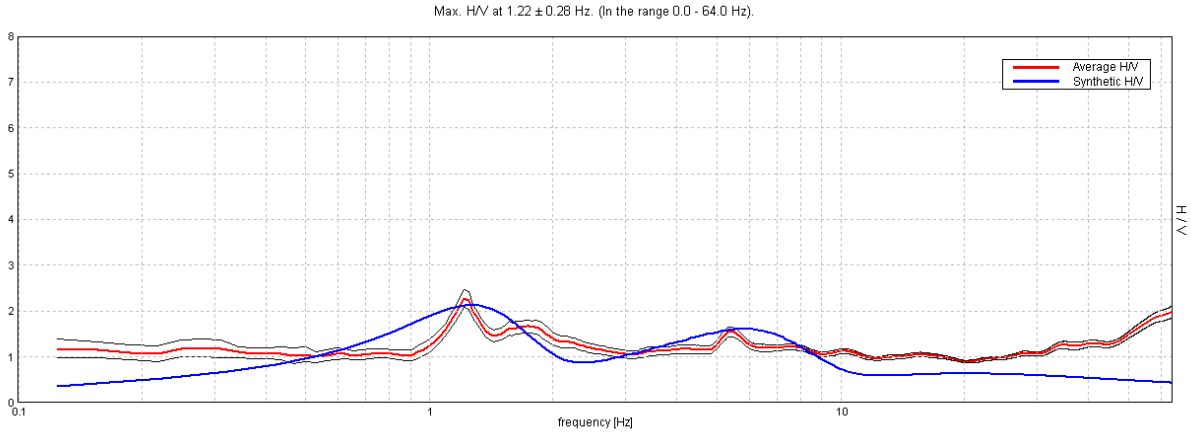
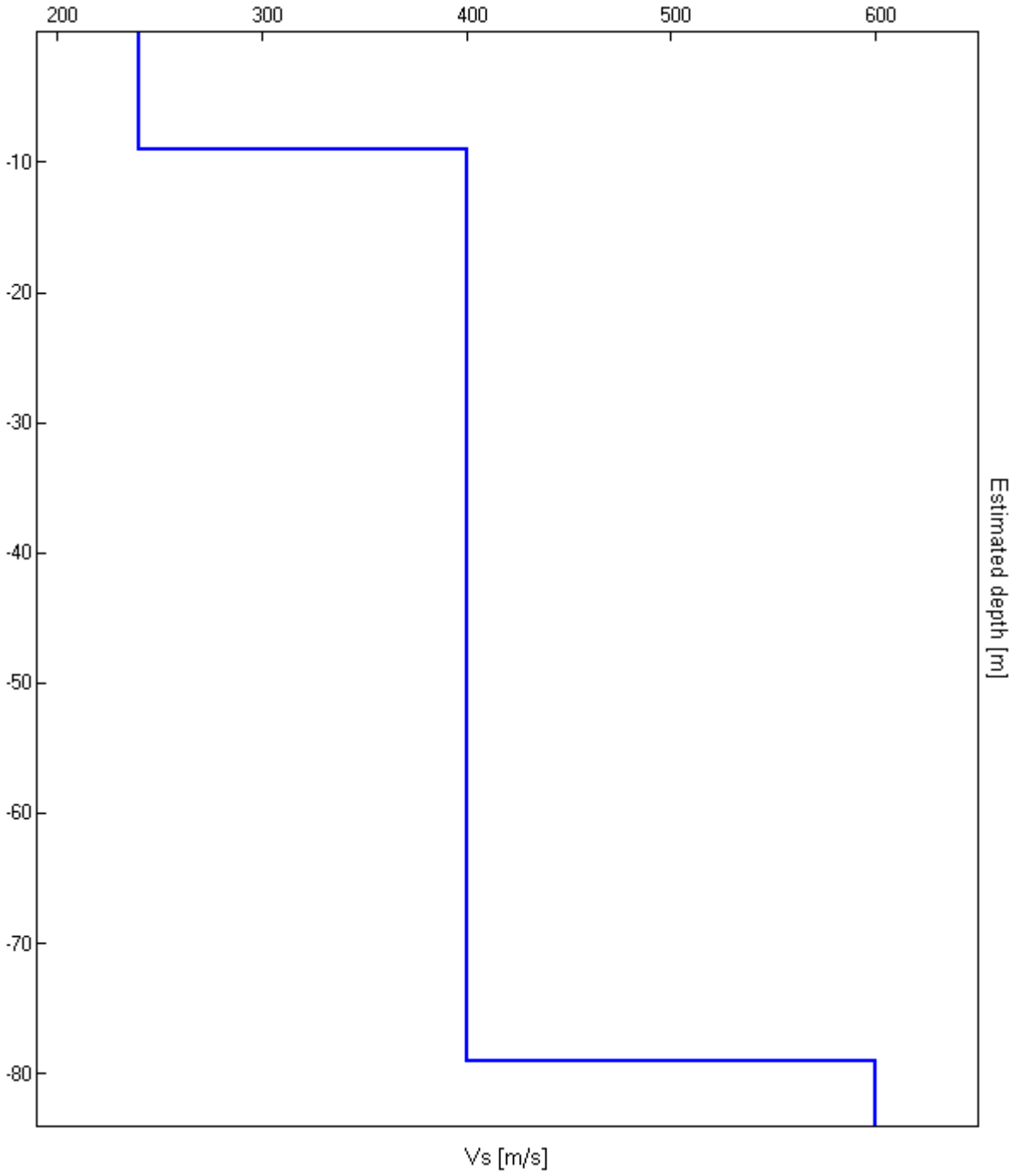


Figura 13 experimental Vs. synthetic H/V

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]
9.00	9.00	240
79.00	70.00	400
inf.	inf.	600



Max. H/V at 1.22 ± 0.28 Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable HVSR curve[All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	1.22 > 0.50	**OK**	
$n_c(f_0) > 200$	1462.5 > 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 60 times	**OK**	

Criteria for a clear HVSR peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.938 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	2.656 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.28 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.11565| < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.14095 < 0.12188		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.097 < 1.78	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
$\sigma_{logH/V}(f)$	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 $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

BERBENNO, PGT 02

Start recording: 17/10/08 12:32:51 End recording: 17/10/08 12:52:52
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

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

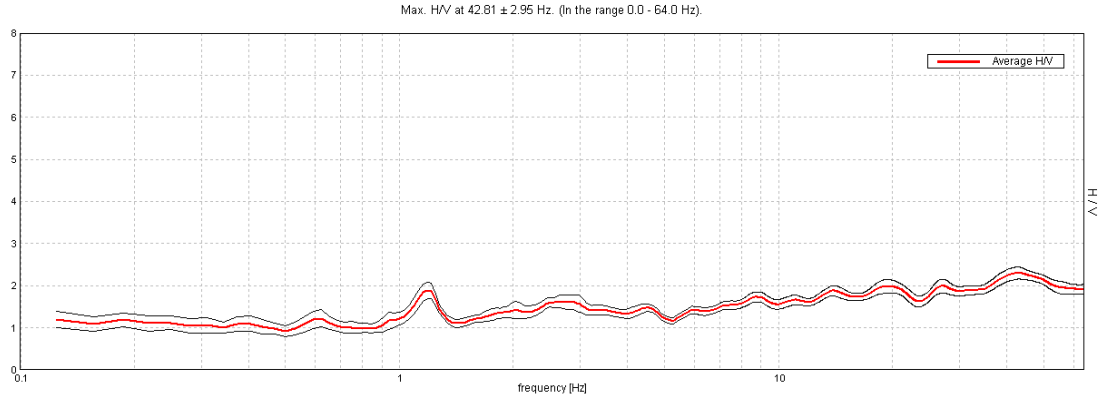


Figura 14 horizontal to vertical spectral ratio

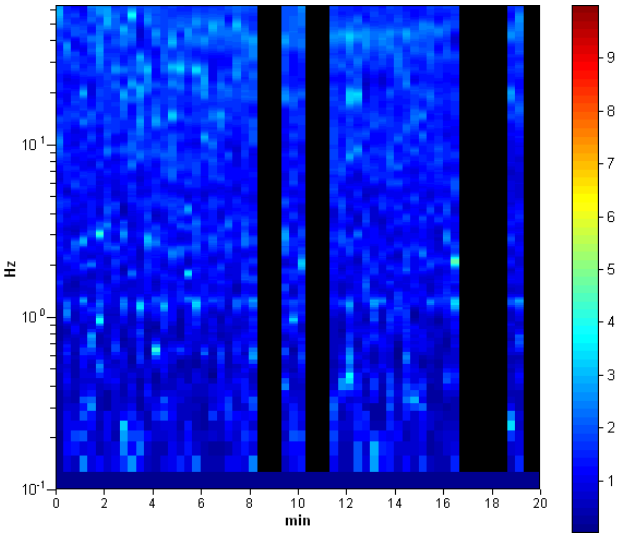


Figura 15 H/V time history

SINGLE COMPONENT SPECTRA

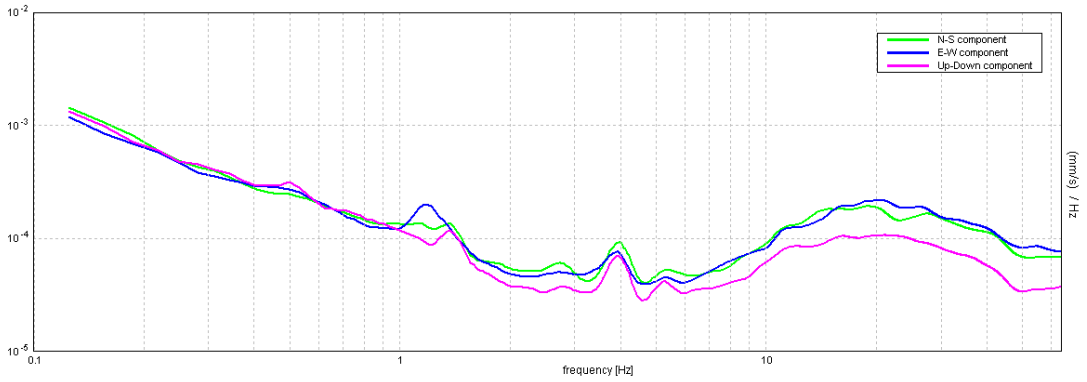


Figura 16 single component spectra

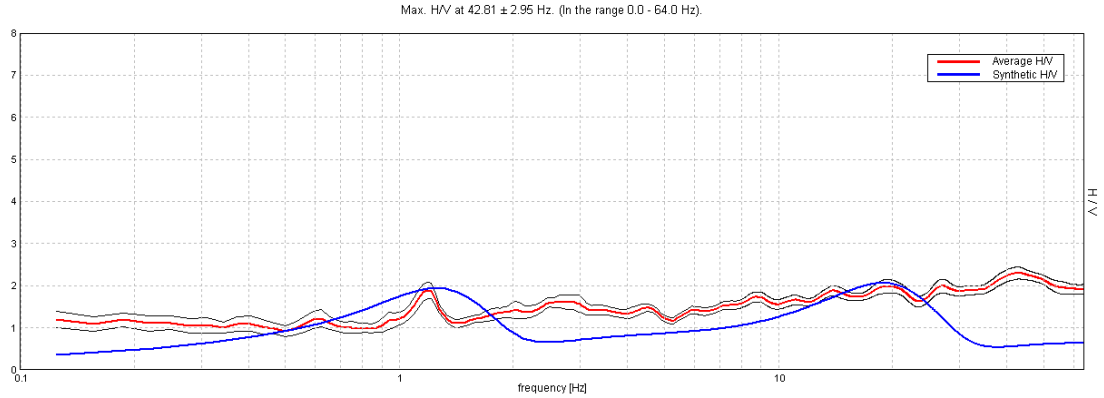
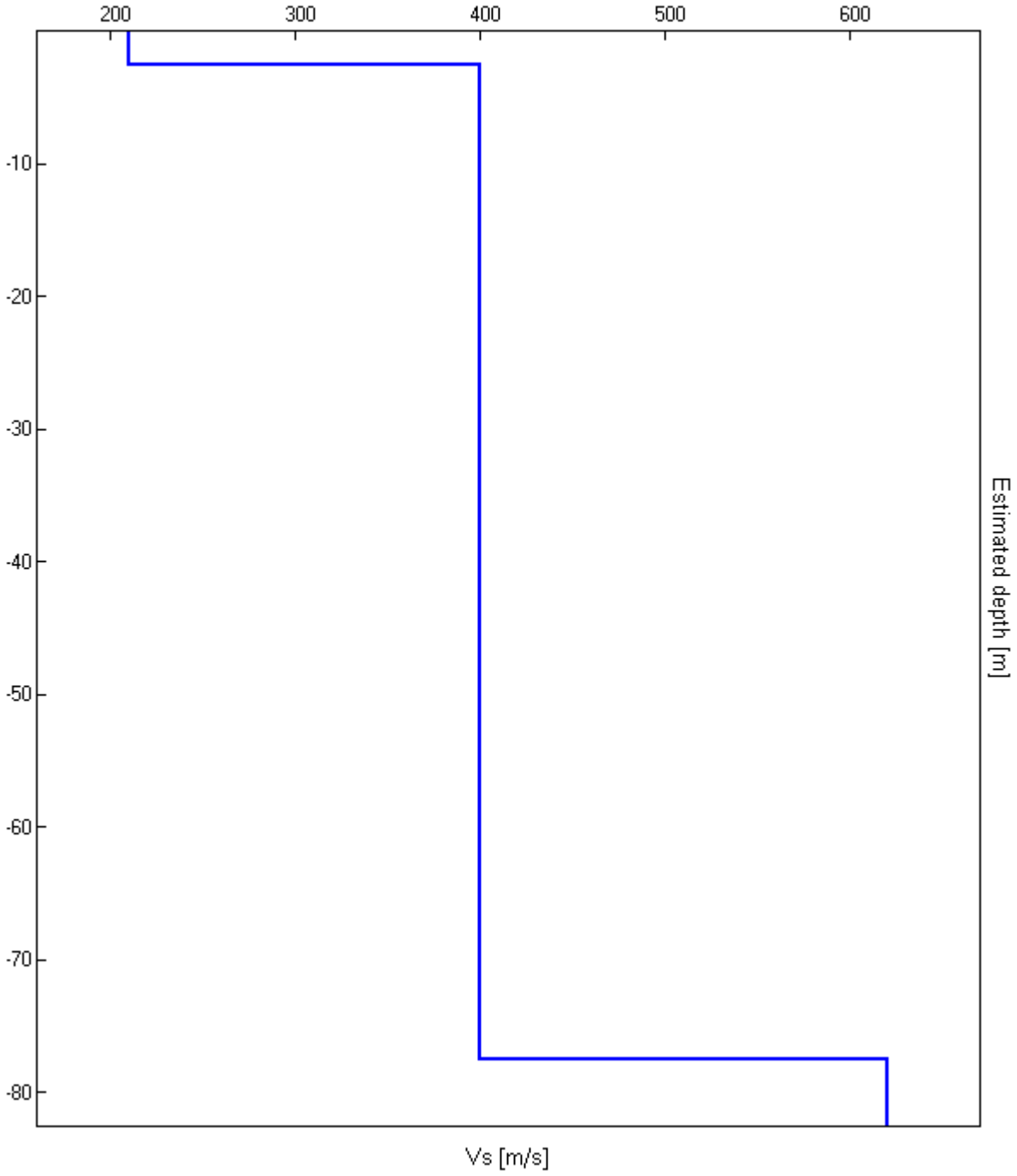


Figura 17 experimental Vs. synthetic H/V

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]
2.50	2.50	210
77.50	75.00	400
inf.	inf.	620



Max. H/V at 42.81 ± 2.95 Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable HVSR curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	42.81 > 0.50	**OK**	
$n_c(f_0) > 200$	39387.5 > 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 1364 times	**OK**	

Criteria for a clear HVSR peak[At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			**NO**
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			**NO**
$A_0 > 2$	2.30 > 2	**OK**	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.03383| < 0.05	**OK**	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.44816 < 2.14063	**OK**	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.0706 < 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
$\sigma_{logH/V}(f)$	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 $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

BERBENNO, PGT 03

Start recording: 17/10/08 13:05:04 End recording: 17/10/08 13:25:04
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

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

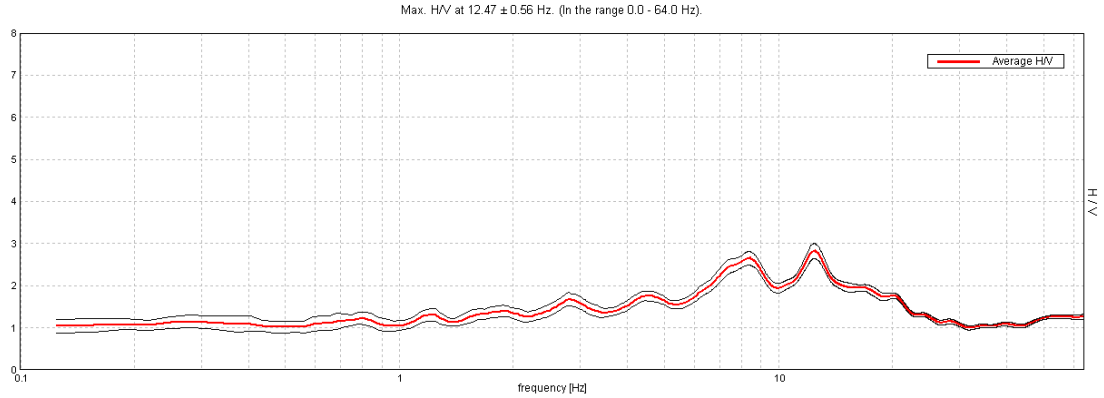


Figura 18 horizontal to vertical spectral ratio

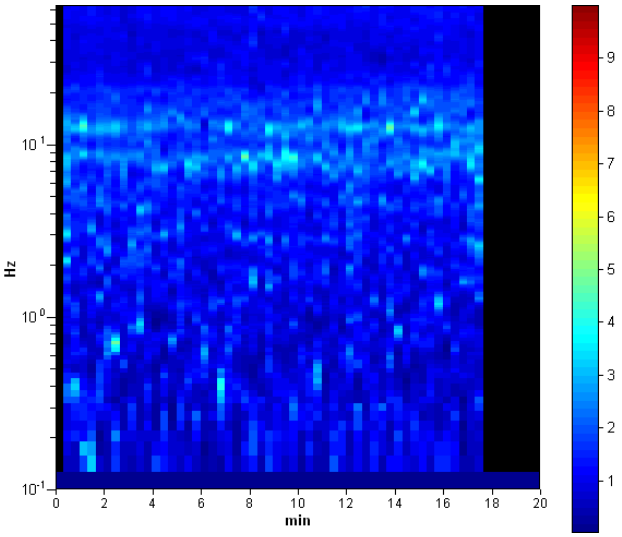


Figura 19 H/V time history

SINGLE COMPONENT SPECTRA

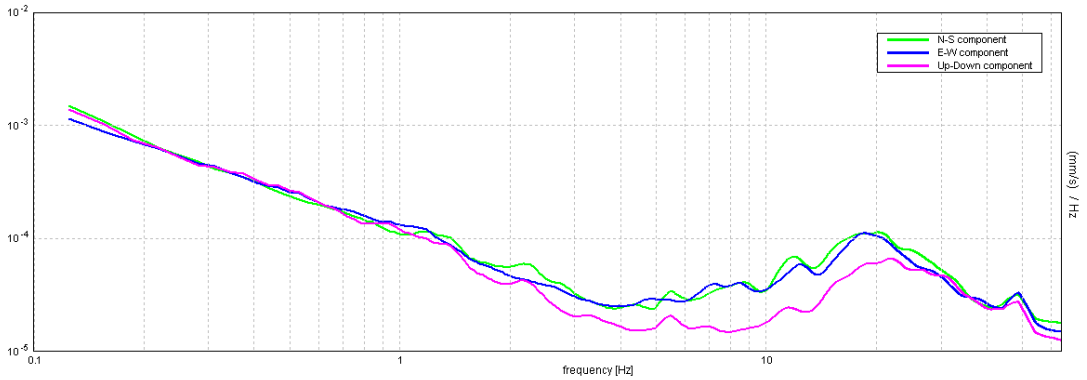


Figura 20 single component spectra

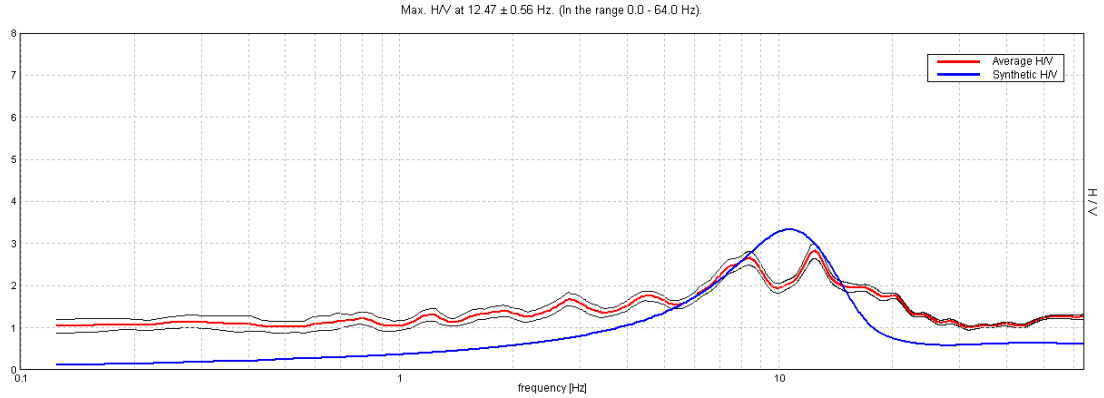
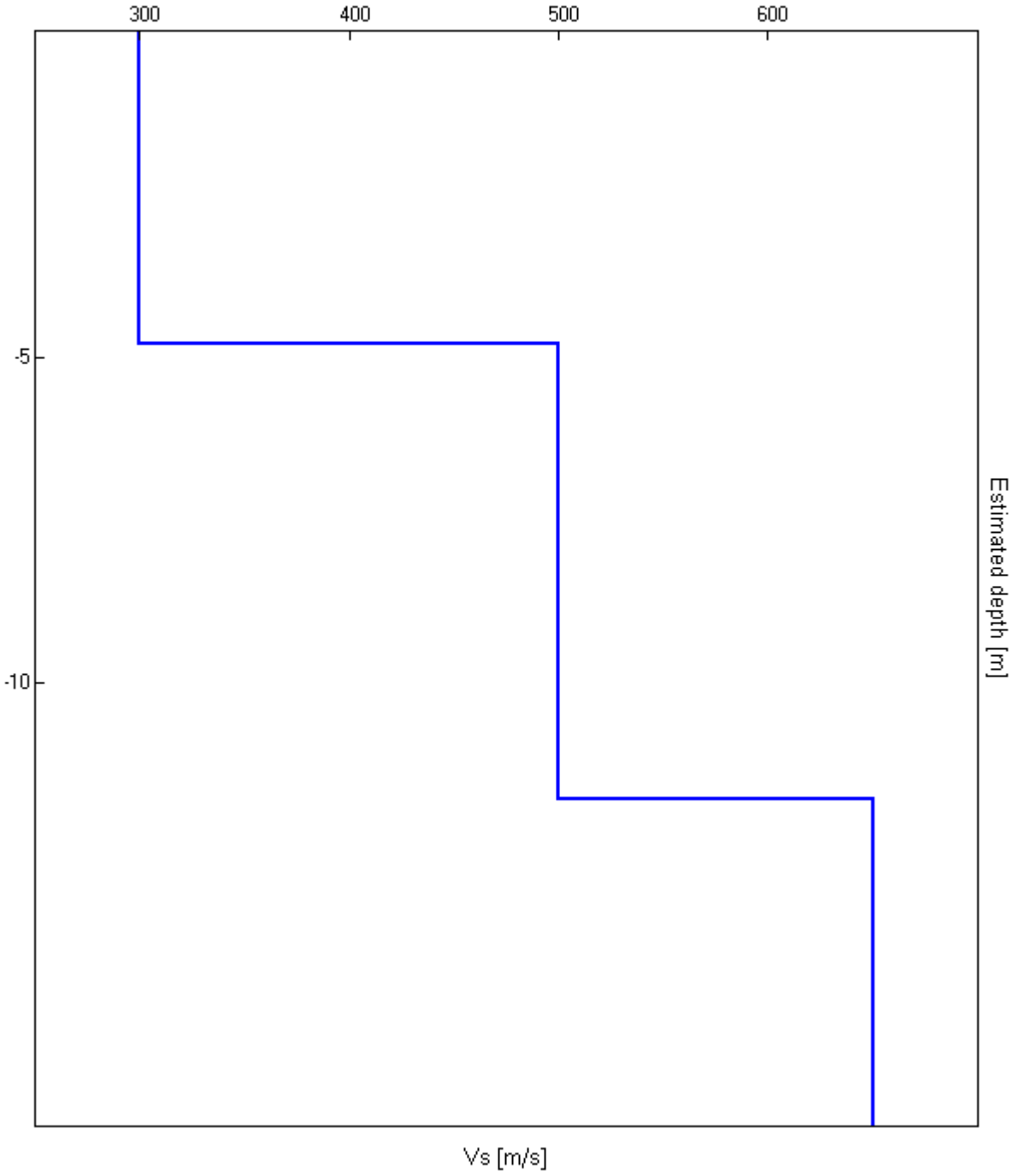


Figura 21 experimental Vs. synthetic H/V

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]
4.80	4.80	300
11.80	7.00	500
inf.	inf.	650



Max. H/V at 12.47 ± 0.56 Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable HVSR curve[All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	12.47 > 0.50	**OK**	
$n_c(f_0) > 200$	12967.5 > 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 600 times	**OK**	

Criteria for a clear HVSR peak[At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	3.75 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	22.0 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.83 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.02226| < 0.05	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.2775 < 0.62344	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.0878 < 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
$\sigma_{logH/V}(f)$	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 $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

BERBENNO, PGT 04

Start recording: 17/10/08 13:36:51 End recording: 17/10/08 13:56:52
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

Trace length: 0h20'00''. Analyzed 95% trace (manual window selection)
Sampling frequency: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing window: Triangular window
Smoothing: 10%

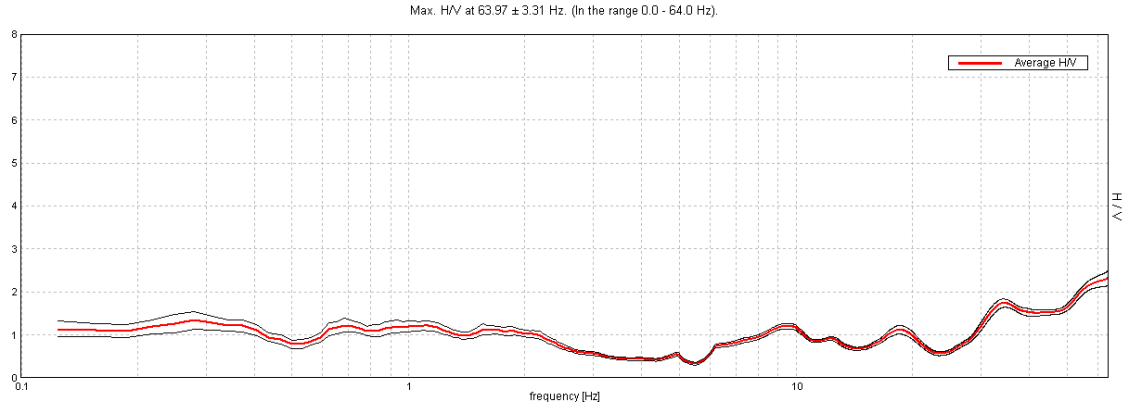


Figura 22 horizontal to vertical spectral ratio

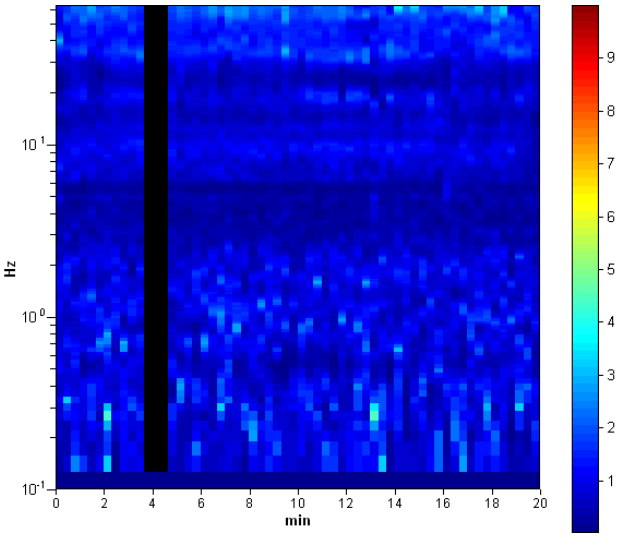


Figura 23 H/V time history

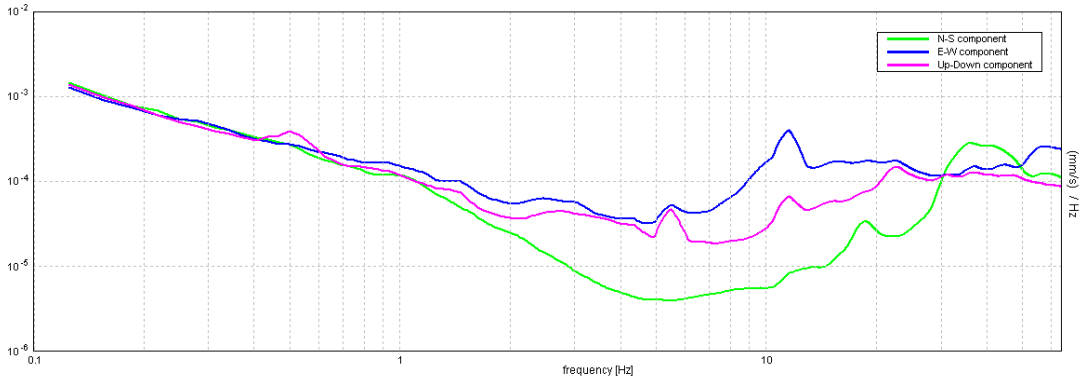


Figura 24 single component spectra

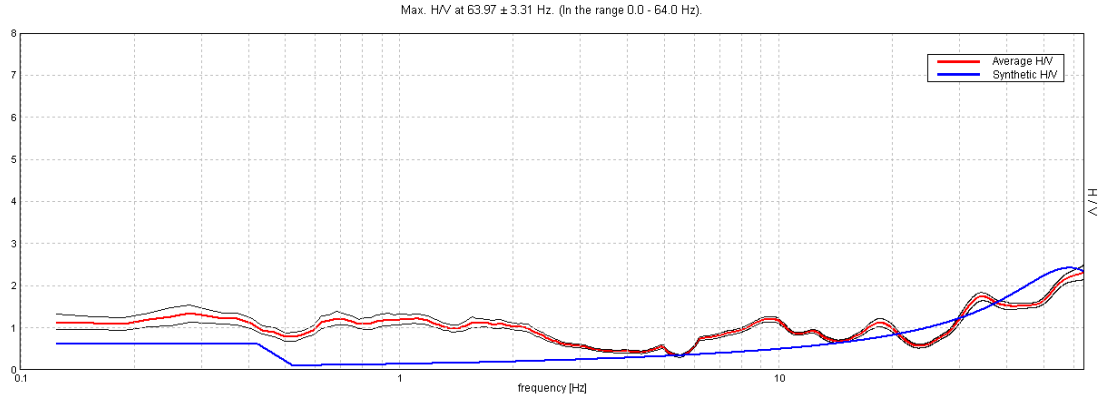
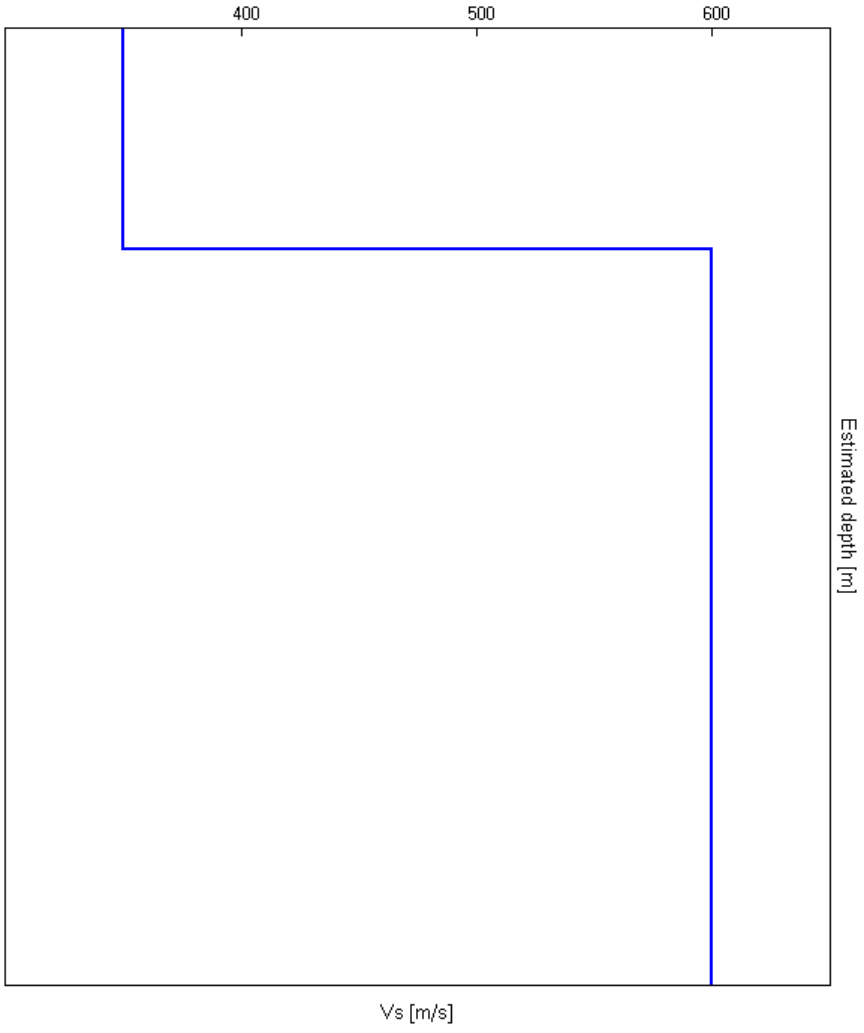


Figura 25 experimental Vs. synthetic H/V

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]
1.50	1.50	350
inf.	inf.	600



Max. H/V at 63.97 ± 3.31 Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable HVSR curve[All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	63.97 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	72924.4 > 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 1026 times	OK	
Criteria for a clear HVSR peak[At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	29.813 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	2.33 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.02559| < 0.05	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.63724 < 3.19844	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.0882 < 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
$\sigma_{logH/V}(f)$	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 $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

BERBENNO, PGT 05

Start recording: 21/10/08 12:28:13 End recording: 21/10/08 12:48:14
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

Trace length: 0h20'00''. Analyzed 95% trace (manual window selection)
Sampling frequency: 128 Hz

Window size: 20 s
Smoothing window: Triangular window
Smoothing: 10%

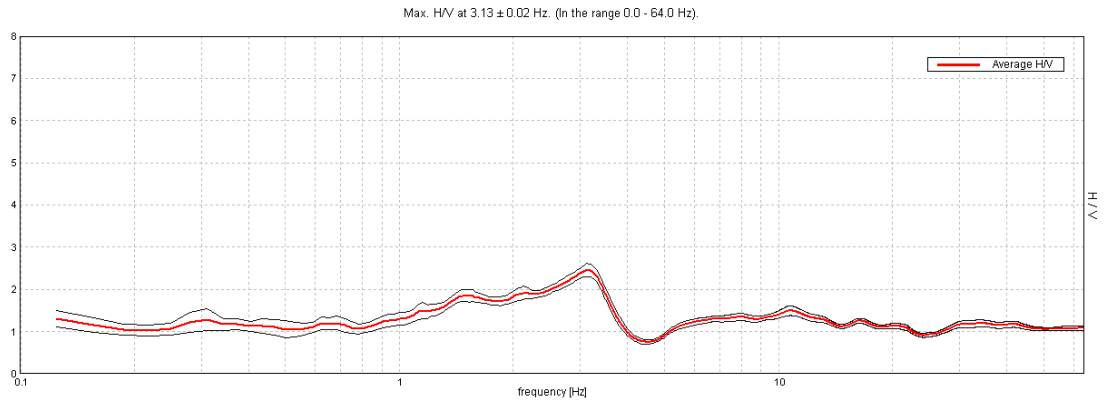


Figura 26 horizontal to vertical spectral ratio

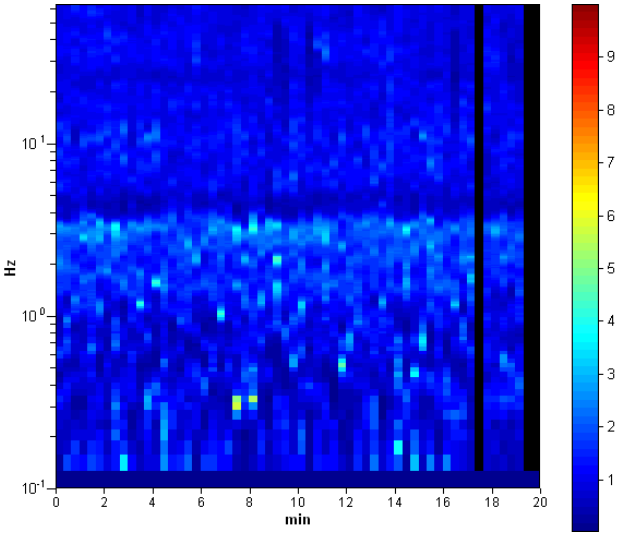


Figura 27 H/V time history

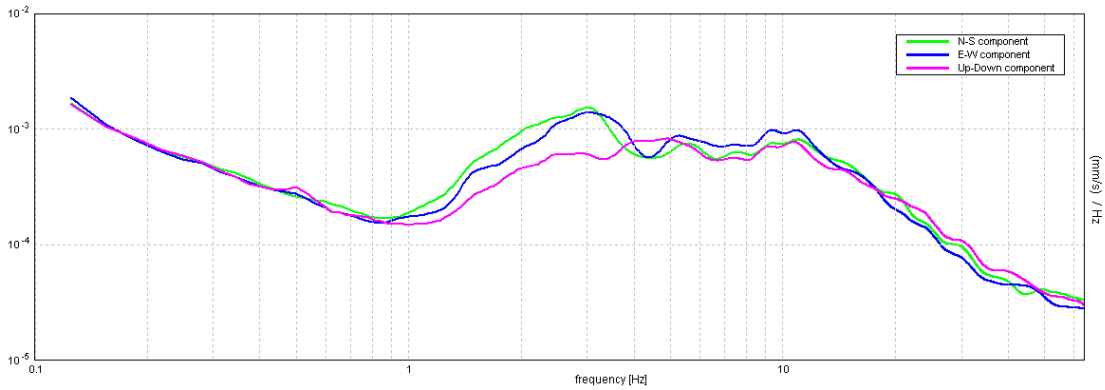


Figura 28 single component spectra

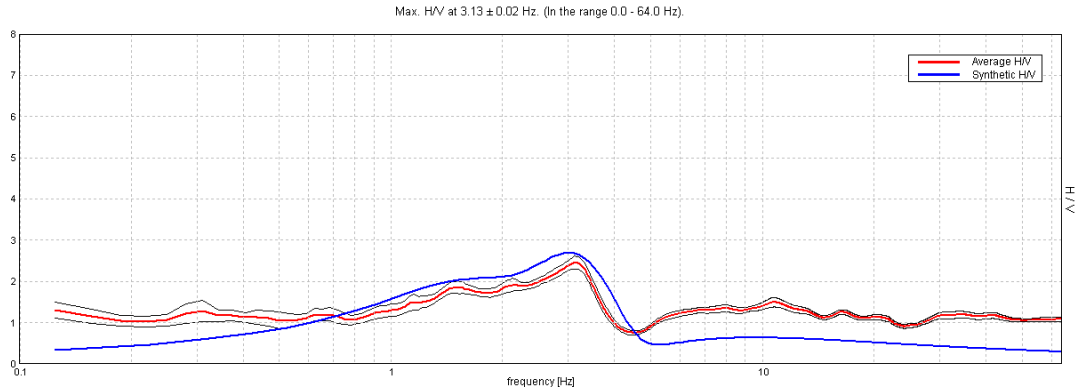
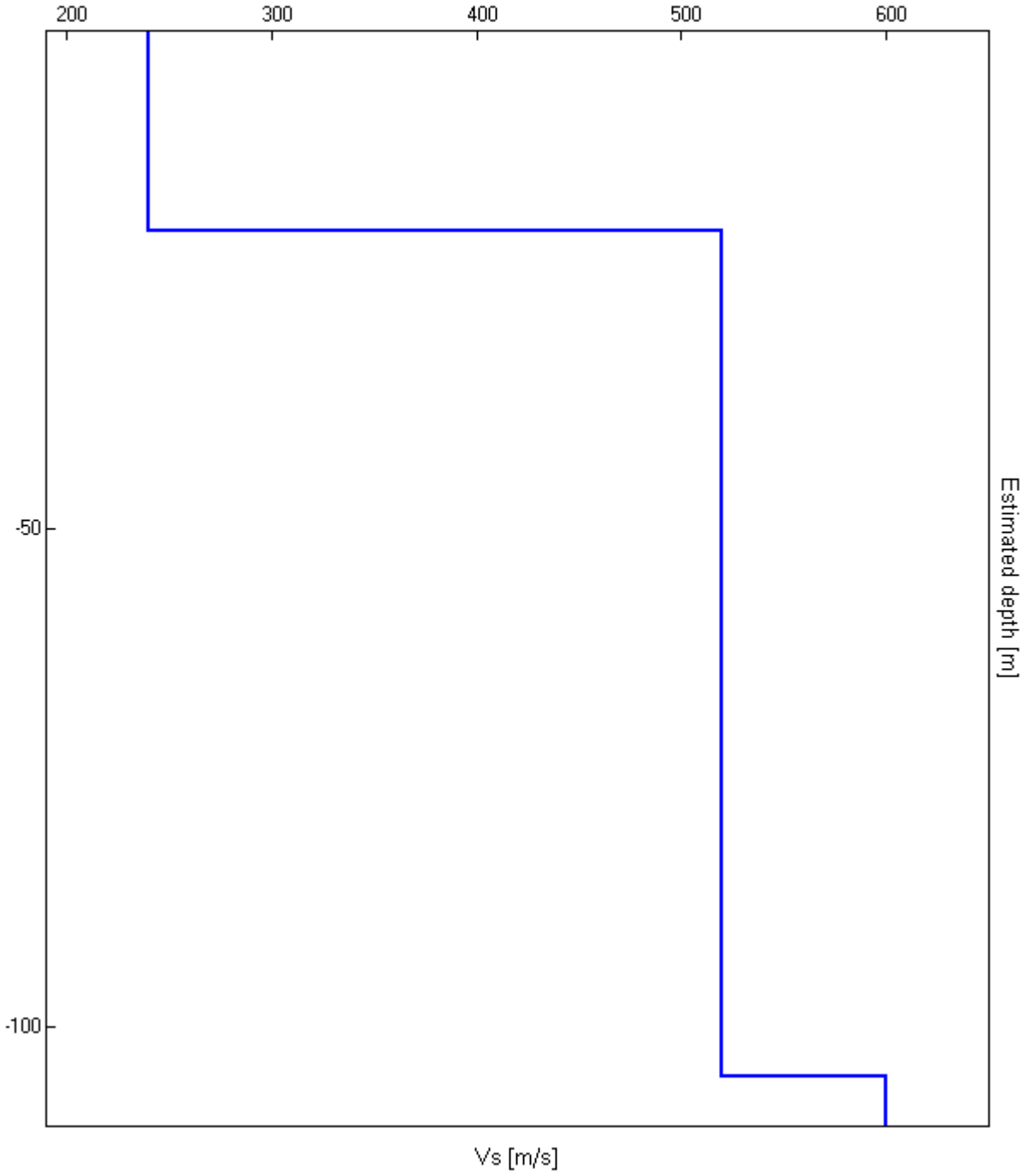


Figura 29 experimental Vs. synthetic H/V

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]
20.00	20.00	240
105.00	85.00	520
inf.	inf.	600



Max. H/V at 3.13 ± 0.02 Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable HVSR curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	3.13 > 0.50	**OK**	
$n_c(f_0) > 200$	3562.5 > 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 151 times	**OK**	

Criteria for a clear HVSR peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.875 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	3.844 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.46 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.00257| < 0.05	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.00802 < 0.15625	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.0762 < 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
$\sigma_{logH/V}(f)$	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 $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

BERBENNO, PGT 06

Start recording: 21/10/08 12:55:01 End recording: 21/10/08 13:15:02
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available
Trace length: 0h20'00''. Analyzed 93% trace (manual window selection)
Sampling frequency: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing window: Triangular window
Smoothing: 10%

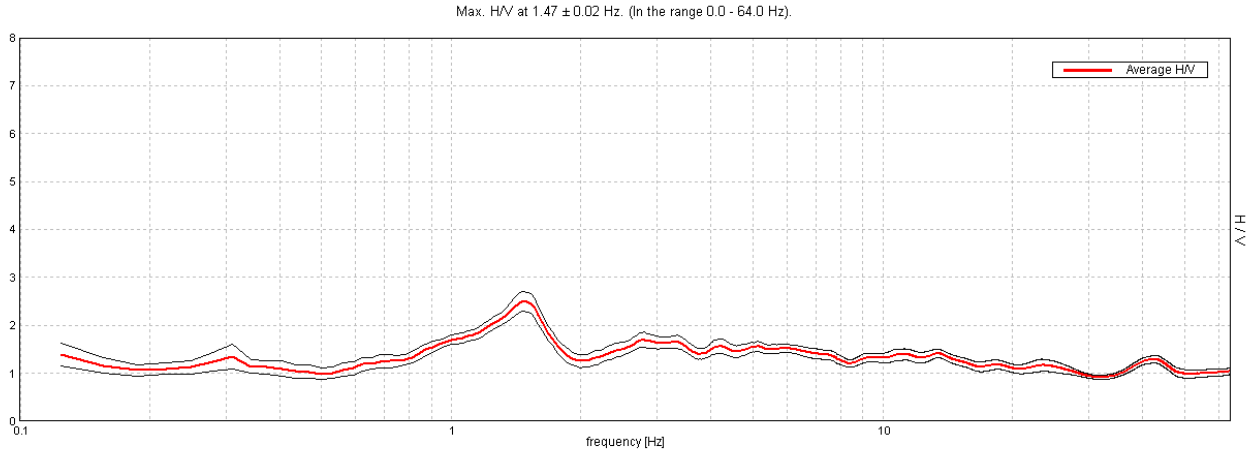


Figura 30 horizontal to vertical spectral ratio

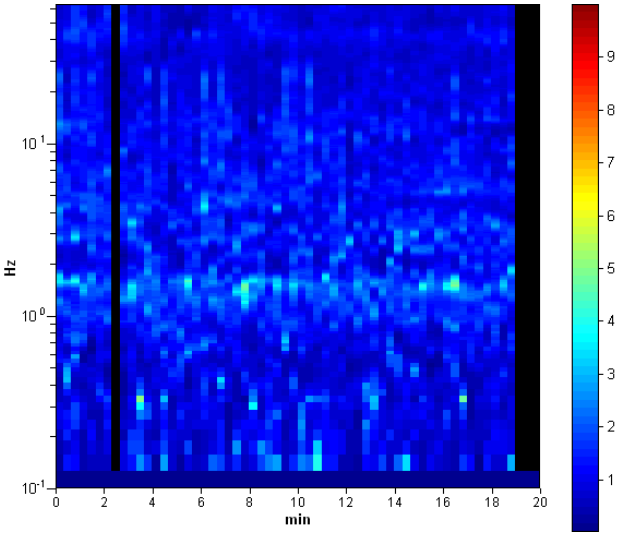


Figura 31 H/V time history

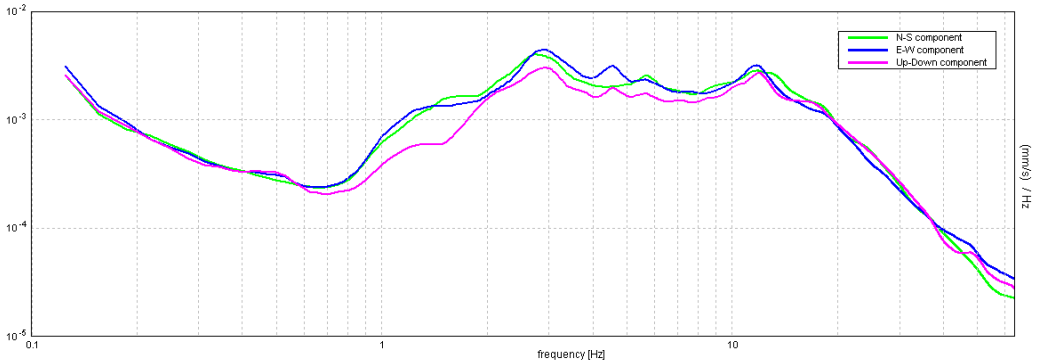


Figura 32 single component spectra

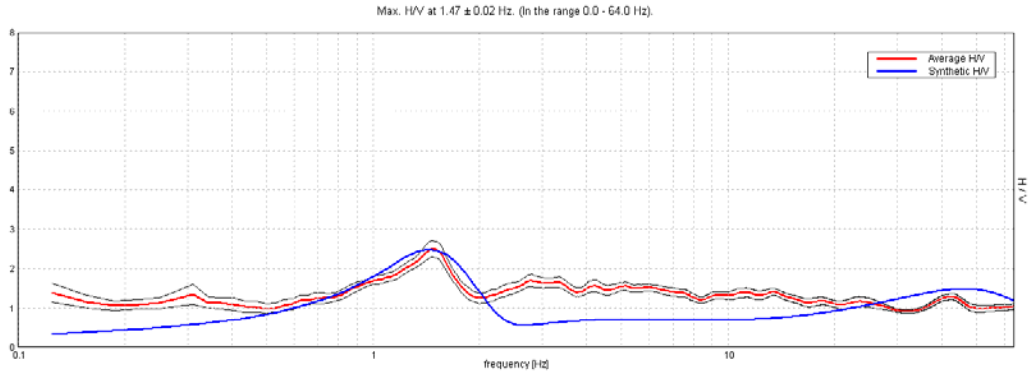
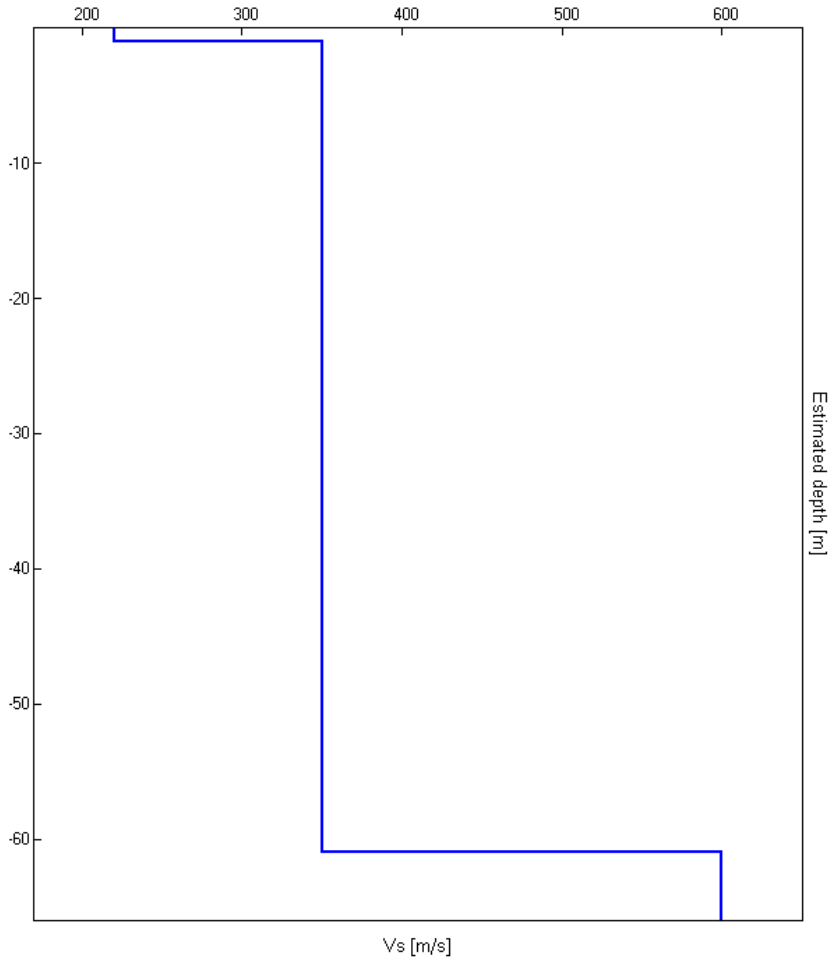


Figura 33 experimental Vs. synthetic H/V

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]
1.00	1.00	220
61.00	60.00	350
inf.	inf.	600



Max. H/V at 1.47 ± 0.02 Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable HVSR curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	1.47 > 0.50	**OK**	
$n_c(f_0) > 200$	1645.0 > 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 72 times	**OK**	
Criteria for a clear HVSR peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.75 Hz	**OK**	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	2.0 Hz	**OK**	
$A_0 > 2$	2.50 > 2	**OK**	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.00529| < 0.05	**OK**	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.00777 < 0.14688	**OK**	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.1055 < 1.78	**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
$\sigma_{logH/V}(f)$	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 $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

BERBENNO, PGT 07

Start recording: 21/10/08 13:28:11 End recording: 21/10/08 13:48:12
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

Trace length: 0h20'00''. Analyzed 98% trace (manual window selection)
Sampling frequency: 128 Hz
Window size: 20 s

Smoothing window: Triangular window
Smoothing: 10%

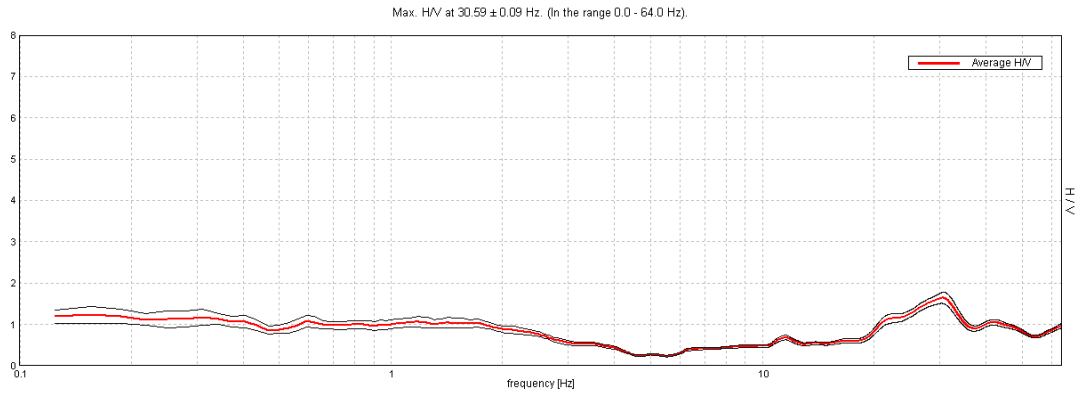


Figura 34 horizontal to vertical spectral ratio

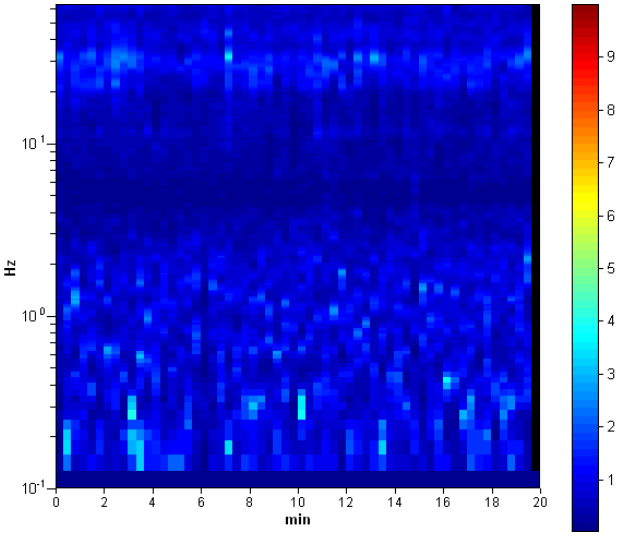


Figura 35 H/V time history

SINGLE COMPONENT SPECTRA

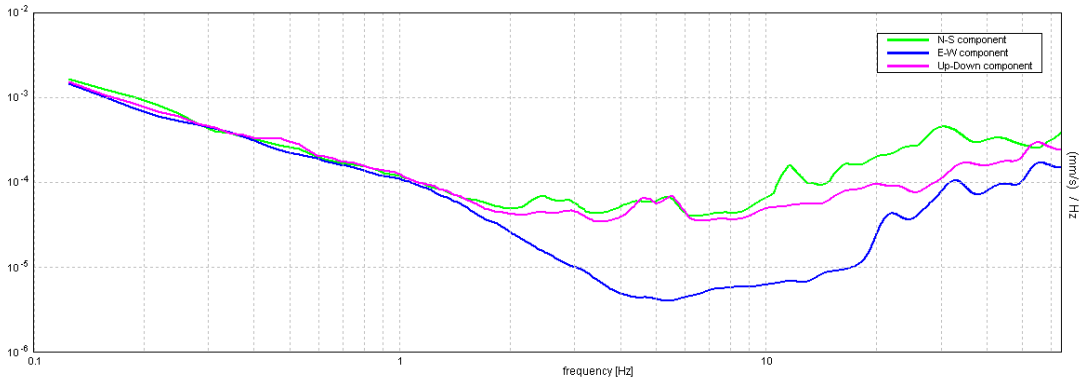


Figura 36 single component spectra

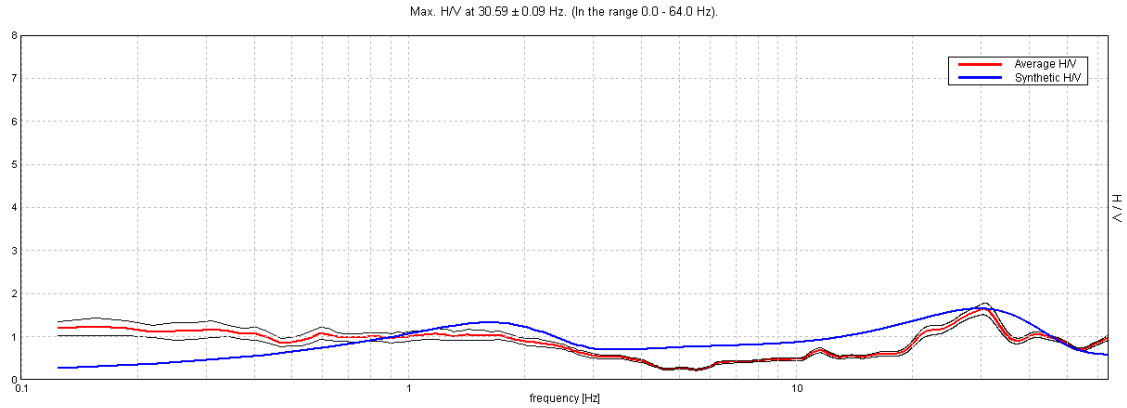
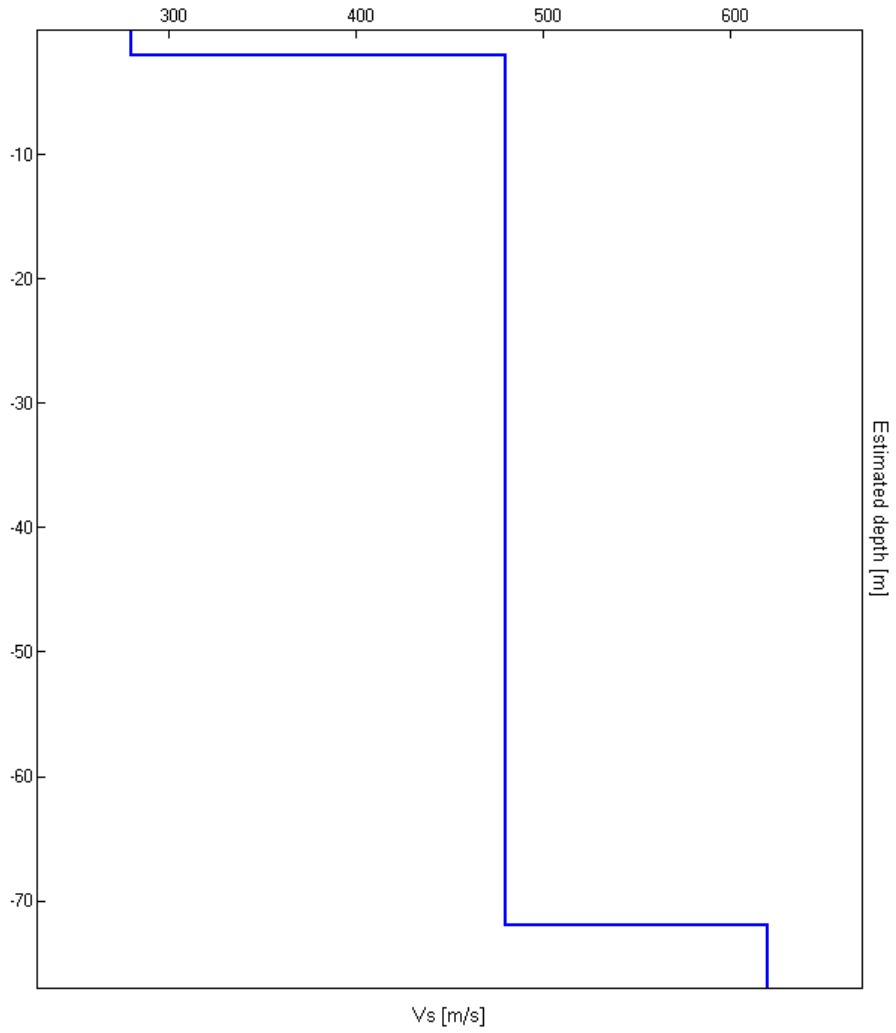


Figura 37 experimental Vs. synthetic H/V

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]
2.00	2.00	280
72.00	70.00	480
inf.	inf.	620



Max. H/V at 30.59 ± 0.09 Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable HVSR curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	30.59 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	36100.6 > 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 1470 times	OK	
Criteria for a clear HVSR peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	19.938 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	50.281 Hz	OK	
$A_0 > 2$	1.64 > 2		NO
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.00142| < 0.05	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.0435 < 1.52969	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.0669 < 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
$\sigma_{logH/V}(f)$	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 $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

BERBENNO, PGT 08

Start recording: 21/10/08 13:55:40 End recording: 21/10/08 14:15:41
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

Trace length: 0h20'00''. Analysis performed on the entire trace.
Sampling frequency: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing window: Triangular window
Smoothing: 17%

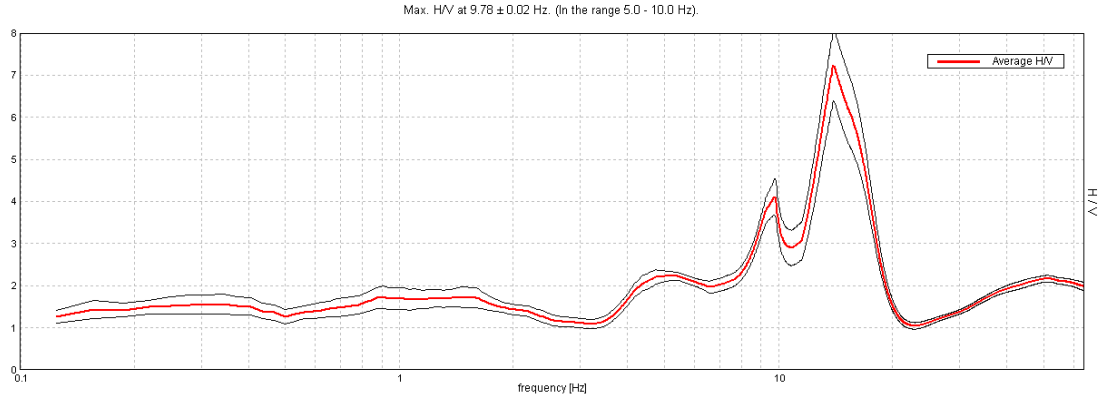


Figura 38 horizontal to vertical spectral ratio

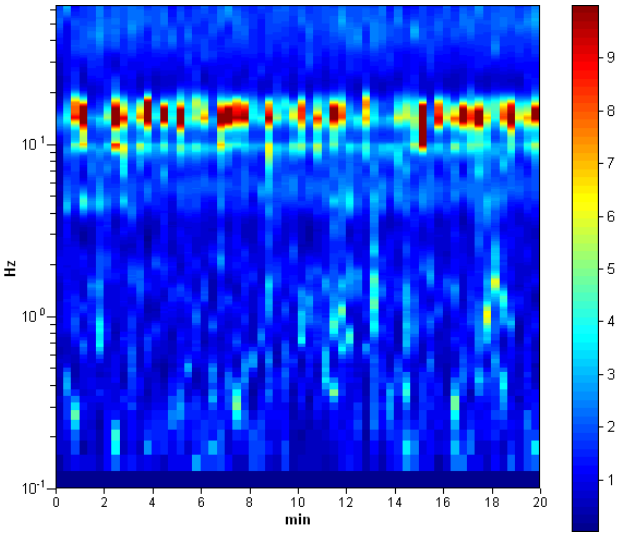


Figura 39 H/V time history

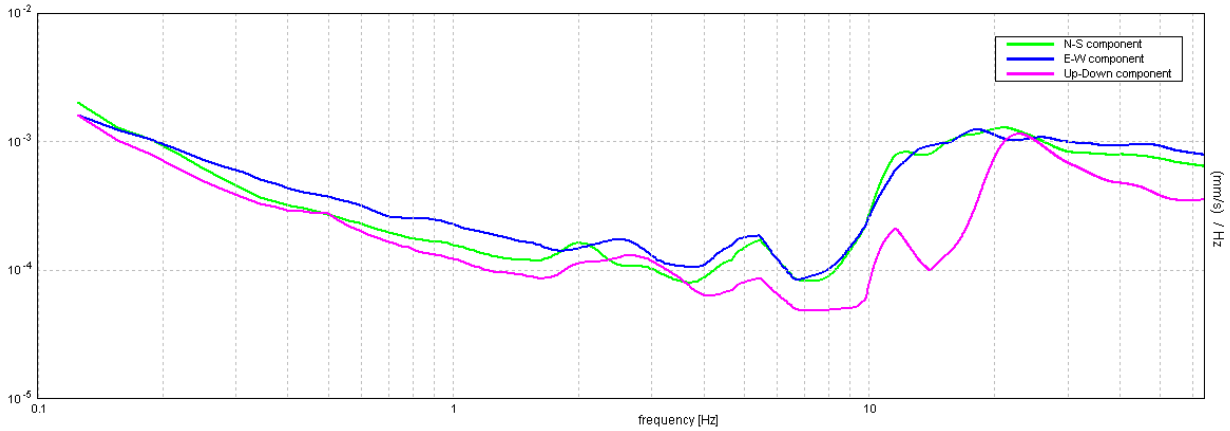


Figura 40 single component spectra

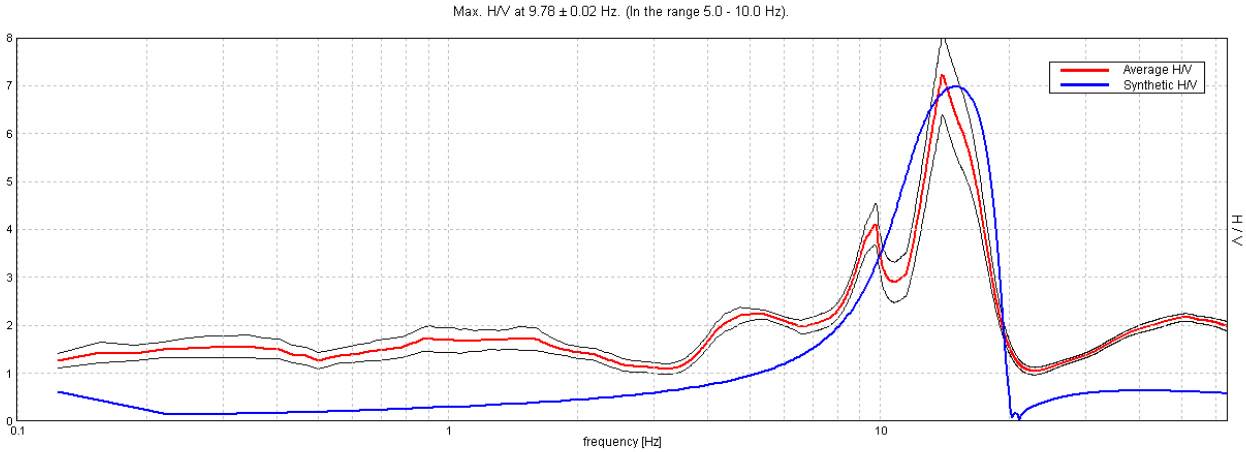
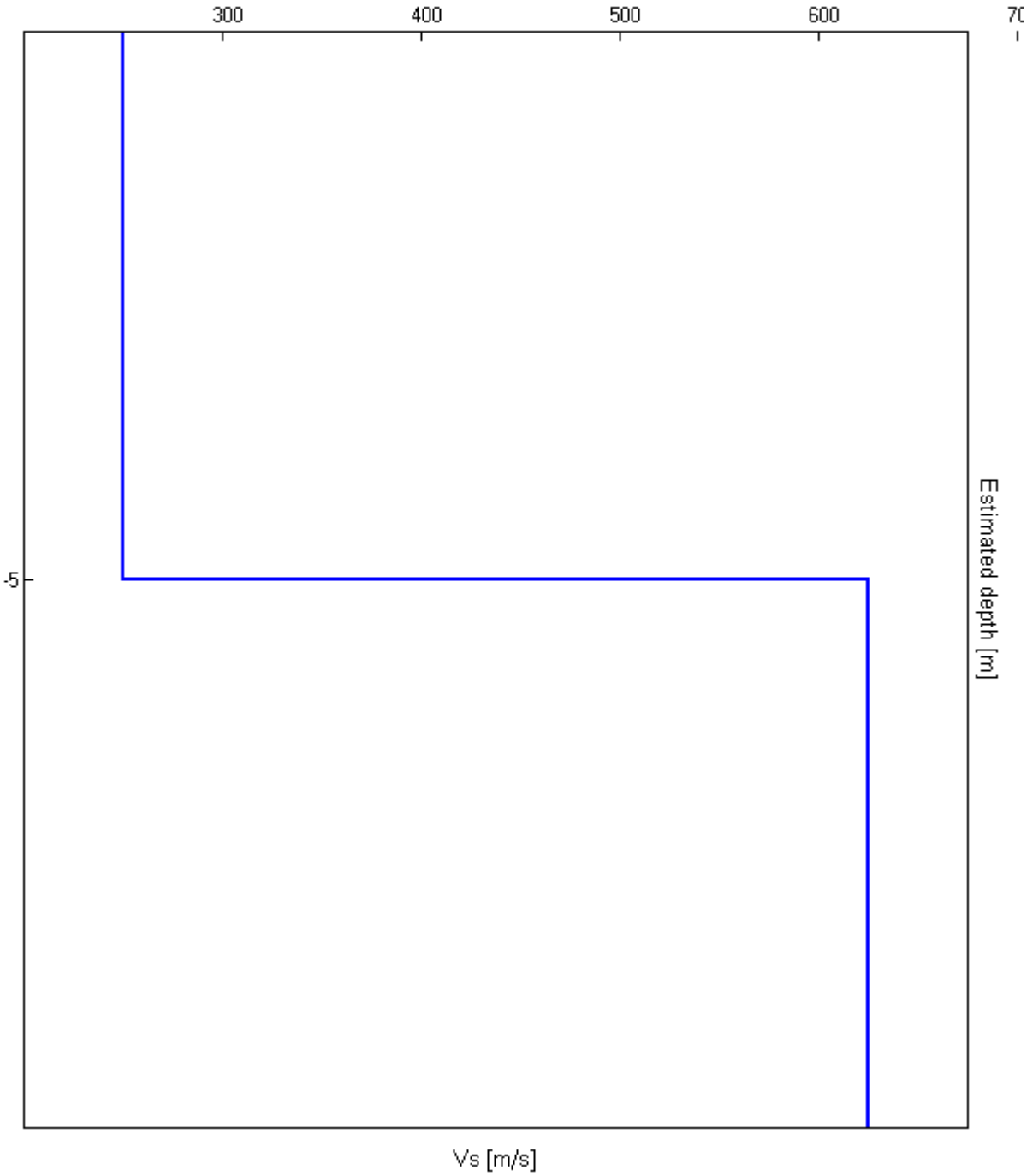


Figura 41 experimental Vs. synthetic H/V

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]
5.00	5.00	250
inf.	inf.	625



Max. H/V at 9.78 ± 0.02 Hz. (in the range 5.0 - 10.0 Hz).

Criteria for a reliable HVSR curve [All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	9.78 > 0.50	**OK**	
$n_c(f_0) > 200$	11737.5 > 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 470 times	**OK**	
Criteria for a clear HVSR peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	7.188 Hz	**OK**	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	19.188 Hz	**OK**	
$A_0 > 2$	4.10 > 2	**OK**	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.00121| < 0.05	**OK**	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.01184 < 0.48906	**OK**	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.2118 < 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
$\sigma_{logH/V}(f)$	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 $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

BERBENNO, PGT 09

Start recording: 06/10/08 13:54:09 End recording: 06/10/08 14:14:10
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

Trace length: 0h20'00''. Analyzed 85% trace (manual window selection)
Sampling frequency: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing window: Triangular window
Smoothing: 10%

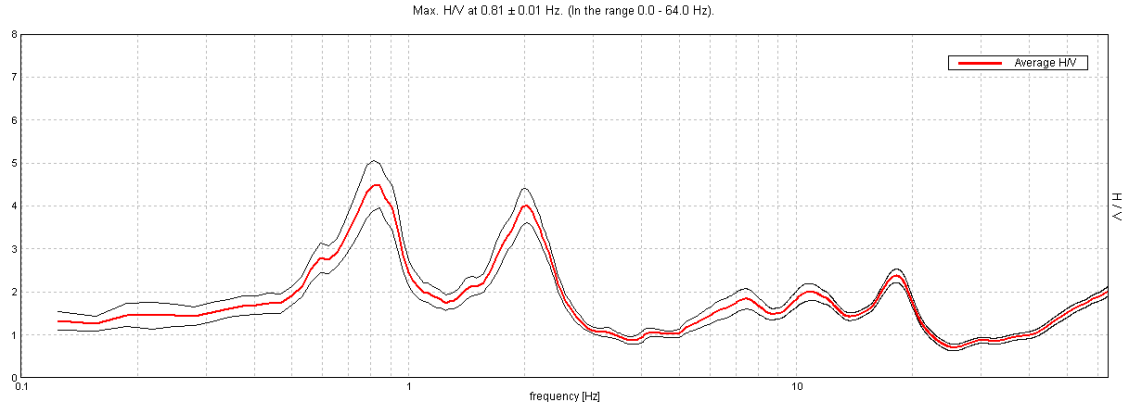


Figura 42 horizontal to vertical spectral ratio

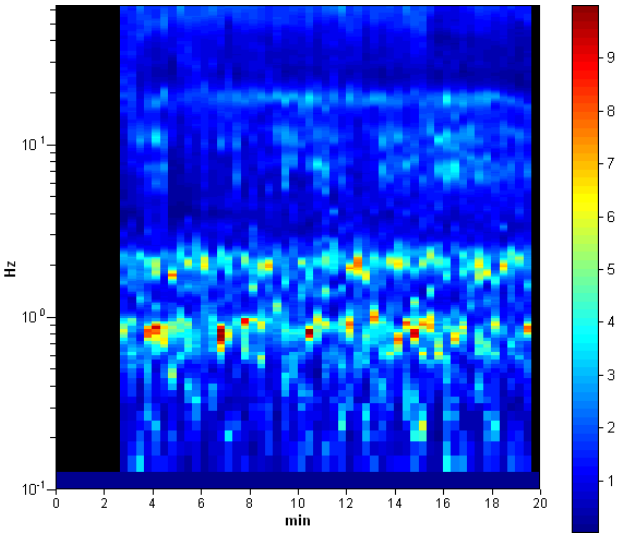


Figura 43 H/V time history

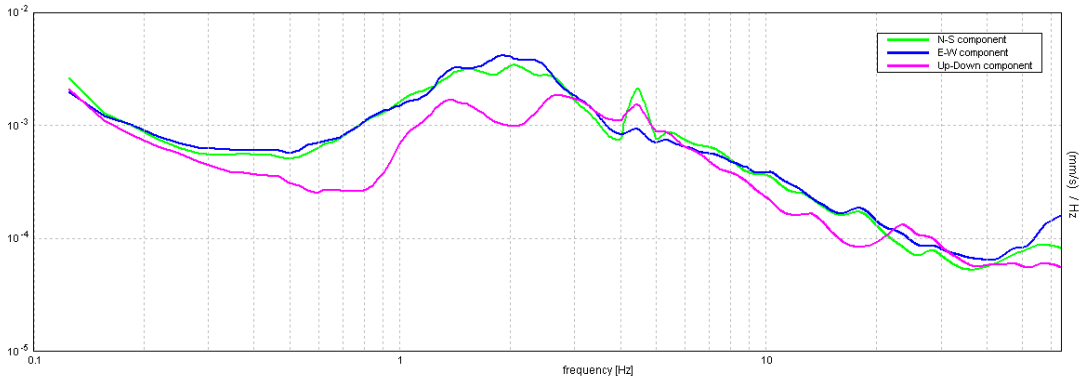


Figura 44 single component spectra

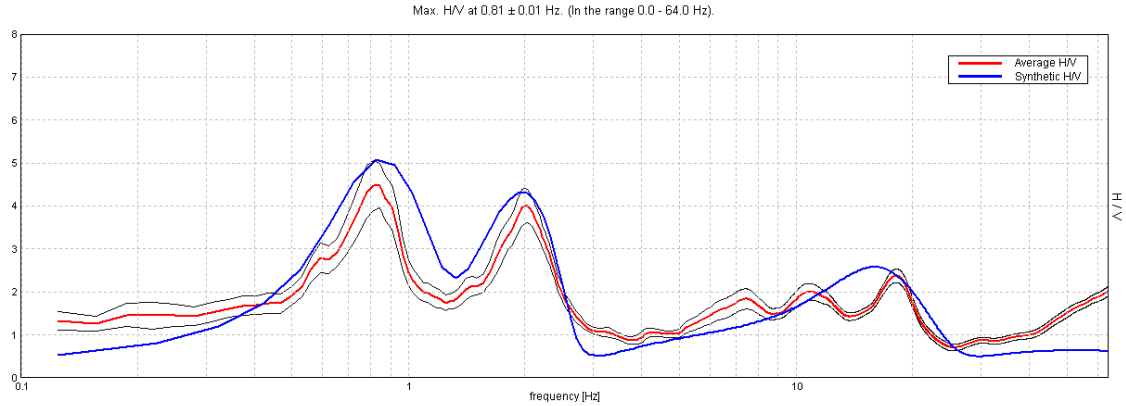
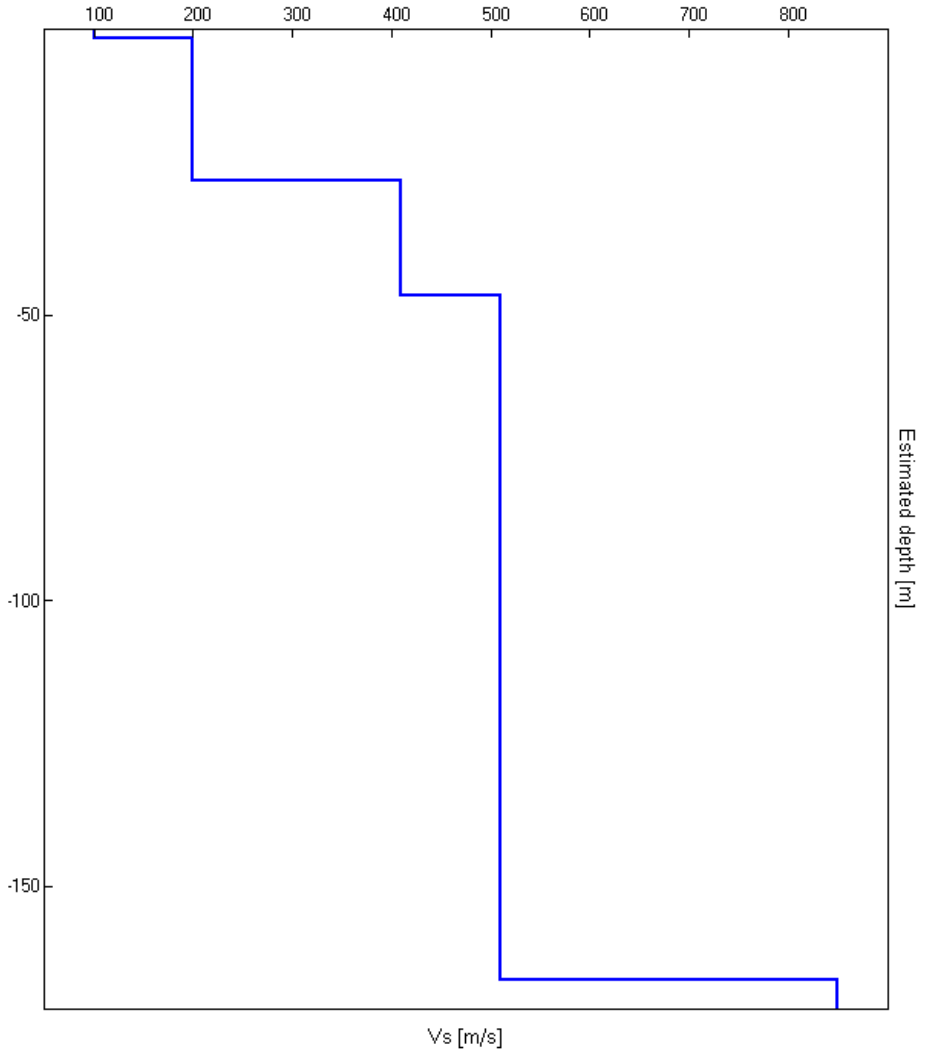


Figura 45 experimental Vs. synthetic H/V

Depth at the bottom of the layer [m]	**Thickness [m]**	**Vs [m/s]**
1.50	1.50	100
26.50	25.00	200
46.50	20.00	410
166.50	120.00	510
inf.	inf.	850



Max. H/V at 0.81 ± 0.01 Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable HVSR curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	0.81 > 0.50	**OK**	
$n_c(f_0) > 200$	828.8 > 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 40 times	**OK**	
Criteria for a clear HVSR peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.531 Hz	**OK**	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.063 Hz	**OK**	
$A_0 > 2$	4.48 > 2	**OK**	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.00346| < 0.05	**OK**	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.00281 < 0.12188	**OK**	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.2884 < 2.0	**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
$\sigma_{logH/V}(f)$	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 $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Riassumendo nelle tabelle sottostanti si riportano i dati interpretativi della sismica e i valori di V_{s30} misurati

	Thickn. [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	Dens. [t/m^3]
1	9	563	240	1.7
2	70	938	400	1.8
3	0	1407	600	2.7
4				
5			Vs30=333m/s	

Figura 46 sismostrati e Vs30 misurata stazione 1

	Thickn. [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	Dens. [t/m^3]
1	2.5	492	210	1.8
2	75	938	400	1.8
3	0	1454	620	2.7
4				
5			Vs30=372m/s	

Figura 47 sismostrati e Vs30 misurata stazione 2

	Thickn. [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	Dens. [t/m^3]
1	4.8	704	300	1.8
2	7	1173	500	1.8
3	0	1524	650	2.7
4				
5			Vs30=517m/s	

Figura 48 sismostrati e Vs30 misurata stazione 3

	Thickn. [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	Dens. [t/m^3]
1	1.5	821	350	1.7
2	0	1407	600	2.7
3				
4			Vs30=579m/s	

Figura 49 sismostrati e Vs30 misurata stazione 4

	Thickn. [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	Dens. [t/m^3]
1	20	563	240	1.7
2	85	1220	520	1.8
3	0	1407	600	2.7
4				
5			Vs30=292m/s	

Figura 50 sismostrati e Vs30 misurata stazione 5

	Thickn. [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	Dens. [t/m^3]
1	1	516	220	1.6
2	60	821	350	1.7
3	0	1407	600	2.7
4				
5			Vs30=343m/s	

Figura 51 sismostrati e Vs30 misurata stazione 6

	Thickn. [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	Dens. [t/m^3]
1	1.5	235	100	1.6
2	25	469	200	1.8
3	20	962	410	1.8
4	120	1196	510	1.8
5	0	1993	850	2.7
6				
7			Vs30=202m/s	

Figura 52 sismostrati e Vs30 misurata stazione 7

	Thickn. [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	Dens. [t/m^3]
1	2	657	280	1.7
2	70	1126	480	1.7
3	0	1454	620	2.7
4				
5			Vs30=458m/s	

Figura 53 sismostrati e Vs30 misurata stazione 8

	Thickn. [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	Dens. [t/m^3]
1	5	586	250	1.8
2	0	1466	625	2.7
3				
4			Vs30=500m/s	

Figura 54 sismostrati e Vs30 misurata stazione 9

Le particolari condizioni geologiche e geomorfologiche di una zona (condizioni locali) possono dunque 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 lo studio eseguito è stato finalizzato al riconoscimento delle aree potenzialmente pericolose dal punto di vista sismico basandosi, 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.

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:

- **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'innesco 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 ce-

dimenti 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.

La metodologia per la valutazione dell'amplificazione sismica locale è ampiamente descritta nell'allegato 5 del D. G. R. n. 8/7374 - Criteri attuativi della L.R. 12/05 dal titolo "*Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzata alla definizione dell'aspetto sismico nei P.G.T.*"; essa prevede tre livelli di approfondimento con grado di dettaglio in ordine crescente: solo i primi due livelli sono obbligatori in fase di pianificazione in funzione della zona sismica di appartenenza, mentre il terzo livello di approfondimento è obbligatorio in fase di progettazione di nuove opere in alcuni casi particolari.

Nel rispetto dell'applicazione delle norme, sono state ulteriormente definite, nel territorio italiano, 4 zone con differente valori di accelerazione orizzontale ag, così definite:

zona sismica	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [a_g/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [a_g/g]
1	> 0.25	0.35
2	0.15 – 0.25	0.25
3	0.05 – 0.15	0.15
4	< 0.05	0.05

Il Comune di Berbenno di Valtellina ricade interamente in zona sismica 4 e quindi si è potuta adottare la metodologia di studio di primo livello, ovvero il riconoscimento delle aree di possibile amplificazione sismica sulla base delle osservazioni geologiche e dei dati esistenti.

Il primo livello consiste di fatto in un approccio di tipo qualitativo e costituisce lo studio propedeutico ai successivi livelli di approfondimento; è un metodo empirico (si basa su osservazioni geologiche e sulla raccolta dei dati disponibili per una determinata area) che trova le basi nella continua e sistematica osservazione diretta degli effetti prodotti dai terremoti. Questo livello prevede la realizzazione della carta della Pericolosità Sismica Locale (PSL), allegata al presente studio.

La carta della pericolosità sismica locale è stata ricavata derivando le informazioni dalla carta di inquadramento geomorfologico individuando le diverse situazioni in grado di determinare gli effetti sismici locali sulla base delle regole riportate nella tabella seguente.

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, terreni granulari fini con falda superficiale)	Cedimenti e/o liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle 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

Figura 55 Scenari di pericolosità sismica locale

La carta della pericolosità sismica locale permette inoltre l'assegnazione diretta della classe di pericolosità e dei successivi livelli di approfondimento eventualmente necessari sulla base dell'indicazioni della seguente tabella:

Sigla	*SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE*	*CLASSE DI PERICOLOSITA' SISMICA*
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	H3
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	H2 – livello di approfondimento 3°
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	H2 – livello di approfondimento 3°
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	H2 – livello di approfondimento 2°
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	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 (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	H2– livello di approfondimento 3°

Figura 56 Classi di pericolosità per ogni scenario di pericolosità sismica locale

A tal proposito è bene ricordare che per i Comuni ricadenti in zona sismica 4, come il Comune di Berbenno di Valtellina, il secondo livello di approfondimento va applicato solamente nel caso di costruzione di nuovi edifici strategici e rilevanti di cui al d.d.u.o. n. 19904 del 21/11/2003 (di seguito elencati) ricadenti all'interno di scenari Z3 e Z4.

EDIFICI ED OPERE STRATEGICHE

Categorie di edifici e di opere infrastrutturali di interesse strategico di competenza regionale, la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile.

Edifici:

- ***a.*** *Edifici destinati a sedi dell'Amministrazione Regionale **
- ***b.*** *Edifici destinati a sedi dell'Amministrazione Provinciale **
- ***c.*** *Edifici destinati a sedi di Amministrazioni Comunali **
- ***d.*** *Edifici destinati a sedi di Comunità Montane **
- ***e.*** *Strutture non di competenza statale individuate come sedi di sale operative per la gestione delle emergenze (COM, COC, ecc.)*
- ***f.*** *Centri funzionali di protezione civile*

g. *Edifici ed opere individuate nei piani d'emergenza o in altre disposizioni per la gestione dell'emergenza*
h. *Ospedali e strutture sanitarie, anche accreditate, dotati di Pronto Soccorso o dipartimenti di emergenza, urgenza e accettazione*
i. *Sedi Aziende Unità Sanitarie Locali ***
j. *Centrali operative 118*
** prioritariamente gli edifici ospitanti funzioni/attività connesse con la gestione dell'emergenza*
*** limitatamente gli edifici ospitanti funzioni/attività connesse con la gestione dell'emergenza*

EDIFICI ED OPERE RILEVANTI

Categorie di edifici e di opere infrastrutturali di competenza regionale che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso.

Edifici

a. *Asili nido e scuole, dalle materne alle superiori*
b. *Strutture ricreative, sportive e culturali, locali di spettacolo e di intrattenimento in genere*
c. *Edifici aperti al culto non rientranti tra quelli di cui all'allegato 1, elenco B, punto 1.3 del Decreto del Capo del Dipartimento della Protezione Civile, n° 3685 del 21.10.2003*
d. *Strutture sanitarie e/o socioassistenziali con ospiti non autosufficienti (ospizi, orfanotrofi, ecc.)*
e. *Edifici e strutture aperti al pubblico destinate alla erogazione di servizi, adibiti al commercio* suscettibili di grande affollamento*

Opere infrastrutturali

a. *Punti sensibili (ponti, gallerie, tratti stradali, tratti ferroviari) situati lungo strade " strategiche " provinciali e comunali non comprese tra la " grande viabilità " di cui al citato documento del Dipartimento della Protezione Civile nonché quelle considerate " strategiche " nei piani di emergenza provinciali e comunali*
b. *Stazioni di linee ferroviarie a carattere regionale (FNM, metropolitane)*
c. *Porti, aeroporti ed eliporti non di competenza statale individuati nei piani di emergenza o in altre disposizioni per la gestione dell'emergenza*
d. *Strutture non di competenza statale connesse con la produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica*
e. *Strutture non di competenza statale connesse con la produzione, trasporto e distribuzione di materiali combustibili (oleodotti, gasdotti, ecc.)*
f. *Strutture connesse con il funzionamento di acquedotti locali*
g. *Strutture non di competenza statale connesse con i servizi di comunicazione (radio, telefonia fissa e portatile, televisione)*
h. *Strutture a carattere industriale, non di competenza statale, di produzione e stoccaggio di prodotti insalubri e/o pericolosi*
i. *Opere di ritenuta di competenza regionale;*
(*) Il centro commerciale viene definito (D.Lgs.n.114/1998) quale una media o una grande struttura di vendita nella quale più esercizi commerciali sono inseriti in una struttura a destinazione specifica e usufruiscono di infrastrutture comuni e spazi di servizio gestiti unitariamente. In merito a questa destinazione specifica si precisa comunque che i centri commerciali possono comprendere anche pubblici esercizi e attività paracommerciali (quali servizi bancari, servizi alle persone, ecc.).

Il secondo livello di approfondimento prevede la caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi nelle aree perimetrate nella carta della pericolosità sismica locale. La procedura fornisce in pratica la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di Fattore di Amplificazione (Fa); gli studi sono con-

dotti con metodi quantitativi semplificati, validi per la valutazione delle amplificazioni litologiche e morfologiche e sono utilizzati per zonare l'area di studio in funzione del valore di Fa. Una volta ottenuti i valori di Fa dell'area di studio considerata, questi vanno confrontati con i valori soglia comunali consultabili nella banca dati della Regione Lombardia. La procedura appena descritta viene successivamente affrontata, per le casistiche del Comune di Berbenno, all'interno delle N.d.A.; per maggior dettagli si veda l'allegato 5 del D.G.R. n. 8/7374.

Il terzo livello di approfondimento diviene obbligatorio quando l'applicazione del 2° livello è insufficiente (valori Fa locali superiori ai valori soglia) o per edifici di nuova realizzazione dove si prevedono affollamenti significativi o industrie con attività pericolose.

Inoltre, per le aree a pericolosità sismica locale caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquificazioni (zone Z1 e Z2) si passa direttamente agli studi di terzo livello sempre nell'eventualità di costruzione di nuovi edifici strategici e rilevanti di cui al d.d.u.o. n. 19904 del 21/11/2003 sopra esposto.

In riferimento alla nota della Regione Lombardia del febbraio 2012 la carta PSL è stata aggiornata ed integrata sulla base delle modifiche apportate alla carta del dissesto PAI .

4.2 ELEMENTI DI DINAMICA GEOMORFOLOGICA

4.2.1 CENSIMENTO

Nel territorio comunale sono stati individuati elementi di dinamica geomorfologia classificabili come:

frane di crollo
frane di scorrimento o scivolamento
frane complesse
conoidi alluvionali
accumulo da debris_flow
aree a franosità superficiale diffusa
coni detritici
aree di accumulo detriti

Per ognuno di questi elementi è stato talvolta possibile definire il tipo di attività che li caratterizza; fattore importante per la successiva stesura di una carta del rischio geologico. Dove possibile è stato quindi inserito uno dei seguenti aggettivi atto a definire il grado di attività di ogni singolo elemento geomorfologico:

Pericoloso
Attivo
Quiescente
Relitto

4.2.2 Pericolosità

Nel territorio sono state evidenziate aree con particolari problematiche per le quali sono stati definiti, con le procedure previste negli allegati 2, 2 bis e 3 del DGR 29 ottobre 2001, gli ambiti di pericolosità

4.3 ELEMENTI METEOCLIMATICI, IDROGRAFICI E IDROGEOLOGICI

Data l'importanza che le precipitazioni atmosferiche ricoprono nel caratterizzare la dinamica geomorfologia di un particolare territorio, l'analisi del regime pluviometrico costituisce un parametro fondamentale nella prevenzione degli eventi alluvionali e franosi.

La provincia di Sondrio con le sue due valli principali, Valchiavenna e Valtellina, avendo una situazione orografica complessa presenta una estrema variabilità dei valori delle precipitazioni: infatti nello spazio di pochi chilometri possiamo passare dai 726 mm/a di Tirano sul fondovalle ai 1715 mm/a di Scais (lago di Scais, Alpi Orobie).

Nella nostra provincia le aree di maggior precipitazione (valori medi compresi tra 1300 e 1900 mm/anno) si concentrano a ridosso dello spartiacque fra la Val Brembana ed il versante orobico della Valtellina (lago di Trona 2011 mm/anno) e sul lato occidentale della Valchiavenna (Bodengo 1822 mm/anno).

Le zone a minor precipitazione, in questo caso di tutta la Lombardia alpina, con valori medi compresi tra 700 e 900 mm/anno, corrispondono all'alta Valtellina ed all'area di Livigno (Trepalle 646 mm/a, Bormio 724 mm/a, Santa Caterina 865 mm/a).

In un quadro più generale e schematico è possibile suddividere la provincia di Sondrio in tre grandi settori:

1. settore con valori superiori a 1300 mm/a che comprende la Valchiavenna occidentale e le Orobie valtellinese fino al Passo dell'Aprica;

2. settore con valori compresi tra 1100 e 1300 mm/anno comprendente la Vachiavenna orientale e l'alta Valmalenco (gruppo del Bernina)
3. settore con valori inferiori a 1100 mm/anno comprendente la Valmalenco e la media – alta Valtellina con l'area di Livigno.

I Bacini imbriferi dei torrenti Maroggia , Finale e Caldenno, nonché quelli dei corsi d'acqua minori rientrano quindi nei settori 2 e 3.

Se si valutano le precipitazioni che sono cadute all'interno dei bacini di alimentazione dei torrenti, ci si può fare un'idea sulla quantità d'acqua che questi raccolgono e quindi dell'energia che questi dispongono. Osservando la Tabella 1 si possono rilevare i dati riguardanti le precipitazioni massime cadute nella zona di interesse ed in aree limitrofe, prevedendo così le situazioni peggiori attraverso la considerazione dei picchi massimi di precipitazione. Purtroppo questo tipo di analisi, sebbene sia importante, non permette di valutare eventuali eventi eccezionali che spesso sono stati la causa dei disastri più gravi.

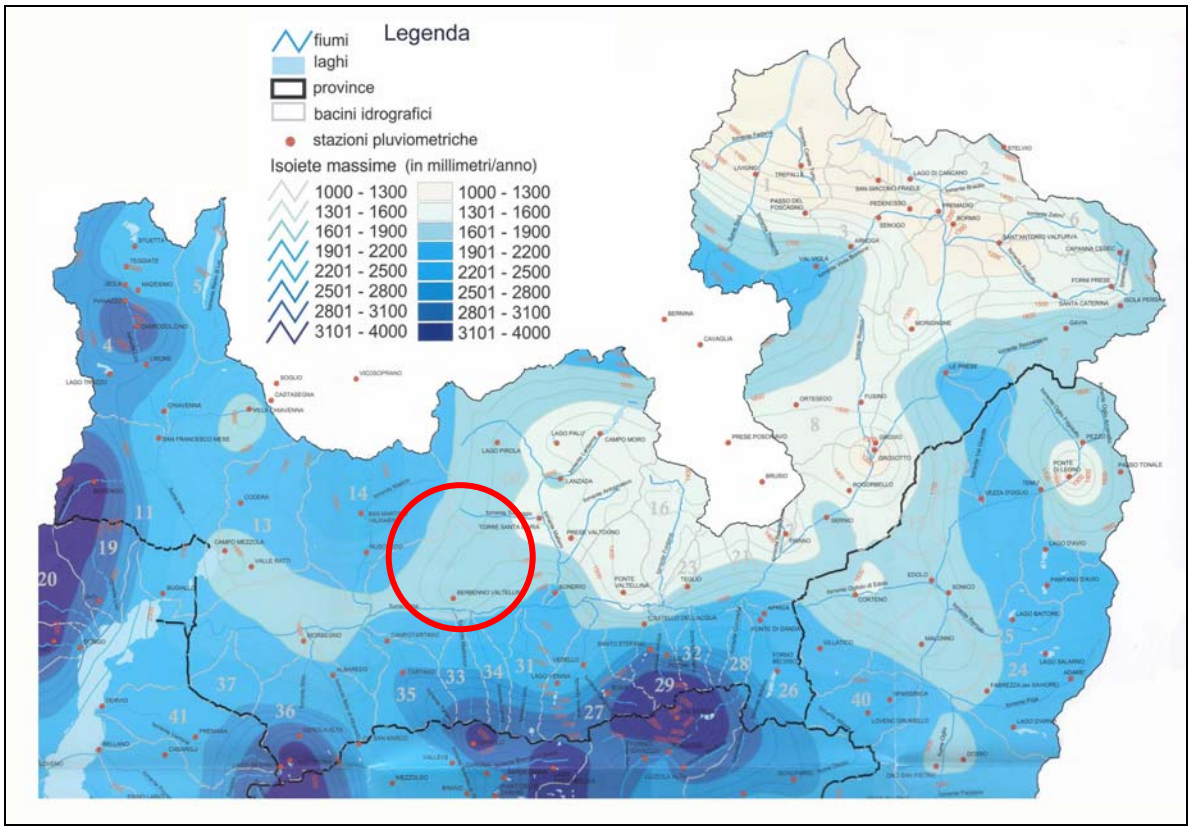


Figura 57Stralcio della "Carta delle precipitazioni massime annue del territorio alpino lombardo (registrate nel periodo 1891 – 1990)", Nel cerchio rosso l'area occupata dai bacini imbriferi dei torrenti Maroggia, Finale e Caldenno.

Le considerazioni meteoclimatiche appena esposte sono state ottenute dal lavoro intitolato: "*Carta delle precipitazioni medie, minime e massime annue del territorio alpino lombardo (registrate nel periodo 1891-1990)*" a cura di Ceriani Massimo e Carelli Massimo, Servizio Geologico, Ufficio Rischi Geologici. Stessa provenienza ha la carta esposta in figura 1.

I valori massimi annuali raggiungono i 1700mm e si registrano valori minimi di 450mm

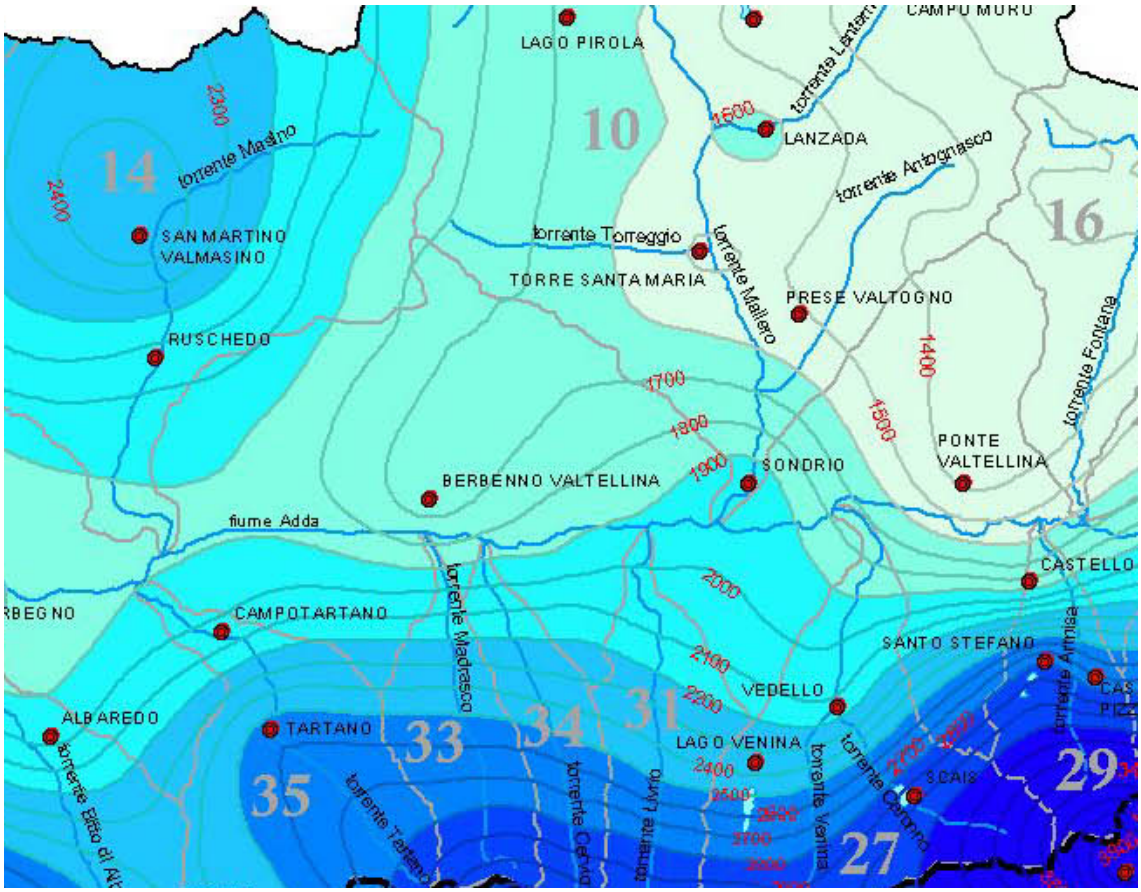


Figura 58 stralcio della carta delle precipitazioni massime annue

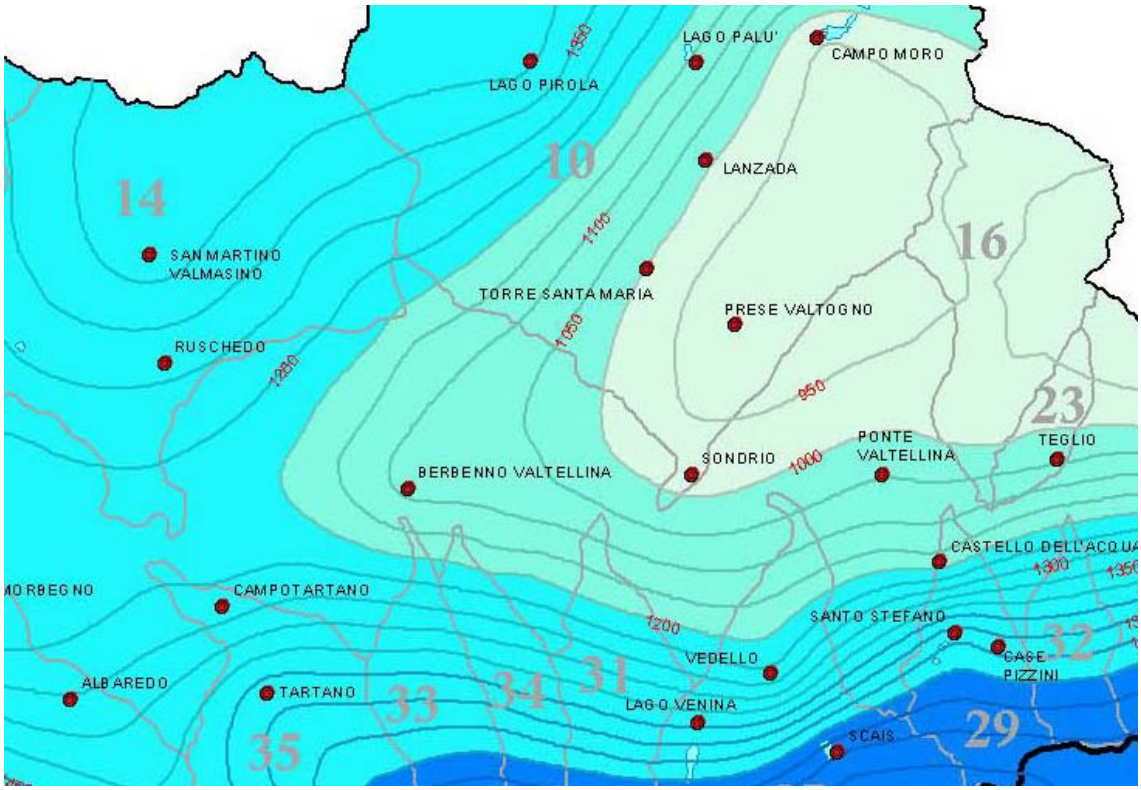


Figura 59 stralcio della carta delle precipitazioni medie annue

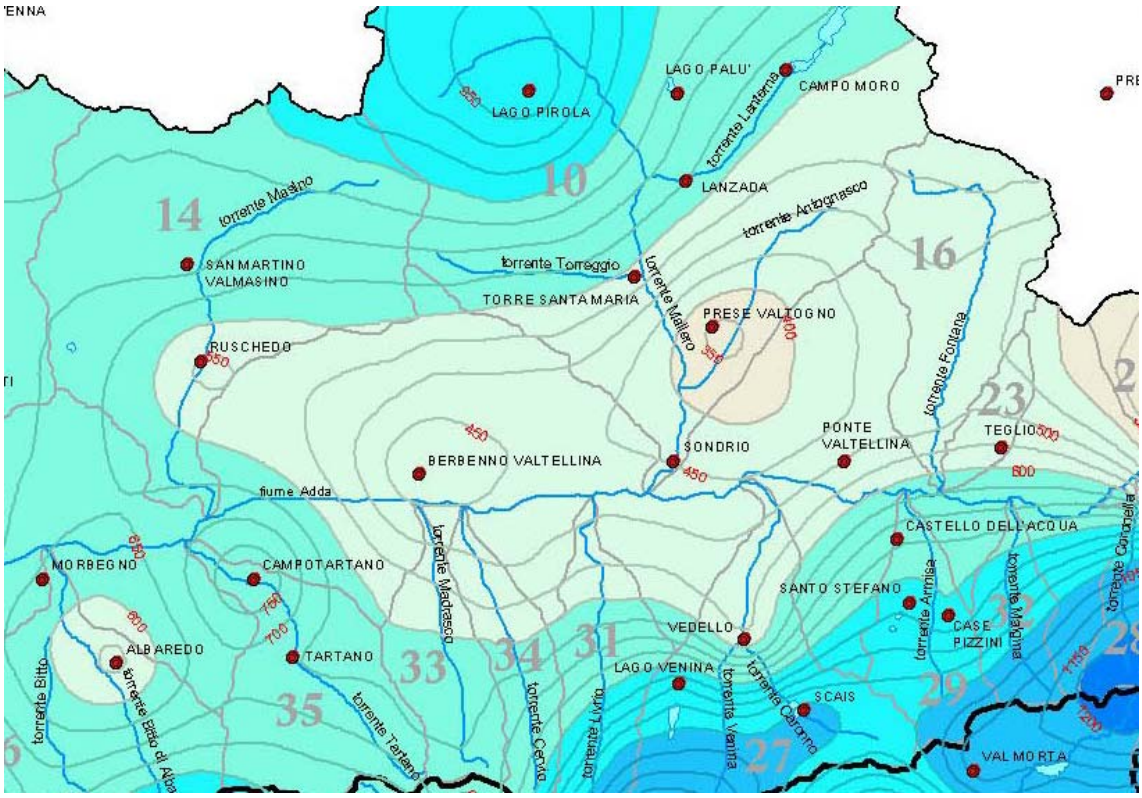


Figura 60 stralcio della carta delle precipitazioni minime annue

Qui di seguito è esposta una tabella contente i dati pluviometrici ottenuti dalle stazioni presenti all'interno del territorio occupato dai bacini oggetto di studio ed in aree limitrofe.

Bacino idrografico	*Località*	*Quota*	*Strumento*	*Inizio*	*Fine*	*Anni*	*Media*	*Min*	*Max*
Adda superiore	Sondrio	320	P/Pr	1876	1990	103	970,2	450,0	**2011,0**
Adda superiore	Berbenno	370	P	1913	1947	31	1077,2	388,0	**1621,0**
Adda superiore	Torre S. Maria	750	P	1922	1947	26	993,2	587,0	**1468,0**
Adda superiore	Ruschedo	755	P	1913	1970	51	1315,1	525,0	**2042,5**
Adda superiore	Morbegno	255	P	1913	1974	61	1196,4	641,0	**1791,8**
Adda superiore	Campo Tartano	1040	P/Pr	1935	1990	26	1265,3	831,8	**2024,2**

P =pluviometro; Pr =pluviografo;

Tabella 2 Dati delle stazioni pluviometriche presenti all'interno del territorio occupato dai bacini imbriferi e nelle aree limitrofe alla zona in esame.

Il catasto delle Valanghe della Regione Lombardia evidenzia come il territorio del comune, specialmente in quota, sia interessato da diversi fenomeni valanghivi.

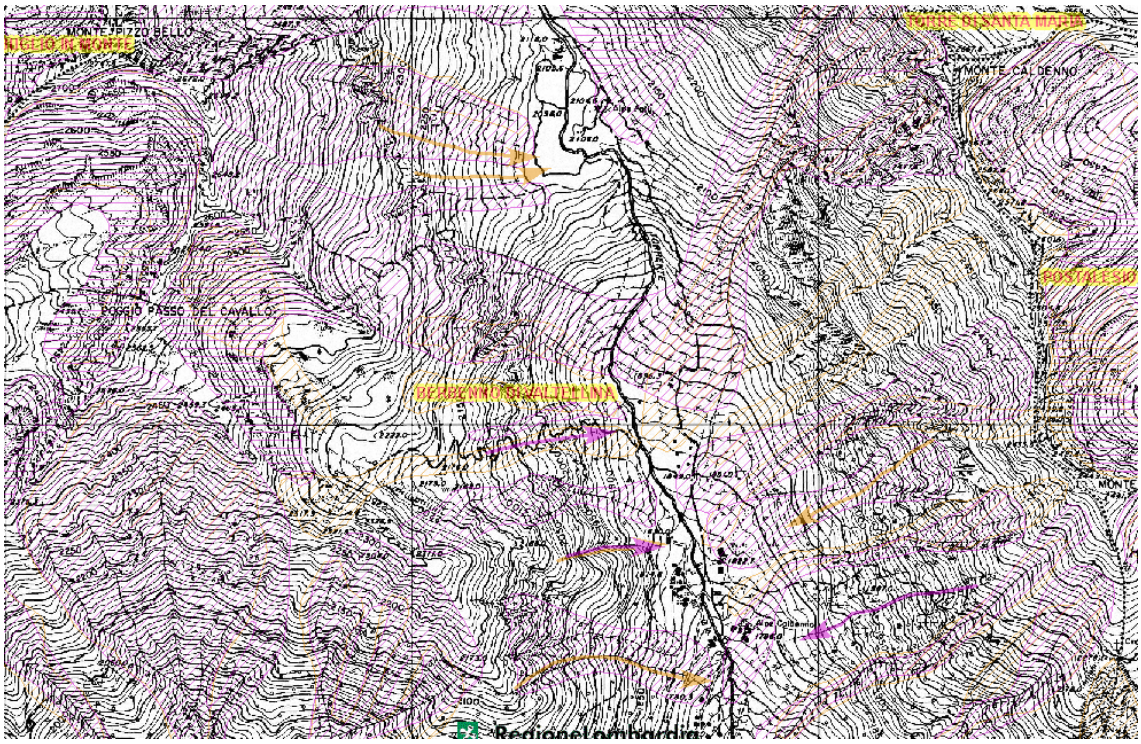


Figura 61 stralcio catasto Valanghe

Le sorgenti utilizzate dalla rete idrica comunale si trovano in due distinte località; 4 sono posizionate in località Alpe Caldenno, mentre le restanti 3 si trovano immediatamente a sud della cima Vignone.

Le due situazioni idrogeologiche sono completamente differenti come si può vedere anche dalla carta di inquadramento allegata. Le sorgenti dell' acquedotto Vignone scaturiscono direttamente da fratture in roccia che nella zona è rappresentata dalla formazione degli Gneiss del Monte Canale[2] e più a valle da Gneiss Granitici.

Le sorgenti sono associate a fratture che inducono una certo grado di permeabilità secondaria nella roccia. La temperatura dell' acqua che si mantiene costante intorno ai 7° è un buon indicatore che si tratta di circolazione idrica profonda.

2
-**gneiss del M. Canale:** gneiss e micascisti muscovitico-epidotici, sovente cloritici o quarzitici, localmente anfibolici, con frequenti passaggi a gneiss occhiadini;

Le sorgenti che alimentano l' acquedotto Caldenno scaturiscono da terreni quaternari sciolti, a diversa permeabilità. Sopra abbiamo imponenti fasce di detrito e/o conoidi generalmente molto permeabili e alla base depositi morenici costituiti da ghiaie, sabbie e limi con permeabilità più ridotta.

Le portate generalmente più abbondanti nella zona del Caldenno, ma anche più variabili, confermano l' origine più superficiale di queste acque.

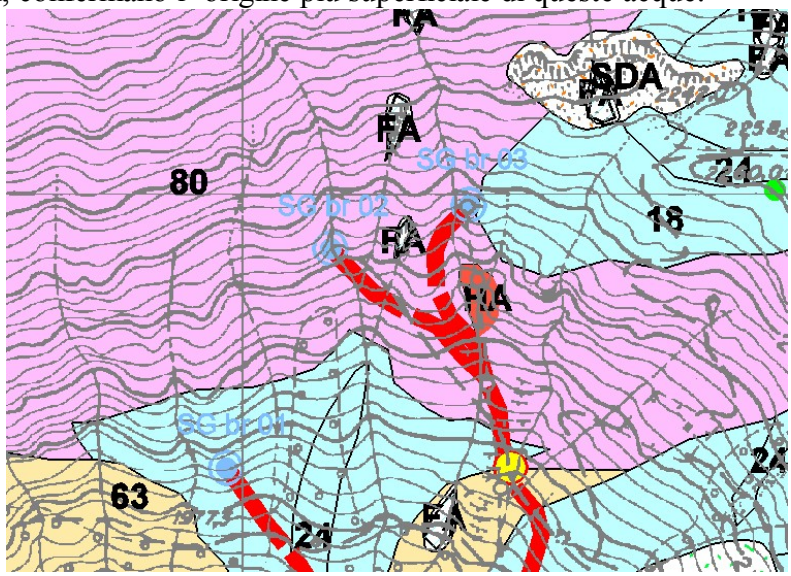


Figura 62 Stralcio della carta di inquadramento raffigurante le 3 sorgenti "Vignone"

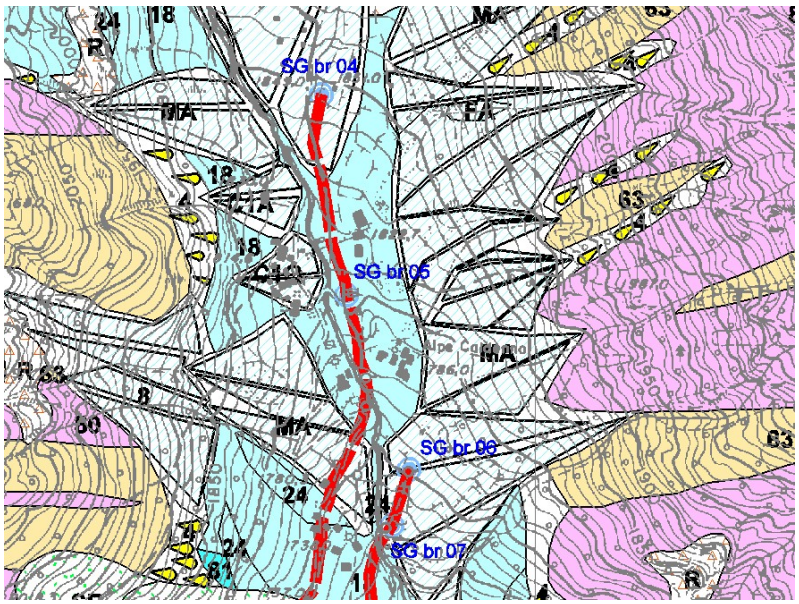


Figura 63 Stralcio della carta di inquadramento raffigurante le 4 sorgenti "Caldenno"

Le informazioni disponibili relative alle sorgenti sono state sintetizzate nelle schede per il censimento delle sorgenti allegate alla presente.

Nella carta dei vincoli sono riportate le zone di tutela assoluta e di rispetto dove valgono le seguenti norme[3] per la salvaguardia delle risorse idriche:

Per assicurare, mantenere e migliorare le caratteristiche qualitative delle acque da destinare al consumo umano, sono stabilite aree di salvaguardia suddistinte in zone di tutela assoluta, zone di rispetto e zone di protezione.

Le zone di tutela assoluta e le zone di rispetto si riferiscono alle sorgenti, ai pozzi ed ai punti di presa; le zone di protezione si riferiscono ai bacini imbriferi ed alle aree di ricarica delle falde.

ZONA DI TUTELA ASSOLUTA

La zona di tutela assoluta è adibita esclusivamente ad opere di presa ed a costruzioni di servizio; deve essere recintata e provvista di canalizzazione per le acque meteoriche e deve avere un'estensione di raggio non inferiore a dieci metri, ove possibile.

L'estensione della zona di tutela assoluta è adeguatamente ampliata in relazione alla situazione locale di vulnerabilità e rischio della risorsa.

ZONA DI RISPETTO

Le zone di rispetto sono delimitate in relazione alle risorse idriche da tutelare e comunque devono avere un'estensione di raggio non inferiore a 200 metri rispetto al punto di captazione. Tale estensione può essere ridotta in relazione alla situazione locale di vulnerabilità e rischio della risorsa.

Nelle zone di rispetto sono vietate le seguenti attività o destinazioni:

a) dispersione ovvero immissione in fossi non impermeabilizzati, di reflui, fanghi e liquami anche se depurati;

b) accumulo di concimi organici;

c) dispersione nel sottosuolo di acque bianche provenienti da piazzali e strade;

d) aree cimiteriali;

---

3 DECRETO PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA 24 MAGGIO 1988, N. 236 (G.U. 30-6-1988, n. 152) ATTUAZIONE DELLA DIRETTIVA CEE N. 80/778 CONCERNENTE LA QUALITA' DELLE ACQUE DESTINATE AL CONSUMO UMANO, AI SENSI DELL'ART. 15 DELLA LEGGE 16 APRILE 1987, N. 183.

e) spandimento di pesticidi e fertilizzanti;

f) apertura di cave e pozzi;

g) discariche di qualsiasi tipo, anche se controllate;

h) stoccaggio di rifiuti, reflui, prodotti, sostanze chimiche pericolose, sostanze radioattive;

i) centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;

l) impianti di trattamento di rifiuti;

m) pascolo e stazzo di bestiame.

Nelle zone di rispetto è vietato l'insediamento di fognature e pozzi perdenti; per quelle esistenti si adottano, ove possibile, le misure per il loro allontanamento.

5. CONDIZIONI DI PERICOLOSITA' CARTA DI SINTESI

Tutti gli elementi precedentemente descritti e riportati nella cartografie di inquadramento sono stati classificati in base al loro grado di pericolosità e raggruppati in modo da ottenere una carta di sintesi in cui diversi poligoni definiscono porzioni di territorio caratterizzati da pericolosità omogenea per la presenza di uno o più fenomeni di dissesto idrogeologico in atto o potenziale o da vulnerabilità idrogeologica.

La DGR prevede diversi ambiti di pericolosità e vulnerabilità che di seguito sono elencati alcuni dei quali presenti anche nel territorio in esame.

In riferimento alla nota della Regione Lombardia del febbraio 2012 la carta di sintesi è stata aggiornata ed integrata sulla base delle modifiche apportate alla carta del dissesto PAI ed agli approfondimenti condotti sia mediante sopralluoghi mirati sul terreno che mediante l'analisi di documentazione d'archivio .

Per chiarezza sono stati attribuiti dei codici alfanumerici che costituiscono la sigla all' interno dei poligoni riportati in carta.

Si distinguono:

A. *aree pericolose dal punto di vista dell' instabilità dei versanti*
B. *aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico*
C. *aree vulnerabili dal punto di vista idraulico*
D. *aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche*
E. *interventi in aree di dissesto o di prevenzione in aree di dissesto potenziale*

Codice **A**	*Descrizione aree pericolose dal punto di vista dell' instabilità dei versanti*	Classe di ingresso
A01	Aree soggette a crolli di massi (distacco e accumulo)	4
A02	Aree interessate da distacco e rotolamento di blocchi pro venienti da depositi superficiali	4
A03	Aree di frana attiva (scivolamenti, colate ed espansioni laterali)	4
A04	Aree di frana quiescente (scivolamenti, colate ed espansioni laterali)	4
A05	Aree a franosità superficiale. attiva diffusa (scivolamenti, solifiusso)	4
A06	Aree in erosione accelerata (calanchi, ruscellamento in depositi superficiali o rocce deboli)	4
A07	Aree interessate da trasporto in massa e flussi di detrito su conoide	4*
A08	Aree interessate da carsismo (caratterizzate da inghiottitoi e doline)	3
A09	Aree a pericolosità potenziale per crolli a causa della presenza di pareti in roccia fratturata e stimata o calcolata area di influenza	4
A10	Aree a pericolosità potenziale legata a orientazione sfavorevole della stratificazione in roccia debole e stimata o calcolata area di influenza	3
A11	Aree a pericolosità potenziale legata a possibilità di innesco, di colate in detrito e terreno valutate o calcolate in base alla pendenza e alle caratteristiche geotecniche dei terreni.	3
A12	Aree di percorsi potenziali di colate in detrito e terreno	4*
A13	Aree a pericolosità potenziale legate alla presenza di terreni a granulometria fine (limi e argille) su pendii inclinati, comprensive delle aree di possibile accumulo.	3
A14	Aree a pericolosità potenziale per grandi frane complesse (comprensive di aree di distacco e di accumulo)	4
A15	Aree interessate, da valanghe già avvenute	4
A16	Aree a probabile localizzazione di valanghe potenziali	4

I fenomeni descritti ai punti da A01 a A08 si riferiscono a eventi già accaduti mentre quelli dai punti A09 a A16 a eventi potenzialmente possibili.

Con il codice B si raggruppano arre vulnerabili dal punto di vista idrogeologico

Codice **B**	*Descrizione aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico*	Classe di ingresso
B01	Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile aree di tutela assoluta	4*
B02	Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile aree di rispetto	3
B03	Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile aree di protezione	3
B04	Aree ad elevata vulnerabilità degli acquiferi sfruttati ad uso idropotabile definite nell'ambito dello studio o nei piani di tutela di cui al d.lgs. 258/2000;	3
B05	Zone interessate dalla presenza di centri di pericolo (cfr. d.lgs. n. 258/2000) e relativo ambito di influenza entro le aree ad alta vulnerabilità e, in particolare, delle seguenti attività pericolose:,	3
B06	Aree con emergenze idriche diffuse (fontanili, sorgenti);	3
B07	Aree a bassa soggiacenza della falda o con presenza di falde sospese.	4

Alle aree vulnerabili dal punto di visita idraulico si è associata la sigla C

Codice **C**	*Descrizione aree vulnerabili dal punto di vista idraulico*	Classe di ingresso
C01	aree ripetutamente allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali o frequentemente insondabili (indicativamente con tempi di ritorno inferiori a 20-50 anni), con significativi valori di velocità e/o altezze d' acqua, o con consistenti fenomeni di trasporto solido	4
C02	aree interessabili da fenomeni di erosione fluviale e non idoneamente protette da interventi di difesa	4
C03	aree adiacenti ai corsi d' acqua da mantenete a disposizione per consentire l' accessibilità di interventi di manutenzione e per la realizzazione di interventi di difesa	4
C04	aree allagate in occasione di eventi meteorici eccezionali o allagabili con minore frequenza (indicativamente con tempi di ritorno superiori a 100 anni) e/o con modesti valori di velocità ed altezze d'acqua tali da non pregiudicare l'incolumità delle persone, la funzionalità di edifici e infrastrutture e lo svolgimento di attività economiche, aree soggette ad esondazioni lacuali;	3
C05	aree protette da interventi di difesa dalle esondazioni correttamente progettate e costruite e in buono stato di manutenzione, delle quali sia stato verificato il corretto dimensionamento secondo i criteri di cui all'allegato 3 (con portate solido-liquide aventi tempo di ritorno almeno centennale);	3
C06	aree potenzialmente inondabili individuate con criteri geomorfologici tenendo conto delle criticità derivanti da punti di debolezze delle strutture di contenimento quali, tratti di sponde in erosione, punti di possibile tracimazione, sovralluvionamenti, sezioni di deflusso. insufficienti anche a causa della presenza di depositi di materiale vario in alveo o in sua prossimità ecc.;	4
C07	aree già allagate in occasione di precedenti. di eventi. alluvionali;	4
C08	aree potenzialmente interessate da flussi di detrito in corrispondenza dei conoidi pedemontani di raccordo collina-pianura	3

La lettera D distingue le aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche

Codice **D**	*Descrizione di aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche*	Classe di ingresso
D01	aree di possibile ristagno, torbose e paludose	3
D02	aree prevalentemente limo-argillose con limitata capacità portante (riportare gli spessori)	3
D03	aree con consistenti disomogeneità tessiturali verticali e laterali (indicare le ampiezze)	3
D04	aree con riporti di materiale	3

La tabella seguente mostra in pratica quali sono state le sostituzioni effettuate per passare dalla carta di inquadramento alla carta di sintesi; la presenza di due diverse famiglie di sigle (lettere e numeri) dipende dal fatto che la carta di inquadramento, come è già stato accennato, è stata ottenuta interpolando i dati presenti in archivio (cartografia + rilevamenti personali, in cifre) con i dati forniti dalla Regione Lombardia, Struttura rischi geologici (aggiornamento 2002 in lettere).

Sigla archivio	Descrizione	*Sigla*	Sigla Regione	*Classe*
1	Cono detritico non colonizzato attivo	*A01*	KA	*4*
3	Cono detritico colonizzato inattivo	*A24*	KQ	*3*
4	Falda detritica non colonizzata attiva	*A01*	D/DA	*4*
7	Conoide di deiezione non colonizzato attivo	*A07*	CA	*4**
8	Conoide di deiezione colonizzato inattivo	*A20*	CR	*2*
12	Alluvione attuale	*C01*	A	*4*
13	Alluvione recente	*C20*		*3*
17	Deposito torboso	*D01*		*3*
26	Accumulo di frana di scivolamento non colonizzato	*A03*	SA	*4*
27	Accumulo di frana di scivolamento colonizzato	*A04*	SQ	*4*
28	Paleofrana	*A31*	XR	*3*
84	Falde detritica parz.colonizzata attiva	*A01*	DQ	*4*
	conoidi alluvionali quiescente	*C08*	CQ	*3*
	crolli	*A01*	R	*4*
	franosità superficiale diffusa attiva	*A05*	SDA	*4*
	scorrimenti o scivolamenti relitti	*A29*	SR	*3*
	accumulo da debris flow attivo	*A07*	FA	*4**
	accumulo da debris flow quiescente	*A21*	FQ	*3*
	Conoide di debris_flow attivo	*A07*	C1A	*4**
	Conoide di debris_flow quiescente	*A21*	C1Q	*3*
	Erosione regressiva attiva	*A06*	HA	*4*
	Fenomeni antropici	*A28*	Z	*3*
	Conoide misto attivo	*A07*	MA	*4**
	Conoide misto quiescente	*A23*	MQ	*3*

Codici aggiunti	*Descrizione aree vulnerabili dal punto di vista idraulico*	Classe di ingresso	presente
A20	Aree potenzialmente interessate da trasporto in massa e flussi di detrito su conoide (inattivo)	3	X
A21	Aree interessate da potenziale trasporto in massa e flussi di detrito su conoide da debris flow quiescente	3	X
A23	Aree interessate da potenziale trasporto in massa e flussi di detrito su conoide misto quiescente o	3	X
A24	Aree potenzialmente soggette a crolli di massi (distacco e accumulo) attualmente inattive	3	X
A28	Fenomeni antropici	3	X
A29	Aree di frana relitta	3	X
A31	Accumulo di paleofrana	3	X
C20	Aree allagabili con frequenza minore	3	X

5.1 SITI A MAGGIOR RISCHIO

Nell' area del Comune sono stati individuati alcuni siti classificati a maggior rischio per le loro caratteristiche geomorfologiche e di pericolosità.

In particolare è stata effettuata la zonazione della pericolosità per quelle conoidi alluvionali segnalate dal PAI come conoidi attive non protette riportando alcune proposte di modifica .

In tali ambiti si sono approfondite le indagini secondo le metodologie previste nell' allegato 2 della D.G.R. 8/1566 del 22.12.2005 e ss.mm.ii. .

5.1.1 Verifica della pericolosità delle conoidi

Elaborando i dati rilevati attraverso la compilazione della scheda conoide è stato possibile calcolare il volume massimo di materiale detritico (magnitudo) rimobilizzabile durante un evento di trasporto di massa o misto per ognuna delle conoidi rilevate.

La seguente tabella mostra il risultato di tali calcoli, fornendo anche i diversi metodi empirici che sono stati utilizzati .

Per il **torrente Maroggia ed il torrente Caldenno**, ove si propone una modifica della perimetrazione del PAI, sono inoltre riportati i valori delle portate di massima piena dedotti dal Sistema Informativo SIBCA – dati idro-morfologici dei bacini alpini pubblicato dalla Regione Lombardia ed a fine testo si allegato le carte della pericolosità redatte sulla base dell'analisi dei dati e dei rilievi morfologici in sito al fine della zonazione della pericolosità generata da colate di detrito e trasporto in massa lungo conoidi alpine secondo le procedure dell' **allegato 2 della D.G.R. 8/1566 del 22.12.2005 e ss.mm.ii. (Procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio da frana)**.

La zonazione delle conoidi Maroggia e Caldenno è stata preceduta da un'analisi dei dati storici disponibili, dal rilievo in sito lungo la conoide per evidenziare eventuali criticità e per rilevare la presenza e lo stato di fatto delle opere di regimazione idraulica, quali vasche di laminazione, argini e briglie-soglie .

Calcolo della Magnitudo			
Dati d'ingresso			
area del bacino	Ab	kmq	6,685
indice di Melton	Mb		0,851
quota massima del bacino	Hmax	km	2,550
quota minima del bacino	Hmin	km	0,350
pendenza del collettore sul conoide	Scl_c	%	8,98
pendenza asta principale	Scl	%	38,64
indice di frana	I-F		3,00
costante	K		3
Lunghezza alveo sul conoide	Lcl	m	813
Metodi	**MAGNITUDO M^3**		
(1) Bottino, Crivellari e Mandrone (1996)	36.157		
(2) Crosta; Ceriani, Frattini & Quattrini (2000)	17.585		
(3) Hampel (1977)	61.316		
(4) Marchi e Tecca (1996)	467.916		
(5) Rickenmann & Zimmerman (1997)	63.048		
(6) Takei (1984)	43.334		

Tabella 3 Elaborazione dei dati presenti sulla scheda conoide per il torrente Finale.

Calcolo della Magnitudo			
Dati d'ingresso			
area del bacino	Ab	kmq	11,035
indice di Melton	Mb		0,668
quota massima del bacino	Hmax	km	2,740
quota minima del bacino	Hmin	km	0,520
pendenza del collettore sul conoide	Scl_c	%	12,38
pendenza asta principale	Scl	%	43,03
indice di frana	I-F		3,00
costante	K		5,4
Lunghezza alveo sul conoide	Lcl	m	4462
Metodi	**MAGNITUDO M^3**		

(1) Bottino, Crivellari e Mandrone (1996)	41.605
(2) Crosta; Ceriani, Frattini & Quattrini (2000)	59.376
(3) Hampel (1977)	285.051
(4) Marchi e Tecca (1996)	772.436
(5) Rickenmann & Zimmerman (1997)	308.101
(6) Takei (1984)	58.834

Tabella 4 Elaborazione dei dati presenti sulla scheda conoide per il torrente Maroggia.

Portate di piena t. Maroggia			
Dati SIBCA			
portata Tr 50 anni		mc/s	36,59
portata Tr 100 anni		mc/s	40,23

Calcolo della Magnitudo			
Dati d'ingresso			
area del bacino	Ab	kmq	10,618
indice di Melton	Mb		0,775
quota massima del bacino	Hmax	km	3,097
quota minima del bacino	Hmin	km	0,570
pendenza del collettore sul conoide	Scl_c	%	11,69
pendenza asta principale	Scl	%	
indice di frana	I-F		2,00
costante	K		3
Lunghezza alveo sul conoide	Lcl	m	2533
Metodi	**MAGNITUDO M^3**		
(1) Bottino, Crivellari e Mandrone (1996)	41.159		
(2) Crosta; Ceriani, Frattini & Quattrini (2000)	75.961		
(3) Hampel (1977)	230.086		
(4) Marchi e Tecca (1996)	743.278		
(5) Rickenmann & Zimmerman (1997)	179.273		
(6) Takei (1984)	57.469		

Tabella 5 Elaborazione dei dati presenti sulla scheda conoide per il torrente Caldenno.

Portate di piena t. Caldenno			
Dati SIBCA			
portata Tr 50 anni		mc/s	31,90
portata Tr 100 anni		mc/s	35,43

Calcolo della Magnitudo			
Dati d'ingresso			
area del bacino	Ab	kmq	0,440
indice di Melton	Mb		1,402
quota massima del bacino	Hmax	km	1,250
quota minima del bacino	Hmin	km	0,320
pendenza del collettore sul conoide	Scl_c	%	15,54
pendenza asta principale	Scl	%	37,98
indice di frana	I-F		3,00
costante	K		5,4
Lunghezza alveo sul conoide	Lcl	m	0
Metodi	**MAGNITUDO M^3**		
(1) Bottino, Crivellari e Mandrone (1996)	16.881		
(2) Crosta; Ceriani, Frattini & Quattrini (2000)	5.378		
(3) Hampel (1977)	22.174		
(4) Marchi e Tecca (1996)	30.815		
(5) Rickenmann & Zimmerman (1997)	0		
(6) Takei (1984)	8.245		

Tabella 6 Elaborazione dei dati presenti sulla scheda conoide per il torrente Valdorta.

Calcolo della Magnitudo			
Dati d'ingresso			
area del bacino	Ab	kmq	0,142
indice di Melton	Mb		2,757
quota massima del bacino	Hmax	km	1,400
quota minima del bacino	Hmin	km	0,360
pendenza del collettore sul conoide	Scl_c	%	26,12
pendenza asta principale	Scl	%	49,34
indice di frana	I-F		3,00
costante	K		5,4
Lunghezza alveo sul conoide	Lcl	m	348
Metodi	**MAGNITUDO M^3**		
(1) Bottino, Crivellari e Mandrone (1996)	12.305		
(2) Crosta; Ceriani, Frattini & Quattrini (2000)	5.020		
(3) Hampel (1977)	29.274		
(4) Marchi e Tecca (1996)	9.961		
(5) Rickenmann & Zimmerman (1997)	12.076		
(6) Takei (1984)	4.140		

Tabella 7 Elaborazione dei dati presenti sulla scheda conoide per il torrente Salice.

Calcolo della Magnitudo			
Dati d'ingresso			
area del bacino	Ab	kmq	0,251
indice di Melton	Mb		1,976
quota massima del bacino	Hmax	km	1,350
quota minima del bacino	Hmin	km	0,360
pendenza del collettore sul conoide	Scl_c	%	25,25
pendenza asta principale	Scl	%	58,25
indice di frana	I-F		3,00
costante	K		5,4
Lunghezza alveo sul conoide	Lcl	m	0
Metodi	**MAGNITUDO M^3**		
(1) Bottino, Crivellari e Mandrone (1996)	14.425		
(2) Crosta; Ceriani, Frattini & Quattrini (2000)	6.558		
(3) Hampel (1977)	47.284		
(4) Marchi e Tecca (1996)	17.574		
(5) Rickenmann & Zimmerman (1997)	0		
(6) Takei (1984)	5.853		

Tabella 8 Elaborazione dei dati presenti sulla scheda conoide per il torrente Guarda.

Calcolo della Magnitudo			
Dati d'ingresso			
area del bacino	Ab	kmq	0,446
indice di Melton	Mb		1,670
quota massima del bacino	Hmax	km	1,430
quota minima del bacino	Hmin	km	0,315
pendenza del collettore sul conoide	Scl_c	%	19,23
pendenza asta principale	Scl	%	45,68
indice di frana	I-F		3,00
costante	K		5,4
Lunghezza alveo sul conoide	Lcl	m	234
Metodi	**MAGNITUDO M^3**		
(1) Bottino, Crivellari e Mandrone (1996)	16.940		
(2) Crosta; Ceriani, Frattini & Quattrini (2000)	7.751		
(3) Hampel (1977)	40.630		
(4) Marchi e Tecca (1996)	31.198		
(5) Rickenmann & Zimmerman (1997)	12.150		
(6) Takei (1984)	8.307		

Tabella 9 Elaborazione dei dati presenti sulla scheda conoide per il torrente Valdenso.

Calcolo della Magnitudo			
Dati d'ingresso			
area del bacino	Ab	kmq	0,134
indice di Melton	Mb		1,910
quota massima del bacino	Hmax	km	1,000
quota minima del bacino	Hmin	km	0,300
pendenza del collettore sul conoide	Scl_c	%	17,07
pendenza asta principale	Scl	%	50,81
indice di frana	I-F		3,00
costante	K		5,4
Lunghezza alveo sul conoide	Lcl	m	0
Metodi	**MAGNITUDO M^3**		
(1) Bottino, Crivellari e Mandrone (1996)	12.106		
(2) Crosta; Ceriani, Frattini & Quattrini (2000)	2.308		
(3) Hampel (1977)	8.813		
(4) Marchi e Tecca (1996)	9.399		
(5) Rickenmann & Zimmerman (1997)	0		
(6) Takei (1984)	3.996		

Tabella 10 Elaborazione dei dati presenti sulla scheda conoide per il torrente Brugnatti.

Calcolo della Magnitudo			
Dati d'ingresso			
area del bacino	Ab	kmq	0,247
indice di Melton	Mb		2,334
quota massima del bacino	Hmax	km	1,480
quota minima del bacino	Hmin	km	0,320
pendenza del collettore sul conoide	Scl_c	%	26,67
pendenza asta principale	Scl	%	49,34
indice di frana	I-F		3,00
costante	K		5,4
Lunghezza alveo sul conoide	Lcl	m	150
Metodi	**MAGNITUDO M^3**		
(1) Bottino, Crivellari e Mandrone (1996)	14.360		
(2) Crosta; Ceriani, Frattini & Quattrini (2000)	7.788		
(3) Hampel (1977)	53.644		
(4) Marchi e Tecca (1996)	17.293		
(5) Rickenmann & Zimmerman (1997)	4.999		
(6) Takei (1984)	5.796		

Tabella 11 Elaborazione dei dati presenti sulla scheda conoide per il torrente Costa.

Calcolo della Magnitudo			
Dati d'ingresso			
area del bacino	Ab	kmq	1,007
indice di Melton	Mb		1,306
quota massima del bacino	Hmax	km	1,630
quota minima del bacino	Hmin	km	0,320
pendenza del collettore sul conoide	Scl_c	%	26,72
pendenza asta principale	Scl	%	57,55
indice di frana	I-F		3,00
costante	K		5,4
Lunghezza alveo sul conoide	Lcl	m	195
Metodi	**MAGNITUDO M^3**		
(1) Bottino, Crivellari e Mandrone (1996)	21.280		
(2) Crosta; Ceriani, Frattini & Quattrini (2000)	19.977		
(3) Hampel (1977)	219.647		
(4) Marchi e Tecca (1996)	70.464		
(5) Rickenmann & Zimmerman (1997)	6.474		
(6) Takei (1984)	13.655		

Tabella 12 Elaborazione dei dati presenti sulla scheda conoide per il torrente Serada.

Calcolo della Magnitudo			
Dati d'ingresso			
area del bacino	Ab	kmq	0,173
indice di Melton	Mb		1,875
quota massima del bacino	Hmax	km	1,100
quota minima del bacino	Hmin	km	0,320
pendenza del collettore sul conoide	Scl_c	%	6,54
pendenza asta principale	Scl	%	46,96
indice di frana	I-F		3,00
costante	K		5,4
Lunghezza alveo sul conoide	Lcl	m	153
Metodi	**MAGNITUDO M^3**		
(1) Bottino, Crivellari e Mandrone (1996)	12.997		
(2) Crosta; Ceriani, Frattini & Quattrini (2000)	1.123		
(3) Hampel (1977)	475		
(4) Marchi e Tecca (1996)	12.110		
(5) Rickenmann & Zimmerman (1997)	12.798		
(6) Takei (1984)	4.664		

Tabella 13 Elaborazione dei dati presenti sulla scheda conoide per il torrente Motta.

Calcolo della Magnitudo			
Dati d'ingresso			
area del bacino	Ab	kmq	0,110
indice di Melton	Mb		2,113
quota massima del bacino	Hmax	km	1,000
quota minima del bacino	Hmin	km	0,300
pendenza del collettore sul conoide	Scl_c	%	11,69
pendenza asta principale	Scl	%	46,06
indice di frana	I-F		3,00
costante	K		5,4
Lunghezza alveo sul conoide	Lcl	m	153
Metodi	**MAGNITUDO M^3**		
(1) Bottino, Crivellari e Mandrone (1996)	11.443		
(2) Crosta; Ceriani, Frattini & Quattrini (2000)	1.401		
(3) Hampel (1977)	2.379		
(4) Marchi e Tecca (1996)	7.685		
(5) Rickenmann & Zimmerman (1997)	10.829		
(6) Takei (1984)	3.534		

Tabella 14 Elaborazione dei dati presenti sulla scheda conoide per il torrente Morelli.

Calcolo della Magnitudo			
Dati d'ingresso			
area del bacino	Ab	kmq	0,207
indice di Melton	Mb		1,582
quota massima del bacino	Hmax	km	1,050
quota minima del bacino	Hmin	km	0,330
pendenza del collettore sul conoide	Scl_c	%	34,36
pendenza asta principale	Scl	%	41,07
indice di frana	I-F		3,00
costante	K		5,4
Lunghezza alveo sul conoide	Lcl	m	181
Metodi	**MAGNITUDO M^3**		
(1) Bottino, Crivellari e Mandrone (1996)	13.669		
(2) Crosta; Ceriani, Frattini & Quattrini (2000)	6.164		
(3) Hampel (1977)	85.917		
(4) Marchi e Tecca (1996)	14.502		
(5) Rickenmann & Zimmerman (1997)	2.552		
(6) Takei (1984)	5.206		

Tabella 15 Elaborazione dei dati presenti sulla scheda conoide per il torrente Valee.

Calcolo della Magnitudo			
Dati d'ingresso			
area del bacino	Ab	kmq	0,109
indice di Melton	Mb		1,273
quota massima del bacino	Hmax	km	0,750
quota minima del bacino	Hmin	km	0,330
pendenza del collettore sul conoide	Scl_c	%	22,47
pendenza asta principale	Scl	%	40,08
indice di frana	I-F		3,00
costante	K		5,4
Lunghezza alveo sul conoide	Lcl	m	267
Metodi	**MAGNITUDO M^3**		
(1) Bottino, Crivellari e Mandrone (1996)	11.416		
(2) Crosta; Ceriani, Frattini & Quattrini (2000)	1.780		
(3) Hampel (1977)	15.084		
(4) Marchi e Tecca (1996)	7.620		
(5) Rickenmann & Zimmerman (1997)	11.701		
(6) Takei (1984)	3.516		

Tabella 16 Elaborazione dei dati presenti sulla scheda conoide per il torrente Valee nuova.

Calcolo della Magnitudo			
Dati d'ingresso			
area del bacino	Ab	kmq	0,447
indice di Melton	Mb		1,301
quota massima del bacino	Hmax	km	1,190
quota minima del bacino	Hmin	km	0,320
pendenza del collettore sul conoide	Scl_c	%	20,48
pendenza asta principale	Scl	%	27,21
indice di frana	I-F		3,00
costante	K		5,4
Lunghezza alveo sul conoide	Lcl	m	249
Metodi	**MAGNITUDO M^3**		
(1) Bottino, Crivellari e Mandrone (1996)	16.956		
(2) Crosta; Ceriani, Frattini & Quattrini (2000)	6.783		
(3) Hampel (1977)	48.357		
(4) Marchi e Tecca (1996)	31.306		
(5) Rickenmann & Zimmerman (1997)	12.151		
(6) Takei (1984)	8.325		

Tabella 17 Elaborazione dei dati presenti sulla scheda conoide per il torrente Regoledo.

Calcolo della Magnitudo			
Dati d'ingresso			
area del bacino	Ab	kmq	0,991
indice di Melton	Mb		1,281
quota massima del bacino	Hmax	km	1,590
quota minima del bacino	Hmin	km	0,315
pendenza del collettore sul conoide	Scl_c	%	22,12
pendenza asta principale	Scl	%	21,85
indice di frana	I-F		3,00
costante	K		5,4
Lunghezza alveo sul conoide	Lcl	m	208
Metodi	**MAGNITUDO M^3**		
(1) Bottino, Crivellari e Mandrone (1996)	21.187		
(2) Crosta; Ceriani, Frattini & Quattrini (2000)	16.031		
(3) Hampel (1977)	131.692		
(4) Marchi e Tecca (1996)	69.365		
(5) Rickenmann & Zimmerman (1997)	9.298		
(6) Takei (1984)	13.525		

Tabella 18 Elaborazione dei dati presenti sulla scheda conoide per il torrente Magiosca.

Ognuno di questi metodi utilizza una formula diversa per il calcolo della magnitudo, in particolare:

$$(1)\ M = 21241 * Ab^{0.26}$$

$$(2)\ M = K * Ab * Mb^{0,8} * Scl_c * (I - F)^{-2} * 1000$$

$$(3)\ M = 150 * Ab * (Sc - 3)^{2,3}$$

$$(4)\ M = 10000 * Ab$$

$$(5)\ M = (110 - 2,5 * Scl_c) * Lcl$$

$$(6)\ M = 13600 * Ab^{0,61}$$

dove:

M = magnitudo in m^3

Ab = area del bacino in Km^3

K = costante: 3 per I fenomeni di *bed load* e *debris flood*, 5,4 per i fenomeni di *debris_flow.*

Mb = indice di Melton

Scl_c =pendenza del collettore sul conoide

I-F = indice di frana

Lcl =lunghezza dell'alveo su conoide (m)

Sc = pendenza del conoide

Tra i metodi utilizzati, va ricordato che non tutti sono compatibili con le varie situazioni trattate. Per esempio i metodi di Marchi & Tecca (1996) e quello di Hampel (1977), forniscono valori molto elevati in quanto sono da applicare solamente a torrenti con piccoli bacini imbriferi (Ab < 10 Km^2) inoltre anche in questo caso il loro valore risulta molto più elevato rispetto agli altri metodi. Questa discrepanza di valori può essere dovuta al fatto che questi sono modelli derivati da diverse situazioni geografico-geologiche e quindi sono tarati con valori che risultano essere eccessivi nel caso delle conoidi alpine.

Da questo punto di vista il modello maggiormente affidabile è quello di Crosta; Ceriani, Frattini & Quattrini (2000), che è stato sviluppato appositamente per le valli alpine. A questo punto diviene interessante calcolare l'altezza massima del materiale all'interno dell'alveo rispetto alle varie magnitudo calcolate :

Altezza potenziale del materiale in alveo (m)			
METODI	Torrenti		
	Caldenno	Finale	Maroggia
Bottino, Crivellari e Mandrone (1996)	0,8	5,6	2,04
Crosta; Ceriani, Frattini & Quattrini (2000)	**1,5**	**2,7**	**2,91**
Rickenmann & Zimmerman (1997)	3,5	9,7	6,91

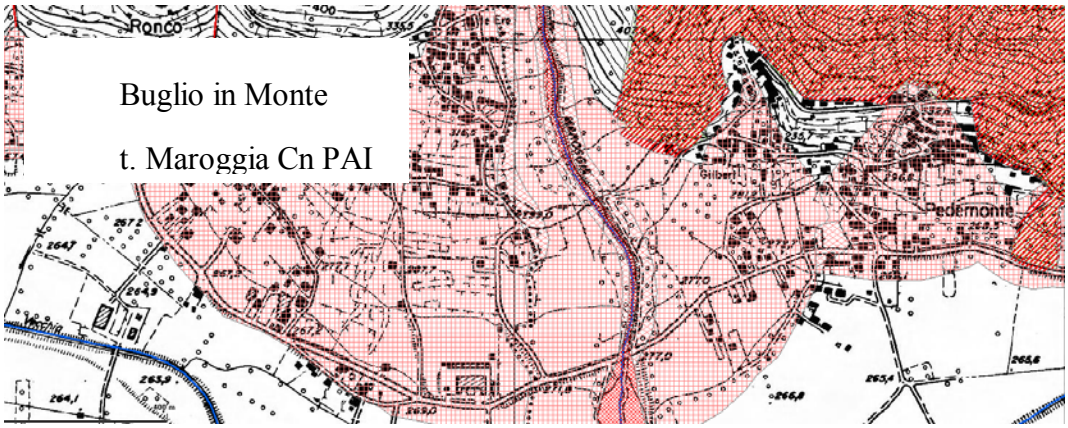
Tabella 19 Altezza del materiale in alveo, secondo i diversi metodi utilizzati; Conoidi principali: BrB Maroggia, BrR Finale, BrS Caldenno.

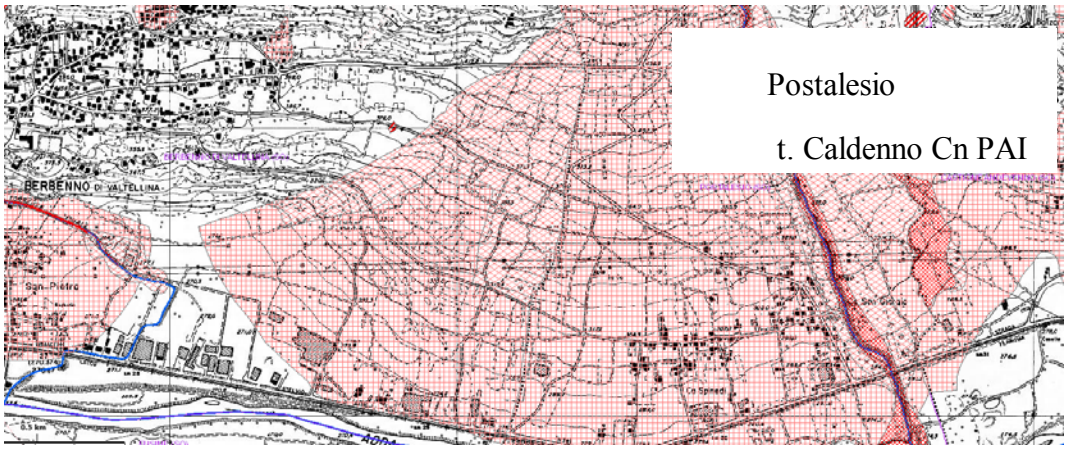
Secondo questo metodo, l'eventuale colata detritica non scavalcherà gli argini (alti mediamente circa 3 metri) risparmiando i vari centri urbani ed abitati.

In riferimento a quanto sopra ed alla redazione delle carte di pericolosità su conoide, le aree interne alle arginature principali sono state poste in classe di pericolosità H4-H5 su conoide e Ca del PAI, le aree immediatamente esterne alle arginature in classe di pericolosità H3 su conoide e Cp del PAI e le aree completamente protette in considerazione della morfologia dei luoghi, delle analisi idrauliche condotte nei paragrafi precedenti e non interessate da fenomeni di esondazione in classe di pericolosità H2 su conoide e Cn del PAI.

Bisogna ricordare che la zonazione dei torrenti Caldenno e Maroggia è stata effettuata tenendo anche particolarmente conto degli studi realizzati dalla Struttura Rischi Idrogeologici della Regione Lombardia .

Si tenga inoltre conto che le aree delle conoidi del Caldenno e Maroggia esterne al confine del Comune di Berbenno di Valtellina, poste rispettivamente nei Comuni di Postalesio e di Buglio in Monte, risultano classificate secondo il dissesto PAI aggiornato in aree Cn – conoide non recentemente attivatasi o completamente protetta .





Carte PAI pubblicata sul SIT (maggio 2012)

Un discorso a parte fa affrontato per le conoidi minori, distribuite sul territorio comunale compreso tra il torrente Finale ed il torrente Maroggia.

Altezza potenziale del materiale in alveo (m)				
METODI	Torrenti			
	Valee nuova	Valle dei Valee	Motta	Morelli
Bottino, Crivellari e Mandrone (1996)	21,38	12,59	31,63	27,56
Crosta; Ceriani, Frattini & Quattrini (2000)	3,33	4,76	0,58	1,31
Rickenmann & Zimmerman (1997)	21,91	2,35	31,11	25,96

Tabella 20 Altezza del materiale in alveo, secondo i diversi metodi utilizzati; conoidi che possiedo un piccolo alveo: BrL Motta, BrM Morelli, BrN Valee, BrO Valee nuova.

Altezza potenziale del materiale in alveo (m)				
METODI	Torrenti			
	Salice	Valdenso	Costa	Serada
Bottino, Crivellari e Mandrone (1996)	7,07	14,48	19,15	13,64
Crosta; Ceriani, Frattini & Quattrini (2000)	2,88	6,62	10,38	12,81
Rickenmann & Zimmerman (1997)	6,94	10,39	6,67	4,15

Tabella 21 Altezza del materiale in alveo, secondo i diversi metodi utilizzati; conoidi che possiedo un piccolo alveo: BrD Salice, BrF Valdenso, BrH Costa, BrI Serada.

Per le restanti conoidi minori (BrQ Magiosca, BrP Regoledo, BrE Guarda, BrG Brugnatti, e BrC Valdorta) questa stima non può essere effettuata in quanto mancano di un alveo vero e proprio.

Facendo riferimento alle conoidi minori precedentemente elencate va detto che i valori di magnitudo esposti in precedenza appaiono un poco eccessivi come diretta conseguenza del fatto che un valore importante per il calcolo della quantità massima di materiale mobilizzabile è l'area del bacino imbrifero. Infatti guardando la carta topografica della zona analizzata si intuisce come parte dell'area effettiva del bacino imbrifero (calcolata considerando le linee ortogonali alle isoipse), non può essere considerata area di deposito del materiale mobilizzabile che arriverà in conoide, perché caratterizzata da basse pendenze oppure perché morfologicamente separata dalla vera zona di alimentazione (cambi di pendenza, strade, paesi).

Per questi motivi i valori di magnitudo di quasi tutte le conoidi minori sono stati ricalcolati e adattati alla situazione morfologica specifica.

Le tabelle seguenti mettono in evidenza i nuovi valori di magnitudo e la differenza rispetto a quelli precedenti.

Magnitudo ridotta*						
Valdorta	Salici	Guarda	Valdenso	Brugnatti	Costa	Serada
14.816	10.416	10.473	12.844	11.636	11.740	15.623
4.066	3.512	3.302	4.283	2.120	5.057	10.303
13.914	16.142	15.070	15.118	7.651	26.124	72.849
19.337	5.493	5.601	11.609	8.160	8.421	23.371
0	12.076	0	12.150	0	4.999	6.474
6.205	2.879	2.914	4.545	3.666	3.737	6.965

Motta	Morelli	Valee	Nuova Valee	Regoledo	Magiosca
12.242	10.980	12.507	10.999		
988	1.282	5.095	1.644	invariate	invariate
384	2.053	62.547	13.210		
9.780	6.632	10.557	6.674		

12.798	10.829	2.552	11.701		
4.094	3.230	4.289	3.243		

Tabella 22 Nuovi valori della magnitudo ricalcolati inserendo un valore minore per l'area del bacino idrografico.

Differenze in Magnitudo (MC)							
Metodi	Conoidi minori						
	Valdorta	Salici	Guarda	Valdenso	Brugnatti	Costa	Serada
1	2.065	1.889	3.952	4.096	470	2.620	5.657
2	1.312	1.508	3.256	3.468	188	2.730	9.674
3	8.260	13.132	32.214	25.512	1.162	27.521	146.797
4	11.478	4.469	11.973	19.589	1.239	8.872	47.094
5							
6	2.040	1.261	2.939	3.762	330	2.059	6.690
	Motta	Morelli	Valee	Nuova Valee	Regoledo	Magiosca	
1	755	463	1.163	416			
2	135	119	1.069	136	invariate	invariate	
3	91	326	23.371	1.874			
4	2.330	1.053	3.945	947			
5	0	0	0	0			
6	570	304	917	273			

Tabella 23 Differenza ottenuta sottraendo il valore di magnitudo calcolato in partenza e quello modificato ed esposto in tabella 22; sottolineato il metodo di Crosta, Ceriani, Frattini e Quattrini (2000).

Osservando la tabella 23 ci si rende conto come la quantità di materiale mobilizzabile massima sia effettivamente minore se si considera un' area di alimentazione più piccola; nei casi analizzati la situazione che più si avvicina alla realtà sembra essere proprio questa.

Basandosi quindi su questi nuovi dati, espongo qui di seguito alcune considerazioni estrapolate per ognuna delle conoidi minori:

- Torrente Valdorta: questa piccola conoide aveva una vasca (sghiaiatore) all'apice che risulta essere sottodimensionata, poi il collettore viene intubato. In caso di eventi di considerevole portata con trasporto di materiale, la conoide è risultata essere risulta scarsamente protetta. Dopo il nubifragio del Novembre 2002 si è proceduto all'ampliamento della vasca di espansione. I lavori sono conclusi.
- Torrente Salice: la conoide appare protetta da un canale in CA che dovrebbe garantire il passaggio di eventuali debris_flow senza permettere l'esondazione. Vi sono però due punti critici: uno è all'apice in corrispondenza del passaggio della strada a quota 332, in

quanto presenta un ponte con poca luce. L'altro punto critico è a valle della vasca di espansione posta in fondo al canale; nel caso che la quantità di materiale mobilitato sia superiore a 2000 m3 questa non è sufficiente a contenerlo. Durante gli eventi del Novembre 2002 il canale in CA ha funzionato bene, permettendo al materiale di bypassare il centro abitato per poi raccogliersi nella vasca di espansione. Recenti lavori hanno migliorato sensibilmente la situazione .

- Torrente Guarda: il collettore della conoide è tombinato già all'apice dove viene intubato per poi confluire nel canale in CA della valle del Salice. Nell'eventualità che vi sia mobilitazione di materiale solido con relativo trasporto, è molto probabile che tale materiale esca dall'alveo in prossimità della tombinatura posta all'apice della conoide; tale evento, fortunatamente, non si è verificato in occasione del nubifragio del Novembre 2002.
- Torrente Valdensa: la piccola conoide in questione presenta alcune opere idrauliche che appaiono però sottodimensionate in caso di eventi con magnitudo superiore a 2000 m3. Recentemente sono stati eseguiti lavori di adeguamento.
- Torrente Brugnatti: questa conoide non presenta opere di difesa nè un alveo ben definito; la zonazione è stata effettuata stimando l'area inondata da un eventuale *debris_flow* e considerandola come alveo. In occasione del nubifragio del Novembre 2002 l'acqua si è incanalata lungo una strada mulattiera erodendola. Sono stati eseguiti lavori di regimazione che hanno migliorato la situazione.
- Torrente Costa: La vasca di espansione presente nella zona mediana della conoide dovrebbe bloccare la parte solida di un eventuale colata, vista anche la scarsa pendenza del conoide subito a monte della vasca; sono stati eseguiti lavori di sistemazione e messa in sicurezza.
- Torrente Serada: attualmente sono stati eseguiti dei lavori per la sistemazione dell'alveo della conoide; il canale così sistemato dovrebbe riuscire a sopportare eventi con magnitudo fino a 7000 m3.
- Torrenti Motta e Morelli: la conoide formata da questi due torrenti appare protetta da opportune opere idrauliche, in particolare la vasca di espansione riesce a sopportare fino a 900 m3di materiale. Vista la bassa magnitudo che interessa questi due corsi d'acqua, l'opera appare opportunamente dimensionata.
- Torrente Valee: questa conoide presenta una vasca di espansione nella parte mediana della conoide che dovrebbe garantire una certa sicurezza; un possibile punto critico è stato individuato nella zona apicale ed è costituito dall'argine sinistro che potrebbe essere facilmente alzato, incrementando notevolmente il coefficiente di sicurezza per gli edifici presenti sulla conoide.
- Valee nuova: questa valletta rappresenta la sistemazione di un *debris_flow* attraverso la canalizzazione del tratto interessato dal trasporto.
- Torrenti Regoledo e Magiosca: questi due torrenti che formano una conoide unica (coalescente) non presentano un alveo ben definito, ma vista la bassa pendenza del conoide ed il basso grado di antropizzazione sono poco pericolose. Dopo il nubifragio del Novembre 2002, il canale della conoide Magiosca è stato ripulito dalla vegetazione.

È d'obbligo ricordare che i modelli, in quanto tali, non possono considerare tutte le variabili che giocano all'interno di un fenomeno complesso come un'alluvione o qualsiasi

altro evento naturale, ma possono comunque fornire un'idea sulla "qualità" e sulla "quantità" dell'evento, utile senz'altro in fase di dimensionamento delle opere idrauliche.

Ancora, il metodo 2, sviluppato da Crosta; Ceriani, Frattini & Quattrini (2000), è da considerarsi il più adeguato, in quanto contiene al suo interno, alcune variabili (K e I_F) che rendono più elastico e maggiormente adattabile il modello matematico alla natura.

Con K, che viene definita in base al tipo di fenomeno che si innesca sulla conoide, si distingue tra trasporto per flusso di detrito e carico di fondo; mentre con l'indice di frana (I_F) si può distinguere tra bacini "sani" e bacini in dissesto.

Per quanto concerne l'elaborazione dei dati presenti sulle schede conoidi atti ad individuare i vari valori trattati nella presente (Magnitudo, indice K, H potenziale del materiale, ecc…) è stato implementato un foglio di calcolo "*Excel*" che ha reso possibile, una volta completato, di ottenere i valori semplicemente compilando la scheda di partenza con i dati rilevati presenti sulle schede conoidi. Attraverso questo foglio è stato quindi possibile generare un grafico Pendenza del conoide/indice di Melton e definire così il tipo di fenomeno che prevalentemente si istaura sulla conoide, assegnando alla costante K un valore appropriato.

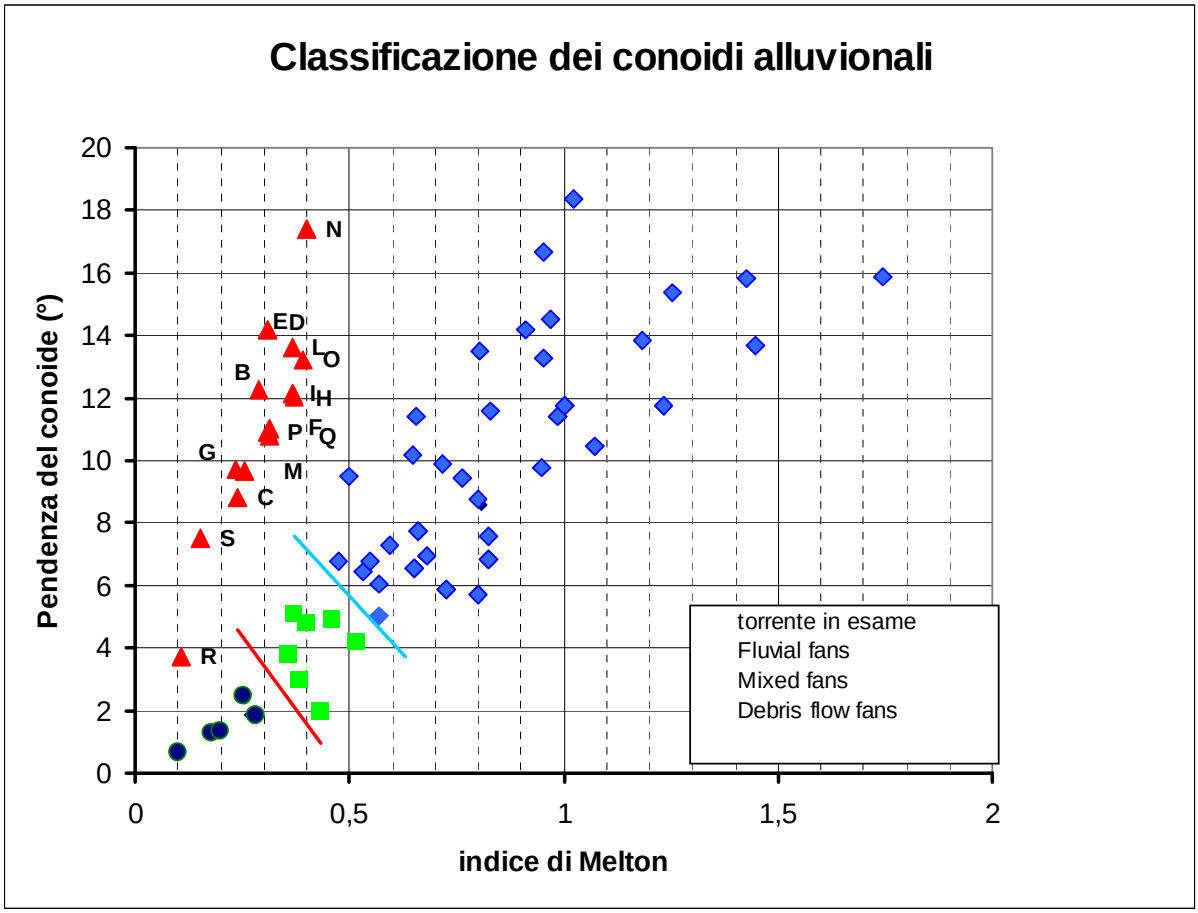


Grafico 1 I torrenti in esami plottati su un grafico Pendenza del conoide/indice di Melton, permettono di definire il corretto valore di K all'interno dell'equazione utilizzata da Crosta; Ceriani, Frattini & Quattrini (2000) per il calcolo della Magnitudo;le lettere si riferiscono alle sigle dei torrenti (Br**B= Maroggia,** Br**C= Valdorta, ecc…)**

Nel caso specifico, inserendo nella formula suddetta un valore di (I_F) pari a 3, corrispondente alla presenza di piccole frane sui versanti, (eccetto per il torrente Caldenno a cui è stato assegnato un valore 2), si è ottenuto il valore precedentemente esposto che è stato utilizzato per le considerazioni antecedenti.

Se invece si dovesse inserire un valore di (I_F) pari a 1, corrispondente alla presenza di grandi frane attive e/o frane lungo la rete idrografica, si otterrebbe un valore molto più elevato della Magnitudo, che nella maggior parte dei casi non verrebbe contenuto dalle opere idrauliche presenti, in quanto l'ipotetica altezza del materiale in alveo sarebbe ben al di sopra dell'altezza degli argini.

Questo caso estremo può essere considerato per il torrente Caldenno, la cui conoide, come già accennato, interessa però solo marginalmente il Comune di Berbenno.

Tale bacino presenta, all'interno della propria rete idrografica, una valle laterale interessata da una situazione di dissesto molto elevato. La frana in questione (Frana Capin) è completamente posizionata all'interno del territorio di Postalesio così come cartografata nel lavoro:"Centri abitati instabili della provincia di Sondrio".

Assegnando quindi alla variabile I_F un valore uguale a 1, la magnitudo dell'evento risulterebbe di 549.448 m^3 così che l'altezza degli argini necessari per contenere il *debris_flow* dovrebbe essere di 10 metri.

La magnitudo calcolata utilizzando il valore I_F sopra esposto fa parte del peggiore degli scenari che potrebbero realizzarsi e cioè considera l'eventualità di un enorme crollo dalla frana di Capin

Bisogna quindi essere cauti nell'affidarsi a tali metodi, ricordando che la dinamica morfologica è molto complessa e necessita di osservazioni attente ed accurate, meglio se calibrate dall'esperienza; si ritiene che la porzione di conoide del torrente Caldenno sul territorio di Berbenno di Valtellina si può considerare come Area di conoide non recentemente attivatosi o completamente protetta (Cn).

Altri dati che si possono ottenere una volta determinata la Magnitudo, sono la sezione di deflusso A (m^2) e l'area inondata B (m^2). Questi si calcolano secondo la formula empirica di SCHILLING & IVERSON (1997),

$$A = 0{,}05 * M^{2/3} \qquad B = 200 * M^{2/3}$$

Sezione di deflusso (A) e Area inondata (B)								
	Caldenno	Finale	Magiosca	Regoledo	Valee nuova	Valle dei Valee	Motta	Morelli
A	90	34	32	18	7	15	5	6
B	358.722	135.245	127.158	71.665	27.859	59.218	19.833	23.605
	Salice	Guarda	Valdenso	Brugnatti	Valdorta	Maroggia	Costa	Serada
A	12	11	13	8	13	76	15	24

B	46.210	44.352	52.748	33.009	50.949	304.396	58.926	94.695

Tabella 24 Sezione di deflusso A (m^2) e l'area inondata B (m^2) secondo la formula empirica di SCHILLING & IVERSON (1997); Gli unici valori validi sono quelli del torrente Caldenno e Maroggia.

Il valore della magnitudo di partenza è quello calcolato con la formula di Crosta; Ceriani, Frattini & Quattrini (2000), a cui è stato assegnato un valore I_F uguale a 3 (per il Caldenno I_F=2).

Bisogna però ricordare che i valori sopra esposti (A e B) non sono validi per volumi di magnitudo inferiori ai 50000 m^3; inoltre essendo le formule calibrate attraverso una "*case history*" vulcanica (descrivono l'evoluzione di 27 lahar distribuiti su nove vulcani(?)), non riflettono pienamente il vero comportamento dei *debris_flow* alpini. Gli autori ammettono che in linea di massima i piccoli *debris_flow* non vulcanici sono meno mobili dei lahar ed inondano una sezione di canale più grande ma un'area planimetrica che risulta essere più piccola. In particolare, i lahar occupano normalmente aree 20 volte più grandi di quello che fanno le "rock avalanches" delle stesse dimensioni.

Di conseguenza i valori rilevati attraverso questa analisi sono in generale molto più grandi (soprattutto per quanto riguarda B, aree inondabili) di quelli reali. Tali considerazioni sulla maggior mobilità dei lahar sono intuibili se si considera i diversi materiali mobilitati: i lahar sono colate di fango costituito quasi totalmente da materiale piroclastico, lapilli e ceneri, granulometricamente poco importanti mentre i *debris_flows* alpini presentano generalmente una parte arenaceo-ciottolosa rilevante, con massi che possono raggiungere vari metri cubi di volume.

Infine, sempre all'interno di questa analisi generale riguardante le conoidi, sono stati considerati i dati forniti Regione Lombardia, Struttura rischi geologici (aggiornamento 2002) che comprendono l' inventario degli eventi storici presenti all'interno del territorio comunale di Berbenno e una "Carta inventario dei fenomeni franosi e delle coperture". Quest'ultima già suggerisce una suddivisione in base all'attività del conoide (at-

tivo quiescente, pericoloso relitto) che è stata presa in gran considerazione, durante il processo di zonazione.

Tutte le informazioni raccolte riguardanti le conoidi distribuite sul territorio comunale concorrono alla zonazione di queste in base alla loro pericolosità; vengono prese in considerazione le seguenti classi:

- Pericolosità molto bassa (H1): area che per caratteristiche morfologiche ha basse o nulle probabilità di essere interessata dai fenomeni di dissesto.
- Pericolosità bassa (H2): area mai interessata nel passato da fenomeni alluvionali documentati su base storica o area protetta da opere di difesa idraulica ritenute idonee anche in caso di eventi estremi con basse probabilità di essere interessata da fenomeni di dissesto.
- Pericolosità media (H3): area interessata nel passato da eventi alluvionali e da erosione di sponda documentati su basi storiche; area con moderata probabilità di essere esposta a fenomeni alluvionali (esondazioni) ed a erosione di sponda. In particolare si possono avere deflussi con altezze idriche ridotte (massimo 20-30 cm) e trasporto di materiali sabbiosi-ghiaiosi.
- Pericolosità alta (H4): area con alta probabilità di essere interessata da fenomeni di erosione di sponda e di trasporto di massa e/o di trasporto solido con deposizione di ingenti quantità di materiale solido, con danneggiamenti di opere e manufatti.
- Pericolosità molto alta (H5): comprende l'alveo attuale con le sue pertinenze ed eventuali paleoalvei riattivabili in caso di piena ed eccezionalmente porzioni di conoide.

Come riportato in precedenza , in riferimento alle classi di pericolosità di cui ai punti precedenti, sono state redatte le carte di pericolosità per le conoidi del tor-

rente Maroggia e torrente Caldenno allegate a fine testo, al fine di proporre l'aggiornamento della cartografia PAI e della carte di fattibilità per le azioni di piano e dei vincoli.

Le classi di Pericolosità presenti sulle conoidi sono state poi correlate, tramite la tabella seguente, con le classi di Fattibilità geologica per le azioni del Piano e le voci presenti all'interno della legenda PAI.

PERICOLOSITA'	*CLASSI DI FATTIBILITA'*	*VOCI LEGENDA PAI*
H1 su conoide	Classe 1 /2 - senza o con modeste limitazioni	Cn – Conoide protetta…
H2 su conoide	Classe 2/3 – modeste o consistenti limitazioni	Cn – Conoide protetta…
H3 su conoide	Classe 3 – consistenti limitazioni	Cn – Conoide protetta Cp – Conoide parzialmente protetta
H4 su conoide	Classe 4 – gravi limitazioni	Ca – conoide attiva non protetta
H5 su conoide	Classe 4 – gravi limitazioni	Ca – conoide attiva non protetta

Tabella 25 Correlazione tra le aree di pericolosità rilevate, le classi di fattibilità geologica e la legenda del PAI.

6. DISSESTI

All'interno del lavoro di Agostani S., Laffi R., Sciesa E. (1997)"*Centri abitati instabili della provincia di Sondrio*" non è stata censita nessuna frana, ad eccezione della Frana Capin, che però rientra come già scritto, nel Comune di Postalesio.

Invece la tabella seguente raccoglie le informazioni riguardanti gli avvenimento storici del Comune di Berbenno ed è stata ottenuta filtrando il database:"inventario degli eventi storici" fornito dalla Regione.

id	N°	LOC	TIPO	CAUSA	DATA	DESC_FR	INTEN-SITA'	PROB.	MATERIALE
1843	521	Strada per prati Gaggio (920 m)	Scivola-mento	Intense precipita-zioni	18/07/1987	Scivolamento traslativo di detrito (q. 920-860 m s.l.m.)	Alta	Alta	Misto
1847	522	Prati Gaggio - Val Vignone	Scivola-mento	Intense precipita-zioni	18/07/1987	Scivolamento traslativo di detrito (q.1270 m s.l.m.)	Alta	Alta	Misto
1849	523	Sopra Monastero	Crollo	Frattura-zione	18/07/1987	Crolli da una parete rocciosa situata intorno al quota 900 m s.l.m..	Alta	Alta	Roccia
1853	524	Impluvi a valle di Piasci	Scivola-mento	Intense precipita-zioni	18/07/1987	Scivolamenti di detrito lungo due piccole incisioni vallive sotto la località Piasci (q. 500 m s.l.m.).	Alta	Alta	Misto
1855	525	Impluvi a sud-ovest di Monaste-ro	Scivola-mento	Infiltrazio-ne di ac-que	23/07/1906	Colate e scivolamenti di detrito interessano la te-stata di due piccole incisioni vallive situate a sud-est di Monastero (Ruina di Monastero). Il materiale di frana che si accumula nell'alveo del torrente Valdorta, viene successivamente eroso e trasportato a valle dal corso d'acqua provocando fenomeni di esondazione nella zona di conoide dove è situato il paese di Pedemonte.	Alta	Alta	Misto
1858	526	A nord-est di Mo-nastero	Scivola-mento		18/07/1987	Modesti scivolamenti di detrito sul versante a nord-est di Monastero	Alta	Alta	Misto
1924	554	A sud-ovest di Poggio Passo del Cavallo	Scivola-mento	Infiltrazio-ne di ac-que	18/07/1987	Scivolamenti di detrito (2300 m s.l.m.)	Media	Alta	Misto
1926	555	A sud di Cima Vi-gnone	Scivola-mento	Infiltrazio-ne di ac-que	18/07/1987	Numerosi scivolamenti di detrito (2500-2180 m s.l.m.)	Media	Alta	Misto
1928	556	Alta Val Finale	Scivola-mento	Infiltrazio-ne di ac-que	18/07/1987	Scivolamento di detrito (2060-2040 m s.l.m.)	Alta	Alta	Misto
1930	557	Torrente Caldenno	Scivola-mento	Erosione di sponda	18/07/1987	Erosioni spondali su entrambe le sponde (2000-1700 m s.l.m.)	Alta	Alta	Terreno
1933	558	Monte Caldenno	Colata de-tritica	Intense precipita-zioni	18/07/1987	Colata detritica (2570 m s.l.m.)	Alta	Alta	Misto
1934	559	Sponda sinistra valle di Postalesio	Scivola-mento	Erosione al piede	18/07/1987	Scivolamento di detrito (1260 m s.l.m.)	Alta	Alta	Misto
1937	560	A sud-est di Baita Vendul	Scivola-mento	Infiltrazio-ne di ac-que	18/07/1987	Scivolamento di detrito (1550 m s.l.m.)	Alta	Alta	Misto
1968	576	Versante sinistro torrente Finale	Colata de-tritica	Infiltrazio-ne di ac-que	18/07/1987	Colata di detrito (920 m s.l.m.).	Alta	Alta	Misto
1971	577	A monte di Pra' Bazar	Non classi-ficato		18/07/1987	Frana (1070 m s.l.m.).	Alta	Alta	Misto
1973	578	Versante sinistro e destro torrente Fi-nale	Crollo	Frattura-zione	18/07/1987	Pareti rocciose soggette a fenomeni di crollo (750-650 m s.l.m.).	Alta	Alta	Roccia
1974	579	San Gregorio	Scivola-mento	Infiltrazio-ne di ac-que	18/07/1987	Scivolamento di detrito (650 m s.l.m.).	Alta	Alta	Misto
1976	580	Frazione Polaggia	Scivola-mento	Infiltrazio-ne di ac-que	18/07/1987	Scivolamento di detrito (540 m s.l.m.).	Alta	Alta	Misto
1861	527	Strada per Rego-ledo	Scivola-mento	Sbanca-mento	18/07/1987	Scivolamento di detrito sul fronte di scavo della strada (q. 590 m s.l.m.).	Alta	Alta	Misto
1865	528	Corna in Monte	Scivola-	Infiltrazio-	18/07/1987	Scivolamento di detrito che la testata di una pic-	Alta	Alta	Misto

			mento	ne di acque		cola incisione valliva (q. 950 m s.l.m.).			
1867	529	Sponda sinistra dell'Adda in località Valle	Scivolamento	Erosione di sponda	18/07/1987	Erosioni spondali in sinistra idrografica (q. 265 m s.l.m.).	Alta	Alta	Terreno
1870	530	a ovest di Gallinaccio	Scivolamento		18/07/1987	Paleofrana alquanto ipotetica (q. 1540-1200 m s.l.m.).	Alta	Alta	Misto
1902	543	Testata Valle Caldenno	Crollo	Gelo/disgelo	18/07/1987	Crolli a quote variabili.	Alta	Alta	Roccia
1995	589	Versante destro Valle Caldenno	Crollo	Fratturazione	18/07/1987	Versante roccioso soggetto a fenomeni di crollo (1050-950 m s.l.m.).	Alta	Alta	Roccia
2478	876	Conoide torrente Finale (S. Pietro)	Colata detritica	Intense precipitazioni	18/07/1987	Sovralluvionamento dell'alveo ed esondazione del torrente Finale nella zona distale del conoide, in corrispondenza di una piccola vasca di accumulo del trasporto solido (q. 285 m s.l.m.).	Alta	Alta	Terreno
2479	877	Conoide torrente Finale (S. Pietro)	Complesso	Erosione di sponda	0	Sono segnalate esondazioni ricorrenti del torrente Finale nel 1500.	Alta	Alta	Terreno
2480	878	Conoide torrente Finale (S. Pietro)	Complesso	Erosione di sponda	27/08/1834	Sovralluvionamento dell'alveo ed esondazione del torrente Finale nella zona di conoide.	Alta	Alta	Terreno
2481	879	Conoide torrente Finale (S. Pietro)	Colata detritica	Erosione di sponda	21/08/1911	Sovralluvionamento dell'alveo ed esondazione del torrente Finale nella zona di conoide. Sono travolte e distrutte le case di "Rusnin".	Alta	Alta	Misto
2482	880	Conoide torrente Finale (S. Pietro)	Colata detritica	Erosione di sponda	07/08/1950	Sovralluvionamento dell'alveo ed esondazione del torrente Finale nella zona di conoide. Si segnalano 3 milioni di danni.	Alta	Alta	Terreno
2483	881	Impluvi a valle di Piasci	Scivolamento	Intense precipitazioni	03/11/1960	Scivolamenti di detrito lungo una piccola incisione valliva che evolvono in colate detritico-fangose (q. 510 m s.l.m.). Il fenomeno fu definito come "lava bianca".	Alta	Media	Terreno
2484	882	Conoide torrente Maroggia (Era, Pedemonte)	Complesso	Intense precipitazioni	18/07/1987	Importante evento di piena del torrente Maroggia (Vignone) con ingente trasporto solido.	Alta	Media	Terreno
2485	883	Conoide torrente Maroggia (Era, Pedemonte)	Complesso	Intense precipitazioni	1404	E' segnalato un importante evento alluvionale del torrente Maroggia (Vignone)	Alta	Media	Terreno

id	N°	LOC	TIPO	CAUSA	DATA	DESC_FR	INTEN-SITA'	PROB.	MATERIALE
2489	887	Impluvi a sud-ovest di Monastero	Complesso	Infiltrazione di acque	03/11/1960	Colate e scivolamenti di detrito interessano la testata di due piccole incisioni vallive situate a sud-est di Monastero (Ruina di Monastero). Il materiale di frana che si accumula nell'alveo del torrente Valdorta, viene successivamente eroso e trasportato a valle dal corso d'acqua provocando fenomeni di esondazione nella zona di conoide dove è situato il paese di Pedemonte.	Alta	Alta	Terreno
2490	888	Impluvi a sud-ovest di Monastero	Complesso	Infiltrazione di acque	07/07/1985	Colate e scivolamenti di detrito interessano la testata di due piccole incisioni vallive situate a sud-est di Monastero (Ruina di Monastero). Il materiale di frana che si accumula nell'alveo del torrente Valdorta, viene successivamente eroso e trasportato a valle dal corso d'acqua provocando fenomeni di esondazione nella zona di conoide dove è situato il paese di Pedemonte.	Alta	Alta	Terreno
2491	889	Valdorta, Pedemonte	Complesso	Infiltrazione di acque	23/07/1906	Sovralluvionamento dell'alveo ed esondazione del torrente Valdorta nella zona di conoide.	Alta	Alta	Terreno
2492	890	Valdorta, Pedemonte	Complesso	Infiltrazione di acque	03/11/1960	Sovralluvionamento dell'alveo ed esondazione del torrente Valdorta nella zona di conoide.	Alta	Alta	Terreno
2493	891	Valdorta, Pedemonte	Complesso	Infiltrazione di acque	07/07/1985	Sovralluvionamento dell'alveo ed esondazione del torrente Valdorta nella zona di conoide. La causa fu la notevole strozzatura della sezione dell'alveo in corrispondenza del tombinamento del corso d'acqua sotto la strada di Pedemonte (si è utilizzato un tubo di 80 cm di diametro).	Alta	Alta	Terreno
2494	892	Strada Gaggio di Polaggia - Prato Isio	Crollo	Intense precipitazioni	giu-97	Locale caduta di massi da un affioramento roccioso in rocce gneissiche situato a monte della strada comunale Gaggio - Prati Isio, a quota 1400-1450 m s.l.m.. Volume dei massi: 0,2 mc.	Alta	Alta	Roccia
2495	893	Pedemonte, valle dei Brugnatti, Camp Fop	Colata detritica	Intense precipitazioni	08/01/1994	Colata detritico fangosa della larghezza di circa 20 m, originatasi da terrazzamenti a quota 440 m s.l.m., in corrispondenza dell'impluvio denominato valle dei Brugnatti. La colata ha percorso e inciso l'impluvio per una lunghezza di circa 500 m fino a raggiungere la sottostante strada per Pedemonte dove ha depositato acqua e fango.	Alta	Alta	Terreno
2496	894	Pedemonte, valle dei Brugnatti, Camp Fop	Colata detritica	Intense precipitazioni	15/11/1996	Piena con trasporto solido (colata?) del corso d'acqua che percorre la Valle dei Brugnatti. Il corso d'acqua è esondato in sinistra orografica in corrispondenza di un terrapieno che ostruisce l'alveo naturale. Le acque e i detriti hanno percorso un tratto di strada sterrata e la strada comunale per Pedemonte fino a raggiungere la strada Provinciale Valeriana.	Alta	Alta	Terreno
2497	895	Pedemonte, valle di Valdensio	Scivolamento	Intense precipitazioni	08/01/1994	Scivolamento di detrito che ha interessato un pendio boscato situato sulla sponda destra della valle Valdensio, appena a monte di una strada sterrata e di una presa dell'acquedotto comunale.	Alta	Alta	Misto
2498	895	Conoide torrente Maroggia (Era, Pedemonte)	Colata detritica	Intense precipitazioni	15/11/1996	Importante evento di piena del torrente Maroggia (Vignone) con ingente trasporto solido. Forte rischio di esondazione in sponda sinistra a quota 300 m s.l.m.. La causa principale fu un ponte in costruzione di una strada comunale le cui impalcature di sostegno ostacolavano il deflusso delle acque. Il ponte fu prontamente demolito dal Genio Civile.	Alta	Media	Terreno

id	N°	LOC	TIPO	CAUSA	DATA	DESC_FR	INTEN-SITA'	PROB.	MATERIALE
2499	897	Conoide torrente Finale (S. Pietro)	Non classi-ficato	Antropica	15/11/1996	Fenomeni di esondazione del torrente Finale in corrispondenza di una zona artigianale, circa 200 m prima della confluenza con l'Adda (q. 271 m s.l.m.). La causa principale è la ridotta sezione libera del tratto terminale del corso d'acqua, che risulta intubato. In passato si sono verificati fenomeni di rigurgito del corso d'acqua durante le piene dell'Adda.	Alta	Alta	
2500	898	Strada per prati Gaggio (1185 m)	Complesso	Antropica	15/11/1996	Scivolamento di detrito evoluto in colata detritico-fangosa che ha interessato il muro di sostegno del tornante di quota 1185 m s.l.m.. La frana è scesa per circa 100 m interrompendo in più punti la strada comunale. Il crollo del muro di sostegno in cls è dovuto alla mancanza di opere di drenaggio.	Alta	Alta	Misto
2501	899	Strada a ovest di Prati Gaggio (1080 m)	Complesso	Infiltrazio-ne di ac-que	15/11/1996	Scivolamento di detrito evoluto in colata detritico-fangosa che ha interessato depositi glaciali a prevalente granulometria fine (q. 1080 m s.l.m.). Il coronamento è situato circa 3 m sotto il ciglio della strada. La frana è scesa per circa 300 m raggiungendo il sottostante torrente Vignone e coinvolgendo circa 30-40 mc di materiale.	Alta	Alta	Misto
2502	900	Mulini (torrente Finale	Scivola-mento	Erosione di sponda	18/07/1987	Scivolamenti di detrito per erosione al piede che interessano la sponda sinistra sotto la località Molini (450 m s.l.m.). Erosioni spondali si verificano su entrambe le sponde nel tratto di alveo compreso tra le quote 400 e 550 m s.l.m	Alta	Alta	Misto
2551	917	A ovest di Rego-ledo	Colata di terra	Infiltrazio-ne di ac-que	16/11/2000	Si tratta di una colata di fango e detriti sviluppatasi intorno a quota 500 m s.l.m., 200 m a ovest della frazione Regoledo, in un'area terrazzata a vigneto. La colata presenta un'ampiezza di circa 20 m e ha percorso un dislivello di quasi 250 m. La zona di arresto si trova nel fondovalle, a quota 260 m s.l.m., in un'area coltivata a prato. Il dissesto è stato innescato, probabilmente, da una concentazione di acqua a tergo di un muro a secco non più drenante. Quest'ultimo sbarrava un piccolo impluvio poco evidente.	Alta	Alta	Terreno
499	2001	VIA KENNEDY	Crollo	Fratturazione	25/03/1993	Movimento franoso, osservata nichia di distacco del recente crollo e tre speroni strapiombanti che formano un tetto in corrispondenza della sommità della parete. tali speroni sono interessati da evidente discontinuità parallela al fronte della parete che li isola dal resto dell'ammasso roccioso.			Roccia
500	2002	CABERARDI - PRATO SOLE - PRADIGOLDI	Crollo		ott-77	Movimento franoso lungo il tragitto fra Aberardi - Prato sole, - Pradigoldi, dopo l'innesto della provinciale 17			Roccia
501	2003	CABERARDI	Scivola-mento		ott-77	Scivolamento verso il basso dell'abitato di Caberardi			Terreno
502	2004	CABERARDI-PRATO SOLE - PRADIGOLDI	Non classi-ficato		ott-77	Cedimento franoso di terreni in corrispondenza della stradina, pochi merti più avanti dell'abitato di Caberardi.			Terreno
513	2015	CAMINETTI	Non classi-ficato	Intense precipita-zioni	0	Smottamento non stabilizzato			
503	2005	CABERARDI - PRATO SOLE - PRADIGOLDI	Crollo		ott-77	Dopo l'abitato di Prato del sole, movimento franoso di una certa consistenza.			Roccia
504	2006	CAPASSERO	Non classi-ficato		ott-77	Crepe nei terreni			Terreno

id	N°	LOC	TIPO	CAUSA	DATA	DESC_FR	INTEN-SITA'	PROB.	MATERIALE
505	2007	RONCHETTI	Non classificato		ott-77	MOVIMENTI FRANOSI E SMOTTAMENTI VERSO VALLE.			Roccia
506	2008	GORLUNGO	Crollo		ott-77	MOVIMENTI FRANOSI CHE COMPROMETTONO CONTINUAMENTE L'AGIBILITA' DELLA STRADA GORLUNGO.			Roccia
507	2009	CARPENO	Non classificato		ott-77	Il movimento che ha interessato la S.P. 17 ha causato movimenti consistenti di terreni'			Terreno
508	2010	COLLE SANPIETRO	Non classificato		0	AREA DI FRANA STABILIZZATA			
509	2011	PRADEGOLDI	Non classificato		0	AREA DI FRANA STABILIZZATA			
510	2012	RAVAGNA	Non classificato		0	AREA DI FRANA STABILIZZATA			
511	2013	PRATO DEL SOLE	Non classificato		0	AREA DI FRANA STABILIZZATA			
512	2014	CABERARDI	Non classificato		0	AREA DI FRANA STABILIZZATA			
514	2016	località recudino	Non classificato		0	MOVIMENTO FRANOSO.			
515	2017	sp km 220	Non classificato		0	MOVIMENTO FRANOSO SU STRADA			
516	2018	CABASSANELLI	Non classificato		0	MOVIMENTO FRANOSO			
517	2019	CABERARDI	Non classificato		0	area potenzialmente instabile che presenta condizioni fisiche e morfologiche al limite della stabilità: con copertura detritica o terrigena in condizioni di equilibrio limite.		Alta	
518	2020	CABERARDI	Area a franosità diffusa		0	Area ad elevata instabilità con presenza di fenomeni attivi ed in continua evoluzione: area franosa con fenomeni di piccole dimensioni ma numerosi e ravvicinati.		Alta	
519	2021	CABERARDI	Area a franosità diffusa		0	Area ad elevata instabilità con presenza di fenomeni attivi ed in continua evoluzione: area franosa con fenomeni di piccole dimensioni ma numerosi e ravvicinati.		Alta	
520	2022	CABASSANELLI	Area a franosità diffusa		0	Area ad elevata instabilità con presenza di fenomeni attivi ed in continua evoluzione: area franosa con fenomeni di piccole dimensioni ma numerosi e ravvicinati.		Alta	
521	2023	GROMLONGO	Non classificato		0	area potenzialmente instabile che presenta condizioni fisiche e morfologiche al limite della stabilità: con copertura detritica o terrigena in condizioni di equilibrio limite.		Alta	
522	2024	GROMLONGO	Non classificato		0	area potenzialmente instabile che presenta condizioni fisiche e morfologiche al limite della stabilità: con copertura detritica o terrigena in condizioni di equilibrio limite.		Alta	
523	2025	GROMLONGO	Area a franosità diffusa		0	Area ad elevata instabilità con presenza di fenomeni attivi ed in continua evoluzione:area soggetta a movimento lento del suolo (creep o soliflusso)		Alta	
524	2026	CAPASSERO	Non classificato		0	area potenzialmente instabile che presenta condizioni fisiche e morfologiche al limite della stabilità: con copertura detritica o terrigena in condizioni di equilibrio limite.		Alta	

Tabella 26 Tabella riportante gli eventi storici avvenuti sul territorio comunale di Berbenno.

Tutti questi dati riguardanti le frane, sono stati analizzati e parzialmente verificati con le informazioni presenti in ufficio.

In particolare si sono controllati sul posto con attenzione i conoidi 0141232600000, 0141232600000,0141232300000, classificati attivi nel IFFI. Tale classificazione, che deriva da fotointerpretazione su dati del 1982, non sembra attendibile in quanto su tali conoidi sorgono i nuclei abitati più vecchi che non risultano mai essere stati oggetto di dissesti. Inoltre i versanti a monte sono stati sede di interventi che ne hanno migliorato le condizioni di stabilità generali.

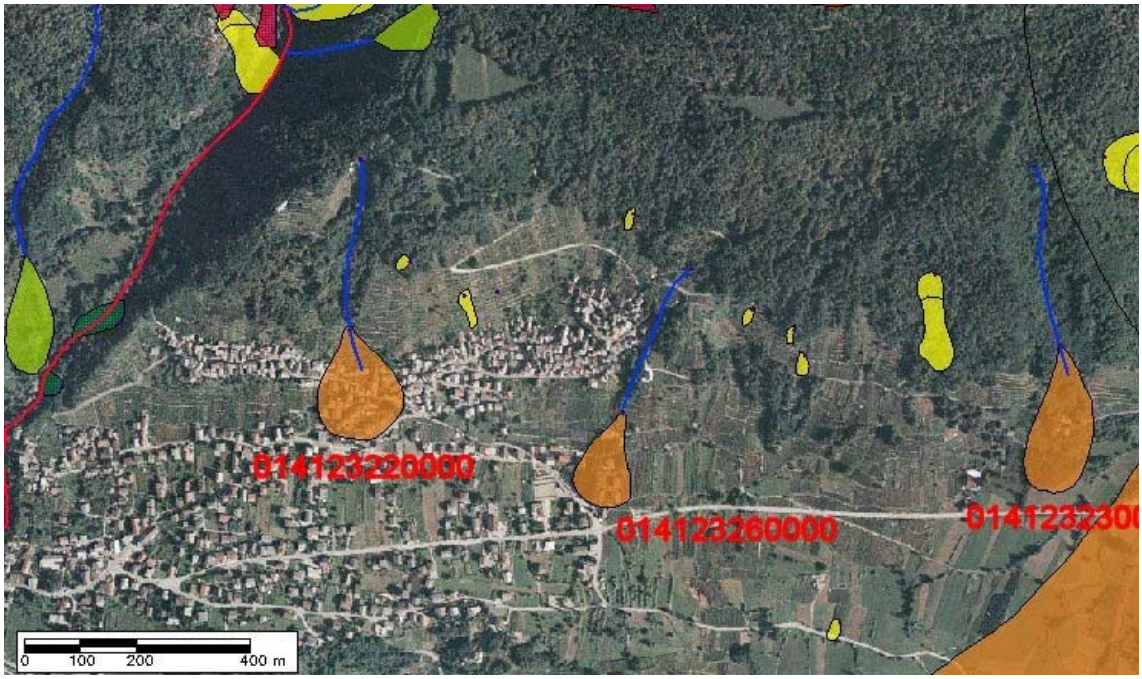


Figura 64 stralcio IFFI

Identificativo Frana	Anagrafica Completa	Data compilazione	Data osservazione	Tipo movimento	Stato
0141232200000	Scheda	31.12.2000	15.08.1982	99 [null]	100 [Attivo/riattivato/sospeso]

Identificativo Frana	Anagrafica Completa	Data compilazione	Data osservazione	Tipo movimento	Stato
0141232600000	Scheda	31.12.2000	15.08.1982	99 [null]	100 [Attivo/riattivato/sospeso]

Identificativo Frana	Anagrafica Completa	Data compilazione	Data osservazione	Tipo movimento	Stato
0141232300000	Scheda	31.12.2000	15.08.1982	99 [null]	100 [Attivo/riattivato/sospeso]

Nella compilazione della carta di fattibilità geologica questi conoidi sono stati considerati come non recentemente riattivati e quindi inseriti in classe 3. Ciò in accordo con

le carte inventario delle frane della Regione che li indica in mappa come conoidi non attivi, come si vede dalla figura successiva

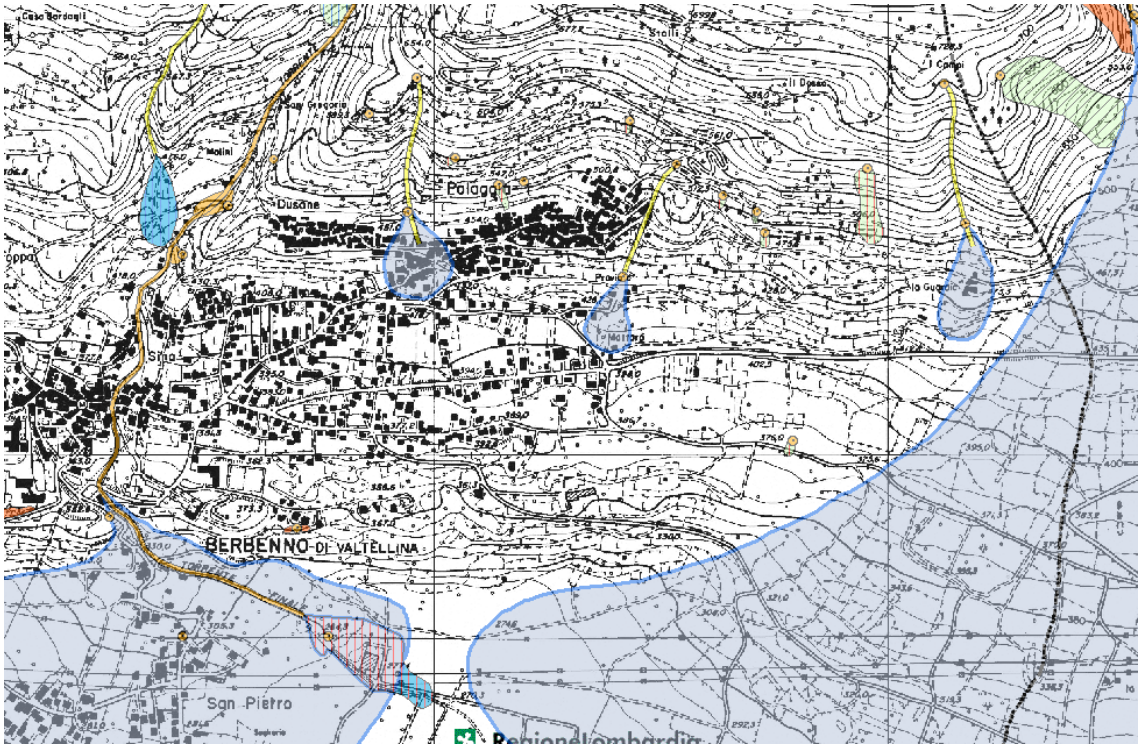


Figura 65 carta estratta dal catasto dei fenomeni Franosi della Regione Lombardia (dicembre 2007)

7. INTERVENTI

Sul territorio comunale di Berbenno sono presenti diversi interventi mirati alla messa in sicurezza del territorio che appaiono in linea di massima in buono stato e quindi efficienti . Sono inoltre di recente realizzazione nuovi interventi finanziati conseguentemente all'OPCM degli eventi calamitosi del luglio 2008 sul bacino del torrente Finale sia nella parte terminale che nella porzione media del bacino.

Alla luce di quanto sopra le conoidi principali del t. Finale, t. Maroggia e t. Caldenno) appaiono, come conseguenza dei lavori eseguiti, in condizioni di sicurezza .

La stessa cosa vale per le conoidi minori poste allo sbocco delle valli Motta, Morelli e Serada che hanno notevolmente aumentato il loro livello di sicurezza sempre in conseguenza dei lavori eseguiti o in via di ultimazione.

La sistemazione del *debris_flow* sceso durante l'alluvione del 2000 ha creato una nuova valle chiamata Valle Nuova.

In occasione del nubifragio del Novembre 2002 alcune situazioni segnalate hanno creato situazione di pericolo, tanto che è stato necessario evacuare parte dell'abitato di Pedemonte. Per alcune di queste sono già state eseguite o in corso di ultimazione alcune opere mirate ad aumentare il grado di sicurezza (vedi torrente Valdorta e Salice) .

Più in generale, una corretta manutenzioni delle opere lungo le conoidi, associata alla pulizia periodica dell'alveo dei torrenti, dovrebbe garantire un certo grado di tranquillità a quelle aree poste in vicinanza del conoide. Nonostante questo, va ricordato che durante la fase di pianificazione urbanistica sono state previste idonee fasce di rispetto ai margini di corsi d'acqua, anche se ben regimati, come strumento di prevenzione e tutela nei confronti di fenomeni altrimenti difficilmente prevedibili, come eventuali punte di flusso indotte dalla rottura di sbarramenti temporanei legati a frane e scoscendimenti. Questi ultimi fenomeni sono in grado di generare ondate di piena caratterizzate da portate e densità assolutamente imprevedibili e notevolmente più elevate delle portate liquide normalmente utilizzate per i calcoli di dimensionamento delle opere di regimazione idraulica e di attraversamento presenti lungo i corsi d'acqua.

Infine assume particolare importanza il rilievo ed il monitoraggio periodico delle condizioni di stabilità delle sponde e dei versanti dei torrenti nelle zone di bacino montano a monte delle aree urbanizzate, al fine di mantenere le condizioni di sicurezza generale raggiunte con la realizzazione delle opere idrauliche presenti.

A monte dell' abitato di Pedemonte, come già ricordato, un sistema di monitoraggio della falda controlla in continuo le escursioni della stessa.

A seguire si riporta la documentazione fotografica relativa ad alcuni interventi realizzati sul territorio comunale di Berbenno di Valtellina . Tali recenti interventi di regimazione e messa in sicurezza sono stati presi in considerazione nell'analisi della proposta di modifica della cartografia PAI, della carta di fattibilità geologica della azioni di piano e nella carta dei vincoli.

Vasca di laminazione sul torrente Guarda del reticolo idrico minore in località Pedemonte. Si propone nella carta PAI e di fattibilità geologica la ridefinizione del perimetro della vasca sulla base dei rilievi esperiti in sito.

Nuovi interventi sul torrente Finale, eseguiti a seguito dell'alluvione del luglio 2008. Gli interventi hanno consentito la messa in sicurezza della parte terminale sino alla confluenza nel fiume Adda e della parte montana del bacino idrografico. In fase di redazione della cartografia dei vincoli, carta PAI e carta di fattibilità geologica viene riportata la nuova sede del canale e delle aree di laminazione ed espansione. Il vecchio canale è

stato mantenuto in classe 4 di fattibilità geologica con vincolo temporaneo T ovvero sino alla completa dismissione e sdemanializzazione dello stesso.

Recenti interventi di svaso sul torrente Maroggia. In questo caso si è tenuto in considerazione degli interventi effettuati al fine della redazione della carta di pericolosità

su conoide per la modifica della carta PAI, carta di fattibilità geologica e carta dei vincoli.

8. CLASSI DI FATTIBILITA' E NORME GEOLOGICHE DI ATTUAZIONE

La carta di fattibilità geologica è stata redatta in scala 1:10.000 per avere una visione di insieme e in scala 1:2.000 con 18 fogli coincidenti con i fogli della carta tecnica ed è stata ottenuta attribuendo ad ogni poligono della carta di sintesi un valore di classe di fattibilità utilizzando le metodologie indicate in normativa. La carta di fattibilità *fornisce le indicazioni in ordine alle limitazioni e destinazioni d'uso del territorio, alle prescrizioni per gli strumenti urbanistici, agli studi ed indagini da effettuare per gli approfondimenti richiesti, alle opere di mitigazione del rischio e alle necessità di controllo dei fenomeni in atto o potenziali.*

La carta di fattibilità geologica suddivide il territorio in aree così definite:

Classe 1 *(verde) –* *Fattibilità senza particolari limitazioni*

La classe comprende quelle aree che non presentano particolari limitazioni e variazioni d' uso e per le quali dovrà essere applicato il d.m. 11 marzo 1988 e successiva c.m. 30483 del 24 settembre 1988.

Classe 2 *(gialla) –* *Fattibilità con modeste limitazioni*

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni alla modifica delle destinazioni d' uso dei terreni. Vengono tuttavia indicate le specifiche costruttive degli interventi edificatori e gli eventuali approfondimenti per la mitigazione del rischio.

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 feno-

meno che ha generato la pericolosità/vulnerabilità e gli eventuali supplementi di indagine necessari per approfondire le problematiche individuate.

Classe 4 (rosso) – *Fattibilità con gravi limitazioni*

L'alta pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni per la modifica delle destinazioni d'uso delle aree. E' esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti sono consentiti esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'art. 31, lettere a), b), c) della 1. 45711978. Di seguito sono fornite indicazioni in merito alle opere di sistemazione idrogeologica. Eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico potranno essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili e dovranno comunque essere puntualmente valutate in funzione della tipologia di dissesto e del grado di rischio che determinano l' ambito di pericolosità/vulnerabilità omogenea. Alle istanze per l' approvazione da parte dell' autorità comunale, dovrà essere allegata apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico.

L'attribuzione della classe di fattibilità avviene attraverso l'utilizzo di tabelle, (vedi capitolo 5), nelle quali viene attribuito un valore (classe di ingresso) per ogni poligono rappresentato nella carta di sintesi; tale valore può essere variato in base a successive valutazioni di tipo tecnico. In pratica il passaggio dalla carta di sintesi a quella di fattibilità è automatico, grazie anche all'utilizzo del calcolatore, ma sempre controllato ed eventualmente calibrato sulla base di un'attenta valutazione geologica risultante dalle osservazioni di terreno. A quelle porzioni di territorio, esterne ai poligoni individuati mediante le precedenti procedure, è stato attribuito un valore derivante sempre e comunque da considerazioni di tipo geologico. Tali considerazioni possono essere riassunte descrivendo concretamente i criteri di appartenenza di un zona a una o all'altra classe di fattibilità.

La **classe 1** comprende aree generalmente pianeggianti o subpianeggianti con buone caratteristiche geotecniche dei terreni e non interessate da fenomeni di dissesto idrogeologico. La presenza della falda idrica è inoltre tale da non interferire con il suolo e

primo sottosuolo (non sono presenti terreni con tali caratteristiche nel Comune di Berbenno).

La **classe 2** comprende aree maggiormente acclivi (orientativamente con inclinazione fino a 20 gradi), con discrete caratteristiche geologico-tecniche dei terreni e del substrato roccioso. Possono essere presenti modesti fenomeni di dissesto, come piccole frane superficiali, crolli localizzati, fenomeni alluvionali e valanghivi di scarso rilievo. Tali fenomenologie di dissesto sono comunque ben individuabili e circoscrivibili, sono caratterizzate da limitati volumi e devono essere state oggetto di un efficace intervento di difesa. In alcuni casi questa classe può comprendere le aree marginali indirettamente influenzate dai fenomeni di dissesto, che ricadono in zone di classe di fattibilità superiore. Nelle aree pianeggianti possono sussistere modesti problemi di carattere idrogeologico relativi alla limitata soggiacenza della falda, alla vicinanza di opere di captazione o risorgive o per la presenza di particolari condizioni, quali piccoli orli di scarpata ed irregolarità morfologiche. Sono possibili tutte le tipologie di intervento che comunque devono essere accompagnate da una specifica indagine geologico-geotecnica che verifichi che l'intervento, anche in fase esecutiva, non alteri l'assetto idrogeologico.

La **classe 3** comprende aree acclivi (mediamente oltre i 20 gradi), aree potenzialmente soggette all'influenza di fenomeni di dissesto idrogeologico come frane di varia tipologia, fenomeni alluvionali con trasporto in massa e valanghe. Rispetto alla classe 2, le fenomenologie elencate sono caratterizzate da maggiore diffusione ed estensione, più elevati volumi e richiedono la necessità di realizzare opere di difesa di maggior impegno tecnico e finanziario. La gravità dei fenomeni individuati e la possibilità della formazione di ulteriori dissesti, potrà imporre uno specifico approfondimento delle indagini nell'area e nel suo intorno. Nelle aree pianeggianti le consistenti limitazioni di fattibilità derivano dalla presenza di fenomeni alluvionali, dalla scarsa qualità geotecnica dei terreni e dall'elevato rischio per vulnerabilità idrogeologica e dalla presenza di fenomeni di degrado antropico. L'indagine deve quindi verificare la necessità di realizzare tutti quegli ac-

corgimenti necessari per minimizzare tali problematiche. Nelle zone a pendenze superiori ai 20 gradi o in altre aree classificate in 3 è necessario che le indagini approfondiscano la tematica della stabilità dei versanti, sia con verifiche di scorrimento globale sia con verifiche su eventuali fenomeni franosi soprastanti e/o sottostanti. In questo caso dovranno essere eseguite verifiche di stabilità con le metodologie in uso e funzionali al dissesto potenziale della zona.

La **classe 4** comprende le aree direttamente o indirettamente influenzate da grandi frane attive o quiescenti che possono avere una evoluzione catastrofica, nonché da valanghe. Sono comprese pure le zone direttamente interessate da fenomeni alluvionali con ingente trasporto in massa. L'estensione e la volumetria dei fenomeni è tale da rendere estremamente difficoltoso o impossibile l'intervento con opere di difesa. In queste aree è necessario impedire la realizzazione di nuove costruzioni di qualsiasi tipo che prevedono la presenza continuativa di persone; per le popolazioni residenti, quando non sia strettamente necessario provvedere al loro trasferimento, dovranno essere predisposti idonei piani di protezione civile e potranno eventualmente essere individuati sistemi di monitoraggio geologico a salvaguardia della pubblica incolumità. Potranno essere realizzate opere pubbliche e di interesse pubblico a condizione che l'intervento modifichi in senso migliorativo gli equilibri idrogeologici esistenti . Ciò dovrà essere dimostrato con studi specifici da valutare puntualmente. Ai fini di tutelare aree di particolare interesse geologico-ambientale non ancora sottoposte a regime di tutela, ma segnalate da studi specifici, potrà essere previsto il loro inserimento in questa classe. Sono state inserite in classe 4 anche le fasce di rispetto di 10m dai corsi d'acqua mappati, salvo le aree già antropizzate, dove insediamenti esistono da tempo o sono stati autorizzati con parere favorevole del Genio Civile.

Per quanto riguarda i rapporti con le fasce di pertinenza fluviale definite in "Stralci di Piano di Bacino" ai sensi della l.183/39 sono stati adottati i seguenti criteri di corrispondenza con le classi di fattibilità :

fascia A, all'esterno dei centri edificati	Classe 4
fascia B, all'esterno dei centri edificati	Classe 4 o 3
fascia A e B, all'interno dei perimetri edificati; fascia C	Classi da definire

In riferimento alle perimetrazioni dei dissesti del PAI le classi di fattibilità geologica sono state inserite sulla base dei contenuti della tabella 2 – Correlazioni tra classi di pericolosità, classi di fattibilità geologica per le azioni di piano e voci della legenda PAI.

9. RIFERIMENTI NORMATIVI

Il punto di riferimento per la normativa geologica relativa al territorio comunale è la legislazione nazionale e regionale.

E' opportuno quindi in sintesi richiamare tali disposizioni legislative che devono essere scrupolosamente osservate in particolare su un territorio che, per le sue caratteristiche geomorfologiche, è particolarmente vulnerabile, come hanno dimostrato i dissesti avvenuti in passato e anche recentemente.

Si ricordano in ordine cronologico

Legge 2 febbraio 1974, n. 64
(G.U. 21-3-1974, n.76)
"Provvedimenti per le costruzioni"

...
Art. 1.
In tutti i Comuni della Repubblica le costruzioni sia pubbliche che private debbono essere realizzate in osservanza alle norme tecniche riguardanti i vari elementi costruttivi che saranno fissate con successivi decreti del Ministero dei Lavori Pubblici.

D.P.R. 21 ottobre 1975, n. 803
(G.U. 26-1-1976, n.22)
"Regolamento di polizia mortuaria"

...
Art. 53

I progetti di ampliamento dei cimiteri esistenti e di costruzione di nuovi cimiteri, devono essere preceduti da uno studio tecnico della località, specialmente per quanto riguarda l' ubicazione, l' orografia, l' estensione del terreno e la natura fisico-chimica del suolo, la profondità e la direzione della falda freatica...
...

Circ. n. 17780, 21 luglio 1983
Regione Lombardia Assessorato al Coordinamento del Territorio.
"Progetto di P.R.G."

...
lo strumento di disciplina urbanistica dovrà essere integrato da una perizia geologica particolareggiata, predisposta da un tecnico geologo ....
...

Circ. n. 38, 22 luglio 1983
Regione Lombardia
Ricerca di nuove fonti di approvvigionamento

...
Il progetto di ricerca e sfruttamento di nuove risorse di approvvigionamento deve essere : Corredato di uno studio idrogeologico completo dell' area interessata ...
...

D.M 12 dicembre 1985
(G.U. n.61 del 14-3-1986)
"Norme tecniche relative alle tubazioni"

...
Cap. 1 Criteri generali

Il progetto deve comprendere i seguenti elementi essenziali
....
b) la caratterizzazione geologica e geotecnica dei terreni interessati dal tracciato delle tubazioni...
...

D.M. 11 marzo 1988
(sup.ord. G.U. n.127 del 1-6-1988)
Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l' esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

...
Le presenti norme si applicano a tutte le opere pubbliche e private da realizzare nel territorio della Repubblica
...

Norme tecniche per le costruzioni

(pubblicate su G.U. n° 222 del 23 settembre 2005 di cui al D.M. 14 settembre 2005)

L.R. 21 giugno 1988 n. 33
(G.U. 7-10-1989)
"Misure urgenti per il miglioramento qualitativo e per la prevenzione dell' inquinamento delle risorse idriche destinate all' approvvigionamento potabile"

...
...La ricerca, l' estrazione e l' utilizzazione delle acque sotterranee sono soggette alla tutela della pubblica amministrazione in tutto il territorio nazionale.
...

D.L. 7 ottobre 1989 n. 335
(1° Suppl. Ordinario al n.25 del 24-6-1988)
"Disciplina delle zone del territorio regionale a rischio geologico e a rischio sismico"

...
...per il rilascio delle autorizzazioni di attività che comunque comportino significativi movimenti di terra o scavi o incisioni nel regime delle acque .... la domanda deve essere accompagnata da una idonea perizia geologica asseverata.
...

Circ. n.3525, 14 febbraio 1990
Regione Lombardia Assessorato ai Lavori Pubblici
"Opere stradali" L.R. 15-7-1982, n. 39
...
...per i tronchi di strada di nuova costruzione, anche in variante al tracciato esistente, dovrà essere allegata al progetto la relazione geologica.

...

Delibera della Giunta Regionale, 29 ottobre 2001 n.7/6645
Regione Lombardia
"Approvazione direttive per la redazione dello studio geologico ai sensi dell' art. 3 della L.R. 41/97"

Delibera della Giunta Regionale, 11 dicembre 2001 n.7/7365
Regione Lombardia
"Attuazione del piano stralcio per l'assetto idrogeologico del fiume PO (PAI) in campo urbanistico"

Direttiva PAI
Regione Lombardia
"Direttiva , ai sensi dell' art. 17, comma 5, della legge 18 maggio 1989 n.183, per l' applicazione del piano stralcio per l'assetto idrogeologico del fiume PO (PAI) in campo urbanistico"

L' indagine ha evidenziato come il territorio in esame è sottoposto a diverse tipologie di rischio idrogeologico, che si possono manifestare con differente intensità o probabilità che esse avvengano.

Per forza di cose la zonizzazione delle aree a rischio necessita della redazione di carte dove le differenti 4 classi sono delimitate da linee e confini netti. In realtà all' interno di ogni singola area vi saranno gradi differenti di rischio, che diminuirà allontanandosi dalla fonte del rischio stesso.

Fermo restando quindi che, in ogni caso e per tutti gli interventi sul territorio, si debbano realizzare indagini geologiche puntuali allo scopo di garantire la sicurezza e la funzionalità del complesso opera-terreni e di assicurare in generale la stabilità del terreno sul quale si inducono sollecitazioni e deformazioni, un particolare approfondimento di indagine va eseguito nelle aree classificate 2, 3 e 4.

Ne derivano regole da adottare in relazione alle tipologie di intervento e alle classi di fattibilità.

9.1 STANDARD

Il riferimento legislativo principale è la Legge 2 febbraio 1974 e il conseguente D.M. 11 marzo 1988 (sup.ord. G.U. n.127 del 1-6- 1988) "*Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilita` dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l' esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione*". Aggiornata dalle Norme tecniche per le costruzioni (pubblicate su G.U. n° 222 del 23 settembre 2005 di cui al D.M. 14 settembre 2005)

Tali disposizioni prevedono all' articolo *A. DISPOSIZIONI GENERALI*, che le norme si applicano a ***tutte le opere pubbliche e private da realizzare nel territorio della Repubblica***.

Tali norme e le successive istruzioni indicano con esattezza i contenuti che le relazioni geologico-geotecniche devono avere.

Sulla base di tali indicazioni sono quindi stati redatti gli standard di riferimento per le indagini geologiche relative a costruzioni sia per abitazione, che per complessi artigianali o industriali od agricoli.

Non si deve dimenticare che recenti sentenze di tribunale, anche in ambito provinciale, relative a problematiche legate a edificazioni, hanno sempre condannato i soggetti che hanno edificato senza ottemperare ai dettami della Legge 2 febbraio 1974 e del D.M. 11 marzo 1988 (sup.ord. G.U. n.127 del 1-6- 1988).

Si ricorda inoltre che la non applicazione di quanto previsto dal D.M. 11 marzo 1988 costituisce violazione sanzionata dall' art. 20 della stessa legge n. 64 del 2 febbraio 1974 **esclusa dalla depenalizzazione** ex articolo 34 lettera U legge 689/1981.

Dal 24 ottobre 2005 sono in vigore le nuove "**norme tecniche per le costruzioni**" approvate il 30 aprile 2005 dal Consiglio superiore dei Lavori Pubblici che integrano e sostituiscono le norme precedenti.

9.2 INDAGINI

Le indagini eseguite devono essere illustrate e riportate in un elaborato, firmato da un tecnico iscritto all' albo dei Geologi (Relazione geologico-geotecnica), che è parte integrante degli elaborati progettuali.

Il grado di approfondimento e le modalità di indagine dipenderanno dalle caratteristiche geologiche locali e dall' influenza che la costruzione prevista ha sul territorio circostante, oltre che dalle prescrizioni integranti la "Carta della Fattibilità Geologica".

10. CONCLUSIONI

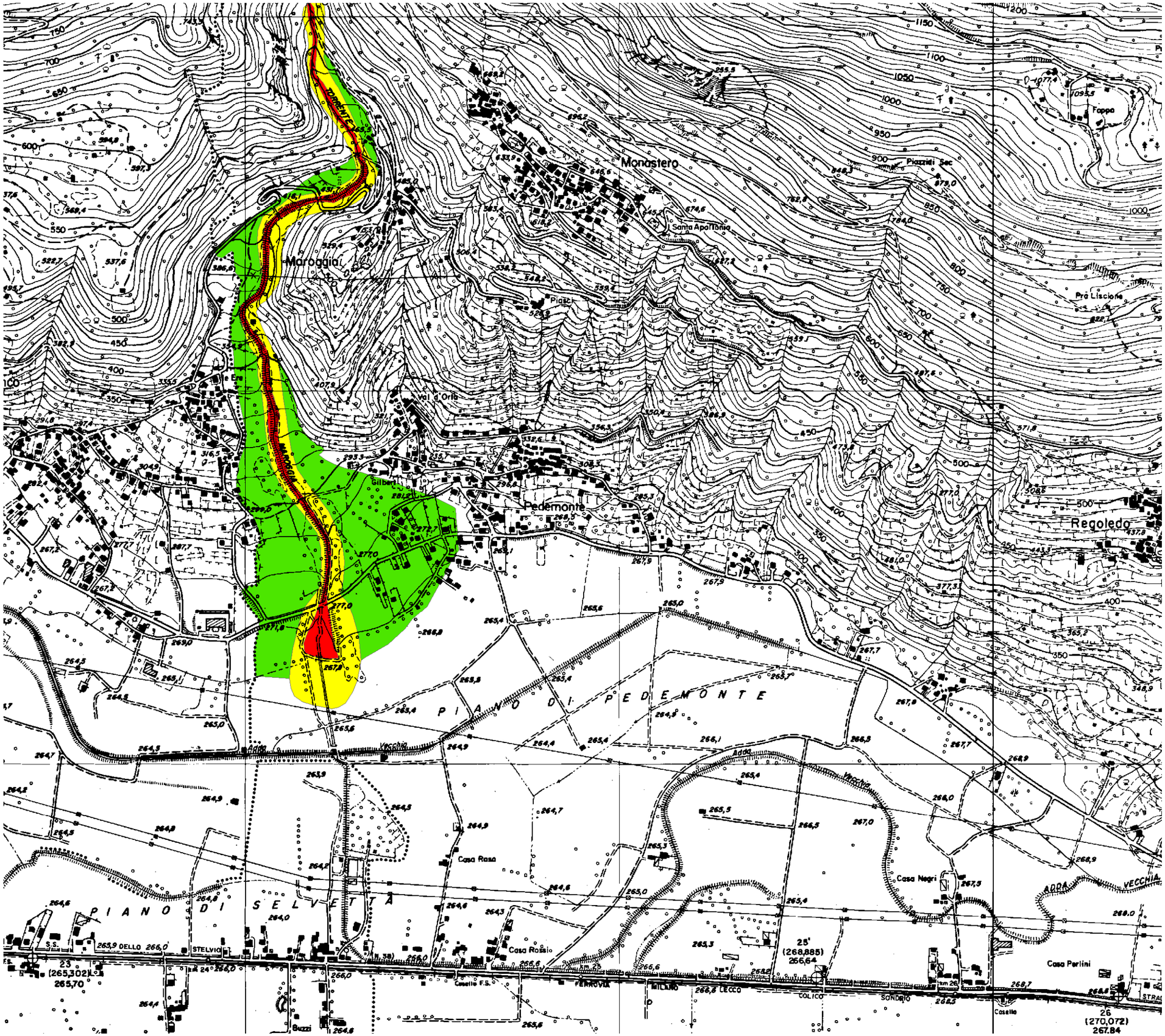
Il territorio di Berbenno di Valtellina, presenta molteplici situazioni geologiche che inducono differenti rischi a livelli molto articolati: si hanno zone con sensibilità idrogeologica scarsa e altre dove è meglio non prevedere, a livello di pianificazione territoriale, zone di espansione, che richiederebbero poi consistenti interventi per la messa in sicurezza e, in alcuni casi, anche senza poterne garantire la riuscita.

Le tavole di fattibilità geologica per le azioni di Piano, unitamente alle disposizioni geologiche, servono quindi a determinare la gradualità di interventi possibili in funzione dei rischi a cui è soggetto il territorio, per una sua corretta gestione.

Si ricorda che tutte le considerazioni fatte in relazione alle classi di fattibilità sono valide anche per la presenza di opere di regimazione e valgono solo se tali opere, e l' intero territorio, verranno mantenuti sempre in efficienza con periodiche opere di manutenzione.

dr. M. Azzola

Sondrio, aggiornamento maggio 2012



BERBENNO DI VALTELLINA

COMUNE DI BERBENNO DI VALTELLINA

Provincia di Sondrio

Studio di valutazione di compatibilità ambientale e zonizzazione sismica

COMPONENTE GEOLOGIA IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PGT in attuazione dell'art. 57 della L.R. 11 marzo 2005 N.12

CARTA DI PERICOLOSITA' DEL CONOIDE

TORRENTE MAROGGIA

Legenda

pericolosità conoidi

- H2
- H3
- H4-H5

SCALA 1:10000

MAGGIO 2012

geologo Maurizio Azzola

STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA

BERBENNO DI VALTELLINA

COMUNE DI BERBENNO DI VALTELLINA

Provincia di Sondrio

Studio di valutazione di compatibilità ambientale e zonizzazione sismica

COMPONENTE GEOLOGIA IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PGT in attuazione dell'art. 57 della L.R. 11 marzo 2005 N.12

CARTA DI PERICOLOSITA' DEL CONOIDE

TORRENTE CALDENNO

Legenda

pericolosità conoidi

- H2
- H3
- H4-H5

SCALA 1:10000

MAGGIO 2012

geologo Maurizio Azzola

STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA

COMUNE DI BERBENNO DI VALTELLINA (SO)

RIPERIMETRAZIONE DEL SITO VALANGHIVO N° 3 DELLA CARTA DI LOCALIZZAZIONE PROBABILE DELLE VALANGHE (C.L.P.V.) IN LOCALITA' CALDENNO

RELAZIONE NIVOLOGICA

Data:	*luglio 2010*
Committente:	*Amministrazione Comunale di Berbenno di Valtellina*
Professionista incaricato:	*Dott. Geol. Giovanni Songini* *Via Pio Rajna, 13 - 23100 SONDRIO (SO)* *Tel./Fax 0342/510.872* *E-mail: giovanni.songini@fastwebnet.it*

1 PREMESSA E METODOLOGIA

Con incarico conferito dall'Amministrazione Comunale di Berbenno di Valtellina, è stata redatta la presente relazione nivologica inerente la nuova perimetrazione del sito valanghivo n° 3 della Carta di Localizzazione Probabile delle Valanghe comunale, realizzata a cura della Regione Lombardia, in località Caldenno.

In particolare la scheda descrittiva del sito valanghivo, denominato "Monte Colina", riporta nelle note finali un riferimento ad un evento che avrebbe interessato le baite dell'Alpe Caldenno; coerentemente a tali note il perimetro del sito valanghivo individuato "mediante inchiesta sul terreno" è stato esteso fino a comprendere l'insediamento di quota 1785 m. Peraltro, il perimetro del medesimo sito valanghivo definito mediante fotointerpretazione, rispettando la morfologia si mantiene più a Nord e non interessa fabbricati.

La presente relazione sintetizza le informazioni acquisite tramite sopralluoghi eseguiti a territorio innevato ed in condizioni estive, integrate dalle testimonianze fornite da esperti locali; a titolo di conferma sono stati nuovamente interpellati i testimoni indicati nella citata scheda descrittiva della C.L.P.V..

Stanti le caratteristiche morfologiche del sito valanghivo in oggetto, di seguito descritte analiticamente, non si è ritenuto significativo eseguire simulazioni numeriche di dinamica delle valanghe.

L'ubicazione dell'intervento in progetto è riportata sulla corografia di Figura 1, basata sulla Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000, Sezione C3c1.

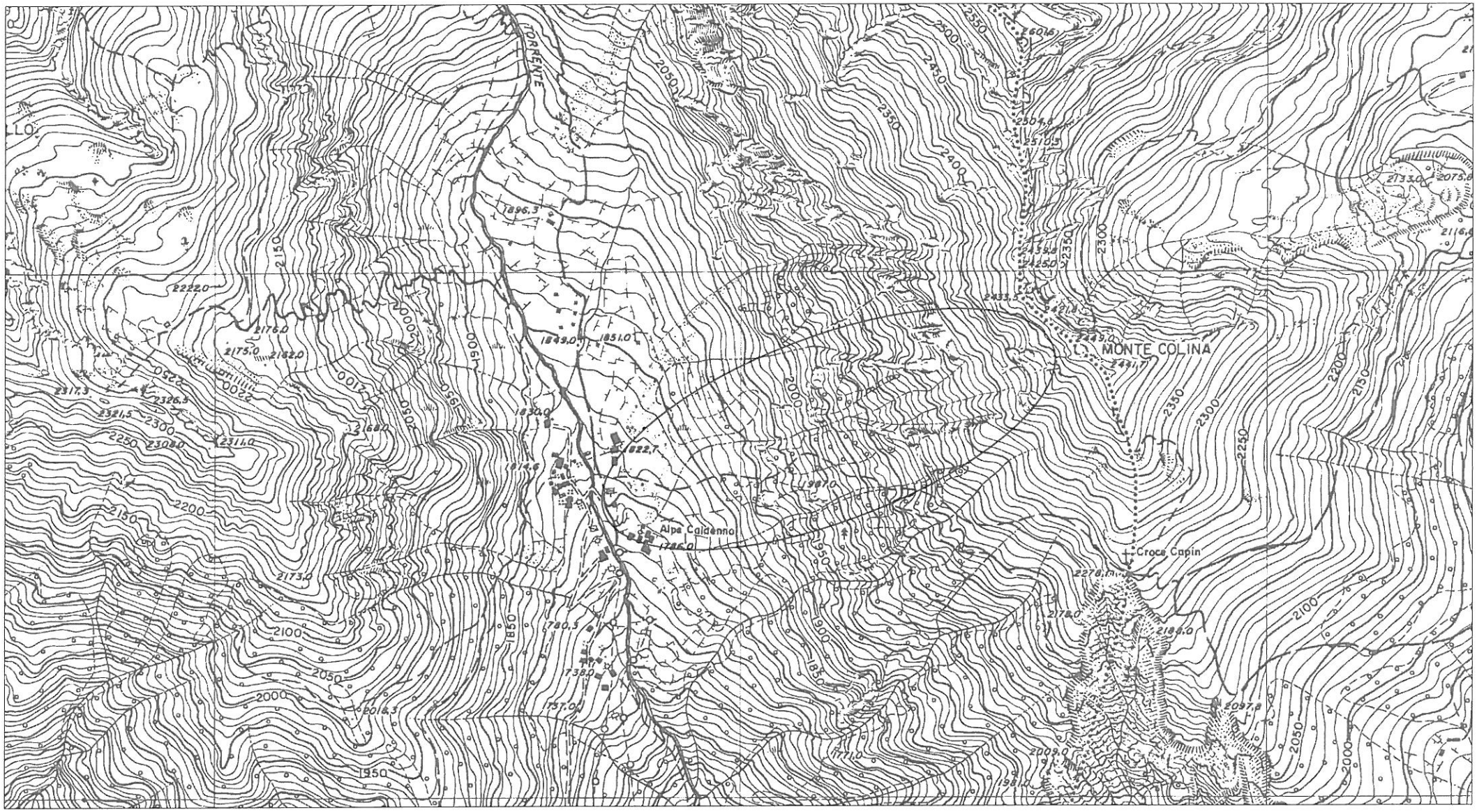
2 DESCRIZIONE DEL SITO VALANGHIVO

Il sito valanghivo in esame si sviluppa sul versante Ovest del M. Colina, fra le quote 2450 m e 1800 m circa.

I limiti delle zone di distacco e scorrimento coincidono con i limiti di un bacino idrografico (area 6.5 ha con chiusura a quota 1920 m), articolato in 3 piccoli sottobacini, molto acclive e di forma allungata, privo di una circolazione idrica permanente nel suo collettore.

Figura 1 - scala 1:10.000

COROGRAFIA



Area oggetto di indagine

Marginalmente ed in sommità il bacino è caratterizzato dalla presenza di affioramenti subverticali del substrato roccioso gneissico; il substrato è subaffiorante nella parte centrale del bacino, dove è presente una copertura eluvio-colluviale di modesto spessore.

Depositi di copertura di maggior spessore, glaciali e alluvionali, si hanno solo nella zona di fondovalle.

Il sito valanghivo si sviluppa quasi interamente oltre il limite della vegetazione arborea, che tuttavia ne evidenzia i limiti nella zona inferiore, dove sono presenti rade conifere; nella porzione medio alta del sito la vegetazione è quella tipica del pascolo d'alta montagna.

Le caratteristiche geologiche, geomorfologiche e vegetazionali conferiscono alla zona di distacco una modesta scabrezza di fondo, quantificabile in un valore del Fattore di Scivolamento N (rif. Direttive Svizzere) compreso fra 2.5 e 3.

La zona di scorrimento, grossomodo compresa fra le quote 1920 m e 2090 m, risulta ben incanalata e confinata entro affioramenti rocciosi; tale conformazione condiziona anche la dinamica delle valanghe in zona d'arresto, tendenzialmente indirizzate secondo una direttrice Est-Ovest allineata al canale principale.

La zona di arresto della valanga coincide con la porzione distale del conoide di deiezione e con i depositi glaciali di fondovalle a bassa pendenza; un rilievo di origine morenica ortogonale all'asse del canale di valanga costituisce una protezione naturale nei confronti delle baite di quota 1823 m.

I dati nivometrici più significativi per il sito valanghivo in esame sono quelli registrati presso la stazione di Chiesa V. - Palù (q. 2150 m); la serie temporale disponibile è stata analizzata calcolando le massime precipitazioni nell'arco delle 48 e delle 72 ore, sia come differenza dell'altezza di neve al suolo (ΔHS), sia come sommatoria delle singole precipitazioni giornaliere (HN). I risultati ottenuti sono riassunti nella Tabella 2.1 allegata.

Analisi clivometrica

Convenzionalmente si assume la soglia di 30°, eccezionalmente di 28°, come limite inferiore di pendenza per l'innesco di fenomeni valanghivi; a questa condizione necessaria si devono accompagnare altri fattori (morfologici, meteo-nivologici e vegetazionali) favorevoli al distacco del manto nevoso.

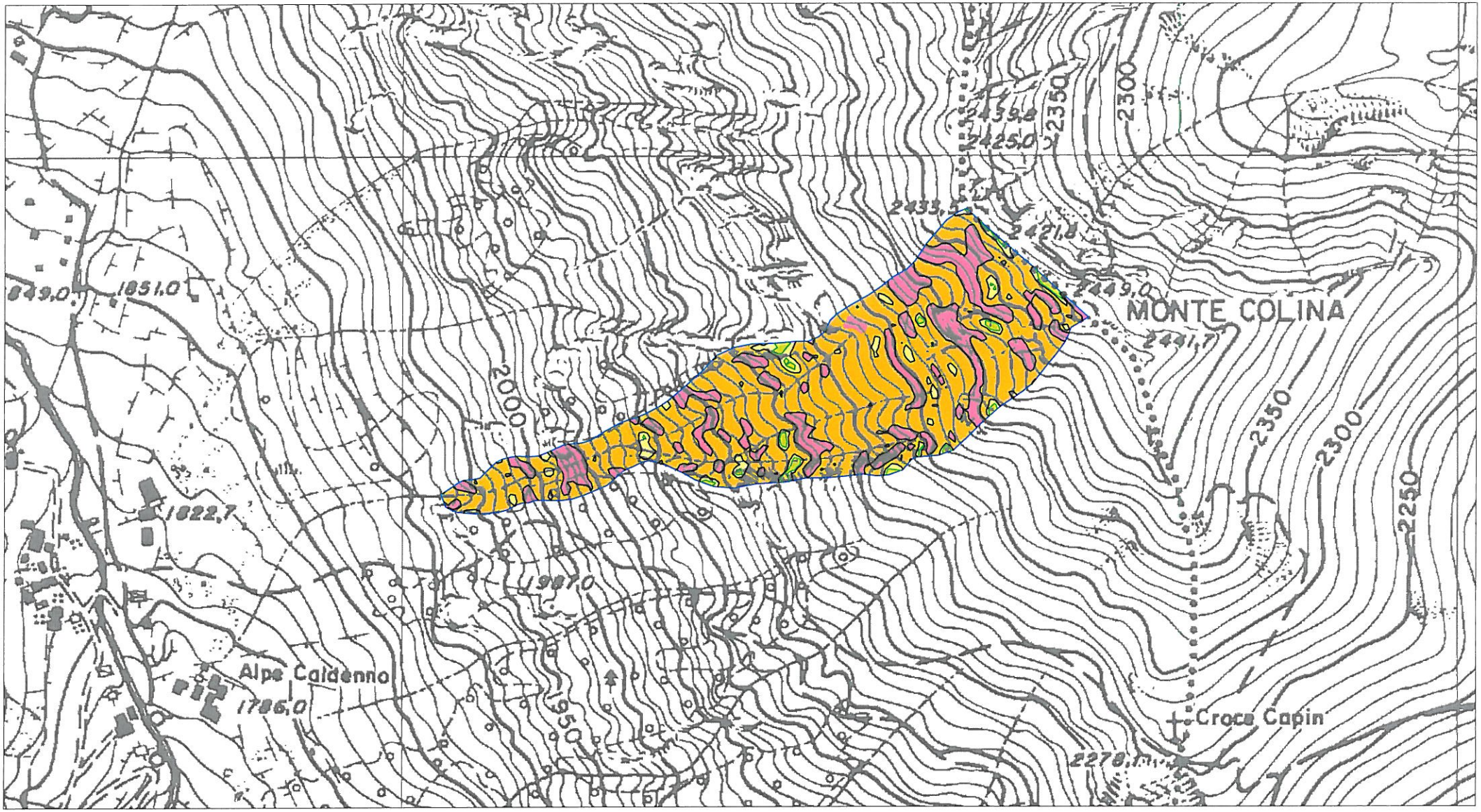
Per analizzare le condizioni di predisposizione morfologica del versante all'innesco di fenomeni valanghivi è stata redatta una carta clivometrica (Figura 2), basata sulla C.T.R. ingrandita alla scala 1:5.000 e vettorializzata: essa evidenzia come la gran parte del bacino esaminato risulti compresa entro i limiti di pendenza convenzionalmente assunti per le zone valanghive. In particolare le classi di pendenza discriminate, le cui aree corrispondenti sono state misurate, assumono i seguenti significati:

- classi < 40% — zone di arresto di valanghe (variabili in funzione del tipo di neve coinvolta);
- classe 40 – 54% — zone di scorrimento;
- classe 55 – 110% — zone di distacco;
- classe > 110% — zone a scaricamenti continui, in cui sono di norma impediti significativi accumuli di neve.

Più nel dettaglio si è osservata una netta prevalenza delle aree prossime o superiori alla soglia di inclinazione indicata nel 110 %, a significare una generale modesta propensione alla formazione di importanti accumuli nevosi in zona di distacco.

Figura 2 - scala 1:5.000

CARTA CLIVOMETRICA



< 40%

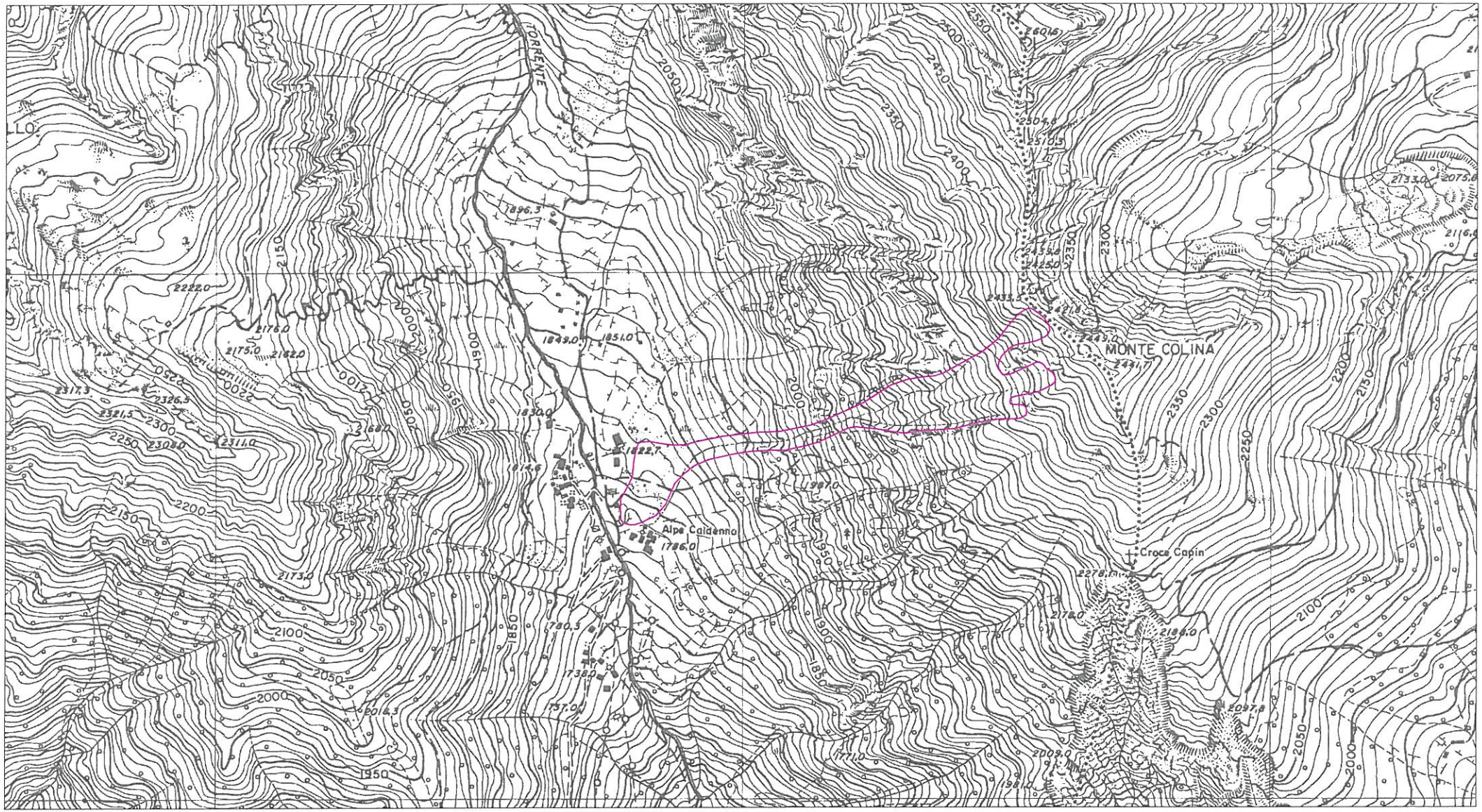
40% - 55%

55% - 110%

>110%

Figura 3 - scala 1:10.000

PERIMETRAZIONE SITO VALANGHIVO



Proposta di nuova perimetrazione sito valanghivo

3 CONCLUSIONI

I rilievi eseguiti e le elaborazioni sviluppate, integrati dalle testimonianze di esperti locali, costituiscono il supporto informativo per la nuova perimetrazione del sito valanghivo n° 3 della C.L.P.V., riportata in Figura 3.

In particolare sono stati interpellati i testimoni indicati nella scheda della C.L.P.V. (sigg. Scarafoni Renato e Bongiolatti Vittorio) e un ulteriore testimone (sig. Biella Giuseppe, classe 1940), storico frequentatore dell'alpeggio di Caldenno.

Si evidenzia infine che i fabbricati rurali dell'Alpe Caldenno risalgono a data antecedente il 1862 (dall'esame di atti notarili), e non risulta a memoria d'uomo che siano mai stati interessati da fenomeni valanghivi.

Sondrio, luglio 2010

(Dott. Geol. Giovanni Songini)

ORDINE DEI GEOLOGI della LOMBARDIA
SONGINI GIOVANNI n° 732