



Comune di Vilminore di Scalve

Provincia di Bergamo

COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E
SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

(dgr 28/05/2008 n° 8/7374)

Relazione illustrativa

Aggiornamento Novembre 2010

Elaborato A

Dr. geol. Fabio Alberti



Geologia Tecnica Camuna
Studio associato - tel/fax 0364 533637
Via Albera 3 - Darfo Boario Terme (BS)
e-mail: info@geotec-studio.it

Collaboratori:
Dr. geol. Elena Staffoni
Dr. geol. Francesco Bosio

INDICE

<i>PREMESSA</i>	3
<i>FASE D'ANALISI (INQUADRAMENTO DEL TERRITORIO)</i>	4
1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	5
2. ASPETTI GEOLOGICI	5
2.1 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO D'INSIEME	6
2.2 - SUBSTRATO ROCCIOSO	7
2.3 - DEPOSITI SUPERFICIALI.....	10
3. ASPETTI GEOMORFOLOGICI.....	16
3.1. QUADRO GEOMORFOLOGICO LOCALE	17
3.2. DESCRIZIONE DEGLI ELEMENTI GEOMORFOLOGICI.....	17
3.2.a.1 - FORME, PROCESSI E DEPOSITI LEGATI ALLA GRAVITA'	18
3.2.a.2 - FORME, PROCESSI E DEPOSITI LEGATI ALLE ACQUE SUPERFICIALI	22
3.2.a.3 - FORME, PROCESSI E DEPOSITI LEGATI ALL'ATTIVITA' GLACIALE E NIVALE	25
3.2.a.4 - FORME DI ORIGINE CARSICA.....	26
3.2.a.5 - FORME, PROCESSI E DEPOSITI ANTROPICI	27
3.2.a.6 ELEMENTI IDROGEOLOGICI	34
3.2.a.7 - FORME DI ORIGINE COMPLESSA	35
4. ASPETTI METEO-CLIMATICI, IDROGRAFICI, IDROLOGICI ED IDROGEOLOGICI	36
4.1 - ASPETTI METEO-CLIMATICI	36
4.2. - ASPETTI IDROLOGICI.....	37
4.2.a. - Portata di massima piena.	37
4.3. ASPETTI IDROGEOLOGICI ED IDROGRAFICI - CARTA IDROGEOLOGICA	39
5. ANALISI DEL RISCHIO SISMICO	45
5.1 - Normativa di riferimento.....	45
5.2 - Risposta sismica locale.....	45
5.3. Analisi di primo livello - carta della pericolosità sismica locale.....	48

FASE DI VALUTAZIONE (SINTESI DEGLI ELEMENTI)	51
6. CARTA DEI VINCOLI	51
7. CARTA DI SINTESI	52
7.1. - AREE PERICOLOSE DAL PUNTO DI VISTA DELL'INSTABILITA' DEI VERSANTI.....	52
7.3 - AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO.....	72
7.4. - AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDROGEOLOGICO.....	73
7.5. - AREE CHE PRESENTANO SCADENTI CARATTERISTICHE GEOTECNICHE.	73
FASE PROPOSITIVA (FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO).....	75
8. CARTA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO – NORME GEOLOGICHE DI PIANO	75
9. CARTA DEI RISCHI IDRAULICI ED IDROGEOLOGICI	75
10. - BIBLIOGRAFIA.....	76

PREMESSA

Lo studio relativo alla componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio del comune di Vilminore di Scalve è stato redatto nell'aprile 2010 secondo la d.g.r. 28 maggio 2008 n. 8/7374 in aggiornamento del precedente studio geologico del settembre 2006, riprendendo da esso ed aggiornandola tutta la fase di analisi relativa agli aspetti stratigrafici, litologici, idrogeologici, climatici ed idrologici ed integrandolo con la valutazione degli aspetti relativi alla sismicità e con l'estensione della fattibilità geologica a tutto il territorio comunale.

Successivamente, in seguito al parere espresso dal servizio Pianificazione di Bacino e Locale della Regione Lombardia (prot. Z1.2010.0024141 del 29/09/2010) è stato redatto il presente aggiornamento in data novembre 2010.

In accordo con le normative di riferimento lo studio è costituito dai seguenti elaborati.

- Fase d'analisi.

- *Tavola 1* *Carta geologica - scala 1:10.000*
- *Tavola 2* *Carta morfologica - scala 1:10.000*
- *Tavole 3 a, 3b, 3c* *Carta morfologica di dettaglio- scala 1:2.000*
- *Tavola 4* *Carta idrogeologica - scala 1:10.000*
- *Tavola 5* *Carta della pericolosità sismica locale – scala 1:10.000*

- Fase di sintesi/valutazione.

- *Tavola 6-* *Carta dei vincoli - scala 1:10.000*
- *Tavola 7* *Carta di sintesi - scala 1:10.000*
- *Tavole 8a, 8b, 8 c* *Carta di sintesi scala 1:2.000*

- Fase propositiva.

- *Tavola 9* *Carta di fattibilità delle azioni di piano - scala 1:10.000-*
- *Tavole 10a, 10b, 10 c* *Carta di fattibilità delle azioni di piano - scala 1:2.000*
- *Tavola 11* *Carta dei rischi idraulici ed idrogeologici: delimitazione delle aree in dissesto
(con legenda uniformata alla cartografia del P.A.I.) - scala 1:10.000*

Le carte alla scala 1:10.000 sono state redatte sulla base topografica della Carta tecnica regionale e sono estese a tutto il territorio comunale mentre le carte alla scala 1:2.000 sono state redatta sulla base topografica comunale e sono estese solo alle zone urbanizzate e ad un loro intorno.

MODIFICAZIONI INTRODOTTE CON L'AGGIORNAMENTO IN DATA NOVEMBRE 2010

Rispetto alla versione redatta in data aprile 2010 il presente aggiornamento in data novembre è stato modificato nei seguenti punti.

- Nella carta dei rischi idraulici ed idrogeologici con legenda uniformata alla cartografia del P.A.I. i settori dei conoidi assegnati nella Carta di Sintesi alla classe H4 di pericolosità sono stati assegnati alla categoria dei conoidi attivi (Ca) come previsto dalla normativa invece che nella categoria dei conoidi parzialmente protetti (Cp). E' stata conseguentemente modificata anche la tabella di correlazione tra classi di pericolosità e categorie della Carta P.A.I. riportata a pag. 71 della relazione.

- Si conferma che le aree potenzialmente interessate da fenomeni di valanga in ragione dell'andamento delle condizioni climatiche erano state assegnate alla classe di fattibilità 3 proprio in ragione della pericolosità molto bassa legata al fatto che i fenomeni sono solo potenziali e sono state pertanto mantenute nella classe di fattibilità 3 e di conseguenza non sono state più inserite nella categoria delle valanghe a pericolosità media o moderata (Vm) della Carta P.A.I. per la quale è invece prevista l'assegnazione alla classe di fattibilità 4.

- Nella Carta della Fattibilità sono state introdotte nell'ambito della classe 4 due sottoclassi, indicate con le sigle Fa e Ve, per individuare le aree rispettivamente corrispondenti alla zone di frana attiva e di valanghe a pericolosità elevata o molto elevata per le quali vigono i relativi vincoli contenuti nell'art. 9 delle N.d.A. del P.A.I., più restrittivi delle norme relative alla solo classe 4 di fattibilità.

Per quanto riguarda la richiesta di motivare la modificazione delle dimensioni di un'area assegnata alla categoria delle frane quiescenti (Fq) posta ad ovest dell'abitato Vilminore lungo la strada per Bueggio che nella Carta PAI di PGT del 2010 è stata ridotta di estensione rispetto alla Carta P.A.I. dello studio geologico di PRG del 2006 si precisa che nella carta dello studio di PRG erano state assegnate alla categoria Fq un'area effettivamente interessata da un fenomeno franoso ed un'area adiacente interessata solamente da fenomeni di reptazione superficiale per cui nella carta di PGT si è corretta l'attribuzione non considerando come frana quiescente l'area soggetta a reptazione.

Sono stati inoltre corretti alcuni errori di trasposizione dalla carta di sintesi alla carta di fattibilità modificando quest'ultima assegnando alla classe 4 di fattibilità due aree, una in prossimità del Lago di Varro ed una a monte della frazione Pianezza che nella versione in data aprile 2010 erano state assegnate rispettivamente alle classi 2a e 3pn/3p perché nell'attribuzione della fattibilità non era stata erroneamente considerata la presenza dei fenomeni di valanga rappresentati nella Carta di Sintesi.

Rispetto alla versione Sono state pertanto modificati i seguenti elaborati:

- Relazione generale.
- Norme geologiche di piano.
- Tavola 9 - Carta di fattibilità delle azioni di piano alla scala 1:10.000.
- Tavola 11 - Carta dei rischi idraulici ed idrogeologici : delimitazione delle aree in dissesto (con legenda uniformata P.A.I.).

FASE D'ANALISI (INQUADRAMENTO DEL TERRITORIO)

1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il territorio comunale di Vilminore di Scalve ha un'estensione di circa 30 Km² e si trova nel tratto intermedio della Valle del Torrente Dezzo, comprendendone il fondovalle ed il versante destro fino alla spartiacque con il tratto superiore della Val Seriana. Il territorio comunale è interamente montuoso ed è in gran parte caratterizzato da una pendenza media relativamente elevata. La sede comunale, Vilminore e la maggior parte delle frazioni sono distribuite nelle poche zone relativamente pianeggianti rappresentate dai ripiani dei terrazzi morfologici che caratterizzano i fianchi della valle del torrente Dezzo e dei suoi principali affluenti.

Il territorio comunale è compreso nelle Sezioni C4e1, D4b2, C3e5, D3a5, e D3a4 della Cartografia Tecnica Regionale alla scala 1:10.000.

2. ASPETTI GEOLOGICI

Nella fase d'analisi sono state redatte la *Carta geologica* (Tavola 1 - scala 1:10.000) estesa a tutto il territorio comunale e la *Carta morfologica di dettaglio* (Tavole 3a, 3b, 3c - scala 1:2000) per i soli ambiti urbanizzati e per un loro intorno. In questi allegati, in riferimento alle scale adottate, sono rappresentate le litologie lapidee che costituiscono il substrato roccioso, affioranti e subaffioranti, e la coltre dei depositi superficiali. Le litologie del substrato roccioso sono state distinte adottando le unità formazionali individuate nella cartografia geologica d'Italia alla scala 1:100.000, mentre per quanto riguarda i depositi superficiali sono stati rappresentati solo i lembi caratterizzati da estensione e potenza significativi alla scala della carta, distinguendoli tra loro in ragione delle genesi e dell'età.

Nella cartografia è inoltre rappresentato l'assetto strutturale fondamentale del settore in esame.

Per quanto riguarda gli aspetti litologici, la legenda di queste carte è stata strutturata operando una prima separazione tra i materiali, distinguendo le litologie sciolte dalle litologie lapidee. I *terreni* (litologie sciolte) sono dei materiali i cui costituenti, individui cristallini o clasti di varia origine, composizione e dimensione, non sono legati tra loro o lo sono, ma da forze coesive relativamente deboli. Le rocce (litologie lapidee) sono invece dei materiali i cui costituenti sono tenuti uniti da forze coesive tali da conferire all'insieme una compattezza apprezzabile. Alle unità della classe delle litologie sciolte corrispondono generalmente i depositi superficiali mentre alla classe delle litologie lapidee appartengono soprattutto i materiali costituenti il substrato. All'interno di queste due classi i vari materiali sono stati distinti tra loro in base ai caratteri di composizione, tessitura e struttura, espressi anche mediante connotazioni di tipo genetico, nei casi in cui esiste una diretta relazione tra genesi e litologia, come spesso accade per i depositi superficiali.

2.1 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO D'INSIEME

Il territorio di Vilminore di Scalve si trova nella catena montuosa delle Orobie, che si estende dal lago di Como a ovest, fino alla Valle Camonica a est.

Il settore Orobico comprende sia rocce del basamento cristallino affioranti nella parte settentrionale, con metamorfismo di età Varisica e Permo-Triassica, sia coperture Permo-Mesozoiche, affioranti a sud. Entrambe sono coinvolte in un sistema di thrust sudvergenti. All'interno del settore Orobico si possono individuare diversi domini strutturali in funzione delle unità e della posizione strutturale.

Di particolare importanza per quanto riguarda l'assetto strutturale dell'area in esame è la presenza delle Anticlinali Orobiche: Anticlinale Orobica ss (AO), Anticlinale Trabuchello-Cabianca (TC), Anticlinale di Cedegolo (AC). Si tratta di una triade di antiformali regionali, costituite da un basamento cristallino e da una copertura Permo-Scitica, con assi orientati WSW-ENE, immersione generalmente verso W, con assetto di tipo *en-echelon* destro e sul cui fianco meridionale si trovano in continuità stratigrafica le formazioni del Trias.

Tra le strutture citate è l'Anticlinale di Cedegolo ad esercitare un controllo strutturale sull'area della Val di Scalve e di conseguenza sul territorio di Vilminore, dove affiorano rocce appartenenti alla successione permo-triassica. In particolare nel settore settentrionale del territorio comunale, affiorano le rocce, per lo più terrigene, della Formazione di Collio e del Verrucano Lombardo da ascrivere rispettivamente al Permiano inferiore e al Permiano superiore. Nel restante territorio affiorano le rocce, in gran parte carbonatiche, appartenenti alla successione Triassica, in particolare Servino, Carniola di Bovegno, Calcarea di Angolo, Calcarea di Prezzo, Formazione di Buchenstein, Argilliti di Lozio, Formazione di Wengen

2.1.a - Assetto strutturale e tettonico

Le formazioni che costituiscono il substrato roccioso sono in media disposte in modo relativamente uniforme, con i piani di stratificazione immergenti generalmente verso S e con un'inclinazione in genere compresa tra 20° e 30° nel settore settentrionale e tra 30° e 45° nel settore meridionale.

L'area è attraversata da un fascio di faglie con andamento SE-NO concentrate nel settore sud-occidentale nei pressi del confine con il comune di Colere e che, generalmente, interessa le formazioni della successione triassica e da un lineamento che decorre con andamento all'incirca SO-NE, parallelamente al Torrente Dezzo, ed è praticamente sempre sepolto dai depositi superficiali presenti nel fondovalle. L'area in cui affiora la successione permiana è invece interessata da una serie di faglie con andamento E-O generalmente di limitata estensione. Le rocce triassiche hanno in media un comportamento più duttile rispetto alle formazioni permiane, le quali hanno invece un comportamento essenzialmente di tipo fragile. E' in corrispondenza dei litotipi carbonatici, infatti, che sono riconoscibili le deformazioni plicative: in particolare entro le formazioni caratterizzate da un comportamento prevalentemente plastico come la Carniola di Bovegno. La Carniola di Bovegno costituisce il primo degli orizzonti plastici di distacco del triassico, in corrispondenza dei quali si sono imposte le estese superfici di scollamento di età alpina.

2.2 - SUBSTRATO ROCCIOSO

La descrizione delle caratteristiche litologiche delle unità del substrato roccioso è fatta seguendo l'ordine di età, dalle formazioni clastiche e vulcaniche più antiche, affioranti solo nel settore sud-orientale, attribuibili al Permiano, a quelle più recenti, prevalentemente carbonatiche, del Triassico inferiore e medio.

Formazione di Collio

La Formazione di Collio è una formazione molto complessa che racchiude al suo interno varie litofacies terrigene e vulcanoclastiche.

Nel territorio di Vilminore di Scalve la facies affioranti sono principalmente quella riolitica-riodacitica e quella ad arenarie e siltiti prevalenti esse si rinvencono lungo la Valle del Gleno nei pressi dei ruderi della diga (facies riolitica-dacitica) e al confine con il territorio di Valbondione nei dintorni del Pizzo Tre Confini (facies areanacea-siltitica). La facies riolitica-riodacitica si presenta in bancate massicce con spessore anche decametrico ed alterazione giallo-brunastra, localmente si ritrovano anche delle ignimbriti. In genere sono di colore chiaro in prevalenza di colore grigio, hanno struttura porfirica, cristallina molto spesso vacuolare. Contengono numerosi e grossolani frammenti di rocce sedimentarie appartenenti ai livelli sottostanti, tufi, pomici giallastre o verdi, micascisti e gneiss. Le arenarie e siltiti della facies affiorante al Pizzo Tre Confini sono di colore grigio, grigio-verde e rosse alternate a vulcanoclastiti, siltiti grigio nerastre; verso la parte alta si intercalano localmente orizzonti evaporitici con dolomie e dolomie ferrifere. Sempre nell'area del Pizzo Tre Confini affiora anche la facies pelitico-arenaceo che appare generalmente di colore grigio-nero e sottilmente stratificata. (Permiano superiore)

Verrucano Lombardo

La formazione del Verrucano Lombardo affiora estesamente nel settore settentrionale del territorio comunale occupandone circa la metà del territorio, si estende infatti dal Pizzo Pianezza al Pizzo Tornello fino al Pizzo Tre Confini. Questa unità è rappresentata da arenarie e conglomerati di colore rosso, ben cementati, a cemento siliceo ed a matrice sericitica, con clasti di origine vulcanica e subordinatamente metamorfica. Questi litotipi sono disposti in grossi banchi, a volte poco distinti, generalmente di forma lenticolare, all'interno dei quali si osservano spesso delle gradazioni granulometriche, con ripetuti passaggi da conglomerati ad arenarie; sempre all'interno dei banchi si possono osservare strutture da corrente come superfici erosionali che delimitano tasche di erosione, spesso riempite da materiale più grossolano, e laminazioni incrociate a piccola e grande scala. A questi orizzonti si intercalano localmente dei banchi lenticolari di siltiti micacee rosse, fittamente laminate.

Si tratta di un'unità costituita principalmente da rocce a comportamento relativamente rigido che hanno assorbito le deformazioni alpine fratturandosi. Gli ammassi rocciosi del Verrucano Lombardo sono in genere da poco a mediamente fratturati, con fratture ben spaziate che individuano blocchi unitari relativamente grandi.

I livelli di siltiti hanno invece assorbito in modo più plastico le tensioni di tipo tettonico e sono a volte fortemente clivate e laminate tanto da assumere un aspetto quasi scistoso.

Le strutture sedimentarie presenti entro le rocce che costituiscono il Verrucano Lombardo permettono di interpretare la formazione come un deposito continentale legato ad un ambiente alluvionale. (Permiano superiore).

Servino

La formazione del Servino affiora nel settore centrale del territorio comunale lungo una fascia arcuata disposta con andamento est-ovest. L'unità rappresenta l'inizio di una trasgressione marina triassica sui depositi continentali del Verrucano Lombardo. E' costituita soprattutto da marne, marne calcaree, e siltiti di colore rosso o grigio, disposte in strati sottili o fittamente laminate, a volte in banchi risaldati; questi litotipi sono alternati a calcari marnosi grigi o grigio-giallastri, in strati di spessore medio o sottile. In alcuni casi sono presenti orizzonti calcareo-dolomitici con mineralizzazioni a siderite manganesifera. (Scitico inferiore).

Carniola di Bovegno

La Carniola di Bovegno affiora alla base delle pareti rocciose costituite dal Servino e, come quest'ultimo, ha una distribuzione est-ovest, con gli affioramenti maggiori nel settore ovest, nei pressi dell'abitato di Nona. Nelle zone di affioramento l'unità è rappresentata in prevalenza da dolomie, siltiti, marne e calcari dolomitici localmente gessosi. Tutti i litotipi appaiono in genere tettonizzati e trasformati in brecce cariate e vacuolari, facilmente disgregabili, con numerose che indicano il carattere duttile della formazione. Caratteristiche sono le intercalazioni di brecce a cemento carbonatico giallastro con clasti a spigoli vivi costituiti da calcari, dolomie, argilliti verdi e marne policrome laminate. La presenza delle evaporiti nella Carniola indica un ambiente di sedimentazione marino costiero a sedimentazione mista. (Scitico superiore).

Calcare di Angolo

Come le precedenti formazioni, con le quali è in continuità stratigrafica, il Calcare di Angolo è presente a fascia arcuata con direzione est-ovest. L'unità affiora estesamente lungo la Costa di Val Notte, dove, sul versante ricadente nel comune di Colere risulta fortemente ripiegata e da luogo a scarpate morfologiche molto marcate e con notevole sviluppo verticale. La sommità del rilievo del Cavallo è costituita da Calcare di Angolo sovrascorso sul Calcare di Esino e costituisce ***pertanto un klippe***.

Il Calcare di Angolo è una potente formazione che raggiunge nella sua area tipo, in Val Camonica meridionale, i 700 metri di spessore. Nella parte basale è costituita da calcari, con subordinati calcari dolomitici, di colore grigio o grigio scuro, a stratificazione indistinta o in grossi banchi, localmente alternati a livelli a stratificazione sottile; nella parte media e superiore è invece rappresentata da calcari e calcari marnosi di colore grigio scuro o nero, a stratificazione molto sottile, con sottili interstrati di marne e argilliti nere, cui si intercalano locali banchi calcarei. Spesso le superfici di stratificazione presentano un aspetto molto ondulato. (Anisico medio-inferiore).

Calcare di Prezzo

Il Calcare di Prezzo affiora nel settore meridionale del territorio in esame (Malga alta Barbarossa) ed è dislocato lungo una fascia discontinua con distribuzione est-ovest.

Si tratta di una formazione calcareo-marnosa, costituita da una ritmica alternanza di calcari marnosi neri, compatti e organizzati in strati di circa 20 cm, e di marne carboniose, nere, tenere e fissili organizzate in pacchi di 15-20 cm. L'unità è riccamente fossilifera ed è caratteristica la presenza, in molti livelli, di una fauna a lamellibranchi. In alcune zone della valle del Dezzo le marne prevalgono sui calcari che sono limitati ad alcuni banchi nella parte superiore dell'unità. Localmente entro gli strati calcarei si trovano cristalli di pirite a dimensione millimetrica legati

Comune di Vilminore di Scalve (BG).

Componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio.

A - Relazione illustrativa. – Aggiornamento novembre 2010.

all'ambiente riducente di formazione, rappresentato dal fondo di un bacino marino caratterizzato da scarsità di ossigeno. Nella compagine rocciosa sono relativamente diffuse delle vene di calcite disposte lungo strato, legate alle deformazioni, principalmente plastiche, subite in età alpina. (Anisico superiore).

Calcare di Buchenstein

Il calcare di Buchenstein affiora nel settore sud occidentale del territorio in esame, la sua estensione è molto limitata, lungo una sottile fascia a contatto con il Calcare di Prezzo a nord e con la Formazione di Wengen a sud.

Il Calcare di Buchenstein è costituito da calcari e calcari debolmente marnosi di colore grigio scuro o nero, in strati di spessore medio separati da sottili intercalazioni di marne argillose nere. All'interno degli strati calcarei compaiono noduli o sottili liste di selce scura. A volte la presenza dei noduli conferisce alle superfici di stratificazione un tipico aspetto nodulare. Nella parte superiore dell'unità compaiono strati e banchi di arenarie e siltiti di colore verde, a clasti vulcanici. (Ladinico inferiore).

Formazione di Wengen

Nell'area in esame questa formazione è scarsamente rappresentata e affiora unicamente all'estremità sud occidentale del territorio comunale nei pressi del M. Barbarossa.

La formazione è costituita prevalentemente da marne e marne arenacee nere, stratificate in grossi banchi con laminazione interna e riccamente fossiliferi. Alle marne si intercalano argilliti marnose nerastre o arenarie grigio-verdine, talora tufacee, a grana media, compatte, in straterelli isolati di 5-10 cm; più rare le intercalazioni di calcari marnosi stratificati. Caratteristica è la presenza, nei litotipi di questa unità, di noduletti di pirite, diffusi prevalentemente nelle marne, che sulla superficie alterata danno luogo a tipiche macchie color ruggine. La presenza di evidenze di fenomeni di scivolamento sinsedimentario e strutture torbiditiche indicano una sedimentazione avvenuta lungo la scarpata di raccordo tra fondo marino e linea di costa. (Ladinico superiore).

Calcare di Esino

Il calcare di Esino affiora estesamente nel territorio occupando l'area che dal Pizzo di Petto arriva fino alla Malga Bolzone, in territorio di Colere, passando per la Malga Conchetta. L'unità è costituita da calcari micritici e calcari dolomitici da grigio chiari e rosati a grigio-scuri nocciola, biancastri sulle superfici alterate, diffusamente fessurati e carsificati, spesso fetidi alla percussione. La stratificazione è massiccia per lo più indistinta o, localmente, in grossi banchi poco marcati. In alcune zone il Calcare di Esino si presenta grossolanamente ricristallizzato e con cavità riempite da calcite spatica, sono diffuse anche le pisoliti vadose, le oncoliti e le ooliti.

Tale formazione è caratterizzata dalla presenza di una ricca fauna di organismi quali grossi gasteropodi, bivalvi, articoli di crinoidi e strutture algali. Localmente nel Calcare di Esino si sono sviluppate numerose cavità carsiche, anche di grandi dimensioni, riempite da depositi travertinosi giallastri, spugnosi, in genere stratificati. Questa formazione presenta un notevole risalto morfologico con alte pareti verticali e strette forre in corrispondenza delle valli e spesso risulta intensamente carsificata. L'unità rappresenta un ambiente di sedimentazione di piattaforma carbonatica (Ladinico).

Formazione di Breno

La Formazione di Breno affiora nei pressi del Monte Ferrante, al limite meridionale del territorio in esame. E' composta da calcari e calcari dolomitici, con tipici cicli peritidali, di colore da grigio a grigio scuro. Questa unità litologica ospita talora mineralizzazioni fluoritico-baritiche importanti, soprattutto nella sua parte sommitale

I calcari e le dolomie sono di colore chiaro e la stratificazione è ben marcata. La Formazione di Breno è suddivisibile, nella località tipo, in due membri denominati "Membro dell'Annunciata" (membro inferiore) e "Lingua di Campolungo" (membro superiore). Nella zona del Monte Ferrante la formazione di Breno è rappresentata unicamente dalla Lingua di Campolungo. Essa è costituita essenzialmente da calcari da grigio-chiaro, nocciola a grigio scuri, a pasta omogenea, talora fetidi alla percussione, con patina di alterazione biancastra, in strati di spessore variabile da qualche decina di cm a più di 2 m. Assai frequente è il rinvenimento di piccole cavità e pori riempiti da calcite spatica, strutture algali, pisolitiche e livelli fossiliferi contenenti gasteropodi alghe Dasycladacee e oncoidi. Al tetto dell'unità si trovano dolomie vacuolari, farinose, biancastre, molto tenere e friabili.

La Formazione di Breno, nell'area in esame, è interessata da spiccati fenomeni carsici presenti in vari stadi di maturità e in parte controllati dalla tettonica che influenzano fortemente la morfologia del paesaggio. Tale zona, denominata "mare in burrasca", è infatti contraddistinta da piccole depressioni, contropendenze, campi solcati e vaschette di corrosione. La formazione è legata ad un ambiente marino costiero, nella fascia peritidale, interessata dalle oscillazioni del livello del mare dovute alle maree. (Carnico medio-inferiore).

2.3 - DEPOSITI SUPERFICIALI

Nell'ambito del territorio comunale il substrato roccioso è spesso coperto da coltri e lembi di depositi superficiali che raggiungono talora una potenza considerevole, soprattutto in corrispondenza del fondovalle del fiume Dezzo e dei suoi affluenti principali.

Le unità che costituiscono l'insieme dei depositi superficiali presenti nell'area sono state distinte tra loro in ragione delle caratteristiche genetiche dalle quali dipendono sostanzialmente la distribuzione, la geometria, la composizione granulometrica e lo stato di addensamento. Nella descrizione delle singole unità si è tenuto conto, per quanto possibile, di un criterio temporale a partire dall'unità più antica.

Deposito glaciale

Questa unità è rappresentata dai materiali legati all'attività deposizionale dei ghiacciai che hanno occupato in passato il tratto superiore del solco vallivo del fiume Dezzo e dei suoi principali affluenti. Sono diffusi soprattutto sia alla sommità delle valli che sono state sede di un circo glaciale, nelle valli del Gleno, del Tino e sul versante orientale dei monti Barbarossa, Pizzo di Petto e Vigna Vaga, sia in corrispondenza dei terrazzi morfologici di Vilminore di Scalve, Bueggio e Vilmaggiore ed a sud dell'abitato di Teveno, dove sono stati osservati nelle scarpate di erosione e di frana. Si tratta nel complesso di un'unità definita esclusivamente sulla base di un criterio litologico che comprende tutti i till, subglaciali, proglaciali e sopraglaciali, presenti nell'area rilevata, indipendentemente dalla loro appartenenza ad un preciso episodio glaciale.

Nel complesso i depositi glaciali sono caratterizzati in genere da una forte eterogeneità granulometrica e litologica e sono rappresentati principalmente da diamicton, ovvero da sedimenti formati da blocchi, ciottoli e ghiaia in

matrice di sabbia, limo e argilla. Possono presentare supporto clastico o supporto di matrice ed i clasti sono in genere poco arrotondati. In relazione alla modalità della loro messa in posto, sotto la massa glaciale o lungo il suo bordo, possono essere caratterizzati o meno da un certo grado di consolidazione. Generalmente si tratta di till sopragliaciali poco consolidati, ma, soprattutto nel fondovalle, si ritrovano anche till subglaciali fortemente consolidati. Localmente si trovano anche lembi cementati, carattere assunto successivamente alla loro deposizione per effetto della circolazione di acque ricche in carbonato provenienti dai versanti.

Alle quote superiori si riconoscono spesso i cordoni morenici e nivomorenici mentre nelle zone di fondovalle la morfologia originaria è stata modificata da fenomeni di erosione o di deposizione di altri sedimenti e solo localmente, sui fianchi della valle del Gleno nella zona di Bueggio, si riconoscono tratti di cordoni morenici.

Il comportamento geotecnico e la permeabilità di questi materiali variano fortemente in funzione della granulometria, della tessitura e dello stato di addensamento. Da un punto di vista granulometrico i till sono classificabili come GM (classificazione USCS) e le caratteristiche geotecniche sono generalmente da mediocri a buone mentre la permeabilità varia da medio-bassa a bassa. Il comportamento geotecnico dei till a matrice fine, anche quando consolidati, è però relativamente sensibile al contenuto d'acqua.

Breccia carbonatica

Questa unità è stata rappresentata solo nella carta litologica alla scala 1:10.000 e rappresenta una breccia, presente nella zona di Pezzolo, sul versante sinistro della valle del torrente Nembo, costituita quasi esclusivamente da clasti carbonatici, derivanti dal Calcare di Esino e dalla formazione di Breno, in genere spigolosi, caratterizzata da un buon grado di addensamento e da un grado di cementazione variabile. Il deposito è grossolano, costituito da blocchi, con dimensione osservata fino a circa 10 m³, e subordinati ciottoli con ghiaia, poca sabbia ed una minima frazione limosa a riempire gli spazi tra i blocchi. Alcuni blocchi sono a stretto contatto tra loro e derivano dalla frantumazione, sinsedimentaria, di blocchi di dimensioni maggiori; altri blocchi presentano delle striature mentre la parte fine ha una struttura massiva che ricorda l'organizzazione dei sedimenti derivanti da fenomeni di trasporto in massa o dei sedimenti glaciali di flusso per cui il deposito è stato interpretato nel complesso come un deposito glaciale, legato all'azione delle lingue di ghiaccio provenienti dal versante est della zona monte Barbarossa-monte Ferrante, piuttosto che un deposito derivante da un fenomeno franoso.

Depositi fluvioglaciali, depositi fluvioglaciali cementati

I depositi fluvioglaciali rappresentano i sedimenti connessi al rimaneggiamento dei materiali di origine glaciale dovuti all'azione di erosione, trasporto e deposizione operata dalle acque di fusione dei ghiacci. Questi depositi sono presenti diffusamente lungo il fondovalle del torrente Dezzo dove affiorano estesamente in corrispondenza delle scarpate di erosione che delimitano i terrazzi morfologici incisi dall'erosione del torrente Dezzo nella zona di Vilminore e Vilmaggiore e dai torrenti Povo e Gleno nella zona di Teveno e Bueggio. Questi depositi costituiscono pertanto l'antica piana di fondovalle del torrente Dezzo, formatasi alla fine dell'ultima glaciazione, quando la quota dell'erosione di base del torrente Dezzo era fissata dalla presenza delle masse glaciali e dei depositi a loro associati, ed in via d'erosione a partire dal ritiro definitivo dei ghiacciai, quando la valle del Dezzo è rimasta sospesa rispetto alla Val Camonica.

I caratteri granulometrici e tessiturali dei depositi fluvioglaciali sono del tutto simili a quelli dei sedimenti alluvionali e sono rappresentati in genere da orizzonti di ghiaia, ghiaia e sabbia o sabbia, all'interno dei quali si possono osservare le tipiche strutture sedimentarie da corrente come gradazioni, laminazioni parallele o incrociate, contatti erosionali e ciottoli embricati. Intercalati a questi orizzonti si osservano localmente anche dei livelli limoso-argillosi di origine lacustre che testimoniano la complessità dei rapporti sedimentari nell'area in esame. Questi depositi appaiono in genere da leggermente a fortemente addensati e spesso si ritrovano degli orizzonti cementati.

In particolare gli orizzonti cementati occupano una fascia ben evidente nella parte intermedia delle scarpate che delimitano il terrazzo morfologico di Vilminore, a monte degli abitati di S.Andrea e Dezzolo, che è stata rappresentata separatamente nella carta alla scala 1:2.000. Il grado di cementazione di questi livelli è in genere da discreto a buono, variabile in funzione della granulometria, e fa assumere agli affioramenti un notevole risalto morfologico. La cementazione è un carattere successivo alla deposizione dei sedimenti ed è legata alla circolazione sotterranea di acque carbonatiche ed è probabile che si tratti di un fenomeno relativamente antico e legati a condizioni climatiche relativamente più calde rispetto a quelle attuali.

I depositi fluvioglaciali sono contraddistinti in genere da una permeabilità alta o elevata e da parametri geotecnici da buoni a discreti in ragione soprattutto della composizione granulometrica.

Depositi limoso-argillosi - Depositi glaciolacustri

Questa unità rappresenta dei depositi caratterizzati da granulometria fine e legati a sedimentazione per decantazione in acque ferme. Questi depositi sono presenti con relativa continuità lungo in fondovalle del torrente Dezzo, intercalati all'interno dei depositi fluvioglaciali. In particolare i depositi lacustri si trovano in corrispondenza delle scarpate dei terrazzi morfologici di Vilminore e Vilmaggiore, alle quote di circa 800 e 950 m, e lungo il fondovalle del Torrente Povo e del Torrente Nembo, alla quota di circa 950 m. Si tratta di depositi fini limoso-argillosi, con laminazioni orizzontali, a volte con passate di sabbia e piccoli ciottoli. I depositi presenti al fondo del Nembo sono di colore grigio, con frequenti passate di sabbia ocrea e ciottoli. L'origine di questi depositi è legata alla sedimentazione in ambiente fluviale di esondazione o in ambiente di tipo lacustre legato soprattutto alla passata dinamica glaciale, in un bacino lacustre o in più bacini lacustri presenti in passato lungo il fondovalle del Dezzo. La presenza di livelli lacustri posti a quote diverse e con spessore diverso indica una dinamica relativamente complessa per cui l'origine dei bacini lacustri poteva essere legata allo sbarramento della valle del Dezzo esercitato dal ghiacciaio camuno in corrispondenza della confluenza nella Val Camonica oppure già all'altezza della confluenza della val Vallala, per ingresso dalla zona di Borno, oppure per sbarramenti legati a situazioni morfologiche locali.

I depositi glaciolacustri presenti nell'area in esame sono caratterizzati da una permeabilità bassa o molto bassa e, sebbene relativamente consolidati, da parametri geotecnici scadenti, con bassi valori della resistenza al taglio che risente inoltre fortemente del contenuto d'acqua, con possibilità di perdita di coesione e conseguente fluidificazione in caso di completa saturazione.

Deposito detritico di versante, colonizzato/non colonizzato, cono detritico

I depositi detritici di versante sono dovuti principalmente all'azione della gravità e si originano dall'accumulo, alla base delle pareti rocciose, dei materiali derivanti dal distacco di volumi di roccia causato dalla degradazione operata dai vari agenti esogeni. Questi accumuli sono rappresentati da sedimenti sciolti, a supporto clastico o,

meno frequentemente, a supporto di matrice, costituiti da clasti a spigoli vivi con una percentuale variabile di matrice. Le dimensioni dei clasti sono molto variabili, dai blocchi alla ghiaia, e nell'ambito di uno stesso accumulo, in riferimento all'area di alimentazione, aumentano dalla zona prossimale alla zona distale. Sono organizzati in coni o falde a seconda che la zona di alimentazione sia concentrata o estesa lungo un fronte più o meno ampio. I depositi detritici di versante sono diffusi in tutto il territorio comunale essenzialmente alle quote maggiori e, generalmente, in corrispondenza del raccordo tra le pareti rocciose ed i terrazzi morfologici.

Localmente compaiono degli orizzonti detritici cementati, con grado di cementazione variabile da basso ad elevato: la cementazione è dovuta alla deposizione per evaporazione da parte di acque ricche in carbonato di calcio in ragione della natura litologica prevalente delle rocce e di conseguenza dei clasti che costituiscono gli stessi depositi detritici. In genere gli orizzonti cementati non si trovano in superficie, ma si trovano in profondità ed affiorano in corrispondenza di sezioni o scarpate di erosione: è pertanto probabile che in molti casi si tratti di fenomeni relativamente antichi e legati a condizioni climatiche diverse dalle attuali.

I depositi detritici di versante sono diffusi in tutto il territorio comunale e gli accumuli più consistenti si registrano sia alla base delle pareti rocciose del Verrucano Lombardo, soprattutto nella valle del Gleno, e del Calcere di Esino, nella zona della Presolana; nei depositi legati a queste due formazioni si riscontrano le dimensioni maggiori dei blocchi mentre dimensioni relativamente inferiori si hanno per le falde poste alla base delle pareti costituite dalle altre formazioni presenti.

Nella maggior parte dei casi le falde ed i coni detritici presenti nella zona del fondovalle del Dezzo sono ormai inattivi o alimentati solo in modo episodico, caratterizzati dalla presenza di un orizzonte superficiale pedogenizzato e colonizzati dalla vegetazione. Alle quote più elevate compaiono invece frequentemente depositi parzialmente colonizzati o non ancora colonizzati dalla vegetazione, perchè le condizioni climatiche locali favoriscono maggiormente i processi di degradazione del substrato roccioso.

Nel complesso i depositi detritici di versante sono contraddistinti da una permeabilità in genere alta o media e da discrete caratteristiche geotecniche.

Il comportamento geotecnico e la permeabilità di questi sedimenti mostrano una certa variabilità in ragione della composizione granulometrica media. In linea di massima sono classificabili come GM, per la presenza di una frazione fine apprezzabile, ma in alcuni settori, soprattutto alla base delle pareti del Verrucano Lombardo e del Calcere di Esino, si tratta principalmente di GW.

Depositi alluvionali antichi, recenti ed attuali

Le alluvioni attuali e recenti corrispondono rispettivamente ai depositi che formano l'alveo e la piana alluvionale dei corsi d'acqua; le alluvioni antiche rappresentano depositi alluvionali, di alveo o di piana, che per fenomeni di erosione, si trovano ora a quote non più raggiungibili dalla dinamica fluviale attuale. Nel complesso si tratta di sedimenti clastici, legati essenzialmente all'azione trattiva della corrente, depositi lungo l'alveo al calare delle piene o all'esterno di esso durante le esondazioni. I clasti sono in genere ben arrotondati e la loro dimensione media dipende dalla velocità della corrente che li ha depositi. Questi sedimenti sono presenti in corrispondenza del fondovalle del torrente Dezzo, del Torrente Nembo, del Torrente Povo e dei loro affluenti. In ragione delle caratteristiche idrauliche dei corsi d'acqua si tratta in genere di depositi grossolani costituiti da orizzonti di massi, ciottoli e ghiaia e solo nelle barre deposte dal torrente Dezzo nelle fasi di magra o di morbida ed in alcuni tratti

degli affluenti situati in zone relativamente pianeggianti, si trovano orizzonti di ghiaia e sabbia. Data la forte tendenza all'erosione che caratterizza la maggior parte del loro corso, i corsi d'acqua presenti nel territorio in esame scorrono al fondo di incisioni piuttosto anguste dove trova spazio sostanzialmente solo l'alveo, con prevalenza delle alluvioni attuali e lembi ristretti di depositi recenti. Tratti di piana alluvionale ben individuabili si ritrovano solo lungo il settore superiore del torrente Gleno e, per cause artificiali, data la presenza di una traversa di derivazione, alla confluenza tra Nembo e Gleno.

I livelli grossolani delle alluvioni attuali e recenti sono da assegnare principalmente alle classi GP e GW e subordinatamente, alle classi SP e SW ed hanno permeabilità alta e parametri geotecnici da discreti a buoni mentre i livelli fini da esondazione sono da assegnare alle classi SM, con una bassa permeabilità e parametri mediocri. In media si tratta di sedimenti contraddistinti da una permeabilità elevata e da buone caratteristiche geotecniche.

Depositi di conoide alluvionale/conoide detritico-alluvionale

I conoidi alluvionali sono depositi dalla tipica forma a ventaglio che i corsi d'acqua formano quando incontrano, lungo il loro percorso, una sensibile diminuzione del gradiente topografico e subiscono una diminuzione della velocità e quindi della capacità di trasporto della corrente. Nell'area in esame i conoidi alluvionali si trovano nel punto in cui i corsi d'acqua laterali raggiungono il fondo della valle principale: alla confluenza con il torrente Dezzo ed alla confluenza con gli affluenti principali, Nembo e Gleno . Morfologicamente si distinguono almeno due generazioni di conoidi:

- conoidi di età relativamente antica, con morfologia ancora ben evidente, posti al raccordo tra i maggiori corsi d'acqua laterali e l'antica piana alluvionale del Dezzo, corrispondente ai terrazzi morfologici di Vilminore, Vilmaggiore e Teveno; questi conoidi sono principalmente inattivi ed in forte erosione.
- conoidi attuali e recenti posti al raccordo tra i corsi d'acqua laterali ed il fondovalle attuale del torrente Dezzo, del Nembo e del Gleno; a parte i conoidi presenti nel tratto superiore del Gleno, si tratta di forme in genere poco evidenti sia per il prevalere dei fenomeni di erosione rispetto alla deposizione sia per le modificazioni indotte dall'uomo con la realizzazione di opere di sbarramento.

I depositi dei conoidi alluvionali sono caratterizzati in genere da clasti generalmente arrotondati, le cui dimensioni diminuiscono dall'apice del conoide verso la zona distale, in relazione alla progressiva diminuzione della velocità della corrente. Per il prevalente carattere torrentizio dei corsi d'acqua presenti nell'area in esame e per le condizioni geomorfologiche dei relativi bacini, questi depositi sono spesso legati ad episodi di trasporto in massa, sotto forma di colata, oltre che all'azione trattiva della corrente. Gli orizzonti legati ai fenomeni di trasporto in massa sono generalmente costituiti da massi, ciottoli e ghiaia in matrice di sabbia e limo (GP, SP, GM); la percentuale di matrice è variabile e, soprattutto nelle zone distali, può diventare prevalente rispetto ai clasti (SM-GM) .Gli orizzonti dovuti ad un'azione trattiva della corrente sono invece a supporto clastico, costituiti in genere da massi, ciottoli e ghiaia (GW, SW). Nelle scarpate di erosione si osservano spesso orizzonti caratterizzati da un certo grado di cementazione.

I conoidi detritico-alluvionali sono presenti nel settore superiore della valle del Gleno, e sono forme caratterizzate da un'alimentazione mista, sia con apporti dovuti a trasporto da corrente o di colata lungo la linea di impluvio

sottesa sia da fenomeni tipicamente gravitativi, con caduta di blocchi dalle pareti rocciose che costituiscono i fianchi del tratto di incisione posto a monte.

Questi depositi sono caratterizzati da una permeabilità variabile da media ad elevata in funzione degli aspetti granulometrici e tessiturali ed un comportamento geotecnico da discreto a mediocre per i livelli più fini.

Depositi eluvio-colluviali

I depositi eluviali sono costituiti dai materiali derivanti dall'alterazione in posto del substrato roccioso operata dai vari agenti esogeni mentre i depositi colluviali derivano dal trasporto e dall'accumulo lungo i versanti, ad opera della gravità o per il dilavamento delle acque meteoriche, dei materiali eluviali. I depositi eluviali si ritrovano pertanto nelle zone a minore pendenza mentre quelli colluviali si ritrovano concentrati alla base dei tratti a maggiore acclività. Le caratteristiche granulometriche e tessiturali di questi depositi sono strettamente legate alla composizione dei litotipi originari. Si tratta in entrambi i casi di sedimenti fini, a prevalente supporto di matrice, rappresentati da ghiaia e ciottoli immersi in abbondante matrice di sabbia, limo e argilla. I clasti sono in genere spigolosi. I depositi eluviali sono diffusi soprattutto sui versanti a quota media e medio-alta, in corrispondenza delle zone boscate poste a monte dei terrazzi morfologici di Vilminore, Vilmaggiore, Bueggio e Teveno, e nella parte sommitale del versante nella zona della Manina.

I depositi colluviali sono presenti con estensione maggiore nelle zone di media quota alla base dei tratti più acclivi coperti sedimenti eluviali.

Questi depositi sono stati cartografati solo dove costituiscono delle coltri relativamente continue ed estese mentre dove sono fortemente discontinui e con spessore sottile sono stati rappresentati come substrato subaffiorante. In ragione delle caratteristiche granulometriche sono principalmente da classificare come SM o GM, caratterizzati da una permeabilità bassa e da parametri geotecnici mediocri.

Materiale di riporto, discarica di inerti

Con queste voci sono stati rappresentati in carta alcuni accumuli di materiale riportato artificialmente dall'uomo, che per le loro dimensioni assumono una relativa importanza morfologica. Nella carta litologica alla scala 1:10.000 tutti gli accumuli di origine antropica sono stati indicati genericamente con la voce "materiale di riporto" mentre nella carta alla scala 1:2.000 sono state distinte le discariche di inerti ora inattive, presenti localmente in prossimità degli abitati di Vilminore e di Teveno. Il materiale presente nelle discariche di inerti individuate è costituito da materiale derivanti da scavi e sbancamenti in terreni naturali e rocce presenti nella zona; principalmente depositi glaciali e fluvioglaciali con abbondante frazione fine.

I maggiori accumuli di materiale di riporto sono rappresentati dal materiale di scarto (smarino) delle miniere di ferro: soprattutto nella zona della Manina ed a valle della località di Ponte Formello, lungo la sponda destra del Dezzo. Un altro accumulo relativamente consistente di materiale di riporto, derivante da lavori di sbancamento e scavo, si trova in corrispondenza della centrale idroelettrica posta alla confluenza tra Nembo e Gleno.

Questi depositi sono in genere caratterizzati da una certa disomogenità di composizione e di grado di addensamento in ragione della natura e del materiale accumulato e delle modalità di messa in posto.

3. ASPETTI GEOMORFOLOGICI

Nella *Carta geomorfologica di inquadramento*, redatta alla scala 1:10.000 per tutto il territorio comunale, e nella *Carta morfologica di dettaglio*, redatta alla scala 1:2.000 solo per le aree urbanizzate ed un loro stretto intorno, sono state rappresentate le forme fisiche del paesaggio intese come diretta manifestazione dei vari processi che coinvolgono la superficie terrestre. Le forme della superficie terrestre sono spesso dovute a processi legati al concorso ed alla sovrapposizione di diversi agenti morfologici la cui attività è determinata sia da fattori geologici, relativi alle condizioni litologiche e strutturali dei materiali coinvolti, sia da fattori climatici che possono accentuare di volta in volta l'importanza relativa di ciascun agente.

Per la classificazione delle forme si è fatto riferimento alla legenda proposta in "*Criteri ed indirizzi relativi alla componente geologica nella pianificazione comunale secondo quanto disposto dall'art. 3 della L.R. 24 Novembre 1997, n. 41*", con alcune modificazioni apportate in relazione ad alcune situazioni specifiche riscontrate nel territorio del Comune di Vilminore di Scalve.

Le carte sono state redatte principalmente sulla base di rilievi di campagna e sono stati consultati tutti gli altri studi di carattere geologico disponibili. In particolare, per quanto riguarda l'individuazione e la definizione dello stato di attività dei fenomeni franosi si è fatto riferimento anche alla Carta Inventario dei fenomeni franosi della Regione Lombardia ed alla Cartografia Geoambientale della Regione Lombardia, oltre a tutti gli studi di dettaglio relativi alle aree in esame, tra i quali lo studio relativo al corso del torrente Dezzo e dei suoi principali affluenti.

Il criterio di base di ogni classificazione adottata è strettamente genetico e le forme sono state quindi distinte in funzione del principale agente morfologico che le ha generate.

Sono state quindi distinte forme legate principalmente all'azione della gravità, forme legate all'azione delle acque di dilavamento non incanalate e delle acque incanalate, alle quali sono dovute le forme fluviali, oppure legate all'attività delle acque in condizioni climatiche particolari, come le forme glaciali. Sono state inoltre distinte le forme antropiche, legate alle varie attività umane.

In riferimento alla dinamicità che caratterizza il modellamento della superficie terrestre i vari elementi morfologici relativi a ciascuna classe sono stati distinti tra loro anche in funzione dello stato di attività dei vari processi responsabili. Le forme individuate nel corso del rilievo di campagna sono state quindi distinte principalmente in tre categorie:

- a) *inattive*: forme e depositi legati a condizioni morfodinamiche e climatiche differenti da quelle attuali e quelli legati a processi che hanno portato a termine la loro evoluzione o che non possono più continuare ad evolversi;
- b) *quiescenti*: forme e depositi che, non avendo esaurito la propria evoluzione, possono riattivarsi, per i quali esistono evidenze geomorfologiche o testimonianze di attività nell'attuale sistema morfoclimatico;
- c) *attive*: le forme ed i depositi legati a processi in atto o ricorrenti in tempi brevi.

3.1. QUADRO GEOMORFOLOGICO LOCALE

Il territorio del comune di Vilminore comprende due settori morfologicamente distinti rappresentati da:

- il settore del fondovalle e dei versanti del torrente Dezzo e del tratto inferiore dei suoi affluenti principali, Nembo, Gleno e Tino;
- il settore dei tratti superiori delle valli degli affluenti principali del Dezzo.

L'assetto morfologico di questo territorio è definito e condizionato da tre fattori principali: le caratteristiche litologiche e strutturali del substrato roccioso, l'azione modellatrice esercitata in passato dai ghiacci e, successivamente al loro ritiro, la sovrapposizione alle forme glaciali dell'azione modellatrice della gravità e delle acque superficiali.

Le caratteristiche litologiche e strutturali del substrato hanno condizionato strettamente l'assetto e l'evoluzione sia della valle principale sia delle valli secondarie, con la presenza di unità rocciose a diverso comportamento meccanico complicata da deformazioni di origine tettonica.

L'azione glaciale, in senso lato, è evidente sia con forme di deposito sia con forme erosive. L'impronta strettamente glaciale è evidente soprattutto nei settori superiori delle valli laterali, dove si osserva la presenza di circhi glaciali, conche di sovraescavazione anche con piccoli specchi lacustri, rocce montonate, cordoni morenici e nivomorenici nelle zone sommitali (conca superiore del Civinata, settore superiore del Gleno e del Tino) e la presenza di sezioni trasversali a fondo piatto e versanti ripidi (a "U"), di spalle glaciali e di gradini longitudinali.

L'impronta glaciale nel fondovalle del Dezzo e dei suoi principali affluenti è invece notevole, ma nel contempo meno diretta, perchè legata ad una dinamica relativamente complessa di rapporti sia nell'ambito della Val di Scalve sia tra la Val di Scalve e la vicina Val Camonica. L'erosione glaciale sul fondovalle è stata mascherata infatti dalla forte sedimentazione fluvioglaciale avvenuta nella fase di ritiro dei ghiacci, quando la Val di Scalve si è trovata, per un certo tempo, sbarrata a valle dalla più potente lingua glaciale della Val Camonica. La deposizione dei sedimenti fluvioglaciali ha portato alla formazione di un'unica piana di fondovalle situata ad una quota ben superiore a quella attuale e corrispondente a quella dei ripiani dei terrazzi morfologici di Vilminore, Vilmaggiore, Bueggio e Teveno.

La successiva variazione del livello di base locale dell'erosione, una volta ritirati completamente i ghiacci, ha dato inizio alla forte tendenza all'erosione che caratterizza i corsi d'acqua presenti nell'area in esame, tuttora attiva, ed ha portato alla formazione delle profonde incisioni entro le quali scorrono attualmente i torrenti principali.

3.2. DESCRIZIONE DEGLI ELEMENTI GEOMORFOLOGICI

3.2.a - Carta morfologica (scala 1:10.000) e carta morfologica di dettaglio (scala 1:2.000)

Nel presente paragrafo sono descritte singolarmente le voci utilizzate nella legenda della *Carta geomorfologica di inquadramento* alla scala 1:10.000, relativa a tutto il territorio comunale, e nella *Carta geomorfologica di dettaglio* alla scala 1:2.000, relativa alle zone urbanizzate e ad un loro stretto intorno, e viene fornita un'interpretazione dei processi morfogenetici principali in relazione alla dinamica dei diversi settori.

Nella *Carta morfologica di dettaglio* dalla scala 1:2.000 sono stati rappresentati tutti gli elementi idrologici ed idrografici e tutte le voci relative alle forme legate alle sistemazioni idrauliche che, per ragioni di leggibilità, non sono state invece riportate nella *Carta morfologica* alla scala 1:10.000, ma rappresentate nella carta *Carta idrogeologica*.

3.2.a.1 - FORME, PROCESSI E DEPOSITI LEGATI ALLA GRAVITA'

Orlo di scarpata di degradazione e/o di frana - corpo di frana

I fenomeni franosi sono rappresentati dai movimenti di masse di terra o di roccia formanti un pendio che avvengono verso il basso e verso l'esterno del pendio stesso. L'orlo di scarpata di frana rappresenta l'estremo superiore della superficie creatasi entro il versante interessato da un fenomeno franoso, in seguito al movimento del materiale franato. La nicchia di frana rappresenta la superficie di distacco delle masse interessate dal fenomeno. Il corpo di frana rappresenta la parte di versante, roccia o terreno, interessata dal movimento.

Le modalità di distacco e di movimento delle masse coinvolte possono essere piuttosto varie in funzione soprattutto delle caratteristiche dei materiali. In questa voce della legenda sono state inserite solamente le nicchie di frana che presentano una larghezza maggiore di 10 m, ovvero quelle riferite agli eventi di maggiore entità e legate a fenomeni di scorrimento, planare o rotazionale, di colata, espansione laterale o alle frane complesse in terra e in roccia, salvo le forme legate a fenomeni di crollo o ribaltamento in roccia che sono state invece inserite in un'apposita voce della legenda.

La maggior parte dei fenomeni franosi presenti nel territorio in esame è legata in modo diretto o indiretto all'erosione dei corsi d'acqua e pertanto gli accumuli di frana sono spesso assenti perchè smantellati rapidamente dai corsi d'acqua stessi. La maggior parte delle scarpate di degradazione o di frana è inoltre localizzata entro i depositi quaternari profondamente incisi dal torrente Dezzo e dai suoi principali affluenti. La geometria dei fenomeni franosi, principalmente scivolamenti traslazionali causati dall'erosione al piede, è spesso influenzata dalla presenza di livelli a diversa granulometria e comportamento geotecnico, in particolare di livelli fini che determinano la presenza di venute d'acqua e favoriscono l'insorgere di fenomeni franosi per colata.

Le frane presenti in corrispondenza dei depositi che costituiscono le scarpate di erosione dei torrenti sono legate al fenomeno di erosione al piede sia direttamente sia per evoluzione e degradazione successiva di tratti di scarpate non più soggette all'erosione. I fenomeni si addensano in particolare dove affiorano i depositi glaciali fini e lacustri saturi d'acqua. A questi terreni è legato inoltre la presenza di fenomeni franosi per colata relativamente profondi, come quelli presenti sul fianco destro del tratto inferiore della Val Manna e sul versante destro del torrente Dezzo in località Somargine. Il fenomeno presente sul fianco della Val Manna coinvolge direttamente la sede della SP294 e della strada per Vilmaggiore ed è quantomeno quiescente, con evidenze di attività sicuramente fino al periodo 2000-2001, che ha portato ad un progressivo abbassamento dei tratti di strada che lo attraversano ed a lesioni nei manufatti. Probabilmente il corpo di frana si estende anche esternamente al fianco destro della Manna, fino a comprendere anche la leggera depressione parallela alla Manna e compresa tra la Manna ed la zona del cimitero di Vilmaggiore: non si hanno però evidenze di movimenti di questo settore, che potrebbe quindi essere inattivo o, più probabilmente, quiescente ad evoluzione più lenta del resto. Attualmente è in corso di completamento un intervento di sistemazione del tratto inferiore del torrente Manna e di

consolidamento del fenomeno franoso e sono già stati realizzati: una soglia sul torrente Dezzo per contenere l'erosione di fondo a valle della confluenza della Manna, la sistemazione del tratto inferiore della Manna con salti di fondo e fondo e fondo e sponde rivestiti con massi intasati in calcestruzzo, drenaggi profondi nel corpo di frana a valle della sede stradale, il consolidamento dei muri di sostegno a monte della strada per Vilmaggiore.

Il fenomeno franoso presente in località Somargine comprende un tratto della SP294 ed ha nell'insieme una buona evidenza morfologica, ma mancano testimonianze di attività recente. Il fenomeno potrebbe essere inattivo o, più probabilmente, quiescente con evoluzione piuttosto lenta.

Frane per scivolamento traslazionale e colata interessano anche il substrato roccioso fratturato e alterato ed in particolare gli ammassi rocciosi costituiti dalla Carniola di Bovegno che risultano più facilmente disgregabili.

Una frana per colata in roccia, relativamente profonda e che è stata ritenuta quiescente in ragione del grado di sconnessione superficiale dell'ammasso, forte e relativamente fresco, e della geometria d'insieme, interessa la formazione del Servino in corrispondenza del versante posto a monte del settore est dell'abitato di Vilmaggiore

Orlo di scarpata torrentizia inattiva con fenomeni di degradazione quiescenti o attivi

Alcuni tratti delle scarpate di erosione che delimitano i terrazzi morfologici di Vilminore e Vilmaggiore, incise dal torrente Dezzo e dai suoi affluenti principali, non sono più direttamente interessate dall'erosione al piede e sono quindi da considerare sostanzialmente come inattive: questo si verifica in genere in corrispondenza delle sponde interne delle anse oppure nei tratti dove l'erosione al fondo ha raggiunto il substrato roccioso e non interessa più i depositi superficiali. In molti tratti alcuni tratti le scarpate inattive presentano tuttavia pendenze elevate, spesso non compatibili con le caratteristiche geotecniche dei terreni in cui sono impostate e questo ha provocato l'insorgere di fenomeni di degradazione che si sviluppano in modo indipendente dall'erosione torrentizia e che in alcuni casi possono evolversi in fenomeni di erosione superficiale da parte delle acque di ruscellamento oppure in fenomeni franosi veri e propri.

Percorso di colata detritica

Con questa voce sono state indicate le incisioni secondarie ed i solchi di ruscellamento lungo i quali si sono incanalati e si possono ancora incanalare delle colate di detrito o di fango conseguenti a fenomeni franosi per scivolamento e colata avvenuti alla sommità o derivanti da fenomeni di erosione. Queste situazioni sono diffuse lungo le scarpate di erosione del Dezzo e dei suoi principali affluenti soprattutto in corrispondenza dei settori costituiti da depositi superficiali a granulometria fine e saturi d'acqua, glaciali, fluvio-glaciali fini o lacustri.

Area a franosità superficiale attiva diffusa

Aree caratterizzate dalla presenza di diffusi fenomeni franosi, rappresentati principalmente da forme di scivolamento o colata, localmente di crollo, in genere di piccole dimensioni, e di diffusi fenomeni di degradazione, soprattutto fenomeni di erosione da ruscellamento anche di aspetto pseudocalanchivo, che potrebbero evolvere in fenomeni di maggiore intensità ed estensione. Questa voce è stata utilizzata per indicare la situazione dei versanti, in particolare del versante destro, del tratto superiore del torrente Nembo a monte di Teveno, costituiti principalmente dalle brecce cariate e vacuolari della Carniola di Bovegno, molto fratturate ed alterate. Si tratta infatti di rocce fortemente degradabili, a comportamento quasi pseudocoerente nelle parti più alterate e fratturate,

ovvero consistente allo stato asciutto e incoerente quando portate a saturazione. A questo comportamento è legata la formazione di fenomeni di erosione di tipo pseudocalanchivo, con solchi ben ramificati, molto incisi e separati da creste aguzze.

Frana non fedelmente cartografabile

In questa voce sono state inserite le frane di piccole dimensioni, caratterizzate da nicchie di larghezza inferiore a 10 metri. Si tratta in genere di fenomeni superficiali, per scivolamento traslazionale o colata, impostatisi in corrispondenza di coltri eluviali o detritiche di versante in aree relativamente acclivi, in genere in presenza di piccole venute d'acqua e spesso connesse ai fenomeni gravitativi maggiori.

Deformazione gravitativa profonda di versante

Con questa voce sono stati indicati i corpi di frana riferiti a movimenti relativamente profondi che coinvolgono il substrato roccioso. Questi fenomeni sono presenti sul versante sinistro del torrente Dezzo di fonte a Vilminore e sul versante destro del tratto inferiore del torrente Nembo. La loro presenza è stata dedotta su base morfologica, principalmente su osservazione delle fotografie aeree della zona, e nel corso del rilievo di terreno non è stata riscontrata la presenza di evidenze relative ad una loro attività recente per cui sono stati considerati come inattivi. In realtà, data la loro tipologia, trattandosi di fenomeni di colata (o flusso o creep) in roccia, legati ad un comportamento degli ammassi rocciosi di tipo viscoso con deformazione che comporta un movimento distribuito su più superfici di scorrimento in genere coincidenti con le linee di debolezza di tipo litologico o di tipo tettonico, non si esclude che questi fenomeni possano essere quiescenti, sia pure ad evoluzione molto lenta.

Fessure di trazione

Le fessure di trazione rappresentano evidenze esterne all'orlo di scarpata principale di un fenomeno franoso: esse indicano un ampliamento della nicchia di frana e sono rappresentate da fessure o crepe nel versante, a volte con evidente abbassamento del lembo di valle rispetto a quello di monte.

Localmente è stata rilevata la loro presenza a monte alcune nicchie di frana poste lungo le scarpate di erosione dei torrenti, in conseguenza del rilascio tensionale del settore di scarpata posto a valle di esse. Si tratta in genere di fessure relativamente prossime alla scarpata di frana attiva o quiescente, e che quindi indicano un'estensione relativamente limitata del fenomeno franoso a monte. Un leggero avvallamento del terreno, probabilmente legato ad un fenomeno di rilascio tensionale, privo però di evidenze di attività recente, è stato rilevato a monte della sommità di uno dei fenomeni di deformazione gravitativa profonda presenti sul versante destro del torrente Nembo, in prossimità del monte Zanari.

Contropendenza

Le deformazioni associate ai fenomeni franosi portano a volte al formarsi di contropendenze in corrispondenza dei versanti. Queste forme corrispondono in genere alle fessure di trazione che segnano il limite superiore o la separazione tra i vari settori dei corpi di frana, ed assumono un'evidenza maggiore quando il settore di corpo di frana posto a valle ha subito una deformazione con una componente di rotazione.

Nell'area in esame sono state rilevate solo piccole forme, associate a fenomeni franosi poco profondi, che interessano solo la coltre dei depositi superficiali.

Parete rocciosa soggetta a fenomeni di crollo

I fenomeni franosi inseriti in questa voce sono rappresentati dalle forme di crollo intese in senso lato come distacco di volumi di materiale dalle pareti rocciose. Si tratta quindi sia di fenomeni di crollo vero e proprio sia di fenomeni di ribaltamento o di scorrimento planare. Questi fenomeni interessano in modo episodico buona parte delle pareti rocciose presenti nel territorio comunale soprattutto nelle zone poste alle quote superiori, dove le condizioni climatiche favoriscono i fenomeni di degradazione della roccia e dove i fenomeni sono stati considerati attivi, con buone possibilità che avvengano dei distacchi nell'arco di un ciclo stagionale. Nelle zone poste alle quote meno elevate, nei tratti di versante posti subito a monte dei terrazzi morfologici di Vilminore, Vilmaggiore, Bueggio e Teveno, i fenomeni di distacco avvengono in maniera episodica con frequenza minore e sono stati quindi considerati come quiescenti.

Le volumetrie potenziali maggiori competono in genere alle pareti rocciose costituite dal Verrucano Lombardo e dal Calcere di Esino. Situazioni relativamente particolari sono state riscontrate anche in corrispondenza della breccia cementata di origine glaciale che affiora lungo la strada Polza-Teveno e in corrispondenza dell'ammasso roccioso molto fratturato e sconnesso del Servino che si trova nel versante posto a monte del settore est di Vilmaggiore.

Falda e cono di detrito

Le falde e i cono di detrito rappresentano le forme di accumulo connesse all'azione della forza di gravità che provoca la caduta, alla base delle pareti rocciose, dei detriti derivanti dai processi di frammentazione fisica e chimica, connessi alla degradazione meteorica e all'azione dei veri agenti esogeni. Questi accumuli sono rappresentati da sedimenti sciolti, a supporto clastico o, meno frequentemente, a supporto di matrice, costituiti da clasti a spigoli vivi con una percentuale variabile di matrice. Le dimensioni dei clasti sono molto variabili, dai blocchi alla ghiaia, in funzione delle caratteristiche litologiche delle rocce costituenti le pareti rocciose, e nell'ambito di uno stesso accumulo, in riferimento all'area di alimentazione, aumentano dalla zona prossimale alla zona distale. Sono organizzati in cono o falde a seconda che la zona di alimentazione sia concentrata o estesa lungo un fronte più o meno ampio. Queste forme sono relativamente diffuse nelle zone del territorio comunale poste alle quote maggiori, dove affiorano unità litologiche a comportamento relativamente più rigido, come il Verrucano Lombardo ed il calcere di Esino. Le falde ed i cono di detrito posti alle quote superiori sono in genere attivi o quiescenti a causa dei processi di degradazione relativamente più intensi che interessano le pareti rocciose soprastanti mentre le falde ed i cono poste alle quote inferiori sono in genere quiescenti, con alimentazione episodica o addirittura inattive, legate ad una situazione morfologica passata.

Area interessata da reptazione e/o soliflusso

La reptazione, o creep, rappresenta dei movimenti lenti che, sotto l'azione della forza di gravità, coinvolgono le coltri di depositi superficiali che ricoprono i versanti. In particolare, la reptazione è un movimento dovuto all'assestamento delle singole particelle che costituiscono i depositi ed avviene molto lentamente, con spostamenti dell'ordine di pochi centimetri all'anno, e con velocità decrescenti dalla superficie verso le parti più interne del terreno. Le cause dell'assestamento delle singole particelle sono da ricercare nei cicli di gelo e

disgelo, di umidificazione ed essiccazione, di dilatazione e contrazione termica, nell'azione delle radici dei vegetali oppure nell'azione degli animali che scavano il terreno. Può essere provocato anche dall'azione degli animali al pascolo. Questo fenomeno si manifesta con piccole scarpatine e decorticazioni del manto vegetale e può causare la crescita di alberi ricurvi. Fenomeni di reptazione sono relativamente diffusi nell'ambito del territorio comunale ed interessano soprattutto le coltri di origine eluviale o colluviale ed i depositi superficiali che costituiscono le scarpate di erosione dei torrenti, in aree caratterizzate da una relativa acclività. Sono maggiormente evidenti nelle aree poste a quote più elevate dove è assente la copertura arborea, ma sono in genere molto diffuse anche nelle zone boscate delle quote medie.

In alcuni settori si può parlare di vero e proprio soliflusso. Il soliflusso, infatti, coinvolge in particolare i depositi caratterizzati da matrice limoso-argillosa prevalente, quali appunto i depositi eluvio-colluviali derivanti dal Verrucano o dalle siltiti del Servino, che possono imbibirsi di acqua e diventare plastici, fluendo sotto l'azione della gravità. Questo fenomeno si può verificare anche su pendii a debole inclinazione. Il movimento è relativamente lento, dell'ordine di qualche decimetro l'anno, e determina il formarsi di lobi e ondulazioni sulla superficie dei versanti.

Sia il soliflusso sia il creep possono evolversi in forme di maggior intensità determinando l'innescarsi di processi erosivi o di frane superficiali e questo, a parità di altre condizioni, avviene più facilmente nelle zone dove l'assenza di copertura arborea determina una minore protezione rispetto all'azione erosiva della pioggia e del ruscellamento.

3.2.a.2 - FORME, PROCESSI E DEPOSITI LEGATI ALLE ACQUE SUPERFICIALI

Orlo di scarpata di erosione fluviale o torrentizia

Le scarpate di erosione fluviale o torrentizia sono generate dall'attività erosionale dei corsi d'acqua, sia nel caso di erosione di fondo, che porta al progressivo abbassamento del fondo dell'alveo e conseguente aumento dell'altezza e della pendenza delle sponde, sia nel caso di erosione laterale, legata alla migrazione delle sinuosità.

Nell'area in esame si rileva nel complesso una forte tendenza all'erosione di fondo, connessa alla variazione del livello locale dell'erosione provocata dal ritiro dei ghiacciai, per cui le curve di fondo dei corsi d'acqua hanno pendenze in genere piuttosto accentuate e l'erosione laterale è sempre accompagnata all'erosione di fondo. Nella maggior parte dei casi le sponde dell'alveo attuale dei corsi d'acqua presenti in questi settori sono da considerarsi potenzialmente soggette ad erosione con fenomeni che ovviamente assumono una certa evidenza solo in corrispondenza dei tratti impostati in depositi superficiali o in roccia molto fratturata, cataclasata o milonitizzata.

Lungo buona parte del corso del torrente Dezzo e dei suoi affluenti principali, Nembo, Gleno, Tino e Manna, l'approfondimento del fondo, accompagnato all'erosione lungo la base delle sponde, ha inoltre determinato l'innescarsi di fenomeni di frana per rimozione di sostegno al piede. In genere lungo questi corsi d'acqua, il cui alveo e le sponde sono impostate principalmente in depositi fluvioglaciali o glaciali, sono presenti scarpate di erosione attiva o quiescente a ridosso dell'alveo di piena ordinaria, scarpate di frana attive o quiescenti lungo le anse più pronunciate, e scarpate di erosione quiescente in posizione più esterna, al margine della zona occupata dalle piene maggiori.

Spesso le scarpate dei fianchi delle linee di impluvio, generate per approfondimento ed erosione laterale, sono poi interessate da fenomeni di frana e degradazione che si sviluppano in modo indipendente dall'attività del corso d'acqua. Per queste situazioni nella carta morfologica sono state rappresentate solamente le forme relative ai fenomeni franosi, indicando l'azione del corso d'acqua solo con il simbolo relativo all'erosione di fondo e riservando il simbolo di scarpata di erosione per i tratti dove i fenomeni di erosione sono direttamente legati all'attività del corso d'acqua.

Tratti di alveo con erosione intensa - Linee di impluvio con erosione accelerata

In relazione al quadro morfologico complessivo della Val di Scalve, la maggior parte dei corsi d'acqua presenti nel territorio comunale di Vilminore manifesta la tendenza all'approfondimento del proprio alveo. Questa situazione è legata principalmente alla passata storia glaciale ed al conseguente approfondimento del solco della valle principale che ha modificato il livello locale dell'erosione di base. L'erosione di fondo si manifesta ovviamente con maggiore intensità nei tratti d'alveo impostati entro depositi superficiali sciolti o in rocce deboli piuttosto che nei tratti impostati in rocce consistenti.

Per quanto riguarda il torrente Dezzo l'alveo è caratterizzato da una serie di tratti a pendenza relativamente minore, dove si riscontra la presenza di fenomeni di deposizione temporanea, con barre e zone golenali, sostenuti da tratti relativamente più ripidi e soggetti principalmente ad erosione. Questi ultimi tratti, presenti a valle di S. Andrea, alla confluenza con il Tino ed in posizione intermedia tra la confluenza del Tino e quella con la Manna, sono impostati in corrispondenza di depositi più resistenti all'erosione, rappresentati rispettivamente da livelli fluviali cementati nel primo e nell'ultimo caso e da depositi glaciali consolidati nel secondo caso.

Erosione intensa si rileva inoltre lungo gli affluenti principali nei tratti di alveo impostato in depositi superficiali: tutto il corso inferiore del torrente Nembo, da Teveno verso valle lungo i rami Civinata e Nembo di Nona, lungo il tratto inferiore del Gleno, a valle di Bueggio, e lungo il tratto inferiore del Tino e della Manna. Localmente i fenomeni erosivi sono in parte contenuti da opere di consolidamento rappresentate da briglie e tratti di fondo rivestito.

Area interessata da ruscellamento diffuso

Forme erosive dovute allo scorrimento superficiale delle acque meteoriche non incanalate, che determina l'asportazione delle particelle del terreno e la rimozione della copertura vegetale in aree contraddistinte da una relativa acclività e da una copertura di depositi superficiali sciolti o poco coerenti. In alcuni casi le forme di ruscellamento si sono sviluppate come evoluzione di manifestazioni meno accentuate legate a fenomeni di creep o di soliflusso. Queste forme sono diffuse generalmente nelle zone poste alle quote più elevate, dove sono favorite dalla presenza di terreni fini eluviali e dalle condizioni climatiche. Sono inoltre relativamente diffuse lungo i tracciati delle piste da sci, nei tratti più ripidi e posti a quote più elevate dove, in alcuni casi, si sono evolute verso forme di ruscellamento concentrato.

Solco di ruscellamento concentrato

I solchi d'erosione, o solchi di ruscellamento, sono fenomeni erosivi legati all'azione delle acque di scorrimento superficiale che tendono a concentrarsi lungo linee preferenziali. Queste forme erosive sono relativamente diffuse

nell'area in esame, soprattutto associate alle altre forme di degradazione che si sviluppano ai margini delle zone coinvolte nei fenomeni franosi. In alcuni casi solchi di ruscellamento concentrato sono legati ad interventi antropici che hanno modificato le condizioni di deflusso originarie dei siti.

Conoide alluvionale

I conoidi alluvionali rappresentano le forme deposizionali che i corsi d'acqua formano quando incontrano, lungo il loro percorso, una sensibile diminuzione del gradiente topografico che provoca una diminuzione della velocità e quindi della capacità di trasporto della corrente. Questa situazione si verifica soprattutto alla base dei versanti vallivi alla confluenza dei corsi d'acqua laterali. I conoidi presentano una tipica forma a ventaglio e le dimensioni del materiale deposto diminuiscono dall'apice del conoide verso la zona distale, in relazione alla progressiva diminuzione della velocità della corrente. Lungo i conoidi la posizione dell'alveo dei corsi d'acqua risulta relativamente instabile perchè il materiale deposto in corrispondenza dell'apice durante una piena può provocare una diversione del corso d'acqua all'arrivo della piena successiva. Dato il prevalente carattere torrentizio dei corsi d'acqua presenti nell'area in esame e le condizioni geomorfologiche dei relativi bacini, la dinamica di queste forme è legata sia al succedersi di episodi di trasporto in massa, sotto forma di colate, sia a fenomeni di piena con trasporto solido elevato, ma con azione di correnti trattive.

Nel settore di fondovalle del torrente Dezzo, data la netta prevalenza dei fenomeni di erosione e di trasporto, sono presenti piccoli conoidi localizzati alla confluenza degli affluenti del torrente Dezzo, di ridotta estensione e di scarsa evidenza morfologica a causa della forte capacità erosiva del torrente. Conoidi di maggiori dimensioni ed evidenza si ritrovano al raccordo tra i versanti ed i ripiani dei terrazzi morfologici, ma solo quelli dei corsi minori sono attivi o, soprattutto, quiescenti mentre lungo i corsi maggiori, Tino, Manna, Nembo e Gleno si tratta di forme inattive, legate alla quota antica del fondovalle ed ora in via di erosione.

Nel settore superiore del territorio comunale sono presenti piccoli conoidi alluvionali sul fondo della valle del Gleno, lungo entrambi i fianchi in corrispondenza dello sbocco degli affluenti.

Conoidi detritico-alluvionali

I conoidi detritico-alluvionali sono presenti nel settore superiore della valle del Gleno, e sono forme caratterizzate da un'alimentazione mista, sia con apporti dovuti a trasporto da corrente o di colata lungo la linea di impluvio sottesa sia da fenomeni tipicamente gravitativi, con caduta di blocchi dalle pareti rocciose che costituiscono i fianchi del tratto di incisione posto a monte.

Lobo di colata detritica, cresta di barra o argine naturale

Sono forme deposizionali legati all'attività dei corsi d'acqua. Le barre rappresentano i depositi lasciati in alveo dai corsi d'acqua: in ragione delle caratteristiche morfologiche dei corsi d'acqua principali si tratta in genere di barre laterali, disposte in corrispondenza delle sponde interne delle anse, e di barre trasversali e longitudinali. In questa sede sono state cartografate solamente le barre legate alle piene maggiori, soprattutto quelle situate nelle zone golenali. Gli argini naturali rappresentano le barre deposte al bordo dell'alveo nel corso delle piene maggiori ed allungate parallelamente alla sponda mentre i lobi di colata rappresentano i depositi allungati lasciati sulla piana alluvionale o nelle zone golenali, rispetto alle quali appaiono in rilievo.

Punto di possibile esondazione

Con questa voce sono stati indicati, per i soli corsi d'acqua maggiori, i punti di possibile esondazione definiti in riferimento a considerazioni di carattere morfologico locale oppure ad evidenze di fenomeni di esondazione avvenuti recentemente. In relazione alle condizioni morfologiche medie dei corsi d'acqua presenti nell'area in esame, dove gli alvei dei corsi d'acqua si trovano in genere in corrispondenza di incisioni relativamente profonde, le aree potenzialmente raggiungibili dalle acque di esondazione si trovano a ridosso dell'alveo e sono poco estese.

3.2.a.3 - FORME, PROCESSI E DEPOSITI LEGATI ALL'ATTIVITA' GLACIALE E NIVALE

Orlo di circo glaciale

Il circo glaciale corrisponde alla nicchia sommitale, generalmente di forma semicircolare, occupata da un ghiacciaio montano. Circhi glaciali si trovano alla sommità della valle del Gleno, della valle del Tino e sul versante est del gruppo della Presolana, dal monte Ferrante al monte Barbarossa.

Questi circhi sono stati sedi di lingue glaciali che in passato confluivano in una lingua che occupava il solco principale della valle del Dezzo e successivamente di piccole lingue glaciali di circo e poi di nevai.

Rocce montonate

Si definiscono rocce montonate le gobbe rocciose sagomate a dorso di montone secondo la direzione di movimento del ghiacciaio. Spesso tali forme risultano alterate dall'azione di degradazione operata dagli agenti atmosferici e dall'acqua di scorrimento superficiale oppure risultano ricoperte da una coltre di detriti di alterazione superficiale. Sono ben evidenti le rocce montonate presenti alla testata della valle del torrente Tino, impostate nelle rocce del Verrucano mentre sono meno conservati i dossi montonati presenti sul versante a valle della linea monte Ferrante-monte Barbarossa.

Orlo di scarpata di erosione glaciale

L'approfondimento progressivo dei solchi vallivi causato dall'erosione glaciale origina in genere dei terrazzi morfologici disposti sia in senso trasversale alla valle, lungo i versanti, sia in senso longitudinale, lungo l'asse della valle. In genere la presenza dei terrazzi di erosione è dovuta al successivo approfondimento operato dalle lingue glaciali che si sono succedute nelle diverse fasi della glaciazione. Nelle zone di circo i terrazzi di escavazione glaciale danno luogo ad una morfologia a gradoni con ripiani spesso occupati da conche di sovraescavazione. Nel territorio in esame le scarpate di erosione glaciale, sia trasversali sia longitudinali, sono evidenti solo nelle zone poste alle quote superiori, mentre nelle zone di fondovalle sono in genere nascoste dalla coltre dei depositi superficiali e dalle forme erosive fluviali incise in questi ultimi.

Cordoni morenici

I cordoni morenici rappresentano gli accumuli morfologicamente più evidenti connessi all'attività deposizionale dei ghiacciai. Il profilo trasversale di questi depositi è caratterizzato da una forma triangolare con cresta più o meno aguzza in relazione all'azione erosiva, operata successivamente alla deposizione, da parte degli agenti esogeni e quindi in funzione dell'età del deposito stesso. I cordoni morenici laterali sono caratterizzati da un profilo

longitudinale pressochè rettilineo, parallelo ai fianchi della valle, mentre i cordoni morenici frontali presentano un andamento longitudinale arcuato, spesso suddiviso in più lobi tra loro contigui in relazione alla complessità morfologica della fronte glaciale. Cordoni morenici e nivomorenici sono presenti nelle zone di circo alla testata delle valli del Gleno, del Tino e sul versante est della linea monte Ferrante-monte Barbarossa. Nella zona di fondovalle la morfologia originaria è stata invece modificata da fenomeni di erosione o di deposizione di altri sedimenti e solo localmente, sui due fianchi della valle del Gleno nella zona di Bueggio, si riconoscono tratti di cordoni morenici.

Valanghe

Fenomeni di valanga interessano diffusamente le zone alte del territorio comunale, soprattutto nel tratto superiore della valle del Gleno e sui versanti della zona della Manina e alla testata delle valli del Tino e della Manna.

Gli scivolamenti delle masse nevose avvengono in genere a partire dalla sommità dei versanti, in prossimità delle linee di cresta, e tendono ad arrivare sul fondovalle incanalandosi lungo linee di impluvio o incisioni caratterizzate da una forte pendenza, mentre sono meno diffuse le situazioni di valanghe in movimento lungo pendii aperti. In molti casi la stessa zona di arresto si trova contenuta all'interno delle incisioni, soprattutto in val Manna, nella valle del Tino ed in parte nell'area della Manina, mentre nelle altre aree, soprattutto lungo la valle del Gleno, le zone di arresto si trovano in corrispondenza delle falde e dei coni detritici, alluvionali o misti che si aprono al fondo delle incisioni. Nella carta sono stati rappresentate, senza distinguerle, le zone di distacco delle masse nevose, le zone o i canali di transito e le zone di espansione alla base dei canali o dei pendii interessati. L'individuazione dei aree interessate dai fenomeni di valanga è stata fatta in riferimento alle informazioni contenute nella Carta della Localizzazione Probabile delle Valanghe pubblicata dalla Regione Lombardia, integrate con alcuni dati di terreno, con alcune testimonianze e con l'osservazione di fotografie aeree. Le zone interessate sono state distinte in aree che nelle condizioni climatiche ordinarie sono stagionalmente interessate da fenomeni di valanga più o meno intensi ed in aree che possono essere interessate dai fenomeni di valanga, con intensità variabile, solo nel caso di forte innevamento.

I fenomeni valanghivi rilevati non interessano direttamente le zone urbanizzate o i percorsi stradali principali a parte i canali del Tino e della Manna dove le masse nevose sono in grado di raggiungere e oltrepassare la strada Vilminore-Vilmaggiore e la stessa SP345 per Schilpario.

3.2.a.4 - FORME DI ORIGINE CARSIKA

Doline

La natura calcarea o dolomitica del substrato roccioso che costituisce il gruppo della Presolana ha favorito lo svilupparsi di forme carsiche legate alla dissoluzione dei carbonati. In questo settore, in corrispondenza dei calcari, dei calcari dolomitici e delle dolomie del Calcare di Esino e della Formazione di Breno, i fenomeni carsici sono infatti molto diffusi. Le forme di dissoluzione più evidenti sono rappresentate da doline, depressioni di forma circolare od ellittica con diametro variabile da pochi metri ad alcune decine di metri e profondità non superiore ad una decina di metri. Si tratta principalmente di doline da dissoluzione, ubicate in corrispondenza di inghiottitoi a partire dai quali le acque si infiltrano in profondità entro l'ammasso roccioso seguendo condotti carsici

rappresentati da fratture ampliate dalla dissoluzione. In carta sono state rappresentate singolarmente solo le forme di dimensioni maggiori mentre le forme minori sono state comprese con tutta le altre forme superficiali nella voce successiva della legenda.

Due piccole depressioni su substrato carbonatico sono presenti anche poco a valle di Pezzolo, nei pressi della località Roccolo. Il substrato è costituito da una breccia carbonatica a clasti di Esino che rappresenta probabilmente un vecchio deposito glaciale e che è diffusamente interessato da evidenze di piccoli fenomeni di dissoluzione superficiale, e, lungo alcune fratture aperte che la pervadono, da evidenze di dissoluzione e di deposizione di carbonati, con incrostazioni. Morfologicamente non si notano elementi particolari e non è stato possibile reperire testimonianze che possano consentire di individuarne con precisione la natura: molto probabilmente le due depressioni rappresentano o piccole doline da dissoluzione o l'imbocco di piccoli inghiottitoi anche se non si può escludere la possibilità che siano due calchere, buche utilizzate per la produzione della calce.

Area interessata da diffusi fenomeni carsici

Tutta l'area del versante orientale della linea di cresta monte Ferrante-monte Barbarossa, in ragione della natura carbonatica delle rocce del Calcare di Esino ed in particolare della Formazione di Breno, è interessata da spiccati fenomeni carsici che influenzano fortemente la morfologia del paesaggio. Sono diffuse tutte le forme carsiche di superficie sia a grande scala, come le doline descritte nella voce precedente, sia a scala minore, con campi solcati, solchi, docce e vaschette di corrosione, che definiscono una serie di depressioni e contropendenze per cui l'area viene denominata "mare in burrasca".

3.2.a.5 - FORME, PROCESSI E DEPOSITI ANTROPICI

Tracce di pascolamento/reptazione agricola

La presenza di animali da pascolo è una delle tante cause della comparsa delle tipiche forme associate al fenomeno di creep superficiale, rappresentate da piccole scarpate e locali decorticazioni del manto vegetale, chiamate anche impronte d'armenti. Quando un'area è sottoposta ad un eccessivo carico di bestiame queste forme possono assumere un carattere areale ed interessare superfici notevoli in corrispondenza delle quali si verifica la distruzione del manto vegetale ed il rimaneggiamento dell'orizzonte superficiale. In questa situazione le aree interessate si trovano facilmente esposte al rischio di fenomeni erosivi legati alle piogge ed acque di scorrimento superficiale. Aree soggette a reptazione da pascolo si trovano soprattutto nelle zone di pascolo poste alle quote maggiori.

Orlo di scarpata di origine antropica

Con questa voce sono state segnalate tutte le scarpate di origine antropica non connesse ad attività di cava. Nella maggior parte dei casi si tratta di scarpate relative a sbancamenti effettuati nel corso di lavori stradali, soprattutto nel caso di strade costruite a mezzacosta, che non sempre sono state realizzate eseguendo le opere di sistemazione delle scarpate di scavo e che sono localmente interessate da fenomeni di degradazione.

Discarica di inerti

Le discariche di inerti rilevate sul territorio, attualmente inattive, si trovano in prossimità dell'abitato di Vilminore, in corrispondenza delle scarpate poste ad est e ad ovest del rilievo del cimitero, ed a Bueggio, in prossimità della chiesa. Il materiale scaricato è rappresentato principalmente da terreni e frammenti di rocce derivanti da scavi eseguiti nella zona ai quali si aggiunge una certa percentuale di inerti da demolizione.

Materiale di riporto

Con questa voce sono stati indicati i maggiori accumuli di materiale di riporto artificiale presenti nel territorio comunale, rappresentati principalmente dagli accumuli degli scarti delle attività delle miniere di ferro della zona della Manina, principalmente roccia sterile e ganga. I maggiori accumuli si trovano nella zona delle miniere della Manina ed in prossimità di Ponte Formello, dove arrivava una teleferica utilizzata per portare a valle il minerale. Altri accumuli relativamente consistenti sono rappresentati da materiale derivante da movimenti terra utilizzato per regolarizzare le condizioni topografiche locali, come ad esempio, in corrispondenza della centrale idroelettrica di Ponte Formello.

Miniera dismessa

Miniere attualmente dismesse sono localizzate nella zona della Manina, dove sono state sfruttate le mineralizzazioni a siderite della Formazione del Servino. La coltivazione avveniva in galleria e sono evidenti gli imbocchi principali della miniera e, soprattutto, gli accumuli del materiale di scarto. Tracce di estrazione di minerale sono presenti anche sul fianco sinistro del Tino, poco a monte dell'abitato di Vimaggiore.

Terrazzamenti agrari

Terrazzamenti artificiali (terrazzamenti agrari) realizzati per diminuire localmente la pendenza originaria e recuperare aree coltivabili sono presenti localmente in prossimità degli abitati, sia nella fascia di pendio posta a monte dei ripiani morfologici (Vilminore, Vilmaggiore) sia nelle scarpate poste a valle (Dezzolo, Pianezza). Questi terrazzamenti sono sostenuti da muri a gravità realizzati con pietrame a secco e di altezza variabile da 1 a 2,5 m a seconda della situazione topografica locale. L'abbandono delle attività agricole ha determinato localmente il degrado di alcune aree, testimoniato dall'invasione della vegetazione infestante, e la conseguente mancanza di manutenzione delle opere di sostegno è stata la causa di piccoli franamenti che hanno coinvolto i muri di sostegno ed il terreno posto a tergo.

Dosso artificiale

Piccolo dosso di forma allungata, esteso all'incirca un centinaio di metri, rilevato rispetto alle aree circostanti per circa 1-2 m nel tratto di monte e per 4-5 m nel tratto di valle. Il dosso si trova quasi come una contropendenza disposta parallelamente alla direzione del versante a monte della località Roccolo. Nella parte meno rilevata, la presenza di pietrame in superficie ricorda gli accumuli derivanti dallo spietramento dei fondi e probabilmente questa attività è stata fatta in questo settore, tuttavia la forma è piuttosto ampia ed ha sicuramente una diversa origine per la quale si possono fare solo ipotesi, allo stato attuale tutte giustificabili, ma senza elementi di certezza: leggera cresta di cordone morenico legata all'attività della lingua della valle del Nembo, con altre

evidenze nel ripiano a monte di Pezzolo oppure fessura di trazione da rilascio tensionale causato dall'erosione al piede del versante da parte del torrente, con altre evidenze di una variazione di pendenza che potrebbe indicare un'altra frattura posta più a monte sul versante, al limite Carniola-Servino.

Piste da sci

Il settore di territorio situato in corrispondenza del versante est del monte Ferrante, al confine con il comune di Colere, è interessato dal tracciato di una pista da sci. Lungo il percorso sono localmente presenti fenomeni di erosione da ruscellamento incanalato o diffuso, legati principalmente alle acque che si raccolgono e scorrono lungo la strada sterrata di servizio.

Muro in calcestruzzo/in massi intasati con calcestruzzo/contrafforti

Opera longitudinale di protezione delle sponde che si propone di evitarne l'erosione oppure utilizzata per sovralzare la sponda ed arginare gli eventi di piena. La difesa di sponda con muri è impiegata quando siano da contenere al minimo gli spazi occupati dal torrente, per la presenza di manufatti antropici, quali abitazioni o strade (per le quali funge anche da sostegno), o per la presenza di sponde molto ripide. Tratti di muri di difesa spondale sono presenti principalmente lungo il torrente Dezzo, a valle di S. Andrea, in genere scalzati o comunque lesionati dall'erosione, e lungo il corso inferiore del torrente Gleno, in genere in buone condizioni perchè associati a opere trasversali.

Contrafforti in muratura sono stati utilizzati per il sostegno di scarpate interessate da fenomeni di degradazione, come sulla scarpata posta a valle di S. Andrea, a monte del muro di sponda del Dezzo, o per consolidamento di scarpate ed opere di sostegno interessate in passato da cedimenti, come si riscontra nella scarpata posta a valle della chiesa di Teveno.

Evidenze di ribaltamento nei muri

Deformazioni delle opere di sostegno riscontrate localmente a causa dell'erosione al piede da parte dei corsi d'acqua. Ad esempio un principio di ribaltamento si riscontra nei muri di sponda in prossimità del ponte della SP294 in località Fucine.

Briglia/soglia/ruderi di briglia

Briglie e soglie sono opere di consolidamento dei corsi d'acqua che si prefiggono lo scopo di ridurre la tendenza all'erosione dei torrenti e di ottenere in tal modo la stabilizzazione degli alvei. Sono opere idrauliche trasversali e prendono il nome di briglie o soglie, rispettivamente, a seconda che il loro coronamento sia più alto rispetto al fondo dell'alveo o allineato con esso. Le soglie di fondo a raso hanno il compito di fissare la sezione dell'alveo, impedendone l'approfondimento. Le briglie, invece, introducendo salti di fondo, diminuiscono per tratti la pendenza e quindi la capacità erosiva della corrente, stabilizzando allo stesso tempo le sponde con la creazione di un riporto al piede. In legenda, briglie soglie sono state distinte in base allo stato di integrità della struttura, evidenziando l'eventuale scalzamento al piede o le lesioni all'opera.

Nella cartografia queste opere sono state sia per il tipo di materiale (calcestruzzo o pietra e calcestruzzo) sia per lo stato di conservazione ed efficienza. In alcuni casi, la presenza di materiale depositato nel corso delle ultime piene non ha consentito di verificare in modo completo le condizioni delle opere che non sonostate quindi definite.

Briglie sono presenti in modo diffuso lungo il corso inferiore del torrente Gleno, in buona parte in buone condizioni, ma alcune scalzate o con principi di scalzamento. Numerose briglie, in buona parte scalzate sono presenti anche lungo il torrente Tino. Alcune soglie, di recente realizzazione e in buone condizioni sono presenti lungo il torrente Dezzo. Briglie scalzate sono presenti lungo il corso inferiore del torrente Nembo.

Localmente sono stati ritrovati i ruderi di opere di sistemazione idraulica, in genere briglie, danneggiati dall'erosione.

Gabbioni integri/danneggiati

I gabbioni sono strutture realizzate con una gabbia a forma di parallelepipedo in maglia in filo d'acciaio zincato, riempite con materiale lapideo di pezzatura grossolana, e sono presenti come elementi costitutivi di varie opere. Nell'area in esame sono stati utilizzati per la realizzazione di opere di difesa di sponda o di arginature e come opere di sostegno alla base di scarpate di frana o in degradazione. In alcuni casi sono stati utilizzati per la realizzazione di briglie, soprattutto lungo i corsi d'acqua minori. In legenda sono stati distinti in funzione dello stato di integrità della struttura dei gabbioni e dell'esistenza di un'eventuale scalzamento alla base. A tratti scalzate e lesionate sono ad esempio le serie di gabbionate poste a difesa delle sponde del torrente Tino, sia subito a valle del ponte della strada Vilminore-Vilmaggiore, sia a monte del ponte, in sponda destra.

Fratture evidenti sulla sede stradale

Fratture che interessano il manto di asfalto che ricopre la sede stradale sono relativamente diffuse soprattutto nel tratto della SP294 compreso tra le incisioni del Tino e della Manna. Sul fianco della Val Manna queste deformazioni sono legate alla presenza di un esteso fenomeno franoso per colata lenta dei sottostanti depositi glaciali e lacustri mentre negli altri settori, dove le condizioni stratigrafiche sono analoghe le lesioni potrebbero essere legate più ad un cedimento locale del ciglio o di parte della sede stradale piuttosto che a deformazioni più profonde, anche se non è da escludere che siano presenti entrambi i movimenti.

Scogliera o protezione di sponda

Le opere di protezione di sponda in genere si propongono principalmente di evitarne l'erosione, specie quando possa compromettere la stabilità dei versanti. Sono realizzate cercando di fissare la linea di sponda, evitandone lo scalzamento e l'arretramento. Con questa voce sono state classificate tutte le opere costituite da grossi massi (di forma arrotondata) o blocchi (a spigoli vivi) di pietra, disposti sia secco, sia intasati con terreno sia intasati con calcestruzzo. In legenda i tratti di scogliera sono state distinti in base allo stato di integrità della struttura, evidenziando l'eventuale scalzamento al piede o le lesioni all'opera. Tratti di scogliera a difesa delle sponde sono presenti sia lungo il torrente Dezzo, in destra all'altezza della località di Fucine e poco a valle della confluenza della Val Manna, sia lungo il torrente Tino, in sinistra poco a valle del ponte della SP294.

Fondo rivestito(selciato di fondo(integro/danneggiato)

Opere di rivestimento del fondo per contenerne l'erosione, soprattutto nei tratti in cui il fondo è impostato in terreni sciolti o comunque facilmente erodibili. E' utilizzato spesso anche a valle delle briglie per contenere l'erosione al piede dovute all'energia della corrente a valle del salto, ma se sono privi di una fondazione adeguata lungo il lato di valle, su torrenti con forte tendenza all'erosione di fondo, si limitano a spostare a valle il problema e rischiano

di essere facilmente danneggiati. Tratti di rivestimento di fondo si trovano soprattutto a valle delle briglie presenti nel tratto inferiore del torrente Gleno, in buona parte lesionati. Fondo rivestito in massi e calcestruzzo, oltre alle sponde ed alla presenza di salti di fondo, caratterizza il tratto inferiore del torrente Manna in seguito all'intervento di sistemazione della frana che coinvolge la sede stradale della SP294.

Ponte integro/lesionato-passerella pedonale

Le opere di attraversamento sono state distinte in riferimento alle condizioni di integrità delle spalle o delle pile del ponte. Sono state rilevate lesioni in corrispondenza della spalla destra, in via di scalzamento, del ponte della strada Vilminore-Vilmaggiore. Lungo sentieri o mulattiere in corrispondenza dei corsi d'acqua sono presenti attraversamenti di larghezza ridotta, spesso di natura temporanea, in genere realizzati in legname, quasi sempre a luce molto piccola, ma che non costituiscono sostanzialmente un impedimento al libero deflusso delle acque in caso di piena, in quanto facilmente asportabili dalla piena stessa.

Pennello integro/danneggiato

I pennelli sono opere di difesa "sporgenti", radicate nella sponda e protese verso l'alveo; sono utilizzati per deviare la corrente in modo che non eroda la sponda nella quale sono ammorsati. Quindi, la presenza di pennelli crea zone d'alveo inattive ai fini del deflusso, nelle quali, specie durante le piene, si sedimenta una parte del materiale trasportato dalla corrente; in queste zone si sviluppa una vegetazione che facilita l'ulteriore sedimentazione e rende stabile la sponda. La stabilità dei manufatti può essere compromessa dall'azione della corrente che li investe e dallo scavo che può crearsi attorno alla loro testa. I pennelli vengono anche impiegati per proteggere dallo scalzamento i muri di sponda quando le loro fondamenta non siano adeguatamente approfondite rispetto all'alveo. In legenda i pennelli sono stati distinti in base allo stato di integrità della loro struttura. Tre pennelli in calcestruzzo armato, uno dei quali danneggiato, sono presenti lungo la sponda destra del torrente Povo, immediatamente a monte della confluenza nel Dezzo, disposti a protezione del muro di sponda a monte del quale si trova il santuario della Madonna di Colere.

Argine in terra

Gli argini sono in genere delle opere di sovrizzo delle sponde per contenere il livello delle piene maggiori. Un tratto di argine artificiale realizzato con terreno naturale sciolto, ciottoli con massi e ghiaia, derivante dallo svasso dell'alveo, è stato realizzato di recente, dopo le piene degli anni 2000 e 2001, lungo la sponda destra del torrente Povo, immediatamente a monte della confluenza nel Dezzo. Questo tratto di argine in realtà non sovrizza la sponda, ma protegge dall'erosione il muro ed i pennelli nel tratto posto in prossimità del santuario della Madonna di Colere.

Erosione al piede/lesione

I termini sono riferiti alle opere di sistemazione idraulica. Con il termine "erosione" è stato indicato lo scalzamento al piede del manufatto (muri di sponda, ponti, opere di presa) causato dalla corrente. Il termine "lesione" indica l'esistenza di un certo danneggiamento dell'opera, legato direttamente alla corrente o all'instabilità dei versanti.

In ragione della forte tendenza all'erosione di fondo e laterale è in genere scalzata al piede, ed a volte lesionata, la maggior parte delle opere di sistemazione idraulica presenti lungo i corsi d'acqua compresi nel territorio comunale.

Barriere paramassi / Reti e funi in aderenza

Opere di difesa dalla caduta di blocchi rocciosi sono presenti a Bueggio, a Vilmaggiore ed a valle di Pezzolo lungo la strada per Bueggio-Teveno. Si tratta in genere di barriere del tipo ad alto assorbimento di energia.

Localmente, soprattutto a monte delle sedi stradali dove non c'era spazio sufficiente per realizzare una barriera, i fenomeni di caduta di blocchi rocciosi sono stati contenuti disponendo delle reti in filo di acciaio ed un reticolo di funi di acciaio in aderenza alle pareti rocciose alle quali sono ancorate con chiodi o tiranti. Recentemente un intervento di contenimento con reti e funi in aderenza è stato realizzato in prossimità del bivio per Meto, lungo la strada Vilminore-Pianezza.

Tube di drenaggio delle acque di versante. Tubi generalmente in materiale sintetico, finestrati e interrati, con diametro variabile, utilizzati per raccogliere le acque sotterranee dal versante convogliandole verso l'esterno. Sono stati utilizzati per la sistemazione di scarpate di frana realizzate recentemente a valle di Bueggio, a valle del cimitero di Vilminore e sul fianco destro della Val Manna, a valle della SP294.

Tube di incanalamento delle acque /canaletta di drenaggio/tubo in ferro

Opere di allontanamento controllato delle acque superficiali o sotterranee di versante. Diametri e materiali sono vari: le canalette superficiali sono in genere di metallo corrugato, legname e pietrame o calcestruzzo, i tubi sono in genere di calcestruzzo o metallici. Sono in genere associati alle opere di drenaggio delle acque sotterranee e superficiali nelle sistemazioni dei fenomeni franosi o erosivi.

Opere di bioingegneria: grata, graticciata, palificate, piantumazione

Le tecniche della bioingegneria, o ingegneria naturalistica o forestale, utilizzano materiale vegetale (alberi, cespugli, piante erbacee), da solo o in combinazione con altri materiali ausiliari (legname, pietrame, geotessili in fibra naturale), quale metodo di sistemazione e consolidamento di versanti interessati da fenomeni franosi. Con questi materiali si realizzano, per esempio, palificate, grate vive, graticciate, gradonature, rinverdimenti di copertura. Interventi di sistemazione di scarpate di frana e degradazione con tecniche dell'ingegneria forestale sono stati realizzati recentemente in corrispondenza di alcuni tratti delle scarpate di erosione del Gleno, poco a valle di Bueggio, e nelle scarpate di erosione poste a valle del cimitero di Vilminore.

Centrale idroelettrica

Nell'ambito del territorio comunale di Vilminore sono presenti due centrali idroelettriche situate rispettivamente una in sponda destra del torrente Gleno, poco a valle di Bueggio, alla quota di circa 1010 m, e l'altra in sponda destra del Povo, subito a valle della confluenza Nembo-Gleno, alla quota di 810 m. Entrambe sfruttano principalmente le acque del torrente Gleno, quella a valle dopo il rilascio di quella a monte, e, con una derivazione sotterranea le acque del torrente Cevinata.

Opera di presa/traversa di derivazione

Le due centrali idroelettriche presenti nel territorio comunale sfruttano le acque dei torrenti Gleno e Nembo che sono derivate a partire da opere di presa associate in genere ad una soglia trasversale. A valle della centrale di Ponte Formello, le acque del Povo sono nuovamente derivate per una centrale situata più a valle, a partire da una traversa, una briglia alta una decina di metri che ha giocato un ruolo morfologico notevole rispetto alla dinamica morfologica dei tratti inferiori del Gleno e del Nembo, fissando localmente la quota del fondo e contribuendo a rallentare l'erosione lungo i tratti di torrente posti subito a monte. Alla base dell'opera sono evidenti segni di scalzamento che per ora sembrano limitati solo ad grosso cordolo di calcestruzzo messo a protezione del piede.

Condotta idroelettrica e condotta forzata all'aperto/interrate

Con il termine condotta idroelettrica sono stati indicati i canali di adduzione, in genere interrati, realizzati in scavo e poi coperti oppure direttamente in galleria, che portano le acque dalle opere di presa alle vasche di carico delle centrali. Le condotte presenti si sviluppano sostanzialmente lungo il fianco sinistro del tratto inferiore della valle del Gleno: dall'invaso di quota 1527 fino a poco a monte di Pianezza per la centrale di Bueggio, al quale si aggiunge un tratto di condotta che porta nell'invaso le acque di un affluente di destra del Gleno; a partire da poco a valle della centrale di Bueggio, verso Vilminore, alla vasca di carico situata nei pressi del cimitero, per la centrale di ponte Formello: alla presa situata a valle della centrale di Bueggio confluisce anche una condotta interrata che deriva le acque del Nembo, poco a valle di Teveno.

Le condotte forzate delle due centrali si sviluppano principalmente in superficie, rispettivamente lungo il tratto di versante posto ad ovest di Pianezza per la centrale di Bueggio e lungo il tratto di scarpata posta a valle di Vilminore per la centrale di Ponte Formello.

Canale di derivazione abbandonato /sfioratore inattivo

Nell'impluvio situato tra Vilminore e Pianezza, alla quota di circa 1010 m si trova un tratto di condotta idroelettrica in superficie, ora abbandonata. A questo tratto di condotta erano associate una presa per derivare le acque dall'impluvio ed uno sfioratore per scaricare verso valle la portata in eccesso.

Acquedotto/fontana

Nella carta morfologica alla scala 1:2.000 sono state rappresentate le linee adduttrici principali della rete dell'acquedotto del comune di Vilminore. La rete direttrice maggiore serve gli abitati di Vilminore, Vilmaggiore, S. Andrea, Dezzolo e Pianezza, a partire dalle sorgenti lungo la valle del Tino mentre altre tre linee minori servono Teveno, Bueggio, e Nona-Pezzolo.

Sono state indicate anche le principali fontane situate esternamente ai centri abitati.

Fognatura/scarico antropico in alveo

La rete fognaria del comune di Vilminore è relativamente articolata in ragione della presenza di molti nuclei abitati disposti su un territorio ampio e morfologicamente complesso. Tutti gli scarichi hanno un recapito nei corsi d'acqua: principalmente il Dezzo per Vilmaggiore, S. Andrea e Dezzolo, il Gleno per Vilminore, Bueggio e Pianezza ed il Nembo per Teveno, Nona e Pezzolo.

3.2.a.6 ELEMENTI IDROGEOLOGICI

Sorgenti captate e non captate

Le sorgenti rappresentano le zone, più o meno ampie, in corrispondenza delle quali avviene l'affioramento delle acque sotterranee. La venuta a giorno delle acque sotterranee siano esse contenute in un mezzo poroso, rappresentato in genere dai depositi superficiali, o contenute in un mezzo permeabile per fratturazione, rappresentato quasi esclusivamente dal substrato lapideo, può avvenire per la presenza di un limite di permeabilità che determina il versamento, il trabocco o la risalita in pressione dell'acqua oppure per la presenza di un'intersezione tra la superficie topografica e la superficie piezometrica.

Le sorgenti presenti nel territorio comunale sono state distinte in sorgenti captate per uso potabile dall'acquedotto comunale e sorgenti non interessate da opere di captazione.

Area caratterizzata da ristagno superficiale d'acqua, acquitrinosa o paludosa

Aree caratterizzate dalla presenza, stagionale o perenne, di ristagni d'acqua sulla superficie topografica oppure dalla venuta a giorno in modo diffuso di acque sotterranee. Queste situazioni si riscontrano diffusamente lungo le scarpate dei terrazzi morfologici incisi dai torrenti nei depositi fluvioglaciali e glaciali dove sono legate all'affioramento, concentrato o diffuso di acque sotterranee ed alla loro mancata infiltrazione in profondità per la presenza di rocce o, soprattutto, di terreni impermeabili. Dove la pendenza delle scarpate è maggiore le acque affioranti danno luogo a piccoli corsi d'acqua mentre dove la pendenza è minore le acque tendono a ristagnare localmente su superfici più o meno ampie.

Cascata

Le cascate sono dei salti di fondo naturali posti lungo gli alvei dei corsi d'acqua, più o meno verticali, in genere isolati e di altezza superiore ai 3 metri. Esse si formano generalmente per cause litologiche e sono il risultato di una forma di erosione del letto che, manifestandosi nel tempo su uno strato alluvionale o di roccia poco compatta, mette a nudo una massa rocciosa resistente, il cui approfondimento è molto più lento rispetto al tratto di corso d'acqua di valle. Le cascate, pur potendo evolvere in una forra d'incisione attraverso un processo guidato da diaclasi e fratture, rappresentano per il corso d'acqua una soglia morfologica ad evoluzione molto lenta. Le cascate presenti nel territorio in esame sono localizzate principalmente nel settore di monte dei corsi d'acqua, dove il substrato roccioso affiora più frequentemente al fondo, ed al raccordo tra gli affluenti ed i corsi principali, a causa della maggiore capacità erosiva di questi ultimi, che hanno alvei in genere relativamente incassati rispetto ai versanti.

Principali barre in alveo

Le barre consistono in accumuli localizzati di materiale alluvionale, morfologicamente sopraelevati rispetto al fondo del letto del corso d'acqua. Tali depositi hanno forma allungata longitudinalmente in direzione della corrente e possono essere di vari tipi a seconda della posizione che occupano rispetto alle sponde: nel caso in cui siano localizzate in posizione mediana rispetto ad esse, sono dette *barre centrali*; nel caso in cui siano ubicate a ridosso delle sponde, generalmente sul lobo convesso delle anse fluviali, sono dette *barre laterali*. Le barre fluviali possono essere sia vegetate sia prive di qualsiasi vegetazione: in questo secondo caso sono quindi rimobilizzabili

molto facilmente. Lungo i corsi d'acqua esaminati, in ragione della pendenza relativamente elevata, prevalgono barre laterali allungate lungo le sponde esterne delle anse, a volte barre centrali dovute soprattutto alla migrazione dell'alveo, e localmente barre di meandro nei tratti meno ripidi e con sinuosità accentuata.

Corsi d'acqua (/impluvi) a regime perenne o temporaneo

Queste voci della legenda descrivono il regime fluviale dei corsi d'acqua presenti entro il territorio comunale di vilminore. Il torrente Dezzo, e di suoi principali affluenti, Nembo, Civinata, Gleno, Tino e Manna sono caratterizzati da un regime perenne con portate relativamente variabili nel corso dell'anno, salvo alcuni tratti locali, dove in fase di magra si possono registrare brevi periodi di assenza di deflusso a causa dell'infiltrazione di subalveo e dell'accentuarsi della magra causato dalle derivazioni idroelettriche. Le linee di drenaggio minori, soprattutto nella parte superiore dei versanti, presentano invece periodi più o meno lunghi privi di deflusso o deflusso strettamente legato alle precipitazioni. I corsi d'acqua minori sono inoltre contraddistinti da una notevole pendenza media del profilo longitudinale e da un breve tempo di corruzione che possono favorire, in seguito a precipitazioni particolarmente intense, l'insorgere di fenomeni di piena improvvisi e violenti.

3.2.a.7 - FORME DI ORIGINE COMPLESSA

Orlo di terrazzo morfologico

Con questa voce è stato indicato sulla carta morfologica di dettaglio alla scala 1:2000, alcuni tratti dell'orlo delle scarpate che delimitano i terrazzi morfologici di Vilminore, Vilmaggiore e Pezzolo, non direttamente interessati da fenomeni, attivi o quiescenti, di erosione al piede o di degradazione. Le scarpate che delimitano i terrazzi morfologici hanno infatti un'origine complessa, legata inizialmente in modo diretto all'erosione al piede da parte dei corsi d'acqua e successivamente, una volta che le incisioni torrentizie si sono approfondite, legate ai fenomeni di degradazione per frana od erosione generati indirettamente dall'erosione al piede.

Depressione di probabile origine carsica

Poco a valle di Pezzolo, nei pressi della località Roccolo, sono presenti tre depressioni di forma circolare: due di piccola dimensione, con raggio inferiore a 10 m, e la terza, posta più a monte, leggermente più ampia e proporzionalmente meno evidente. Il substrato presente nell'area è costituito da una breccia carbonatica a clasti di Esino che rappresenta probabilmente un vecchio deposito glaciale e che è diffusamente interessato da evidenze di piccoli fenomeni di dissoluzione superficiale, e, lungo alcune fratture aperte che la pervadono, da evidenze di dissoluzione e di deposizione di carbonati sotto forma di incrostazioni. non si hanno altre evidenze morfologiche e di altra natura né è stato possibile reperire testimonianze che potessero consentire di individuarne con precisione la natura: molto probabilmente le due depressioni piccole rappresentano o doline da dissoluzione o l'imbocco di inghiottitoi anche se non si può escludere la possibilità che siano due calchere, buche utilizzate per la produzione della calce, mentre la depressione maggiore, oltre che rappresentare una dolina, potrebbe essere associata al dosso allungato che la racchiude verso valle e quindi essere una depressione compresa tra due cordoni morenici oppure essere legata ad una fessura di trazione di un fenomeno franoso piuttosto ampio, esteso a tutto il settore di versante di Pezzolo e causato dall'erosione al piede del versante da parte del torrente Nembo.

4. ASPETTI METEO-CLIMATICI, IDROGRAFICI, IDROLOGICI ED IDROGEOLOGICI

4.1 - ASPETTI METEO-CLIMATICI

Per il territorio comunale di Vilminore di Scalve non si hanno disposizione dati diretti relativi all'andamento delle temperature. Dai relativi alle elaborazioni contenute nel PTCP della provincia di Bergamo, riguardanti il periodo 1955-1984, danno il territorio di Vilminore compreso tra le isoterme medie di 7 e 8 °C ed un valore medio annuo per la stazione di Dezzo di Scalve, situata alla quota di 750 m, di 7,5 °C. Per quanto riguarda le isochimene e le isotere (rispettivamente medie del mese di gennaio e del mese di luglio) il territorio ricade rispettivamente tra le isoterme di 16 e 19 °C, 16,3 °C per Dezzo, e tra le isoterme di -1 e -3, -1 per Dezzo.

Entro il territorio di Vilminore di Scalve esistono tre stazioni di rilevamento dei dati pluviometrici localizzate in corrispondenza della centrale idroelettrica di Bueggio (Povo), posta alla quota di 1118 m circa, alla relativa vasca di carico posta alla quota di 1250 m (Gleno), alla vasca di carico di Vilminore, quota 1018 m.

Stazioni vicine sono localizzate Dezzo di Scalve, quota 750 m (centrale Italcementi), Schilpario, quota 1200 m (opera di presa sul Dezzo a valle della confluenza del Vo).

Dalla Carta delle Precipitazioni Medie, Minime e Massime del Territorio Alpino Lombardo (Regione Lombardia, dicembre 1999) relativa al periodo 1891-1990 il territorio di Vilminore si trova compreso tra le isoiete di 1450 e 1700 mm per le piogge medie, tra le isoiete di 700 e 950 mm per la media delle piogge minime e tra 2200 e 3100 mm per la media delle massime.

Nella seguente tabella sono riportati i valori relativi alle stazioni presenti nell'area.

Stazione	quota (m)	periodo	media (mm)	minima (mm)	massima (mm)
Vilminore	1118	1916-1968	1690,8	623,0	2583,0
Povo	1118	1973-1976	1747,8	1262,8	2394,0
Gleno	1250	1961-1975	1458,3	1186,6	2047,0
Schilpario	1200	1228-1983	1493,8	496,0	2650,0
Dezzo	750	1962-1982	1591,3	1087,5	2125,8

L'esame dei dati pluviometrici delle stazioni di Vilminore e Schilpario, relativi al periodo 1951-1959, riportati nella tabella seguente, mostra un periodo di massimo tardo-primaverile ed estivo che può estendersi, con un massimo relativo, anche al periodo autunnale e da un periodo di minimo in inverno. Il massimo mensile si registra di norma in maggio-giugno o in settembre-ottobre.

Stazione	periodo	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
Vilminore	51-59	61	69	108	134	198	164	149	147	172	202	199	92	1695
Schilpario	51-59	56	30	66	124	218	165	144	141	148	191	134	63	1019

4.2. - ASPETTI IDROLOGICI

In questo studio sono stati considerati principalmente gli aspetti relativi alle portate di massima piena dei principali corsi d'acqua presenti nel territorio comunale.

4.2.a. - Portata di massima piena.

La valutazione della portata di massima piena del torrente Dezzo e dei suoi principali affluenti è stata fatta in riferimento alla massima piena per eventi con tempi di ritorno di 100 e 200 anni, da assumere come valori indicativi per verifiche idrauliche di larga massima. Le portate di massima piena degli affluenti e del torrente Dezzo sono state calcolate in corrispondenza delle sezioni di confluenza. I bacini idrografici sottesi dalle sezioni individuate coincidono con i sottobacini in cui è stato suddiviso il bacino del Dezzo in uno studio effettuato da parte dell'Enel per valutare le portate medie defluibili lungo il corso del torrente, per i quali sono già disponibili alcuni dati geometrici come l'altezza media e la superficie.

Le sezioni, la quota e la loro posizione e sono indicate nel seguente elenco:

<i>Sezione</i>	<i>Quota</i>	<i>Bacini Enel</i>	<i>Posizione e bacino sotteso</i>
3	770 m	65÷68	Dezzo a monte della confluenza del Povo
3a	770 m	69÷71	Povo alla confluenza
3b	810 m		Gleno alla confluenza con il Nembo (inizio Povo)
3c	810 m		Nembo alla confluenza con il Gleno (inizio Povo)
4	770 m	65÷71	Dezzo a valle della confluenza del Povo

Per ciascuna di queste sezioni sono state calcolate le massime piene stimate per un tempo di ritorno di 100 e 200 anni.

La stima delle massime piene è stata fatta con vari metodi le cui formulazioni sono riportate nei fogli di calcolo allegati a fine testo.

- *Metodo di Giandotti e metodo di Giandotti e Visentini.* Questi metodi sono stati applicati considerando approssimativamente un valore del coefficiente di deflusso pari a 0.6. Nel calcolo della pioggia critica con questi metodi si è tenuto conto della curva di possibilità climatica della stazione di Breno, ricavata dai dati del periodo 1951-1982 nello "Studio delle precipitazioni intense in provincia di Brescia e verifica funzionale della rete pluviometrica esistente" (1984), che in ragione della sua relativa vicinanza può essere assunta in prima approssimazione come rappresentativa per l'area in esame.
- *Metodo della Portata Indice.* Il metodo si basa sulla stima della media della massima portata istantanea annuale e si è fatto riferimento ad una elaborazione effettuata da Bacchi, Armanelli e Rossini del Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università di Brescia.
- *Metodo Razionale.* Si è utilizzata l'espressione razionale di traduzione degli afflussi in deflussi in riferimento ad uno studio di Bacchi, Armanelli e Rossini del Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università di Brescia nel quale

sono stati determinati i valori dei coefficienti delle curve di possibilità climatica di varie stazioni, adottando i valori relativi alla stazione di Vilminore di Scalve.

- *Metodo razionale FAO.* L'espressione razionale proposta dalla FAO è stata applicata utilizzando come riferimento i parametri delle curve di possibilità pluviometrica che l'Autorità di Bacino del fiume Po ha calcolato per l'area pluviometrica omogenea del corso superiore del fiume Oglio. Gli stessi parametri sono stati utilizzati per i calcoli idrologici eseguiti nell'ambito del "Piano Stralcio per la difesa idrogeologica e della rete idrografica del bacino del fiume Po".

Il coefficiente di deflusso presente nell'espressione della FAO è stato ricavato, per ciascun bacino in esame, sulla base del metodo Curve Number introdotto dal Soil Conservation Service degli Stati Uniti.

Il territorio dei bacini in esame è stato pertanto suddiviso in aree riferite a differenti classi di suolo e copertura in funzione della schema relativo alla capacità di assorbimento delle piogge previsto dal metodo. La definizione delle classi è stata fatta sulla base della "Carta Geologica" e della "Carta dei popolamenti vegetali attuali", alla scala 1:50.000, allegate al "Piano generale di bonifica montana dell'alto bacino del fiume Oglio".

- *Stima della portata solida.* In riferimento alle caratteristiche morfologiche dei bacini idrografici in esame, si è tenuto conto della possibilità di eventi di piena con elevato trasporto solido stimando la capacità di trasporto della corrente secondo un'espressione empirica che tiene conto di un incremento della portata liquida secondo un rapporto tra portata con trasporto solido e portata liquida compreso tra 1.13 e 1.24. La valutazione è stata fatta a partire dai valori di portata liquida calcolati con il metodo della portata indice e della formula razionale.

Nella seguente tabella sono riportati in sintesi i risultati dei calcoli effettuati.

<i>Parametri morfometrici</i>	<i>Sezioni di calcolo</i>				
	3	4	3a	3b	3c
Superficie (Km ²)	69,7	100,9	31,2	14,2	16,7
Lunghezza asta (Km)	14,7	14,7	9,2	8,9	8,4
Quota sezione (m)	770	770	725	825	825
Altezza media (m)	1691	1689	1686	1859	1556
Tempo di corrivazione (ore)	2,28	2,56	1,49	1,09	1,32
<i>Metodo di calcolo</i>	<i>Massima portata - eventi con tempo di ritorno di 100 anni (m³/s)</i>				
Giandotti	280	373	169	94	96
Giandotti-Visentini	233	310	141	78	80
Portata indice	215	292	110	62	70
Metodo Razionale	238	338	122	60	64
Metodo Fao (CN)	215	288	122	85	72
Portata Indice con trasporto solido	266	363	136	77	86
Metodo Razionale con trasporto solido	295	419	151	74	79
	<i>Sezioni di calcolo</i>				
	3	4	3a	3b	3c

Metodo di calcolo	Massima portata - eventi con tempo di ritorno di 200 anni (m³/s)				
Giandotti	341	455	207	115	118
Giandotti-Visentini	254	338	154	85	87
Portata indice	241	329	124	70	78
Metodo Razionale	269	381	137	67	72
Metodo Fao (CN)	251	336	144	98	85
Portata Indice con trasporto solido	299	408	153	86	97
Metodo Razionale con trasporto solido	333	473	170	84	89

La portata al colmo calcolata con i diversi metodi presenta dei valori relativamente dispersi dovuti alle semplificazioni relative a ciascuno di essi.

In prima approssimazione si ritiene che si possano assumere come rappresentativi i valori di portata liquida stimati sulla base del metodo della Portata Indice, tenendo conto, nel caso di eventi a carattere eccezionale, e anche dell'incremento dovuto trasporto solido.

In riferimento all'aderenza alla situazione reale dei modelli adottati per la stima delle portate di massima piena si ritiene necessario, per potere affinare le stime basate su formulazione di carattere empirico, come quelle fatte in questa sede, intraprendere una campagna di misure di portata su sezioni del torrente Dezzo e dei suoi affluenti principali, che permetta, unitamente alle misure delle precipitazioni, di ricostruire l'andamento degli idrogrammi di piena dall'osservazione di situazione reali.

4.3. ASPETTI IDROGEOLOGICI ED IDROGRAFICI - CARTA IDROGEOLOGICA

Gli elementi di carattere idrogeologico ed idrografico sono stati rappresentati sulla Carta idrogeologica e redatta alla scala 1:10.000 per tutto il territorio comunale.

Alcuni degli elementi rappresentati sulla Carta Idrogeologica sono presenti anche sulla Carta Geomorfologica e per la loro descrizione si rimanda al paragrafo relativo.

4.3.a. - Permeabilità del substrato roccioso

Nella valutazione della permeabilità degli ammassi rocciosi si è tenuto conto sia delle caratteristiche litologiche sia del relativo grado di fratturazione, almeno per quanto risulta dalle condizioni riscontrate in superficie.

Rocce ad alta permeabilità

In questa classe di permeabilità, indicativamente con un valore del coefficiente di permeabilità superiore a 10^{-5} m/s, rientrano le litologie carbonatiche massicce o organizzate in grossi banchi, calcari, calcari dolomiti e dolomie, appartenenti al Calcere di Esino ed alla Formazione di Breno, presenti nel settore sud-occidentale del territorio comunale, sul versante del gruppo della Presolana. L'alta permeabilità è legata alla fratturazione e soprattutto ai fenomeni carsici diffusi che hanno portato ad un ampliamento delle fratture per dissoluzione. Il settore costituito

da questi ammassi rocciosi rappresenta principalmente una zona di alimentazione di un acquifero carsico con recapito idrogeologico esterno al territorio comunale.

Rocce a permeabilità media

A questa classe di permeabilità, indicativamente con un valore del coefficiente di permeabilità compreso tra 10^{-5} e 10^{-6} m/s, sono state assegnate le rocce calcaree stratificate appartenenti alla formazione del Calcere di Angol, caratterizzate da una certa permeabilità per fratturazione e relativamente interessate da fenomeni di dissoluzione carsica. Queste rocce sono presenti lungo il fianco meridionale e lungo l'asse del tratto inferiore della valle del torrente Nembo e nella zona a monte di Teveno e rappresentano una zona di relativa alimentazione per acquiferi fratturati ed in parte carsificati connessi al massiccio carbonatico principale.

Rocce scarsamente permeabili

In questa classe di permeabilità, indicativamente con un valore del coefficiente di permeabilità compreso tra 10^{-6} e 10^{-7} m/s, rientrano la maggior parte degli ammassi rocciosi affioranti nel territorio comunale e comprende sia le rocce arenacee e conglomeratiche e siltitiche presenti in tutto il settore centrale e settentrionale e parte dei calcari più o meno marnosi posti nell'angolo nord-occidentale. Queste rocce giocano comunque un ruolo idrogeologico significativo, in ragione della disposizione della stratificazione e della presenza e orientazione di fratture e faglie.

Rocce impermeabili

Alla classe delle rocce impermeabili, indicativamente con un valore del coefficiente di permeabilità inferiore a 10^{-7} m/s, sono stati assegnati gli ammassi rocciosi costituiti dai calcari marnosi e marne, sostanzialmente appartenenti alla formazione del Calcere di Prezzo, che giocano in genere il ruolo di acquitardo.

4.3.b. - Permeabilità dei depositi superficiali

Depositi ad alta permeabilità

A questa classe di permeabilità, indicativamente con un valore del coefficiente di permeabilità superiore a 10^{-3} m/s, sono stati attribuiti principalmente i depositi alluvionali, recenti ed attuali, i pochi depositi di conoide alluvionale ed i depositi detritici di versante, soprattutto nelle aree poste alle quote più elevate. Sono depositi caratterizzati da un'estensione relativamente limitata e rappresentano in genere aree di infiltrazione preferenziale delle acque superficiali e meteoriche.

Depositi a permeabilità media

Con questa classe, indicativamente con un valore del coefficiente di permeabilità compreso tra 10^{-3} e 10^{-4} m/s, sono stati cartografati i depositi fluvio-glaciali che occupano il fondovalle del Dezzo e dei suoi affluenti e costituiscono i ripiani e buona parte delle scarpate dei terrazzi morfologici di Vilminore, Vilmaggiore, Bueggio e Teveno. Si tratta di un'attribuzione fatta in riferimento ai depositi presenti in genere alla superficie dei terrazzi, alluvionali con frazione fine apprezzabile, ed alla media dei livelli presenti nelle scarpate, dove in realtà si trovano sia orizzonti a permeabilità elevata, alluvionali, sia orizzonti a permeabilità bassa, lacustri e glaciali, che però sono difficilmente cartografabili alla scala della carta.

Depositi a permeabilità scarsa

A questa classe di permeabilità, indicativamente con un valore del coefficiente di permeabilità compreso tra 10^{-4} e 10^{-7} m/s, sono stati assegnati principalmente i depositi di origine eluviale e colluviale presenti sui versanti e, localmente, al raccordo tra versanti ed i terrazzi morfologici di Vilminore, Vilmaggiore, Bueggio e Teveno.

4.3.c. - Elementi idrogeologici

Sorgenti captate/non captate

Le sorgenti presenti nel territorio comunale sono state distinte in sorgenti captate per uso potabile dall'acquedotto comunale e sorgenti non interessate da opere di captazione.

In ragione dell'assetto complessivo, stratigrafico e strutturale dell'area le sorgenti presenti nel territorio comunale si possono distinguere tre gruppi principali.

- 1- Sorgenti del settore settentrionale dell'area, versante destro della valle del Dezzo in corrispondenza degli affioramenti del Verrucano Lombardo, lungo la fascia posta a monte di Vilmaggiore-Vilminore-Bueggio-Nona.
- 2- Sorgenti del settore occidentale dell'area, nella zona a monte di Teveno.
- 3- Sorgenti diffuse lungo le scarpate dei terrazzi morfologici principali, soprattutto scarpate delle incisioni del Dezzo, Gleno inferiore e Nembo inferiore.

Al primo gruppo appartengono le principali sorgenti che alimentano la rete dell'acquedotto comunale. Si tratta di sorgenti legate esclusivamente al substrato roccioso con infiltrazione lungo faglie o fratture a partire dalle zone superiori del versante ed anche dal tratto superiore del Gleno (almeno per le sorgenti situate lungo il ramo di destra del Tino) e scorrimento relativamente profondo probabilmente lungo strato, in corrispondenza di variazioni di permeabilità connesse alla presenza di livelli di siltiti. Allo stesso substrato roccioso, ma probabilmente con infiltrazione anche dall'incisione della zona della Nona, alla base del versante, è legata la sorgente posta sul versante destro del Gleno subito a monte di Bueggio.

Al secondo gruppo appartengono poche sorgenti, principalmente la sorgente posta sul versante a monte di Teveno, nella parte intermedia del bacino del Cevinata, legata probabilmente ad infiltrazione di acque dal settore di versante posto a monte e, soprattutto, lungo l'asse superiore della valle, con direzione preferenziale dello scorrimento in profondità orientato parallelamente all'asse della valle, coincidente con la direzione degli strati. Per il resto il settore delle rocce carbonatiche poste all'angolo sud-ovest del territorio comunale rappresenta principalmente un'area di alimentazione, come testimoniano le diffuse forme carsiche di superficie, con doline e inghiottitoi, di acquiferi carsici le cui acque hanno un recapito in zone esterne al territorio comunale.

Al terzo gruppo appartengono tutte le sorgenti presenti lungo le scarpate di erosione incise dai torrenti nei depositi fluvioglaciali e glaciali. Le sorgenti sono sia localizzate sia diffuse, associate a zone di ristagno superficiale di acqua, in genere hanno portate contenute e sono disposte lungo fasce altimetriche ben definite. In prima approssimazione si riconoscono tre fasce: una posta alla quota di circa 800-850 m lungo il Dezzo, un'altra posta a circa 900-950 m lungo Dezzo, Gleno e Nembo e la terza posta alla quota di 1000-1050 m lungo il Nembo. Le fasce corrispondono ai livelli più fini dei depositi, di origine glaciale o lacustre, e le sorgenti sono legate alle acque che dalla superficie dei terrazzi morfologici si infiltrano in profondità fino ad essere intercettate da livelli fini meno permeabili ed essere portate a giorno in corrispondenza delle scarpate di erosione.

Zone di tutela delle opere di captazione delle acque potabili

Nella Carta sono state rappresentate le zone di salvaguardia delle risorse idriche (d.lgs. 11 maggio 1999 n. 152 aggiornato con le modifiche del d.lgs. 18 agosto 2000 n. 258 - e disposizioni regionali in materia: d.g.r. 27 giugno 1996 n. 6/15137 e d.g.r. 10 aprile 2003 n. 7/12693) così come è stato possibile individuarle sulla base delle conoscenze attuali.

In questa sede di studio le zone di salvaguardia delle sorgenti captate (definite in riferimento al d.lgs. n. 152 del 11 maggio 1999 aggiornato dal d. lgs. 18 agosto 2000, n. 258) sono state individuate secondo il criterio idrogeologico solo per le sorgenti Breda e Giavallo, situate a nord-ovest di Nona, per le quali, in sede di richiesta di concessione allo sfruttamento, è stato effettuato uno studio di idrogeologico al quale si rimanda per i dettagli: per queste due sorgenti sono state individuate sia la zona di rispetto sia la zona di protezione e quest'ultima ricade per la maggior parte nel territorio del comune di Valbondione. Per tutte le altre sorgenti, in mancanza di uno studio idrogeologico specifico e protrato per un periodo significativo, ci si è limitati ad individuare la *Zona di Rispetto* secondo il criterio geometrico, senza valutare l'estensione della *Zona di Protezione*. Secondo il criterio geometrico la Zona di Rispetto è definita da una porzione di cerchio di raggio 200 m, con centro nel punto di captazione, estesa idrogeologicamente a monte dell'opera di presa e delimitata verso valle dall'isoipsa passante per la captazione stessa (d.g.r. 27/06/1996 n. 6/15137). L'estensione delle Zona di rispetto è stata individuata sia per le sorgenti attualmente utilizzate ai fini potabili, sia, a livello indicativo per una salvaguardia di risorse potenziali, per le sorgenti dotate di opere di presa, ma attualmente non utilizzate.

Le aree di salvaguardia, Zone di Rispetto e di Protezione delle sorgenti, sono state rappresentate nella Carta Idrogeologica alla scala 1:10.000, nella Carta di Sintesi alla scala 1:10.000 e 1:2.000 e nella Carta di fattibilità delle azioni di piano..

4.3.d. - Elementi idrografici

Corsi d'acqua del reticolo idrico principale e minore - limiti dei rispettivi bacini idrografici - regime dei corsi d'acqua

Nella carta sono stati riportati i tracciati dei corsi d'acqua presenti nel territorio comunale di Vilminore distinguendoli in relazione all'appartenenza al reticolo idrico principale o minore. I corsi d'acqua appartenenti al reticolo principale, come risulta dall'elenco allegato alla d.g.r. n 7/13950 del 1 Agosto 2003 e dalla Carta di identificazione del reticolo idrico principale della Regione Lombardia) sono il torrente Dezzo ed i suoi principali affluenti Nembo, Gleno, Tino e Manna. Per questi corsi d'acqua, per la parte contenuta nella carta, sono stati rappresentati anche i limiti dei rispettivi bacini idrografici. Tutti gli altri corsi d'acqua naturali presenti nel territorio comunale fanno parte del reticolo idrico minore.

I corsi d'acqua sono stati inoltre distinti in ragione del regime in perenni e temporanei. Il torrente Dezzo, e di suoi principali affluenti, Nembo, Civinata, Gleno, Tino e Manna sono caratterizzati da un regime perenne con portate relativamente variabili nel corso dell'anno, salvo alcuni tratti locali, dove in fase di magra si possono registrare brevi periodi di assenza di deflusso a causa dell'infiltrazione di subalveo e dell'accentuarsi della magra causato dalle derivazioni idroelettriche. Le linee di drenaggio minori, soprattutto nella parte superiore dei versanti,

presentano invece periodi più o meno lunghi privi di deflusso o deflusso strettamente legato alle precipitazioni. I corsi d'acqua minori sono inoltre contraddistinti da una notevole pendenza media del profilo longitudinale e da un breve tempo di corrivazione che possono favorire, in seguito a precipitazioni particolarmente intense, l'insorgere di fenomeni di piena improvvisi e violenti.

Comparsa/scomparsa di corso d'acqua

Con questa voce sono stati individuati i limiti di valle e di monte dei tratti dei corsi d'acqua maggiori che periodicamente, nella fase di magra, possono essere privi di deflusso. Sono in genere brevi tratti localizzati in corrispondenza di settori di fondovalle caratterizzati dalla presenza di coltri relativamente potenti di depositi alluvionali o detritici di versante a granulometria grossolana.

Principali aree alluvionabili

Le aree alluvionabili rappresentano quelle zone, prossime all'alveo dei corsi d'acqua, che, per le loro caratteristiche topografiche, possono essere raggiunte dall'acqua uscita dall'alveo ordinario durante i maggiori eventi di piena. L'individuazione di queste aree è stata fatta essenzialmente su base morfologica e sulla base delle evidenze di piene recenti (in particolare le piene dell'anno 2000 e 2001) e di testimonianze relative al passato. Data la forte tendenza all'erosione dei corsi d'acqua, che scendono al fondo di incisioni profonde e strette, queste aree sono rappresentate principalmente da zone golenali o settori ristretti di piana posti al fondo delle incisioni dei maggiori corsi d'acqua. Lungo il torrente Dezzo si tratta di aree in genere strette ed allungate, corrispondenti a zone di golena o a settori a barre localizzati in posizione interna alle sinuosità maggiori, soprattutto nel tratto a valle della confluenza del Tino. Altre due zone relativamente ampie si trovano alla confluenza tra Gleno e Nembo, in località Triangla, compresa tra i due corsi e subito a valle, in sponda sinistra del Povo, dove si trova la centrale idroelettrica di Ponte Formello. Aree relativamente più estese, corrispondenti a settori di piana di fondovalle più sviluppata, si trovano nel tratto superiore del torrente Gleno, dove il fondovalle risente ancora della morfologia glaciale ed è quindi relativamente ampio.

Area potenzialmente alluvionabili in occasione di piene eccezionali

Con questa voce sono state indicati alcuni settori del fondovalle del torrente Dezzo, presenti nel tratto posto a valle del torrente Tino, che rappresentano delle zone golenali relativamente recenti, ma che a causa dell'approfondimento dell'alveo, si trovano ora a quote raggiungibili solo in occasione di eventi alluvionali a carattere quantomeno eccezionale.

4.3.e. - Elementi antropici

Tratto d'alveo in corso di sistemazione

Con questa voce è stato indicato il tratto di alveo della Val Manna compreso tra il ponte della SP294 e la quota 990 m circa, sul quale sono in corso degli interventi di sistemazione idraulica durante la fase di stesura del presente lavoro.

Stazione pluviometrica

All'interno del territorio comunale di Vilminore di Scalve sono presenti tre stazioni di rilevamento dei dati pluviometrici poste in corrispondenza della centrale idroelettrica di Bueggio (Povo), quota di 1118 m, alla relativa vasca di carico, quota di 1250 m (Gleno) ed alla vasca di carico di Vilminore, quota 1018 m..

Attraversamento a luce ridotta

Sezioni di deflusso a luce ridotta, che possono dar luogo a fenomeni di esondazione in occasioni di forti piene sono presenti localmente in corrispondenza di piccole opere di attraversamento lungo mulattiere o sentieri, come ad esempio sul tratto medio superiore del Civinata, poco a valle del cimitero di Teveno.

4.3.f. - Tendenze evolutive generali dei corsi d'acqua

Sulla base dell'esame delle condizioni morfologiche attuali è stato possibile individuare a grandi linee le tendenze evolutive della dinamica morfologica del torrente Dezzo e dei suoi principali affluenti.

La ricerca del riequilibrio della curva di fondo alla variazione del livello locale dell'erosione di base causato dal ritiro dei ghiacciaio würmiano mantiene elevata la tendenza all'erosione di fondo. Questa tendenza è favorita dalla presenza di depositi superficiali che, sebbene addensati e consolidati, sono comunque facilmente erodibili. Il procedere dell'approfondimento degli alvei comporta necessariamente la rimozione di sostegno al piede delle sponde, accentuando i fenomeni di erosione laterale e le frane per erosione al piede già esistenti o portando alla creazione di nuovi fenomeni erosivi o franosi e coinvolgendo settori attualmente non attivi delle scarpate che delimitano l'incisione degli alvei. L'erosione lineare conseguente all'approfondimento dell'alveo del Dezzo porta infatti ad aumentare la pendenza del tratto inferiore delle sponde che può raggiungere valori eccessivi rispetto alla caratteristiche geotecniche dei terreni presenti e dar luogo ad instabilità delle scarpate con lo sviluppo di fenomeni franosi o fenomeni erosivi per ruscellamento.

Analogamente, l'approfondimento dell'alveo del Dezzo porta ad un abbassamento del livello di riferimento per i corsi d'acqua tributari e quindi accentua i fenomeni di erosione al fondo e di sponda lungo di essi.

Le conseguenze nel breve periodo del procedere dell'erosione al fondo e di sponda sono rappresentate direttamente da potenziali danni ad infrastrutture ed opere esistenti in alveo e lungo le sponde.

Le conseguenze sul lungo periodo sono rappresentate da un ampliamento, attraverso erosione e frane, della sezione dell'incisione di fondovalle a spese dei terrazzi morfologici che il torrente ha inciso nei depositi superficiali, sui quali si trova la maggior parte dei centri abitati.

Le situazioni di maggiore pericolo potenziale sono rappresentate dallo sviluppo di frane per scivolamento di grosse dimensioni, soprattutto in corrispondenza dei depositi glaciali e glaciolacustri: questi fenomeni potrebbero infatti portare anche allo sbarramento dei corsi d'acqua.

Alla tendenza all'erosione si accompagna localmente la possibilità di fenomeni di esondazione, favoriti direttamente attraverso il trasporto solido anche dall'intensità degli stessi fenomeni di erosione.

Per la descrizione in dettaglio della dinamica del torrente Dezzo e dei suoi principali affluenti si rimanda allo studio relativo, redatto dallo scrivente, per conto della Comunità Montana di Valle di Scalve

5. ANALISI DEL RISCHIO SISMICO

5.1 - Normativa di riferimento

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*" (G.U. n° 105 del 8/05/2003, suppl. ord. n. 72), sono state individuate in prima applicazione le zone sismiche sul territorio nazionale 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, contestualmente al DM 14 settembre 2005 "*Norme Tecniche per le costruzioni*".

La Regione Lombardia, con la d.g.r. n° 14964 del 7 Novembre 2003, ha preso atto della classificazione fornita in prima applicazione dall'Ordinanza 3274/03.

Secondo tale classificazione il territorio del Comune di Vilminore ricade in zona sismica 4.

Il DM 14/01/2008 "*Approvazione delle nuove Norme Tecniche per le costruzioni*", entrato in vigore il 5 marzo 2008 in sostituzione del precedente DM 14/09/2005, ha assunto, come riferimento per la nuova definizione della sismicità del territorio nazionale, la mappa dei valori di a_g calcolati su una griglia con passo di 0,02°, di cui all'allegato 1b all'Ordinanza PCM n° 3519 del 28 aprile 2006; questa sostituisce la precedente suddivisione in 4 zone a differente sismicità, che rimane come riferimento dal punto di vista amministrativo.

Secondo la nuova classificazione, i parametri sismici di una data area vanno definiti in base alle coordinate, interpolando i dati contenuti nelle tabelle dell'allegato B al DM 14/01/2008.

La Regione Lombardia si è adeguata al DM 14/01/2008 e alla nuova classificazione sismica con la d.g.r. n. 8/7374 del 28/05/2008 secondo le indicazioni della quale è stato redatto il presente studio.

Il DM 14/01/2008 prevedeva un periodo di monitoraggio di 18 mesi che è terminato il 30 giugno 2009 e quindi, a partire dal 1° luglio 2009, la progettazione antisismica è regolata dal DM 14/01/2008 per tutte le zone sismiche e per tutte le tipologie di edifici.

5.2 - Risposta sismica locale

Le particolari condizioni geologiche e geomorfologiche di una zona possono influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base, producendo effetti diversi che vanno a sovrapporsi e sommarsi a quelli del sisma; tali effetti devono essere considerati nella valutazione generale della pericolosità sismica di una data area e costituiscono l'oggetto della "componente sismica" del Piano di Governo del Territorio secondo la d.g.r. n. 8/7374 del 28/05/2008.

Gli effetti, in funzione delle caratteristiche del terreno presente, sono distinti in due gruppi: effetti di sito (o di amplificazione sismica locale) ed effetti di instabilità.

Gli effetti di sito o di amplificazione sismica locale interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento stabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche e sono rappresentati dall'insieme delle modifiche che un moto sismico (terremoto di riferimento) relativo ad una formazione rocciosa di base (bedrock), può subire presso la

superficie topografica o durante l'attraversamento degli strati di terreno sovrastanti il bedrock. Tali effetti si distinguono a loro volta in due sottogruppi che possono essere contemporaneamente presenti nello stesso sito.

- 1 - Gli effetti di amplificazione topografica, che si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie superficiali più o meno articolate, che favoriscono la focalizzazione delle onde sismiche presso la cresta dei rilievi e i ripiani sovrastanti le scarpate, con conseguente amplificazione delle onde stesse a causa di fenomeni di riflessione sulla superficie libera e di interazione fra il campo d'onda incidente e quello diffratto.
- 2 - Gli effetti di amplificazione litologica, che si verificano quando sono presenti profili stratigrafici con determinate proprietà meccaniche sovrastanti il bedrock e che portano all'esaltazione locale delle azioni sismiche causate da 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 vibrazione del terreno e della sovrastruttura.

Gli effetti di instabilità interessano invece tutti i terreni che mostrano un comportamento instabile o potenzialmente instabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese e che può rivelarsi incompatibile con la stabilità delle strutture presenti. I principali effetti di instabilità sono i seguenti.

- Fenomeni di riattivazione o neoformazione di movimenti franosi (crolli, scivolamenti rotazionali e/o traslazionali, colamenti eccetera) per i quali il sisma rappresenta un fattore d'innesco del movimento a causa dell'accelerazione esercitata o a causa dell'aumento delle pressioni interstiziali.
- Movimenti relativi verticali e orizzontali tra diversi settori areali posti in corrispondenza di faglie sismogenetiche, che portano a scorrimenti e cedimenti differenziali (tali fenomeni sono possibili solo per terremoti di magnitudo molto elevata e in presenza di particolari strutture geologiche affioranti o sepolte).
- Fenomeni di rottura connessi a deformazione permanente del suolo nel caso di terreni caratterizzati da proprietà fisico-meccaniche particolarmente scadenti; per terreni granulari sopra falda sono possibili cedimenti a causa di fenomeni di addensamento del materiale, mentre per terreni granulari fini (sabbiosi) saturi sono possibili fluimenti e colamenti a causa di fenomeni di liquefazione.
- Nel caso di siti interessati da carsismo sotterraneo o da particolari strutture vucolari presenti nel sottosuolo si possono verificare fenomeni di subsidenza più o meno accentuati, legati al crollo parziale o totale delle cavità sotterranee.

5.2.a. Metodologia per l'analisi della risposta sismica

Nel presente paragrafo è riassunta la metodologia definita dalla d.g.r. 28 maggio 2008 n. 8/7374 per l'analisi della risposta sismica in un dato territorio comunale, in adempimento a quanto previsto dal DM 14/01/2008, dalla dgr n. 14964 del 7/11/2003 e dal dduo n. 19904 del 21/11/2003.

Tale metodologia prevede tre livelli di approfondimento, in funzione della zona sismica di appartenenza, degli scenari di pericolosità sismica locale, dell'importanza degli edifici interessati e della fase di lavoro (pianificatoria o progettuale).

- **Analisi di primo livello:** è un approccio di tipo qualitativo che consiste nel riconoscimento delle situazioni passibili di amplificazione sismica o di effetti di instabilità sulla base di dati esistenti, cartografie di

inquadramento, osservazioni geologico-geomorfologiche, topografiche e morfometriche del territorio. Tale livello, obbligatorio per tutti i comuni, prevede la redazione della “Carta della pericolosità sismica locale” (PSL) su tutto il territorio comunale, nella quale deve essere riportata la perimetrazione areale e lineare delle diverse situazioni tipo definite nella legenda di cui all'allegato 5 alla d.g.r. n. 8/7374, in grado di determinare gli effetti sismici locali e denominate “scenari di pericolosità sismica locale” (zone PSL da Z1 a Z5).

- **Analisi di secondo livello:** è un approccio di tipo semi-quantitativo che si applica nelle sole aree passibili di amplificazione perimetrata nella carta della pericolosità sismica locale (zone PSL Z3 e Z4); permette di determinare un valore numerico (fattore di amplificazione sismica locale - F_a) che fornisce una stima dell'effettiva risposta sismica delle situazioni individuate con il primo livello. Per applicare tale procedura (per i dettagli sulla quale si rimanda all'allegato 5 alla dgr n. 8/7374) sono necessari, relativamente alle situazioni individuate, dati più approfonditi di tipo morfometrico, litologico-stratigrafico e geofisico, questi ultimi in particolare relativi alla velocità di propagazione nel terreno delle onde sismiche di taglio).

L'analisi di secondo livello è obbligatoria, per i comuni ricadenti in zona sismica 2 e 3, nelle zone interferenti con l'urbanizzato e nelle aree di espansione urbanistica; nei comuni ricadenti in zona sismica 4 tale livello deve essere applicato nelle situazioni in cui si prevede la realizzazione o l'ampliamento di costruzioni strategiche e rilevanti (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03). Il valore di F_a relativo agli effetti litologici determinato con l'applicazione del secondo livello deve essere confrontato con “valori soglia” definiti dalla Regione Lombardia in riferimento al DM 14/01/08 per ogni comune, al fine di determinare se la normativa nazionale risulti sufficiente a tenere in considerazione anche gli effetti di amplificazione sismica locale ($F_a < \text{soglia}$) o insufficiente ($F_a > \text{soglia}$). Il valore di F_a relativo agli effetti morfologici deve essere invece confrontato con il parametro St del DM 14/01/2008.

Nella carta della fattibilità delle azioni di piano devono essere riportate con appositi retini trasparenti le aree a pericolosità sismica locale, distinguendo quelle con F_a maggiore del valore soglia comunale da quelle con F_a minore.

- **Analisi di terzo livello:** è un approccio di tipo quantitativo e consiste nella determinazione degli effetti di amplificazione con indagini e analisi ancor più approfondite (per la descrizione delle quali si rimanda all'allegato 5 alla d.g.r. n. 8/7374). Le analisi di terzo livello si applicano in fase progettuale nelle aree passibili di effetti di instabilità individuate con il primo livello (zone PSL Z1 e Z2) e nelle aree analizzate con il secondo livello per le quali si è ottenuto un valore di F_a superiore alla soglia; in quest'ultimo caso, in fase progettuale, in alternativa all'applicazione del terzo livello, per gli effetti litologici è possibile utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore secondo il seguente schema:

- anziché lo spettro della categoria di suolo B si utilizzerà quello della categoria di suolo C. Nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro della categoria di suolo D;
- anziché lo spettro della categoria di suolo C si utilizzerà quello della categoria di suolo D;
- anziché lo spettro della categoria di suolo E si utilizzerà quello della categoria di suolo D.

Nei comuni ricadenti in zona sismica 4, come il comune di Vilminore, tale livello deve essere applicato nei confronti di costruzioni strategiche e rilevanti (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03).

Non è necessaria la valutazione di terzo livello relativamente allo scenario Z5 (zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse), in quanto questo esclude la possibilità di costruzione a cavallo dei due litotipi; in fase progettuale tale limitazione può essere rimossa qualora si operi in modo da ottenere un terreno di fondazione omogeneo, o adottando accorgimenti progettuali atti a garantire la sicurezza dell'edificio.

5.3. Analisi di primo livello - carta della pericolosità sismica locale

Come precedentemente esposto, il territorio del comune di Vilminore ricade in zona sismica 4 ed è quindi richiesta obbligatoriamente l'applicazione dell'analisi di primo livello per tutto il territorio comunale e del secondo livello per le zone passibili di amplificazione sismica in cui è prevista la realizzazione o l'ampliamento di costruzioni strategiche e rilevanti (elenco tipologico di cui al dduo n° 19904/03).

E' stata quindi applicata l'analisi di primo livello all'intero territorio comunale con la redazione della carta di pericolosità sismica locale, mentre non è stata applicata l'analisi di secondo livello in quanto, nell'ambito del PGT, l'Amministrazione Comunale non ha al momento in previsione interventi di tipo strategico o rilevante.

Per quanto riguarda l'analisi di primo livello, conformemente a quanto richiesto dalla normativa, sono state individuate le aree passibili di amplificazione sismica o di effetti di instabilità, con la redazione della Carta di pericolosità sismica locale alla scala 1:10.000 (Tavola 5), realizzata a partire dai dati contenuti nella cartografia di inquadramento, di dettaglio e di sintesi realizzate nell'ambito del presente studio e in base all'analisi delle carte topografiche disponibili.

La legenda della carta PSL è stata derivata da quella di riferimento definita nell'ambito dell'allegato 5 alla dgr n. 8/7374, riportata nella tabella seguente.

SIGLA	SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	<i>Instabilità (attivazione-riattivazione accelerazione movimenti)</i>
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)	<i>Instabilità (cedimenti-liquefazioni)</i>
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)	<i>Amplificazioni topografiche</i>
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite – arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi	<i>Amplificazioni litologiche</i>
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	

SIGLA	SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (comprese le coltri loessiche)	<i>Amplificazioni litologiche</i>
Z4d	Zona 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	<i>Instabilità (comportamenti differenziali)</i>

Negli scenari Z1 a e b sono state inserite rispettivamente le zone caratterizzate da movimenti franosi attivi e quiescenti, ricavate dalla cartografia di sintesi. Lo scenario Z1 c è stato suddiviso in tre categorie fra loro differenti, ma tutte riconducibili a zone potenzialmente franose o esposte a rischio frana: nella prima (Z1 c') sono state inserite le pareti rocciose interessate da fenomeni di crollo e crollo in massa e le aree potenzialmente raggiungibili dai blocchi in caduta, nella seconda (Z1c'') le aree con presenza o probabile presenza di fenomeni carsici sotterranei, in quanto potenzialmente soggette a fenomeni di crollo e/o subsidenza, mentre nella terza (Z1 c''') sono state inserite le aree con presenza di cavità sotterranee dovute ad attività estrattiva, in quanto anch'esse potenzialmente soggette a fenomeni di crollo e/o subsidenza. La zonazione di tali categorie è stata ricavata dalla cartografia di sintesi.

Nell'ambito del territorio comunale di Vilminore non sono presenti settori riconducibili allo scenario Z2.

Per quanto riguarda lo scenario Z3a sono state indicate le linee corrispondenti al ciglio di scarpate aventi altezza superiore a 10 m (margine di terrazzi morfologici, cigli di scarpate di erosione torrentizia e di pareti rocciose, ecc.), ricavate dallo studio del territorio e dalla cartografia di base del PGT, dall'analisi della Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000 e dell'aerofotogrammetrico comunale alla scala 1:2.000. Per quanto riguarda lo scenario Z3b sono state indicate le linee di cresta individuate in base all'analisi della Carta Tecnica Regionale e dell'aerofotogrammetrico comunale alla scala 1:2.000.

Nello scenario Z4 sono state inserite le aree caratterizzate dalla presenza di depositi superficiali con spessore indicativamente superiore a 3 m, che rappresenta lo spessore massimo di copertura superficiale che una formazione a comportamento rigido - categoria di suolo di fondazione di tipo A - può presentare secondo il dm 14/01/2008; la zonazione di tali aree è stata ricavata a partire dalla carta geologica individuando, in base alla conoscenza del territorio, le zone con spessore di deposito indicativamente superiore ai 3 metri. Nella categoria Z4a sono stati inseriti i depositi alluvionali che costituiscono i terrazzi principali lungo il fondovalle compreso fra Vimaggior, Vilminore, Bueggio e La Polza; lembi minori di deposito alluvionale sono presenti anche lungo il fondovalle del torrente Gleno e presso la località Nona. Nella categoria Z4b sono stati inclusi i depositi di conoide alluvionale presenti al raccordo fra i fondovalle principali e i corsi d'acqua secondari e le falde di detrito poste al piede delle principali pareti rocciose; tali depositi sono diffusi su tutto il territorio comunale. Nella categoria Z4c sono state inserite le aree occupate da depositi di origine glaciale, presenti lungo le pendici del Monte Ferrante, Monte Vigna Vaga, Pizzo di Petto nel settore sud-ovest del territorio comunale, nella zona di Pezzolo e presso lo sbocco del torrente Tino sui terrazzi di fondovalle. Nella categoria Z4d sono state incluse le aree con depositi

eluvio-colluviali presenti al piede dei versanti nella zona di raccordo con i terrazzi di fondovalle, in tutto il settore che comprende le località di Vilmaggiore, Vilminore. Bueggio, Pezzolo, Teveno, Nona, Manina.

Per quanto riguarda lo scenario Z5, sono stati indicati come “linee di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse”, tutti i limiti esterni delle zone Z4 a contatto con substrato roccioso affiorante, subaffiorante o con depositi superficiali aventi spessore indicativamente inferiore a 3 m.

Si sottolinea che la carta di pericolosità sismica realizzata ha valore di inquadramento ed è da considerarsi come riferimento e punto di partenza per l'applicazione di eventuali successivi livelli di approfondimento. Per i futuri interventi edilizi, nel caso in cui si debba (cioè per edifici strategici e rilevanti), o si voglia determinare il reale effetto di sito in fase progettuale sarà necessario valutare nel dettaglio, in sede di relazione geologica associata al progetto dell'intervento, l'effettiva presenza o meno di situazioni passibili di amplificazione sismica o di effetti di instabilità (fenomeni di instabilità di versante o presenza di cavità sotterranee, presenza di terreni particolarmente scadenti o passibili di liquefazione, presenza di cigli di scarpate o creste, presenza di depositi superficiali con spessore superiore a 3 m, presenza di contatti fra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse).

FASE DI VALUTAZIONE (SINTESI DEGLI ELEMENTI)

6. CARTA DEI VINCOLI

Nella Carta dei Vincoli, redatta alla scala 1:10.000 per tutto il territorio comunale, sono state rappresentate le principali limitazioni all'uso del territorio legate a motivazioni di carattere idraulico ed idrogeologico.

Nel territorio del comune di Vilminore non sono infatti presenti aree soggette a vincoli derivanti dalla l. 102/90, vincoli legati alle Fasce Fluviali individuate dall'Autorità di Bacino del fiume Po, vincoli legati alla l. 267/98 o alla l.365/2000.

Per quanto riguarda i vincoli di polizia idraulica si rileva che nella Carta Idrogeologica allegata al presente studio (Tavola 3), alla quale si rimanda, sono stati rappresentati i corsi d'acqua appartenenti sia al reticolo principale sia al reticolo minore, in conformità all'individuazione fatta dallo studio condotto dalla Comunità Montana della Val di Scalve, salvo alcune modifiche locali fatte sulla base di valutazioni di dettaglio.

Sulla Carta dei Vincoli sono stati quindi riportati i seguenti elementi.

6.a. - Aree di rispetto delle opere di captazione per acque a scopo potabile

Aree di salvaguardia delle risorse idriche (d.lgs. 11 maggio 1999 n. 152 aggiornato con le modifiche del d.lgs. 18 agosto 2000 n. 258 - e disposizioni regionali in materia: d.g.r. 27 giugno 1996 n. 6/15137 e d.g.r. 10 aprile 2003 n. 7/12693) per le quali rimanda al paragrafo relativo agli elementi idrogeologici.

6.b. - Vincolo derivanti dalla "Carta dei rischi idraulici ed idrogeologici: delimitazione delle aree in dissesto".

Si tratta delle aree individuate in questa sede in riferimento alle indicazioni contenute nella d.g.r. 28 maggio 2008 n. 8/7374 che sostanzialmente riprendono le valutazioni fatte nell'ambito dello studio geologico del settembre 2006 asuo tempo proposto in aggiornamento al quadro del dissesto relativo agli Allegati 4.1 e 4.2 all'Elaborato 2 del PAI ed alle aree a rischio idrogeologico molto elevato relative al PS267.

Rispetto alla versione contenuta nello studio del settembre 2006 sono state apportate alcune modifiche in conseguenza di una valutazione di maggiore dettaglio su alcune situazioni, di alcune variazioni dello stato di attività di alcuni fenomeni franosi e soprattutto sono state rappresentate in forma areale, anziché lineare, le valanghe.

7. CARTA DI SINTESI

Negli intenti della normativa di riferimento la Carta di Sintesi è un elaborato finalizzato a definire un quadro sintetico ed immediato dello stato geologico del territorio. Questa carta deriva dalla valutazione d'insieme degli elementi emersi nella fase d'indagine, rappresentati negli elaborati cartografici illustrati nei paragrafi precedenti, integrata dalle informazioni relative ai principali indirizzi ed orientamenti di pianificazione a carattere geologico, morfologico ed idrogeologico.

La *Carta di sintesi* è stata redatta alla scala 1:10.000 su tutto il territorio comunale ed alla scala 1:2.000 sul settore urbanizzato.

Questo elaborato rappresenta le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità mediante una serie di poligoni che delimitano porzioni di territorio caratterizzate da problematiche geologiche limitative alla fattibilità geologica per le azioni di piano. La sovrapposizione di più ambiti determina quindi dei poligoni caratterizzati da pericolosità legata a più fattori limitanti.

In relazione alle caratteristiche geologiche locali ed alle indicazioni della normativa di riferimento, per l'area in esame sono state individuate le seguenti categorie di pericolosità e vulnerabilità idrogeologica, che costituiscono la legenda della carta di sintesi.

7.1. - AREE PERICOLOSE DAL PUNTO DI VISTA DELL'INSTABILITA' DEI VERSANTI.

7.1.a. - Aree di frana attiva

In questa categoria rientrano le aree che sono risultate direttamente interessate da fenomeni franosi attivi nel corso della fase di rilievo o per i quali è stata riscontrata un'attività di degradazione pressochè continua negli ultimi anni. Si tratta in genere di fenomeni franosi relativamente superficiali, con profondità della superficie di scivolamento non superiori ad una decina di metri, legati a scorrimento, principalmente traslazionale e meno frequentemente rotazionale, o colata di terra o roccia milonitizzata o di scorrimento in roccia da fratturata a cataclasata. Si tratta di fenomeni caratterizzati in genere da un'evoluzione relativamente veloce. La maggior parte di questi fenomeni si sviluppa lungo le scarpate incise dai torrenti nella coltre di depositi superficiali posta nel fondovalle del Dezzo e dei suoi affluenti principali e che delimitano i terrazzi morfologici maggiori. Si tratta sia di frane direttamente interessate dall'erosione al piede da parte dei corsi d'acqua sia di frane che si sono sviluppate indipendentemente dall'erosione in relazione a condizioni legate alla presenza di terreni con caratteristiche geotecniche scadenti, di affioramento o ristagno di acqua oppure di fenomeni erosivi dovuti alle acque di ruscellamento.

7.1.b. - Aree di frana quiescente

In questa categoria rientrano le aree che possono subire un'evoluzione rispetto alle condizioni osservate nella fase di rilievo, con una riattivazione dei fenomeni franosi presenti. Sono stati considerati in questa classe i fenomeni franosi, in genere relativamente superficiali, indicativamente con spessori inferiori a 10 m, per scorrimento o colata che sono caratterizzati da un'evoluzione relativamente lenta, con periodi di attività connessi principalmente alle variazioni delle condizioni idrogeologiche, sia quei fenomeni che potrebbero essere riattivati

facilmente in seguito all'erosione al piede da parte dei corsi d'acqua oppure a partire da piccole forme di degradazione come creep od erosione da ruscellamento.

7.1.c. Aree interessate da deformazioni gravitative relativamente profonde, senza evidenze di attività recente, ma probabilmente quiescenti e potenzialmente riattivabili

Con questa voce sono stati indicati i corpi di frana riferiti a movimenti relativamente profondi ed estesi, che coinvolgono uno spessore di materiale indicativamente superiore ad almeno una ventina di metri. Si tratta di fenomeni di colata (o flusso o creep) in genere lenti entro depositi superficiali di composizione relativamente fine, a matrice argillosa e limosa di origine lacustre o glaciale, che in condizioni sature hanno un comportamento di tipo viscoso e si deformano con un movimento distribuito su più superfici di scorrimento in genere coincidenti con linee di debolezza come variazioni di composizione granulometrica e soprattutto di contenuto di acqua.

In queste aree rientra il fenomeno franoso posto sul versante destro del Dezzo in località Somargine, ed i fenomeni franosi posti sul versante destro del torrente Nembo in località China e di fronte alla località Polza, tutti legati all'erosione al piede da parte dei corsi d'acqua.

Il fenomeno in località Somargine e quello posto di fronte alla Polza hanno una buona evidenza morfologica, mentre meno netta è l'evidenza del fenomeno in località China. In località Somargine sono evidenti la scarpata sommitale e le scarpate dei fianchi e si individua relativamente bene il corpo di frana. Per il fenomeno posto di fronte alla Polza si rileva la presenza alla sommità, in corrispondenza di un tratto meno acclive del versante, di una depressione che costituisce probabilmente una fessura di trazione e, poco a valle di questa, una scarpata che definisce un gradino apparentemente ribassato rispetto al settore a monte; i fianchi del fenomeno sono rappresentati da due forme di erosione lineari che solcano il versante fino al fondo del torrente. Il fenomeno in località China è presente con evidenza solo il ripiano sommitale, che del resto corrisponde ad un lembo della piana di fondovalle antica, e gli svincoli laterali, corrispondenti a due forme di erosione bene attive, per cui l'interpretazione come fenomeno franoso non è del tutto sicura.

Per tutte e tre le aree mancano testimonianze di attività recente. Probabilmente si tratta di forme quiescenti e con evoluzione piuttosto lenta e quindi con possibilità di riattivazione in occasione di situazioni favorevoli come periodi di piogge prolungate.

7.1.d. - Aree potenzialmente interessate da fenomeni di caduta di blocchi da pareti rocciose

In questa categoria sono state inserite le pareti rocciose contraddistinte dalla possibilità, più o meno accentuata, di essere interessate dal distacco e dalla caduta di blocchi rocciosi per cause legate principalmente a fenomeni di degradazione ed alterazione degli ammassi rocciosi, e le aree poste a valle delle pareti, potenzialmente raggiungibili da parte dei blocchi in caduta.

Sono stati distinti tre diversi gradi di pericolosità, in relazione sia alla probabilità di accadimento del fenomeno sia della distanza dei settori di valle dalla parete origine dei fenomeni di crollo.

Per i settori relativi alle zone urbanizzate ed al loro intorno la distinzione è stata fatta principalmente applicando le procedure proposte nella normativa per la zonazione della pericolosità generata da crolli in roccia con volumetrie inferiori a 1000 m³ mentre per i settori esterni alle zone urbanizzate la distinzione è stata fatta sulla base di

considerazioni di carattere morfologico integrate localmente da valutazioni delle distanze di espansione secondo metodi empirici (Focardi, 1982).

Nello schema seguente è riportata la corrispondenza tra le classi di sintesi utilizzate e le classi di pericolosità ottenute secondo lo studio:

<i>Classi di sintesi</i>	<i>Classi di pericolosità</i>	
zone di distacco - a pericolosità	molto alta	H5
zone di distacco, transito e accumulo - a pericolosità	alta	H4
	media	H3
zone di accumulo - a pericolosità	bassa	H2
	molto bassa	H1

7.1.d.1. – Aree urbanizzate

Le pareti rocciose presenti a ridosso delle aree urbanizzate si trovano alla base dei versanti posti a monte degli abitati di Vilminore, Vilmaggiore, Bueggio e Nona.

La valutazione della pericolosità da caduta massi per queste aree è stata condotta in riferimento alle indicazioni contenute nell'Allegato 2 alla d.g.r. 29 ottobre 2001 n. 7/6645, adottando, in forma semplificata, la procedura denominata *R.H.A.P.* (*Rockfall Hazard Assesment Procedure*) e valida per crolli di singoli blocchi rocciosi o per crolli di massi fino a una volumetria massima di 1000 m³.

La valutazione è stata sviluppata secondo i passaggi descritti nei paragrafi seguenti.

7.1.d.1. - Analisi geologico-strutturale delle pareti rocciose

Vilminore. Le pareti rocciose poste a monte dell'abitato di Vilminore sono costituite dalla formazione della Carniola di Bovegno, rappresentata da dolomie cariate e brecce vacuolari a cemento carbonatico giallastro con clasti a spigoli vivi costituiti da calcari, dolomie, argilliti verdi e marne policrome laminate. L'unità è disposta con immersione rivolta in media verso nord-ovest ed inclinazione di 20-30°, piuttosto irregolare perchè deformata da pieghe a varia scala. La caduta di massi avviene sia per distacco diretto dalle pareti rocciose poste a monte della strada per Pianezza, a partire da una quota di circa 1120-1130 m, sia per rimobilizzazione in seguito a piogge oppure transito di animali o persone, dei frammenti e dei massi presenti nella falda di detrito boscata compresa tra la base delle pareti rocciose e la strada, situata alla quota di circa 1070-1060 m. Sia nella falda di detrito sia in corrispondenza delle pareti rocciose si sono rilevate situazioni favorevoli al verificarsi anche a breve periodo di fenomeni di caduta massi con volumetria dei singoli massi variabile da 0.05 ad 1 m³. I volumi dei massi che di recente hanno raggiunto la sede stradale e le abitazioni poste a valle di essa variano da 0.02 a circa 0.1 m³.

Vilmaggiore. Le pareti rocciose poste a monte dell'abitato di Vilmaggiore sono costituite dalla formazione del Servino, rappresentato principalmente da siltiti in strati da sottili a medi, spesso rinsaldati in banchi, intercalati a calcareniti e calcari marnosi in strati medi, a volte rinsaldati. La formazione è disposta in media con immersione rivolta verso sud-sudovest ed inclinazione variabile da 45-50° nella parte superiore del versante a 20-25° nella parte inferiore. A monte del settore occidentale dell'abitato di Vilmaggiore l'ammasso roccioso è relativamente poco fratturato e le dimensioni medie dei blocchi caduti e di quelli potenzialmente instabili non sono superiori a

0,5 m³, mentre le dimensioni maggiori non superano 1 m³. A monte del settore orientale dell'abitato l'ammasso roccioso è invece molto fratturato e sconnesso, con blocchi da parzialmente disarticolati e ruotati fino ad un cumulo di blocchi completamente disarticolati. I volumi unitari minimo e medio sono dello stesso ordine di grandezza di quelli riscontrati nel settore occidentale, ma sono maggiori le dimensioni massime dei blocchi potenzialmente instabili che sono in media dell'ordine di 0,5-2 m³ ed arrivano fino a 8-10 m³.

Le pareti si trovano in una fascia posta ad una quota compresa tra 1200 e 1300 m e sono separate rispetto al ripiano occupato dall'abitato, posto ad una quota di circa 1090 m, da una falda detritica e colluviale di raccordo, boscata nella parte superiore e governata a prato nella parte inferiore. Nel settore est, nella parte medio-superiore della zona a prato, alla quota di circa 1125 m, si trova già una barriera paramassi del tipo ad alto assorbimento, probabilmente in grado di assorbire energie dell'ordine di 750-1000 kJ, alta 4 m ed estesa lateralmente circa 100 m, realizzata una decina di anni fa per proteggere le abitazioni poste a valle. A valle di questa barriera, alla quota di circa 1110 m, sono stati realizzati alla fine dell'anno 2005 altri due tratti di barriera paramassi, alta 5 m ed in grado di assorbire energie di 2000 kJ, ai quali è stato aggiunto nel 2009 un terzo tratto in posizione intermedia.

Bueggio. Le pareti poste a monte dell'abitato di Bueggio sono costituite sia dalla formazione del Servino, a monte della parte settentrionale dell'abitato, sia dalla formazione della Carniola, a monte del settore sud. Il Servino è rappresentato da siltiti in strati da sottili a medi, spesso rinsaldati in banchi, intercalati a calcareniti e calcari marnosi in strati medi, a volte rinsaldati, ed è disposta in media con immersione rivolta verso sud ed inclinazione variabile da 35° a 45°. L'ammasso è poco fratturato, con presenza locale di fratture aperte e relativamente persistenti che individuano blocchi parzialmente sconnessi e potenzialmente instabili. La Carniola è rappresentata da dolomie cariate e brecce vacuolari a cemento carbonatico giallastro, disposta con immersione rivolta in media verso sud, ma piuttosto irregolare perchè deformata da pieghe a varia scala; l'ammasso roccioso è piuttosto fratturato ed alterato, con tratti poco consistenti e facilmente disgregabili, che danno luogo a franamenti di terra e detrito, e tratti più consistenti che danno luogo alla caduta di blocchi.

Nel complesso, tra le due formazioni, i blocchi potenzialmente instabili ed i blocchi presenti a valle delle pareti rocciose, hanno un volume modale non superiore a 0,1 m³ e volume massimo dell'ordine di 1 m³.

Le pareti rocciose sono interessate episodicamente dalla caduta di blocchi ed a monte delle abitazioni situate nel settore nord dell'abitato, ad una quota di circa 1080 m, è stata realizzata circa una decina di anni fa, una barriera paramassi del tipo ad alto assorbimento di energia, alta 4 m ed estesa per un fronte di 50 m.

Le pareti rocciose sono subverticali, alte da 20 m (Carniola) a 40-60 m (Servino) ed occupano una fascia compresa tra 1120 e 1200 m quota, separata rispetto al ripiano dell'abitato, posto alla quota di 1060-1070 m, da una falda di detrito boscata nella parte superiore ed governata a prato nella parte inferiore.

Nona. Le pareti rocciose poste a monte dell'abitato di Nona sono costituite dalla formazione del Verrucano Lombardo, rappresentata da conglomerati ed arenarie in strati spessi e banchi, con subordinati livelli di siltiti, disposti con immersione rivolta verso sud ed inclinazione di 40-45°. L'ammasso roccioso è relativamente poco fratturato, ma sono comunque presenti localmente blocchi individuati da fratture relativamente aperte e persistenti, parzialmente sconnessi: le dimensioni medie dei blocchi caduti e di quelli potenzialmente instabili sono dell'ordine di 0,2- 0,5 m³, il volume massimo osservato lungo il pendio alla base della parete è di 6 m³.

La parete rocciosa è subverticale, ha un'altezza media dell'ordine di 15-20 m, al massimo 25 m nel settore più orientale ed occupa una fascia compresa tra le quote di 1450 e 1500 m, separata rispetto al ripiano occupato dall'abitato di Nona, posto ad una quota di circa 1340 m, da una falda detritica boscata nella parte superiore e governata a prato nella parte inferiore.

In riferimento alla relativa omogeneità della situazioni descritte rispetto a ciascuna zona, la suddivisione delle pareti rocciose in aree omogenee è stata fatta in modo del tutto semplificato, considerando come elemento omogeneo l'insieme delle caratteristiche presenti su tutta la parete. della parete per ogni tratto di parete morfologicamente omogeneo nel suo sviluppo laterale.

La morfologia complessivamente lineare delle pareti e della fascia di versante posta alla loro base porta del resto ad una sovrapposizione, nella zona della falda, delle traiettorie di caduta di massi provenienti da settori diversi della parete per cui la situazione di pericolosità della falda è condizionata dai settori di parete con caratteristiche peggiori.

7.1.d.2. - Individuazione di traiettorie di caduta blocchi

In ciascuna delle aree omogenee individuate sono state scelte una o più traiettorie di discesa blocchi su cui effettuare le simulazioni di caduta. Sono state ovviamente individuate le sezioni con le caratteristiche peggiori in relazione alle situazioni morfologiche locali. L'ubicazione delle sezioni è riportata negli allegati a fine testo unitamente alle tabelle delle coordinate del profilo delle sezioni.

7.1.d.3. - Modellazione delle traiettorie di caduta dei blocchi

Le traiettorie di caduta dei blocchi lungo il versante in esame sono state modellate utilizzando il programma *GeoRock - versione 4.1.11* - prodotto dalla *Geostru Software House*, che permette la ricostruzione delle traiettorie di caduta di blocchi lungo un pendio utilizzando il metodo di calcolo *CRSP (Colorado Rockfall Simulation Program)*. La ricostruzione delle traiettorie di caduta blocchi dalla parete è stata fatta sulla base di profili del versante ricavati dalla Carta Tecnica Comunale alla scala 1:2000, integrata con la CTR alla scala 1:10.000 per le aree esterne e da osservazioni e misure speditive di terreno.

Le sezioni utilizzate sono rappresentative dei diversi settori omogenei nelle quali sono state suddivise le zone in esame, sia rispetto alle caratteristiche della parete, sia nei confronti delle zone poste alla base.

I valori utilizzati per i coefficienti di restituzione normale e tangenziale sono stati ricavati dai dati disponibili nella letteratura specifica in riferimento alla natura del terreno e della copertura vegetale, tarando i valori sulla base della morfologia e dei dati disponibili sui distacchi avvenuti in passato.

I valori dei coefficienti di restituzione e di rugosità lungo le sezioni utilizzate sono riportati nelle tabelle dell'Allegato 2c. La ricostruzione delle traiettorie è stata condotta sia per il blocco rappresentativo del volume unitario massimo, sia per il blocco rappresentativo del volume unitario modale maggiore.

Operando a favore della sicurezza, sono stati utilizzati nella modellazione massi di forma sferica.

7.1.d.4. - Risultati della modellazione

I risultati ottenuti nella ricostruzione delle traiettorie di caduta sono rappresentati in parte a fine testo dove sono riportate le ricostruzioni delle traiettorie dei blocchi di volume modale ed i relativi risultati i numerici.

La ricostruzione delle traiettorie è stata fatta simulando la caduta di 1000 blocchi, mentre nelle sezioni in allegato sono state rappresentate solo 20 traiettorie per motivi di leggibilità.

In base ai risultati delle analisi di rotolamento massi, si è effettuata una zonazione longitudinale preliminare delle traiettorie di caduta, suddividendole in tre zone:

- a) di transito e arresto del 70% dei blocchi: a questa zona viene assegnata una *classe di pericolosità relativa 4*;
- b) di arresto del 95% dei blocchi: a questa zona viene assegnata una *classe di pericolosità relativa 3*;
- c) di arresto del 100% dei blocchi: a questa zona viene assegnata una *classe di pericolosità relativa 2*;

Queste percentuali sono valutate sulla totalità delle simulazioni effettuate - 1000 cadute per ogni traiettoria - sui blocchi di volume modale maggiore considerato.

In aggiunta si delimita un'area di bassa pericolosità (*classe di pericolosità relativa 1*), utilizzando la distanza massima raggiunta dal blocco di maggiori dimensioni, oppure la distanza massima raggiunta da massi di crolli precedenti.

7.1.d.5. - Valutazione dell'attività relativa delle aree omogenee di origine dei crolli

Dopo aver determinato le classi di pericolosità relativa, è stata valutata la probabilità di accadimento dei fenomeni di caduta massi in ciascuna delle aree omogenee, definendo la propensione al distacco dei blocchi in relazione alla presenza dei seguenti elementi di instabilità:

- Fratture aperte con evidenze di attività associate a cinematismi possibili
- Blocchi ruotati
- Zone intensamente fratturate
- Superfici non alterate che testimoniano recenti distacchi
- Emergenza di acqua alla base di blocchi

Poi, per ciascuna area omogenea viene calcolata la somma di tutti gli elementi di instabilità presenti nelle varie maglie e si ricava la percentuale di attività in relazione al numero massimo ottenibile nell'area omogenea, dando a ciascuna maglia il valore massimo 5.

In base alle percentuali così ricavate, le aree omogenee vengono suddivise in tre gruppi a differente *attività relativa: alta, media, bassa*.

Per tutte le aree omogenee individuate in forma semplificata è stata assegnata un'attività media come risultato della presenza di un fattore in modo relativamente diffuso (fratture aperte) e altri due o tre fattori presenti localmente (blocchi ruotati e superfici di distacco e, ancora meno diffusamente, zone di intensa fratturazione).

7.1.d.6.- Zonazione finale della pericolosità

La *zonazione finale della pericolosità* viene definita utilizzando i valori delle *classi di pericolosità relativa* della zona di transito e accumulo dei blocchi, che vengono aumentati di 1, mantenuti costanti o diminuiti di 1 a seconda che le pareti sovrastanti appartengano ai gruppi di attività alta, media o bassa rispettivamente. Si possono così avere in totale 5 classi di pericolosità, da *H1* a *H5*.

In riferimento alle indicazioni contenute nella normativa di riferimento, ed in particolare nella d.g.r. n. 7/7365 del 11/12/2001, si ha inoltre la corrispondenza tra le classi di pericolosità definite in questo studio e le classi di fattibilità geologica per le azioni di piano, secondo il seguente schema:

Classi di pericolosità <i>(Procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio da frana in adempimento alla L. 267/98)</i>	Classi di fattibilità geologica per le azione di piano <i>(criteri ed indirizzi relativi alla componente geologica nella pianificazione comunale secondo quanto disposto dall'art. 3 della L.R. 24 novembre 1997, n. 41)</i>
H5	4
H4	4
H3	4
H2	3
H1	2

7.1.d.7. - Descrizione delle aree

Vilminore.

Il settore nord della parete è stato interessato da un fenomeno di crollo avvenuto nel 2003 che ha permesso di tarare la modellazione delle traiettorie di caduta.

Diametro modale considerato di 0,5 m; diametro maggiore di 1,25 m. Nel settore meridionale (sezione 1) la parete è meno alta e più distante dalla zona dell'abitato rispetto al settore settentrionale (sezioni 2 e 3). In ragione delle caratteristiche degli ammassi, presenza di fratture aperte, di zone intensamente fratturate e di superfici da distacchi recenti, la probabilità di accadimento è media. I blocchi con volume modale si espandono all'incirca fino alla strada per Pianezza nella sezione 1 e fino alla strada per Vilmaggiore nelle sezioni 2 e 3; la percentuale maggiore dei blocchi di volume modale non si espande poco oltre la strada per Pianezza.

Nel settore sud le zone a pericolosità maggiore, da H3 ad H5, si estendono fino a poco a monte della strada per Pianezza mentre si estendono poco a valle di essa nel settore nord. Le zone a pericolosità minore, H2 e H1, si estendono fino al settore compreso tra le due strade per le sezioni 1 e 2 e poco a valle della strada inferiore per la sezione 3.

Vilmaggiore

Per la zona posta a monte del settore ovest dell'abitato è stato considerato un diametro modale di 0,5 m ed un diametro maggiore da 1,0 a 1,25 m. In ragione delle caratteristiche degli ammassi, presenza di fratture aperte, localmente di blocchi ruotati o di evidenze di distacchi recenti di zone intensamente fratturate e di superfici da distacchi recenti, la probabilità di accadimento è nel complesso bassa.

Il maggiore grado di fratturazione degli ammassi rocciosi presenti a monte del settore est dell'abitato porta invece ad avere un diametro modale dell'ordine di 1,0 m ed un diametro massimo fino a 2,5-2,75 m; la presenza di fratture aperte, blocchi ruotati, zone intensamente fratturate e di evidenze di distacchi recenti determina una probabilità di accadimento alta che viene in parte mitigata a media dalla linea di barriere paramassi posta, alla quota di 1125 m circa, a monte di alcune case. Un'ulteriore mitigazione si ha a valle delle barriere poste alla quota di 1100 m.

Nel settore ovest - sezione 1 della modellazione - i blocchi con volume modale si espandono fino a lambire le abitazioni poste lungo il lato di monte della strada per Vilminore e la percentuale maggiore di questi blocchi non

prosegue oltre le case poste appena più a monte, al limite tra il piede del versante ed il ripiano dell'abitato; i blocchi con volume massimo possono invece raggiungere la strada per Vilminore: le zone a maggiore pericolosità, da H3 ad H5, si estendono quindi fino a lambire le case poste più a monte mentre le zone a pericolosità minore raggiungono la strada.

Nel settore est dell'abitato - sezione 2 della modellazione - i blocchi di volume modale arrivano a lambire la chiesa e per la maggior parte si espandono fino a comprendere le case poste più a monte della chiesa; i blocchi di volume massimo possono raggiungere la zona delle case poste a monte della strada per Vilminore. Le zone a maggiore pericolosità, da H3 ad H5, si estendono quindi fino alla quota di circa 1096-1098 m, fino a comprendere le case poste più a monte rispetto all'abitato mentre le zone a pericolosità minore raggiungono la strada per Vilminore. L'estensione verso valle della classe di pericolosità H3 è stata però localmente contenuta in corrispondenza delle barriere realizzate alla fine dell'anno 2005 e nel 2009 alla quota di circa 1100 m: queste barriere sono infatti in grado di assorbire un'energia di 2000 kJ e quindi, in base alla modellazione condotta, di assorbire energie superiori a quelle relative al volume modale e dello stesso ordine di quelle relative a blocchi con volume di 2 m³. In particolare il limite superiore della classe H3, limitatamente ai i settori coperti dalle barriere di quota 1100 m, è stato fissato 5 m a valle delle barriere stesse. La modellazione condotta ha inoltre messo in evidenza che per i volumi massimi potenzialmente instabili, fino all'ordine di 8-10 m³, le energie stimate in corrispondenza delle barriere di quota di 1110 m sono superiori a valori di 5400 kJ: rispetto a questi valori, così come rispetto alla possibilità di caduta di più blocchi contemporaneamente, le barriere realizzate recentemente alla quota di 1100 m sono quindi insufficienti.

Il forte grado di fratturazione conseguente ad un evidente rilascio tensionale degli ammassi rocciosi presenti a monte del settore est dell'abitato di Vilmaggiore ha portato inoltre a considerare anche la possibilità che si verifichino fenomeni di crollo in massa oltre che fenomeni di caduta di blocchi isolati e questa ipotesi è stata valutata nel paragrafo relativo (paragrafo 6.1.e).

Bueggio

Diametro modale considerato di 0,5 m; diametro massimo di 1, 0 m per il settore nord (sezione H) e 1,25 m per il settore sud. In ragione delle caratteristiche degli ammassi, presenza di fratture aperte, di zone intensamente fratturate e di superfici da distacchi recenti, la probabilità di accadimento è media nel settore sud, in corrispondenza della Carniola; nel settore nord è invece alta per la presenza anche di blocchi ruotati, tuttavia è stata abbassata a media a valle della barriera paramasi esistente. Nella zona nord i blocchi con volume modale si espandono fino alla strada per Teveno, mentre la percentuale maggiore dei blocchi di volume modale non prosegue oltre le abitazioni poste a monte della strada; i blocchi di volume massimo raggiungono anche le case poste a valle della strada. Nel settore sud i blocchi di volume modale arrivano a lambire le prime case poste a valle della strada per Teveno mentre la loro percentuale maggiore si arresta poco a valle della strada; i blocchi di volume massimo si espandono poco a valle delle prime case.

Le zone a pericolosità maggiore, da H3 ad H5, arrivano poco a monte della strada per Teveno nel settore sud mentre si chiudono contro la barriera paramasi nel settore nord. Le zone a pericolosità minore si estendono fino a comprendere la parte interna del ripiano dell'abitato.

Nona

Diametro modale considerato di 0,5 m; diametro massimo fino a 1,0 nel settore sud (sezione 1 e al limite sezione 6) fino a 2,0 m nel settore nord (sezioni 4 e 5). Nel settore sud, a monte dell'abitato, l'ammasso roccioso è poco fratturato ed alterato e nel complesso presenta solo delle fratture aperte, per cui si ha una bassa probabilità di accadimento; nel settore nord sono presenti localmente evidenze di distacchi o blocchi ruotati per cui la probabilità di accadimento è media.

Nel settore sud (sezione 1) i blocchi con volume modale si espandono fino sul ripiano dell'abitato, poco oltre le case poste a valle della strada per la Manina, mentre la percentuale maggiore dei blocchi modali non prosegue oltre la strada; i blocchi di volume massimo si espandono poco oltre sul ripiano. Nel settore nord (sezione 6) i blocchi con volume modale si espandono a toccare le case poste a monte della strada per la Manina, mentre la percentuale maggiore dei blocchi modali si arresta in genere poco a monte; i blocchi di volume massimo si espandono poco oltre a valle delle case.

Nel settore nord, sezioni 4 e 5, i blocchi con volume modale si espandono fino sul ripiano a valle della strada per Designo, mentre la percentuale maggiore dei blocchi modali non prosegue oltre la strada; i blocchi di volume massimo si espandono poco oltre sul ripiano.

Le zone a pericolosità maggiore, da H3 ad H5, si estendono quindi all'incirca fino alla strada per la Manina nel settore sud e fino a lambire le case e la strada per Designo nel settore nord; le zone a pericolosità minore comprendono invece la parte interna del ripiano dell'abitato.

7.1.d.2. – Aree esterne alle zone urbanizzate

Per le aree esterne alla zone urbanizzate la valutazione della pericolosità è stata fatta sulla base di un criterio morfologico che ha preso in considerazione le caratteristiche geometriche e strutturali e lo stato di attività delle zone di distacco e le condizioni di acclività, il grado di colonizzazione da parte della vegetazione e la presenza di accumuli recenti delle zone di transito e accumulo dei blocchi. Per la valutazione della zone di espansione dei blocchi in caduti si è fatto riferimento anche al metodo empirico proposto da Focardi (Focardi, 1982) in relazione al rapporto tra altezza della parete e massima distanza percorsa dai blocchi, considerando diversi valori del rapporto e confrontando i risultati delle valutazioni con le condizioni morfologiche dei siti

7.1.e. - Aree potenzialmente interessate da fenomeni di crollo in massa

In questa categoria sono state inserite le aree contraddistinte dalla possibilità, più o meno accentuata, di essere interessate da fenomeni di crollo in massa, indicativamente con volumi complessivi superiore a 1000 m³.

La perimetrazione delle aree è stata fatta applicando, in prima approssimazione, le procedure proposte nella normativa per la zonazione della pericolosità generata da crolli in massa. La perimetrazione è stata fatta in riferimento ad un confronto tra l'espressione proposta da Scheidegger e l'espressione proposta da Tianchi e considerando tre diverse ipotesi per la volumetria potenzialmente instabile.

Queste aree si trovano alla base del versante posto a monte del settore orientale dell'abitato di Vilmaggiore e sono legate alla presenza di un fenomeno franoso relativamente profondo che interessa il substrato roccioso costituito dalla Formazione del Servino e per il quale è stata compilata la scheda riportata a fine testo. Nella parte

superficiale l'ammasso roccioso interessato dal fenomeno presenta delle deformazioni tipiche da rilascio tensionale con una forte fratturazione complessiva che determina un assetto variabile da una scomposizione dell'ammasso in blocchi sconnessi ad una scomposizione in blocchi completamente disarticolati e ruotati tra loro fino ad assumere l'aspetto di una catasta di blocchi. Si tratta probabilmente di un fenomeno di colata (o flusso o creep) in roccia che potrebbe essere relativamente profondo, dell'ordine di alcune decine di metri. Non si hanno evidenze di attività recente del fenomeno di rilascio nel suo complesso, ma solo di deformazioni relativamente superficiali tra i blocchi. Questa situazione può facilmente dar luogo a fenomeni di caduta di singoli blocchi di roccia, come è accaduto anche di recente, ma potrebbe originare anche fenomeni di collasso della parte più deformata dell'ammasso.

Una prima stima delle volumetrie potenzialmente instabili è stata fatta, in riferimento alle condizioni attuali di fratturazione, per potere applicare le espressioni di Scheidegger e di TIANCHI e valutare, almeno a livello indicativo, le aree potenzialmente soggette al fenomeno. Considerando, per il settore di versante interessato dalle deformazioni maggiori, una lunghezza dell'ordine di 60 m, una larghezza di 100-150 m ed una profondità variabile da 1-4 m fino ad una trentina di metri si ottengono volumi complessivi compresi tra 7.500 (profondità di 1-2 m) e 250.000 m³(profondità 30 m), con un valore medio dell'ordine di 60.000 m³ (profondità 8 m). Sulla base di questi valori sono state determinate le distanze di potenziale espansione, con entrambe le espressioni, assumendo come rappresentative le distanze determinate con l'espressione di Scheidegger, più conservative.

ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITA' GENERATA DA CROLLO IN MASSA			
<i>Metodo di Scheidegger (1973)</i>	$\log F_1 = a * \log V_{MIN} + b$	$X_{1A} = \underline{238 \text{ m}}$	dove: $F_{(1,2,3)} = H / X_{(1A,2A,3A)}$ $X_{(1A,2A,3A)}$ = distanza massima raggiungibile dalla frana H = dislivello in metri = 250 m V = volume presunto della frana con : V_{MIN} = volumetria minima presunta V_{MED} = volumetria media presunta V_{MAX} = volumetria massima presunta a (costante adimensionale) = -0.156666 b (costante adimensionale) = 0.62419
	$\log F_2 = a * \log V_{MED} + b$	$X_{2A} = \underline{332 \text{ m}}$	
	$\log F_3 = a * \log V_{MAX} + b$	$X_{3A} = \underline{416 \text{ m}}$	
<i>Metodo di TIANCHI (1983)</i>	$\log (H / X_{1B}) = A + B \log V_{MIN}$	$X_{1B} = \underline{210 \text{ m}}$	dove: $X_{(1B,2B,3B)}$ = distanza massima raggiungibile dalla frana H = dislivello in metri = 250 m V = volume presunto della frana con : V_{MIN} = volumetria minima presunta V_{MED} = volumetria media presunta V_{MAX} = volumetria massima presunta A (costante adimensionale) = 0.6640 B (costante adimensionale) = -0.1529
	$\log (H / X_{2B}) = A + B \log V_{MED}$	$X_{2B} = \underline{291 \text{ m}}$	
	$\log (H / X_{3B}) = A + B \log V_{MAX}$	$X_{3B} = \underline{362 \text{ m}}$	
Note: V = volume presunto della frana = L _A (larghezza)*L _U (lunghezza)*P (profondità) Con : L _A = 100-150 m L _U = 60 m P variabile: P _{MIN} = 1 m $V_{MIN} = 7500 \text{ m}^3$ P _{MED} = 8 m $V_{MED} = 60000 \text{ m}^3$ P _{MAX} = 30 m $V_{MAX} = 250000 \text{ m}^3$			

Alle fasce determinate sono state attribuiti i punteggi di 2, 3 e 4 che sono stati confermati e quindi tradotti in termini di classi di pericolosità da H2 ad H4, in ragione del grado di attività del fenomeno complessivo che è stato considerato come quiescente, caratterizzato dalla presenza di fratture aperte, blocchi ruotati, sconnessi e disarticolati, anche da crolli localizzati, ma non da evidenze di movimenti recenti della massa complessiva. Le

aree a maggiore pericolosità si estendono fino a comprendere le abitazioni poste più a monte dell'abitato e coincidono sostanzialmente con le aree a maggiore pericolosità determinate per la caduta di massi singoli, e la pericolosità è solo localmente mitigata dalle barriere paramassi esistenti. Nella zona a pericolosità minore è stata introdotta una graduazione (esterna ed interna) in riferimento alla differenza tra la massima distanza di espansione relativa alle due espressioni utilizzate: fino alle case poste a monte della strada per Vilminore con l'espressione di Tianchi e fino a comprendere le case poste a valle della strada con l'espressione di Scheidegger.

7.1.f. - Aree corrispondenti a settori di scarpata di degradazione impostata entro depositi fluvioglaciali cementati

Queste aree si trovano in alcuni settori delle scarpate di erosione che delimitano i terrazzi morfologici di Vilminore e Vilmaggiore in corrispondenza di tratti di scarpata impostati in depositi fluvioglaciali cementati interessati localmente da fenomeni di degradazione. I depositi fluvioglaciali cementati presentano caratteristiche geotecniche buone, tuttavia risentono della degradazione superficiale ad opera delle acque e, soprattutto del gelo, che possono portare a piccoli fenomeni franosi, a volte a fenomeni di crollo o caduta di blocchi legati all'erosione differenziale connessa alla presenza di livelli a differente erodibilità per composizione granulometrica o grado di cementazione.

7.1.g. - Aree adiacenti a frane attive o quiescenti

In questa categoria rientrano le aree, anche non direttamente in frana, che si trovano nelle strette adiacenze di frane, più o meno superficiali, attive o quiescenti, e che potrebbero essere interessate direttamente o indirettamente da fenomeni di degradazione o di frana in occasione della riattivazione del fenomeno franoso adiacente. Queste aree si trovano sia in prossimità della scarpata principale delle frane attive o quiescenti, dove potrebbero essere coinvolte dall'evoluzione in senso regressivo dei fenomeni, sia immediatamente a valle delle zone in frana, dove potrebbero essere coinvolte direttamente o indirettamente dall'espansione verso valle dei fenomeni.

7.1.h. - Aree poste in prossimità di scarpate di frana o di erosione attive o quiescenti

In questa categoria rientrano le aree che si trovano in prossimità di frane più o meno superficiali, attive o quiescenti, e che potrebbero essere interessate da fenomeni di degradazione o di frana in occasione della riattivazione e dell'espansione del fenomeno franoso. In genere queste aree si trovano a monte delle scarpate sommitali delle frane.

7.1.i. - Aree a franosità diffusa

Aree interessate in modo diffuso da fenomeni di frana di degradazione attivi o quiescenti di varia entità, rappresentate principalmente da frane per scorrimento planare o colata o da forme di erosione da ruscellamento diffuso o concentrato. Queste aree sono presenti soprattutto in corrispondenza degli affioramenti della Carniola di Bovegno dove l'insacco di diffusi fenomeni di degradazione, con forme di erosione e di frana, è stato favorito dal comportamento geotecnico degli ammassi rocciosi, fortemente fratturati e facilmente alterabili, ed ha portato localmente al comparsa di morfologie pseudocalanchive.

7.1.l. - Aree potenzialmente interessate dall'espansione di fenomeni di frana

Aree poste a valle di fenomeni franosi quiescenti o attivi, principalmente forme di scorrimento in depositi superficiali, che possono essere raggiunte dall'espansione verso valle dei fenomeni. La perimetrazione della aree è stata fatta su base morfologica in riferimento alla condizioni topografiche locali.

7.1.m. - Aree interessate da fenomeni di degradazione superficiale

Queste aree si trovano in corrispondenza di settori di versante o di settori delle scarpate dei terrazzi morfologici principali, interessati in modo più o meno diffuso da fenomeni franosi o di degradazione, in genere di piccole dimensioni. I fenomeni presenti sono rappresentati principalmente da forme di scorrimento traslazionale o colata, da forme di erosione laterale lungo le sponde dei corsi d'acqua, da forme di erosione da ruscellamento concentrato o diffuso, da forme di reptazione o di soliflusso intense e localmente anche da fenomeni di caduta di blocchi da piccole pareti rocciose. La categoria comprende sia le aree direttamente interessate dai fenomeni sia le aree ad esse vicine che possono risentire in modo indiretto dell'evoluzione dei fenomeni ed essere coinvolte per estensione laterale o regressiva oppure per espansione verso valle. La valutazione delle aree potenzialmente coinvolte è stata fatta su base morfologica in riferimento alla tipologia dei fenomeni ed alla conformazione dei siti.

7.1.n. - Aree interessate da diffusi ed intensi fenomeni di degradazione ed aree che possono risentire dell'influenza di tali fenomeni.

Aree poste su pendii ad acclività piuttosto elevata con presenza di una coltre di depositi superficiali generalmente di origine detritica di versante od eluvio/colluviale, a volte glaciale, spesso con una frazione fine apprezzabile, oppure con presenza di affioramenti rocciosi, localmente di piccole pareti, spesso costituiti da ammassi rocciosi da mediamente a molto fratturati. Data la forte acclività media e le caratteristiche geotecniche da mediocri a scadenti queste aree sono diffusamente interessate da fenomeni di degradazione attivi o quiescenti quali forme di reptazione o soliflusso intenso, fenomeni di erosione da ruscellamento diffuso o incanalato, fenomeni franosi superficiali per scivolamento o colata oppure fenomeni di crollo, ribaltamento o scorrimento in corrispondenza degli affioramenti rocciosi. Si tratta in genere di fenomeni di piccola entità, ma relativamente intensi che potrebbero evolvere in forme di maggiore consistenza. Sono comprese anche le aree adiacenti a quelle direttamente interessate, ma che possono risentire in modo indiretto dell'evoluzione di questi fenomeni ed essere coinvolte dall'ampliamento in senso regressivo o laterale dei fenomeni oppure dalla loro espansione verso valle.

Si tratta di aree diffuse sui tratti più ripidi dei versanti, sia alle quote maggiori, dove prevalgono in genere i fenomeni di degradazione della roccia favoriti dalle condizioni climatiche, sia alle quote intermedie dove i fenomeni di degradazione interessano soprattutto le coltri dei depositi eluviali o colluviali.

7.1.o. - Aree generalmente acclivi, situate in corrispondenza di terreni naturali aventi caratteristiche geotecniche da mediocri a scadenti e caratterizzate localmente dalla presenza di fenomeni di degradazione

Aree situate in genere in corrispondenza delle scarpate di erosione incise dai corsi d'acqua entro depositi glaciali, fluvio-glaciali e glacio-lacustri, localmente a caratteristiche geotecniche da mediocri a scadenti, attualmente non

direttamente o indirettamente interessate da fenomeni franosi. La relativa acclività dei siti e le caratteristiche geotecniche dei terreni favoriscono la presenza relativamente diffusa di fenomeni di degradazione superficiale rappresentati da reptazione o soliflusso anche intensi, forme di erosione da ruscellamento e piccoli fenomeni franosi per scivolamento o colata, e rappresentano dei fattori predisponenti per lo sviluppo di nuovi fenomeni franosi.

7.1.p. - Aree situate su pendii aventi inclinazione da media ad elevata

Aree poste su pendii aventi inclinazione da media ad elevata, media indicativamente superiore a 20°, caratterizzate in genere dalla presenza di una coltre di depositi superficiali a granulometria relativamente fine, più facilmente soggette di altre a fenomeni di degradazione superficiale e già localmente interessate da fenomeni di reptazione o soliflusso o piccole forme di erosione da ruscellamento o comunque caratterizzate in genere dalla presenza di una coltre di depositi superficiali, principalmente di origine eluviale o colluviale, a volte detritica o glaciale, con frazione fine apprezzabile e poco addensati che possono essere di conseguenza più facilmente soggette di altre all'insorgere di fenomeni franosi o di degradazione superficiale. Possono essere localmente presenti anche affioramenti di ammassi rocciosi relativamente fratturati e soggetti a forme di degradazione con possibilità di piccoli fenomeni di distacco e caduta di blocchi. Sono comprese in questa categoria le aree già interessate o potenzialmente interessate direttamente dai fenomeni sia le aree che potrebbero esserne coinvolte in modo indiretto.

7.1.q. - Aree poste su pendii aventi inclinazione da bassa a media

Aree poste su pendii aventi inclinazione da bassa a media, indicativamente compresa tra 10° e 20°, e caratterizzate dalla presenza di una coltre di depositi superficiali a granulometria fine relativamente soggette a fenomeni di degradazione superficiale e che richiedono maggiore attenzione nel caso di interventi che possono influenzare le condizioni di stabilità locali dei siti. Questa situazione è stata evidenziata solo per le aree non interessate da processi di degradazione per frane, reptazione o erosione da ruscellamento.

7.1.r. - Aree interessate da fenomeni di valanga con pericolosità da media ad elevata.

Queste aree comprendono i settori di versante che per ragioni di quota relativamente elevata, di esposizione e di acclività favorevoli sono stagionalmente interessati da fenomeni di valanga. Le aree comprendono le zone di distacco delle masse nevose, le zone percorse dalle masse nevose in movimento e le zone di arresto. L'entità dei fenomeni e conseguentemente l'estensione delle aree e la relativa pericolosità dipendono dalle condizioni meteorologiche annuali ed è stata fatta una perimetrazione indicativa e relativamente ampia.

7.1.s. - Aree potenzialmente interessabili da fenomeni di valanga con pericolosità molto bassa.

Queste aree comprendono i settori di versante situati a quote non particolarmente elevate che in funzione delle condizioni meteo-climatiche annuali sono potenzialmente interessati da fenomeni di scivolamento di masse nevose. Le aree comprendono le zone di distacco della neve, le zone percorse dalle masse in nevose e le zone di arresto, con una perimetrazione relativamente ampia ed indicativa dei fenomeni.

7.2. - AREE INTERESSATE DA TRASPORTO IN MASSA E FLUSSI DI DETRITO SU CONOIDE.

La pericolosità geomorfologica delle aree dei conoidi alluvionali presenti nel territorio comunale di Vilminore è legata alla possibilità che si verifichino fenomeni di esondazione e fenomeni di deposizione di colate detritico-fangose in ragione delle condizioni morfologiche dei rispettivi bacini idrografici. In riferimento alla situazione morfologica complessiva caratterizzata da una forte tendenza all'erosione lungo tutti i corsi d'acqua, le zone di accumulo alle confluenze ed alle variazioni di pendenza sono relativamente poche e poco estese, ubicate in genere al raccordo tra i versanti ed i ripiani dei principali terrazzi morfologici e legate soprattutto a piccoli corsi d'acqua perchè i corsi maggiori si trovano piuttosto incisi rispetto ai ripiani. La perimetrazione della pericolosità è stata quindi fatta esclusivamente su base morfologica, individuando i percorsi preferenziali di deflusso delle acque di esondazione o delle colate in riferimento alle caratteristiche del conoide e delle eventuali opere di regimazione presenti.

7.2.a. Pericolosità nelle aree di conoide.

Nella carta di sintesi sono state distinte le aree corrispondenti ai diversi gradi di pericolosità definiti secondo la classificazione individuata nell'Allegato 2 alla d.g.r. 28 maggio 2008 n. 8/7374.

H5	Pericolosità molto alta	<i>Comprende l'alveo attuale con le sue pertinenze ed eventuali paleoalvei riattivabili in caso di piena ed eccezionalmente porzioni di conoide.</i>
H4	Pericolosità Alta	<i>Area con <u>alta probabilità</u> di essere interessata da fenomeni di erosioni di sponda trasporto in massa e/o di trasporto solido con deposizione di ingenti quantità di materiale solido e con danneggiamento di opere e manufatti.</i>
H3	Pericolosità Media	<i>Area interessata in passato da eventi alluvionali e da erosioni di sponda documentati su basi storiche. Area con <u>moderata probabilità</u> di essere esposta a fenomeni alluvionali (esondazione). In particolare in esse si possono avere deflussi con altezze idriche ridotte (massimo 20-30 cm) e trasporto di materiale sabbioso ghiaioso.</i>
H2	Pericolosità Bassa	<i>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 interessate da fenomeni di dissesto.</i>
H1	Pericolosità Molto Bassa	<i>Area che per caratteristiche morfologiche ha basse o nulle probabilità di essere interessata dai fenomeni di dissesto.</i>

Per ragioni di semplicità, in riferimento alla situazione morfologica in esame, la classe H5 è stata in alcuni casi accorpata alla classe H4 in quanto, a fronte di una zona di esondazione ben evidente, manca una traccia netta che consenta di individuare l'alveo, mentre nelle situazioni di pericolosità minore, in assenza di una zona di esondazione ben evidente, è difficile individuare nel dettaglio la forma del conoide e definire il tratto di alveo di pertinenza. In alcuni casi è stata sostanzialmente omessa la classe H1, di fatto coincidente con settori di conoide ora inattivi perchè legata a situazioni morfologiche molto diverse da quelle attuali.

7.2.b. Descrizione dei conoidi.

Teveno. Subito a monte, a nord-ovest, del nucleo storico si trova un conoide che sottende un piccolo bacino idrografico percorso da una linea di impluvio ripida e rettilinea. Nel settore superiore del bacino la linea di impluvio

è caratterizzata da una forte erosione lineare a spese del substrato, costituito dalla formazione del Calcere di Angolo, molto fratturato, entro il quale si sono impostate delle ripide scarpate di degradazione che possono dar luogo una forte produzione di materiale solido e favorire l'insorgere di eventi di piena con elevato trasporto solido. Il conoide è pertanto da ritenere quiescente. In corrispondenza del conoide non esiste un alveo ben definito, ma solo un leggero solco fino alla quota di circa 1190 m, in quanto le acque, presenti solo temporaneamente e principalmente in occasione delle piogge, tendono ad infiltrarsi nel terreno già nella zona apicale. Non si hanno testimonianze dirette di fenomeni di colata tuttavia nel settore superiore del conoide sono evidenti dei lobi di colata ben colonizzati, di età relativamente recente (probabilmente una ventina di anni) fino a quota 1190 m e più vecchi a valle, fino alla quota di 1170 m dove perdono evidenza. La zonazione della pericolosità è stata fatta su base morfologica, in riferimento alla conformazione ed estensione dei lobi di colati presenti nel segmento superiore e medio-superiore del conoide, che si mantengono nel settore centrale, e del rilievo complessivo e delle variazioni di pendenza presenti nei segmenti medio-inferiore ed inferiore, dove mancano conformazioni naturali nette in senso longitudinale e dove le eventuali direzioni preferenziali di deflusso possono essere rappresentate dalla strade e dalle aree a verde adiacenti ai fabbricati. In particolare è stata considerata una pericolosità alta (H4) fino alla quota di circa 1166 m, dove i lobi di colata recente perdono rilievo rispetto al settore di monte, pericolosità H3 fino alla leggera diminuzione di pendenza presente alla quota di circa 1142-1140 m e pericolosità H2 fino alla successiva diminuzione di pendenza alla quota 1134 m, alla transizione conoide-ripiano di Teveno, ed H1 più a valle, in corrispondenza del ripiano dove si trova il nucleo storico. La valutazione della distanza di arresto fatta con la modellazione proposta da Takahashi in riferimento alla magnitudo media stimata porta a valori compatibili con le valutazioni di carattere morfologico.

Immediatamente ad ovest di questo conoide si trova una linea di impluvio rettilinea e caratterizzata da fenomeni di erosione meno intensi ed evidenti alla quale è sotteso un piccolo conoide che entra in coalescenza con esso. Anche in questo caso non si hanno testimonianze dirette di eventi di piena o di colata significativi, ma solo la presenza, nel settore centrale del conoide, di un piccolo lobo di colata che si porta quasi a sovrapporsi lateralmente ai lobi di colata del conoide adiacente. Su base morfologica, come per il conoide adiacente, si è assegnato alla classe di pericolosità alta (H4) il settore centrale del conoide, corrispondente al lobo di colata evidente, ed alla classe di pericolosità media (H3) il resto del conoide, che sostanzialmente si sovrappone al settore di destra del conoide adiacente.

Ancora più ad ovest dell'abitato di Teveno si trova un'altra linea di impluvio che forma un conoide che entra in coalescenza con il settore medio e distale degli altri due: questa linea di impluvio sottende un bacino un poco più ampio e ramificato, ma di caratteristiche litologiche e morfologiche del tutto analoghe a quelle del bacino più vicino all'abitato, con forme di erosione e di frana impostate nei calcari della formazione del Calcere di Angolo. Nel settore apicale e medio del conoide l'alveo del corso d'acqua manifesta un'evidente tendenza all'erosione di fondo e si trova inciso all'interno del conoide ed eventuali fenomeni di piena o di colata rimangono all'interno dell'alveo e si possono espandere esternamente ad esso solo nel settore distale del conoide, su una fascia relativamente ristretta compresa tra il rilievo del settore centrale del conoide ed il rilievo di un conoide posto più ad ovest. In ragione della situazione morfologica descritta sono state assegnati alla classe di pericolosità alta (H4) l'alveo e la zona di potenziale espansione presente nel settore distale mentre tutto il resto del conoide è stato

assegnato alla classe di pericolosità media (H3). Per contenere i fenomeni erosivi lungo l'alveo sono state realizzate recentemente alcune briglie in gabbioni.

Altri due conoidi sono presenti ancora più ad ovest, nel punto di raccordo sul terrazzo di Teveno delle due linee di impluvio poste a destra ed a sinistra di malga Barbarossa: in entrambi i casi l'alveo dei corsi d'acqua è relativamente inciso nel proprio conoide ed eventuali eventi di piena e di colata rimangono sostanzialmente incanalati nell'alveo e la possibilità di fuoriuscita delle acque di piena o delle frazioni fluide di colate è del tutto minima, per cui tutte le aree esterne all'alveo dei due conoidi sono state assegnate alla classe di pericolosità media (H3).

A sud di Teveno è presente un'altro conoide, formato dalla linea di impluvio che decorre tra il Monte Cavallo ed il monte Zanari. Si tratta di una forma relativamente ampia che si raccorda alla quota dei terrazzi morfologici di Teveno ed essendo quindi sospesa rispetto alla quota attuale del fondo del torrente Civinata l'alveo del corso d'acqua che lo ha generato, disposto lungo il lato sinistro del conoide, si trova ora relativamente inciso entro la superficie del conoide, con scarpate di erosione via via più alte man mano che si passa dal tratto apicale al tratto distale. Il corso d'acqua può essere interessato da fenomeni di piena anche con trasporto solido elevato per effetto dei fenomeni erosivi presenti localmente lungo il tratto impostato entro nella fascia dei depositi detritici di versante situata a monte della zona del conoide oppure a causa del trasporto solido delle linee di impluvio laterali per evacuazione del materiale accumulatosi per degradazione delle pareti rocciose presenti nei loro tratti superiori o per locali fenomeni di erosione presenti nei loro tratti inferiori. Nel caso di eventi di piena con elevato trasporto solido si potrebbe ancora verificare al limite l'esondazione parziale del corso d'acqua a partire dal tratto apicale del conoide verso la sponda destra, dove l'alveo è meno inciso, oppure nel tratto inferiore verso la sponda sinistra, dove si trova una zona di conoide posta a quote inferiore rispetto al resto. In riferimento alla situazione descritta sono state assegnate alla classe di pericolosità media (H3) l'area di conoide relativamente depressa situata in sponda sinistra e tutta la fascia posta lungo il margine destro del conoide, a partire dal tratto apicale, mentre è stato assegnato alla classe di pericolosità bassa (H2) tutto il settore centrale del conoide, dove la probabilità di essere interessato da fenomeni di esondazione è decisamente bassa ed in ogni caso con intensità minima.

S. Andrea. Di fonte all'abitato di S. Andrea, alla base del versante sinistro dell'incisione del Dezzo è presente una serie di piccoli conoidi tra loro coalescenti legati a linee di impluvio laterali che si sono sviluppate a partire da forme di erosione lineare impostatesi entro i depositi fluvioglaciali e glaciali che costituiscono la scarpata di erosione che il torrente Dezzo ha inciso entro il terrazzo morfologico che costituiva il fondovalle antico. Le linee di impluvio sono ripide e brevi, rettilinee o comunque ramificazione e sono percorse da corsi d'acqua che in molti casi hanno regime perenne, sia pure con portate minime e fortemente variabili in funzione delle piogge, perchè prendono origine da sorgenti localizzate in corrispondenza del contatto tra terreni a diversa permeabilità. I corsi d'acqua sono localmente soggetti ad erosione al fondo ed i fianchi dei bacini sono in genere interessate diffusamente da fenomeni di degradazione che vanno da forme di reptazione più o meno intense a forme di erosione da ruscellamento, a forme di degradazione dei depositi superficiali con piccole frane di scivolamento o caduta di blocchi a partire dai livelli cementati fino a scarpate di degradazione e di frana piuttosto ampie. In

ragione dei fenomeni descritti le linee di impluvio sono ancora potenzialmente soggette a fenomeni di colata detritica o di fango che si possono espandere in corrispondenza dei conoidi per buona parte della loro estensione. In ragione della situazione morfologica descritta i settori di conoide potenzialmente raggiungibili dai fenomeni di colata sono stati assegnati alla classe di pericolosità alta (H4).

Vilminore. A monte del settore est dell'abitato di Vilminore si trova un piccolo conoide che con la parte distale arriva a lambire la zona della chiesa parrocchiale: la morfologia complessiva del conoide è piuttosto blanda, poco in rilievo rispetto al resto del versante e la presenza di fabbricati, molti dei quali relativamente vecchi, ne rende difficile l'individuazione del settore distale. Il conoide è legato ad un corso d'acqua a regime temporaneo che solca il versante soprastante l'abitato con un alveo molto ripido, soprattutto nella parte inferiore, impostata principalmente in roccia, nella formazione della Carniola di Bovegno, mentre nella parte superiore il substrato, Servino e Verrucano, è in genere subaffiorante o coperto da una coltre di depositi eluviali e colluviali. Il corso d'acqua, per il quale non si hanno testimonianze di fenomeni alluvionali particolari avvenuti nel passato, è da considerare quiescente e potrebbe essere soggetto a fenomeni di piena con trasporto solido consistente, derivante soprattutto dalla rimozione del materiale detritico proveniente dalla degradazione del substrato roccioso nel tratto inferiore del bacino ed eventualmente da fenomeni erosivi nel settore superiore. Poco a monte del settore apicale del conoide il corso d'acqua è attraversato dalla strada Vilminore-Pianezza e l'attraversamento è stato realizzato con un rilevato in terra che sbarrava il fondovalle consentendo il deflusso con un tombotto in calcestruzzo di sezione quadrata con lato di 2 m, a tratti lesionato. A valle dello sbarramento, nel tratto apicale del conoide, l'alveo ha fondo naturale con muri di sponda in pietra e secco localmente scalzati ed è leggermente incassato per poi portarsi con una quota del fondo inferiore di 1,5 m rispetto alle aree adiacenti nel tratto intermedio; a partire da questo tratto quale, alla quota di circa 1045 m, l'alveo viene coperto e scorre in uno scatolare in calcestruzzo largo 2 m ed alto 1,5 m, fino a valle della strada Vilminore-Vilmaggiore, alla quota di circa 1030 m. Più a valle, nel tratto distale, all'interno dell'abitato, l'alveo si trova in superficie per due brevi tratti e viene di nuovo coperto fino alla sbocca a valle dell'abitato alla quota di circa 988 m. La valutazione e la zonazione della pericolosità del conoide è stata fatta su base essenzialmente morfologica tenendo conto che la presenza dell'attraversamento in rilevato della strada Vilminore-Pianezza subito a monte del conoide, data la conformazione, costituisce di fatto una vasca di sedimentazione munita di una sezione filtrante ed è in grado di arrestare in buona parte eventuali flussi di trasporto solido compreso fusti o rami d'albero: il materiale ancora in carico verso valle oppure piene di intensità minore possono dare ancora esondazione più a valle, in corrispondenza della sezione a partire dalla quale il corso d'acqua viene coperto, ma sicuramente si tratta di fenomeni di bassa intensità. In caso di esondazione a partire dalla sezione di copertura dell'alveo le acque tendono ad incanalarsi lungo la sede stradale sovrapposta all'alveo coperto, disposta secondo la linea di massima pendenza, lambendo solamente le aree di pertinenza delle abitazioni adiacenti (in genere un poco rilevate, a gradoni, rispetto alla sede stradale) fino alla strada Vilminore-Vilmaggiore a partire dalla quale possono toccare le abitazioni poste lungo il lato di valle della strada e disperdersi a valle e lateralmente secondo la continuazione all'aperto dell'alveo e secondo la strada stessa e le altre strade presenti. Il materiale solido in carico alla corrente esondata a partire dalla sezione di copertura tende a depositarsi principalmente lungo la

strada sovrapposta all'alveo fino alla strada Vilminore-Vilmaggiore. In ragione della situazione descritta, all'esterno dell'alveo è stata considerata una pericolosità media (H3) per il tratto di strada sovrapposta all'alveo a partire dal punto in cui l'alveo viene coperto e fino alla strada Vilminore-Vilmaggiore mentre è stata assegnata una pericolosità molto bassa (H1) per il settore distale del conoide, a valle della strada Vilminore-Vilmaggiore. La valutazione della distanza di arresto fatta con la modellazione proposta da Takahashi in riferimento alla magnitudo media stimata porta a valori compatibili con le valutazioni di carattere morfologiche.

A nord-est dell'abitato di Vilminore, in destra idrografica del ramo Secco del torrente Tino (ramo di destra) sono presenti due conoidi alluvionali posti rispettivamente allo sbocco di una linea di impluvio laterale e dello stesso ramo di destra del Tino secco sul settore apicale del conoide antico del torrente Tino. Entrambe le linee di impluvio sono piuttosto ripide, a regime temporaneo, in particolare la linea minore, percorse da fenomeni di valanga e potenzialmente soggette a fenomeni di piena con elevato trasporto solido conseguenti all'evacuazione del materiale che vi si accumula per effetto della degradazione delle pareti rocciose soprastanti. In entrambi i casi la situazione morfologica consente ad eventuali fenomeni di piena o di trasporto in massa di potersi espandere su tutte le aree dei due conoidi che sono state pertanto assegnate interamente alla classe di pericolosità alta (H4).

Vilmaggiore. Sono stati considerati tre piccoli conoidi coalescenti posti a monte del settore est dell'abitato, fino alla zona del cimitero. I conoidi sono legati a tre corsi d'acqua a carattere temporaneo con uno sviluppo prevalentemente rettilineo ed una curva di fondo molto ripida con roccia in genere affiorante (Servino) nella parte inferiore e in genere subaffiorante (Servino e Verrucano Lombardo) nella parte superiore. I fianchi del tratto inferiore dei due impluvi più occidentali sono caratterizzati da substrato roccioso fratturato e disarticolato per la presenza di fenomeni gravitativi profondi e dalla possibilità di fenomeni di crollo, anche in massa, e da fenomeni di degradazione minori che danno luogo localmente alla produzione di materiale detritico che si accumula anche lungo l'alveo. Per il corso d'acqua più orientale e per il tratto superiore degli altri due si hanno solo fenomeni di reptazione e localmente fenomeni di erosione da ruscellamento. Per i tre conoidi non si hanno testimonianze di fenomeni alluvionali recenti, ma, in ragione della situazione morfologica descritta, sono da considerare quiescenti ed i rispettivi corsi d'acqua potenzialmente soggetti a fenomeni di piena con trasporto solido consistente o di colata in conseguenza dell'evacuazione del materiale presente localmente in alveo o, al limite, per l'innesco di fenomeni erosivi, con maggiore probabilità ed intensità dei fenomeni per il corso d'acqua centrale.

Il conoide occidentale, che sottende il bacino più piccolo, presenta un alveo leggermente inciso fino al settore mediano del conoide, che perde evidenza alla quota di circa 1120 m, in corrispondenza di un sentiero: solo nel settore apicale si hanno evidenze di passaggio d'acqua e deposizione di materiale recente (volumetrie piccolissime) perchè in caso di deflusso le acque tendono ad infiltrarsi nel terreno già nel settore apicale. Il conoide centrale ha l'alveo inciso nella parte apicale (fino a quota 1140 m), si porta alla stessa quota delle aree adiacenti nel settore mediano, dove l'alveo è delimitato da argini naturali (o da un lobo di colata) rimaneggiati dall'uomo, fino alla stradina sterrata di quota 1125 m, e si porta in leggero rilievo nella parte medio-distale, dove scorre sopra un lobo di colata molto stretto ed allungato che si interrompe nella zona distale, a valle di quota 1080 m circa. Si ha evidenza di scorrimento di acqua fino alla zona mediana ed anche nella zona distale, dove però l'alveo raccoglie anche le acque drenate dalla stradina sterrata disposta trasversalmente al pendio. Si

osserva deposizione di materiale recente solo nel settore apicale, fino alla quota di circa 1180 m. Il conoide orientale ha l'alveo leggermente inciso nel settore apicale, fino alla stradina sterrata di quota 1130 m circa, a valle della quale l'alveo si interrompe; nel segmento medio-superiore fino a circa quota 1095 m il conoide presenta il settore centrale leggermente rilevato, probabilmente per la sovrapposizione dei lobi colata mentre nel settore medio-inferiore si ha un leggero lobo di colata in posizione centrale, stretto ed allungato, che si interrompe alla quota di circa 1075 m, subito a monte di una strada sterrata a valle della quale non si hanno altre evidenze di lobi, anche per la presenza di una stalla. Non si hanno evidenze di deposizione recente di materiale in tutto il conoide e si ha scorrimento d'acqua solo nella zona apicale, dove le acque tendono ad infiltrarsi rapidamente.

La valutazione della pericolosità delle aree di conoide è stata fatta su base morfologica in riferimento alle condizioni dell'alveo, all'evidenza dei lobi di colata ed alla pendenza relativa dei vari segmenti. Per il conoide occidentale si è considerata una pericolosità molto alta (H5) lungo l'incisione dell'alveo fino a circa quota 1110 m, mentre esternamente ad essa e più a valle si è considerata una pericolosità media (H3), pericolosità bassa (H2) fino alla quota di circa 1080 m, all'altezza delle case del nucleo storico dell'abitato, fino alla strada per Vilminore (via S. Giorgio) a valle della quale si è considerata una classe di pericolosità molto bassa (H1). Per il conoide centrale si è considerata una pericolosità molto alta (H5) lungo l'incisione dell'alveo fino al settore mediano compreso, una pericolosità alta (H4) per tutto il conoide fino alla quota di circa 1100 m circa, una pericolosità media (H3) fino alla quota di circa 1080 m, pericolosità bassa (H2) fino alla strada per Vilminore (via S. Giorgio) a valle della quale si è considerata una classe di pericolosità molto bassa (H1).

Per il conoide orientale si è considerata una pericolosità molto alta (H5) lungo l'incisione dell'alveo nel segmento apicale, una pericolosità alta (H4) per tutto il conoide fino al segmento medio-superiore compreso, pericolosità media (H3) nella fascia medio-inferiore tra le quote di circa 1090 e 1070 m, pericolosità bassa (H2) fino alla quota di circa 1065 m compresa la zona dei piazzali della stalla e del caseificio e pericolosità molto bassa (H1) più a valle, fino alla strada per Schilpario.

La valutazione della distanza di arresto fatta con la modellazione proposta da Takahashi in riferimento alla magnitudo media stimata ha messo in evidenza valori compatibili con le valutazioni di carattere morfologico.

Nona. Sono stati considerati cinque piccoli conoidi, uno posto a monte del settore est dell'abitato, due tra loro coalescenti e posti poco ad est dell'abitato e gli altri due posti ancora più ad est, alla base del versante di Designo. I conoidi sono legati a corsi d'acqua a regime temporaneo che drenano bacini di dimensioni limitate, a sviluppo breve e rettilineo, con pendenza di fondo elevata. Buona parte del fondo degli impluvi è impostata in roccia (Verrucano Lombardo) e per il resto si ha roccia subaffiorante o con copertura eluviale. La possibilità di eventi di piena con trasporto solido consistente è legata all'evacuazione del materiale detritico che si accumula localmente per effetto della degradazione delle pareti rocciose oppure all'eventuale innesco di fenomeni erosivi a partire dai fenomeni di reptazione esistenti. Non si hanno testimonianze di eventi di trasporto in massa o di piene con forte trasporto solido lungo questi conoidi, ma solo di piene con trasporto solido contenuto. I conoidi sono comunque da considerare quiescenti.

Per il conoide posto a monte del settore est dell'abitato si è considerata una pericolosità alta (H4) per l'alveo ed una ristretta fascia a ridosso di esso fino a comprendere la strada che decorre nel settore distale; in ragione della

possibilità di esondazione dall'alveo si è considerata una pericolosità media (H3) in tutto il settore di sinistra del conoide, per buona parte del settore di destra ed a valle della griglia che raccoglie le acque dell'impluvio nella zona distale del conoide, mentre è stata considerato a pericolosità bassa (H2) il settore più esterno in sponda destra.

I due conoidi coalescenti hanno anch'essi alvei leggermente incisi che confluiscono tra loro nel settore distale, a valle degli attraversamenti, realizzati con tubi in calcestruzzo, della strada delle Piazzole e della strada delle Corne. La zonazione della pericolosità sui conoidi è stata fatta esclusivamente su base morfologica in riferimento alla conformazione dei siti conoide. Si è considerata una pericolosità alta (H4) per gli alvei e per il settore di conoide compreso tra i due alvei fino a tutto il fondovalle mentre si è considerata una pericolosità media (H3) per tutto il resto dei conoidi.

Per i due conoidi posti ad est della località di Designo, in ragione della conformazione dei siti, che consente ad eventuali fenomeni di piena e di trasporto in massa di espandersi sull'intero conoide, tutte le aree dei conoidi sono state assegnate alla classe di pericolosità alta (H4).

Valle del Gleno. Lungo il tratto superiore della valle del torrente Gleno, sia nella zona dell'invaso idroelettrico, sia nella zona della Baita di Mezzo sia nella zona del Rifugio Bissolati, sono presenti numerosi conoidi alluvionali o detritico-alluvionali posti al raccordo sul fondovalle delle linee di impluvio laterali. Si tratta in genere di linee di impluvio molto ripide legate a corsi d'acqua a regime temporaneo e percorse in genere da valanghe che tendono ad espandersi su buona parte dei conoidi. I conoidi hanno un'alimentazione mista, da parte di valanghe nel corso della stagione invernale e primaverile, in ragione dell'andamento stagionale, e da parte di fenomeni di piena con elevato trasporto solido per il resto dell'anno, in conseguenza dell'evacuazione del materiale che si accumula al fondo delle linee di impluvio a causa della degradazioni delle pareti rocciose soprastanti o per locali fenomeni di erosione. Molti conoidi hanno anche un carattere di cono detritico perchè ricevono anche alimentazione dai fenomeni di caduta di blocchi che avvengono in corrispondenza delle parete rocciose che sovrastano il conoide. Si tratta di forme attive o quiescenti, interessate quasi stagionalmente da fenomeni di piena o trasporto in massa in grado di espandersi su tutta l'area dei conoidi con pericolosità da alta ad elevata, assegnati pertanto interamente alle classi H4 o H5, e solo per i conoidi coalescenti presenti nella zona del Rifugio Bissolati è stato possibile individuare dei settori aree a pericolosità minore, assegnati alla classe di pericolosità media (H3).

7.2.c. - Vincoli e prescrizioni connessi al grado di pericolosità per le aree di conoide

Le indicazioni contenute nella normativa di riferimento, ed in particolare nella d.g.r. n. 7/7365 del 11/12/2001, definiscono la corrispondenza tra le classi di pericolosità individuate in questo studio e:

- classificazione delle aree interessate da dissesto idrogeologico (cioè delle aree soggette a rischio idrogeologico, perimetrate secondo la legenda della cartografia del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico - PAI - redatto dall'Autorità di Bacino del Fiume Po)
- classi di fattibilità geologica per le azioni di piano,

secondo il seguente schema:

Classi di pericolosità <i>(Procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio da frana in adempimento alla L. 267/98)</i>	Classi di fattibilità geologica per le azioni di piano <i>(criteri ed indirizzi relativi alla componente geologica nella pianificazione comunale secondo quanto disposto dall'art. 3 della L.R. 24 novembre 1997, n. 41)</i>	Classificazione delle aree interessate da dissesto idrogeologico <i>(art. 9 delle Norme di Attuazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico - PAI)</i>
H5	4	Ca
H4	4	Cp
H3	3	Cn
H2	2	Cn
H1	2	Cn

In riferimento alla corrispondenza tra classi di pericolosità e classificazione delle aree in dissesto si ricorda che per le aree assegnate alla classe di pericolosità **H5** e **H4** valgono le indicazioni ed i vincoli individuati dalle Norme di Attuazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico riguardanti le aree classificate come **Ca**.

Per le aree assegnate alla classe di pericolosità **H3**, **H2** ed **H1**, corrispondenti alla classe **Cn**, in accordo con le indicazioni dell'art. 9, comma 9 delle Norme di Attuazione del P.A.I., sono state definite alcune prescrizioni sulle modalità di intervento, in riferimento alle condizioni di pericolosità individuate nello studio condotto.

7.3 - AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO

7.3.a. - Alveo e sponde di corso d'acqua

Aree corrispondenti alla sede dei corsi d'acqua superficiali, alveo e relative sponde, dove avviene il deflusso delle acque in condizioni ordinarie. In ragione dell'assetto morfologico generale dell'area la maggior parte dei corsi d'acqua presenti nell'area in esame presenta tratti interessati da fenomeni di erosione di fondo e laterale che possono portare sia ad un approfondimento e ad un allargamento dell'alveo, con l'eventuale innesco di fenomeni franosi lungo le sponde, sia a divagazioni con modifica dell'andamento planimetrico. Per questo motivo le aree comprendono spesso anche delle fasce più o meno estese poste esternamente alle sponde che possono essere interessate da fenomeni erosivi o da fenomeni di esondazione.

7.3.b. - Aree potenzialmente inondabili con significativi valori di velocità e altezze d'acqua o forte trasporto solido

Aree situate in prossimità dell'alveo dei corsi d'acqua, che per le loro caratteristiche topografiche possono essere facilmente raggiunte dall'acqua di esondazione durante le piene maggiori oppure essere interessate da forti fenomeni erosivi o di trasporto solido. Si tratta di aree addossate all'alveo di piena ordinaria e poco rilevate rispetto all'alveo. Queste aree si trovano principalmente a ridosso dell'alveo del torrente Dezzo e localmente lungo il corso dei torrenti Nembo e Povo.

7.3.c. - Aree potenzialmente interessabili da fenomeni di esondazione o di erosione da parte dei corsi d'acqua in occasione di eventi di piena a carattere eccezionale

Aree situate in prossimità dell'alveo dei corsi d'acqua, che per le loro caratteristiche topografiche possono essere raggiunte dall'acqua di esondazione, con altezze d'acqua relativamente contenute, o che possono essere interessate da fenomeni di erosione in occasione di piene a carattere eccezionale, valutate con un criterio di carattere strettamente morfologico in base alla sezione di deflusso, alle sue possibili variazioni ed alla capacità di trasporto solido del corso d'acqua.

7.4. - AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDROGEOLOGICO

7.4.a. - Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso potabile

Aree soggette a particolari limitazioni d'uso del territorio perchè ubicate in settori a probabile connessione idrogeologica con circuiti idrici sotterranei sfruttati a scopo potabile. In questa categoria rientrano le "Zone di Rispetto" e le "Zone di Protezione" delle opere di presa delle sorgenti che servono l'acquedotto comunale. Nella maggior parte dei casi, in mancanza di studi idrogeologici specifici sono state individuate con il criterio geometrico e sono quindi definite da un arco di cerchio avente raggio di 200 m centro sull'opera di presa e limitato a valle dall'isoipsa passante per l'opera. Solo per le sorgenti Breda e Giavallo le aree di salvaguardia sono state definite sulla base del criterio idrogeologico.

7.5. - AREE CHE PRESENTANO SCADENTI CARATTERISTICHE GEOTECNICHE.

7.5.a. - Aree situate in corrispondenza di depositi di origine antropica

Aree caratterizzate dalla presenza di materiale riportato artificialmente che può comportare l'insorgere di problematiche di carattere geotecnico relativamente ad eventuali disomogeneità di composizione e di addensamento del deposito. Queste problematiche possono essere superate con relativa facilità sulla base di indagini di approfondimento delle caratteristiche geotecniche del materiale. Nell'area in esame si tratta principalmente di discariche di scarti di miniera e di accumuli di terre da scavo.

7.5.b. - Aree con terreni aventi caratteristiche geotecniche da mediocri a scadenti

Aree caratterizzate da terreni a granulometria fine, limosi, limoso-sabbiosi o limoso argillosi, di origine glaciale, lacustre o fluvioglaciale, aventi un on comportamento geotecnico da mediocre a scadente, caratterizzati da una permeabilità bassa o molto bassa, resistenza al taglio bassa e sensibile al contenuto d'acqua e, se non consolidati, da compressibilità da alta ad elevata.

7.5.c. - Aree con fenomeni di affioramento o di ristagno d'acqua in superficie oppure situate in zone con falda poco profonda.

Aree caratterizzate dalla presenza, stagionale o perenne, di ristagno d'acqua sulla superficie topografica oppure dalla venuta a giorno in modo diffuso di acque sotterranee che tendono a mantenere saturi i terreni. Le zone di

ristagno sono presenti localmente nell'ambito del territorio comunale e sono spesso favorite dalla conformazione topografica dei siti, laddove vi sono delle piccole depressioni, oppure sono legate alla presenza di depositi superficiali o di rocce relativamente impermeabili che non permettono l'infiltrazione delle acque meteoriche o che determinano l'affioramento di quelle sotterranee. Oltre alle problematiche connesse alla presenza di acqua in superficie sono spesso associate alla presenza di terreni a granulometria fine e con caratteristiche geotecniche mediocri o scadenti.

7.5.d. - Aree soggette a fenomeni di subsidenza per cause antropiche

Aree caratterizzate da fenomeni di sprofondamento indotti dal cedimento della volta delle gallerie di miniere abbandonate. Il fenomeno interessa un settore del versante sinistro del ramo di sinistra del tratto superiore del torrente, nella zona della miniera della Manina e coincide con il settore di affioramento della formazione del Servino, entro la quale sono contenute le mineralizzazioni di ferro coltivate in passato. La coltivazione è avvenuta con gallerie sovrapposte tra loro e il crollo di alcune di esse ha coinvolto tutta la roccia soprastante fino a determinare vistosi sprofondamenti in superficie.

Ulteriori crolli della volta delle cavità potrebbe determinare nuovi sprofondamenti.

7.5.e. - Aree con evidenti fenomeni carsici di superficie e presenza di fenomeni carsici sotterranei

Aree situate in corrispondenza di rocce carbonatiche affioranti o subaffioranti, principalmente della Formazione di Breno e del Calcarea di Esino, interessate diffusamente da fenomeni carsici di superficie tra i quali numerose doline da dissoluzione attive e piccoli inghiottitoi collegati a forme carsiche sotterranee. Le forme carsiche di superficie sono tuttora interessate da circolazione d'acqua e dal procedere dei fenomeni di dissoluzione e così di conseguenza anche le forme sepolte. Queste aree potrebbero quindi essere soggette ad un ampliamento delle forme esistenti eventualmente accompagnato da fenomeni di sprofondamento del terreno.

7.5.f. - Aree con probabile presenza di fenomeni carsici sotterranei

Aree situate in corrispondenza di rocce carbonatiche relativamente solubili, principalmente della formazione del Calcarea di Esino, coperte da depositi superficiali di origine detritica di versante o depositi glaciali dove sono localmente presenti delle depressioni probabilmente legate a fenomeni di dissoluzione carsica e dove potrebbero essere presenti della cavità sepolte. Queste aree sono relativamente vicine a zone dove le stesse rocce carbonatiche sono interessate diffusamente da fenomeni carsici superficiali e profondi. Per queste aree non si hanno testimonianze o evidenze di cedimenti o sprofondamenti in atto o avvenuti nel passato. L'eventuale presenza di cavità sepolte, qualora fossero interessate attivamente da fenomeni di dissoluzione, potrebbe però comportare il pericolo di sprofondamenti del terreno in futuro.

FASE PROPOSITIVA (FATTIBILITÀ' GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO)

8. CARTA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO – NORME GEOLOGICHE DI PIANO

La Carta di Fattibilità Geologica delle Azioni di Piano è stata definita sulla base dell'esame degli elaborati precedenti, con particolare attenzione alla Carta di Sintesi ed alla Carta Morfologica, ed è finalizzata a fornire indicazioni generali in merito alla destinazione d'uso delle aree, alle cautele da adottare per gli interventi, agli studi ed alle indagini da effettuare per gli eventuali approfondimenti, alle opere di riduzione del rischio ed alla necessità di controllo dei fenomeni presenti.

La Carta della Fattibilità geologica è stata redatta alla scala 1:10.000 (Tavola 9) per l'intero territorio comunale ed alla scala 1:2.000 (Tavole 10a, 10b, 10c) per le zone urbanizzate ed un loro intorno relativamente ampio.

Le definizioni di ciascuna classe di fattibilità, le indicazioni di carattere generale per lo svolgimento delle indagini necessarie alla valutazione della fattibilità dei singoli interventi e la descrizione dei fattori limitanti rispetto alla destinazione d'uso delle singole aree sono riportati nelle **Norme Geologiche di Piano**.

9. CARTA DEI RISCHI IDRAULICI ED IDROGEOLOGICI

La Carta dei rischi idraulici e idrogeologici – delimitazione delle aree in dissesto (tavola 11) con legenda uniformata a quella della cartografia delle aree in dissesto del PAI (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico redatto dell'Autorità di Bacino del fiume Po) rappresenta il quadro del dissesto risultante su tutto il territorio comunale ed è finalizzata all'aggiornamento del quadro del dissesto del PAI.

La Carta dei rischi idraulici ed idrogeologici è stata redatta alla scala 1:10.000 sulla base della C.T.R. ed è estesa a tutto il territorio comunale. La Carta contenuta nel presente studio è stata redatta aggiornando ed integrando la carta contenuta nello studio geologico del settembre 2006.

Rispetto alla versione contenuta nello studio del settembre 2006 sono state apportate alcune modifiche in conseguenza di valutazioni di maggiore dettaglio su alcune situazioni, di variazioni dello stato di attività di alcuni fenomeni franosi e, soprattutto, le valanghe sono state rappresentate in forma areale anziché lineare.

Per le aree comprese entro le zone delimitate come aree in dissesto in riferimento alla legenda nell'Atlante dei rischi idraulici ed idrogeologici del Piano Stralcio per Assetto Idrogeologico (PAI) valgono le relative norme contenute nelle Norme di Attuazione del PAI che sono riportate nelle Norme geologiche di Piano.

Dr. geol. Fabio Alberti

Hanno collaborato:

Dr. geol. Elena Staffoni

Dr. geol. Francesco Bosio

Darfo Boario Terme, novembre 2010.

10. - BIBLIOGRAFIA

- 1) A.A. V.V. - Carta geologica della Provincia di Bergamo – Fogli geologici scala 1:50.000 – Provincia di Bergamo Bergamo, 2000.
- 2) Amministrazione Provinciale di Brescia - Piano generale di bonifica montana dell'alto bacino del Fiume Oglio - Suppl. Comment. Ateneo di Brescia, Brescia 1967.
- 3) ASTM - Classification of soils for engineering purposes - 1975.
- 4) Aulitzky. - H. Hazard Mapping and Zoning in Austria Methods and legal implications - 1994.
- 5) Autorità di Bacino del fiume Po - Parma - Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) - Interventi sulla rete idrografica e sui versanti (Legge 18 maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6-ter). -Tavole Di Delimitazione Delle Fasce Fluviali, Norme di Attuazione – 2001
- 6) Bacchi, Armanelli, Rossini - Valutazione delle portate di piena della Provincia di Brescia. Università degli Studi di Brescia, 1999.
- 7) Carelli M., Ceriani M. - Carta delle precipitazioni medie, minime e massime annue del territorio alpino lombardo. - Regione Lombardia, Dir. Gen. Territorio ed Edilizia Residenziale, Milano 1999.
- 8) Castany G. - Idrogeologia, principi e metodi - Flaccovio editrice, 1987.
- 9) Castiglioni G.B. - Geomorfologia.- ed. UTET, Torino 1979.
- 10) Celico P. - Prospezioni idrogeologiche - Liguori editore, 1986.
- 11) Ceriani M., Mazzoccola D., Agostoni S., Quattrini S., Sciesa E. - Procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio da frana nei " siti a rischio " in adempimento alla legge 267/98.
- 12) D.M. 14 gennaio 2008 - Approvazione delle nuove Norme tecniche per le costruzioni.- Gazz. Uff., n. 29 del 04/02/2008.
- 13) D.P.R. 24 maggio 1988, n. 236: attuazione della direttiva CEE n. 80/778 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano, ai sensi della legge 16 aprile 1987, n. 183 – Suppl. ord. Gazz. Uff., n. 152, 30/06/1988.
- 14) Da Deppo, Datei, Salandin - Sistemazione dei corsi d'acqua. - Ed. Libreria Cortina Padova, 1997.
- 15) Decreto del Capo del Dipartimento della protezione civile del 21 ottobre 2003 "Disposizioni attuative dell'art. 2, commi 2, 3 e 4, dell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003" – G.U. n. 252 del 29 ottobre 2003
- 16) Decreto Legislativo 3 aprile 2006 n. 152 - Testo unico ambientale - Supplemento Ordinario n. 96 alla Gazzetta Ufficiale n. 88 del 14 aprile 2006.
- 17) Deliberazione Giunta Regionale 10 Aprile 2003 - n. 7/12693 - Decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152 e successive modifiche, art. 21, comma 5 - Disciplina delle aree di salvaguardia delle acque sotterranee destinate al consumo umano. - BURL s.o. n. 17 del 22 aprile 2003.
- 18) Geo.Te.C. Studio Associato - Studio geologico del torrente Dezzo e dei suoi principali affluenti - Comunità Montana di Valle di Scalve, 2003.

- 19) Geo.Te.C. Studio Associato - Studio geologico di supporto alla pianificazione urbanistica del Comune di Vilminore di Scalve. – Comune di Vilminore di Scalve, settembre 2006.
- 20) Geo.Te.C. Studio Associato - Domanda di concessione in sanatoria a scopo potabile e di derivazione di acqua ad uso idroelettrico sull'impianto dell'acquedotto delle sorgenti Giavallo e Breda. - Relazione idrogeologica.– Comune di Vilminore di Scalve, Ottobre 2010
- 21) Gruppo Edison - Elaborazione dei dati idrologici del bacino dell'Oglio - 1953
- 22) Hoek E., Bray T. - Rock Slope engineering - The Institution of Mining and Metallurgyc, London 1977.
- 23) Ippolito F., Nicotera P., Lucini P., Civita M., D Riso R.- Geologia Tecnica - ed. ISEDI, 1985.
- 24) Ministero Lavori Pubblici - Criteri, metodologie e norme tecniche generali di cui all'art. 2, lettere b), d) ed e), della legge 10 maggio 1976, n. 319, recante norme per la tutela delle acque dall'inquinamento - supplemento ordinario alla gazzetta ufficiale n. 48 del 21 febbraio 1977
- 25) Ordinanza PCM 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 - G.U. n. 105, 8 maggio 2003, Suppl. Ord. n. 72.
- 26) Ordinanza PCM 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 - G.U. n. 105, 8 maggio 2003, Suppl. Ord. n. 72.
- 27) Ordinanza PCM n. 3519 del 28 aprile 2006 - Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone - Gazz.Uff., anno 147, n. 108 del 11-05-2006
- 28) Provincia di Brescia - Studio delle precipitazioni intense in Provincia di Brescia e verifica funzionale della rete pluviometrica esistente - Brescia, 1985.
- 29) Regione Lombardia - Carta di localizzazione probabile delle valanghe. - Milano 1991.
- 30) Regione Lombardia - D.g.r. 20 Dicembre 2001- n. 7/7365 - Attuazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del fiume Po (PAI) in campo urbanistico. Art. 17, comma 5, della legge 18 maggio 1989 n. 183. - Boll. Uff. della Reg. Lomb. - anno XXXI, n. 314, 2001.
- 31) Regione Lombardia - D.g.r. 22 Dicembre 2005 n. 8/1566 - Criteri ed indirizzi per la 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 - BURL - anno XXXVI, n. 14, 19 gennaio 2006, 3° Suppl. Straordinario.
- 32) Regione Lombardia - D.g.r. 27/06/1996 n. 6/1537 in riferimento all'art. 9, punto 1, lett. f, del D.P.R. 24/05/1988 n. 236 -Direttive per l'individuazione delle aree di salvaguardia delle captazioni di acque sotterranee, pozzi e pozzi e sorgenti, destinate al consumo umano.
- 33) Regione Lombardia - D.g.r. 28 Maggio 2008 n. 8/7374 – Aggiornamento dei “Criteri ed indirizzi per la 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 - BURL - anno XXXVIII, n. 120, 12 giugno 2008, 2° Suppl. Straordinario al n°24.

- 34) Regione Lombardia - D.g.r. 29 marzo 2006 n. 8/2244 approvazione del Programma di tutela e uso delle acque, ai sensi dell'art. 44 del d.lgs. 152/99 e dell'art. 55, comma 19 della l.r. 26/2003 – BURL anno XXXVI, n. 80, 2° suppl. straord. - 23 aprile 2006.
- 35) Regione Lombardia - D.g.r. 29 Ottobre 2001- n. 7/6645 - Approvazione direttive per la redazione dello studio geologico ai sensi dell'art. 3 della l.r. 41/97 - Boll. Uff. della Reg. Lomb. - anno XXXI, n. 294, 2001.
- 36) Regione Lombardia - D.g.r. n 7/14964 del 7 Novembre 2003 - Disposizioni preliminari per l'attuazione dell'OPCM n°3274/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"- Boll. Uff. della Reg. Lomb. - anno XXXIII, n. 275, 2003.
- 37) Regione Lombardia - D.g.r. n 8/1566 del 22 Dicembre 2005 - Criteri ed indirizzi per la 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 - Boll. Uff. della Reg. Lomb. - anno XXXVI, n. 14, 2006.
- 38) Regione Lombardia - Decreto dirigente dell'unità organizzativa n. 19904/03 21/11/2003 - Approvazione elenco tipologie degli edifici e opere infrastrutturali e programma temporale delle verifiche di cui all'art. 2, commi 3 e 4 dell'ordinanza p.c.m. n 3274 del 20 marzo 2003, in attuazione della d.g.r. n° 14964 del 7 Novembre 2003 - Boll. Uff. della Reg. Lomb. – serie ordinaria, n. 49 del 1/12/2003.
- 39) Regione Lombardia - L.r. 11 marzo 2005 n. 12 - Legge per il governo del territorio - BURL. - anno XXXV, n. 69, 16 marzo 2005, 1° Suppl. Ordinario.
- 40) Regione Lombardia - L.r. 14 luglio 2006 n. 12 - Modifiche ed integrazioni alla legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 "legge per il governo del territorio". - BURL 18 luglio 2006, n. 29, 1° suppl. ord.
- 41) Regione Lombardia, Direzione Generale Territorio ed Urbanistica, Struttura Rischi Idrogeologici - Inventario delle frane e dei dissesti idrogeologici della Regione Lombardia - 2002.
- 42) Servizio Geologico d'Italia - Carta Geologica d'Italia. Scala 1:100.000. Foglio n. 34, Breno. - Roma 1970.
- 43) Servizio Geologico d'Italia - Note illustrative della Carta Geologica d'Italia. Foglio n. 34, Breno. - Roma 1971.

STIMA DELLE PORTATE AL COLMO DI PIENA PER EVENTI CON TEMPI DI RITORNO DI 200 ANNI (lungo il Torrente Dezzo)

PARAMETRI MORFOMETRICI DEI BACINI

Bacini	3	4	3a	3b	3c		
Sb =	69,7	100,9	31,2	14,2	16,7	km ²	Area del bacino sotteso
L =	14,7	14,7	9,2	8,9	8,4	km	Lunghezza dell'asta
Hmin =	770	770	770	810	810	m	Altezza minima
Hmax =	2687	2882	2882	2882	2427	m	Altezza massima
Hmed =	1691	1689	1686	1859	1556	m	Altezza media assoluta
Hmed =	921	919	916	1049	746	m	Altezza media relativa

METODO DI GIANDOTTI

$Q_c = 0,278 \cdot \frac{\gamma \times \psi}{\lambda \times t_c} \cdot h_{cr} \cdot S_b \cdot Cd =$	559	745	338	192	198	m ³ /s	portata al colmo	con coefficiente di deflusso Cd = 1.0
	336	447	203	115	119	m³/s	portata al colmo	con coefficiente di deflusso Cd = 0.6
$\psi = 0,0667 + 0,0543 \cdot \ln Tr =$	0,354	0,354	0,354	0,354	0,354			
$\gamma =$	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5			
$\lambda =$	3	3	3	3	3			
Tr =	200	200	200	200	200	anni	tempo di ritorno	
$h_{cr} = a \cdot t_c^n =$	66	68	58	53	56	mm	altezza di pioggia critica	
Stazione di Breno a =	51,665	51,665	51,665	51,665	51,665			
n =	0,289	0,289	0,289	0,289	0,289			
$T_c = \frac{4 \cdot \sqrt{S_b} + 1,5 \cdot L}{0,8 \cdot \sqrt{H_m}} =$	2,28	2,56	1,49	1,09	1,32	ore	tempo di corrivazione	

METODO di GIANDOTTI E VISENTINI (1938)

$Q_c = \frac{\lambda \cdot S_b \cdot h_c}{0,8 \cdot t_c} \cdot Cd =$	416	554	252	143	147	m ³ /s	portata al colmo	con coefficiente di deflusso Cd = 1.0
	249	332	151	86	88	m³/s	portata al colmo	con coefficiente di deflusso Cd = 0.6
Stazione di Breno $\lambda =$	166	166	166	166	166			

METODO DELLA PORTATA INDICE

Dip. Ing. Civile Univ. Studi di Brescia (Bacchi, Armanelli, Rossini)

$Q_{c,T} = \mu(Q_c) X_T =$	241	329	124	70	78	m ³ /s	portata al colmo	
$X_T = X_T = \frac{Q_c}{\mu(Q_c)} = 1 + 0,53 \frac{(\exp(0,0521 \cdot Y_G) - 1033)}{0,072} =$	3,096	3,096	3,096	3,096	3,096		coefficiente di crescita	
	200	200	200	200	200	anni	T (tempo di ritorno) =	
$Y_G = -\ln \left[-\ln \left(\frac{T-1}{T} \right) \right] =$	5,296	5,296	5,296	5,296	5,296			
$\mu(Q_c) = 22,68 \cdot A^{0,404} =$	126,0	146,29	91,05	66,25	70,73		media della distribuzione	per 300<A<2000 km ²
$\mu(Q_c) = 3,24 \cdot A^{0,73} =$	71,80	94,06	39,93	22,48	25,30		media della distribuzione	per 1<A<40 km ²
$\mu(Q_c) = \beta \cdot 3,24 \cdot A^{0,73} + (1-\beta) \cdot 22,68 \cdot A^{0,404} =$	77,99	106,29	38,20	18,13	21,23		media della distribuzione	per 40<A<300 km ²
$\beta = \frac{300 - A}{260} =$	0,886	0,766	1,034	1,099	1,090			

METODO DELLA FORMULA RAZIONALE

Dip. Ing. Civile Univ. Studi di Brescia (Bacchi, Armanelli, Rossini)

$Q_{c,T} = \frac{1}{3.6} \cdot \Phi \cdot r(A, d) \cdot A \cdot a_T \cdot T_c^{n_1-1} =$	267	379	136	68	72	m³/s	portata al colmo
$h(t, T) = a_T \cdot d^{n_1} =$	82,75	86,00	65,76	58,33	60,50	mm	altezza di pioggia media puntuale sul bacino
$a_T = m_1 \left\{ 1 - \frac{CV\sqrt{6}}{\pi} \left[0,5772 + \text{LnLn} \left(\frac{T}{T-1} \right) \right] \right\} =$	51,71	51,71	51,71	51,71	50,74	mm/h	
Stazione di Vilminore di Scalve	CV = 0,342	0,342	0,342	0,342	0,277		coeff. variazione areale precipitazioni massime annuali da 1 a 24 ore
	$m_1 = 22,9$	22,9	22,9	22,9	25,13	mm	media areale precipitazioni massime annuali di 1 ora
	$n_1 = 0,524$	0,524	0,524	0,524	0,455		media areale esponente altezze medie massimi annuali di pioggia
$r(A, d) = 1 - \exp \left[-2,472 A^{-0,242} d^{0,6} \exp(0,643 A^{0,239}) \right] =$	0,73	0,71	0,72	0,75	0,76		
con	$d = 2,45$	2,64	1,58	1,26	1,47	ore	durata della pioggia
$d = T_c \quad T_c = \frac{3,3\sqrt{A} + 3,2}{\sqrt{H_{med} - H_{idr}}} =$	2,45	2,64	1,58	1,26	1,47	ore	
per $10 < T < 200$ anni							
per $20 < A < 300$ km ²	$\Phi = 0,298 \cdot T^{0,052} \cdot A^{0,085} =$	0,563047	0,581033	0,525863	0,491829	0,498656	indice di Moissello (1998) percentuale di pioggia tradotta in deflusso

STIMA DELLA PORTATA CON TRASPORTO SOLIDO

Portata definita secondo il metodo della Portata Indice

$Q_{liq/sol} = 1.13 - 1.24 \cdot Q_{liq} =$	<i>minima</i>	273	372	140	79	89	m³/s	portata al colmo
	<i>massima</i>	299	408	153	86	97	m³/s	portata al colmo

Portata definita con il Modello Razionale

$Q_{liq/sol} = 1.13 - 1.24 \cdot Q_{liq} =$	<i>minima</i>	302	428	154	76	81	m³/s	portata al colmo
	<i>massima</i>	331	470	169	84	89	m³/s	portata al colmo

METODO RAZIONALE FAO

con determinazione del coefficiente di deflusso secondo il metodo CN

	CN II	68,93	68,9	69,8	76,9	70,65		indice di deflusso
$CN_{III} = 23 \cdot \frac{CN_{II}}{10 + 0,13 \cdot CN_{II}} =$		83,61	83,59	84,17	88,45	84,70		indice di deflusso corretto
$la = 0,2 \text{ S} \quad S = 254 \cdot \left(\frac{100}{CN_{III}} - 1 \right) =$		49,78	49,85	47,78	33,17	45,88		massimo volume specifico trattenuto
parametri curve possibilità	200 a	162,59	162,59	162,590	162,590	162,590		
pluviometrica dell'autorità	200 n	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35		
di bacino	200 hc	71,96	74,93	62,14	55,80	59,57	mm	altezza di pioggia critica
correzione di Puppini	200 a'	151,322	150,0425	154,1301	156,3575	155,947		
	200 n'	0,36	0,36	0,35	0,35	0,35		
	200 hc'	65,45	67,00	58,19	53,33	56,75	mm	altezza di pioggia critica corretta
$P_n = \frac{(P - la)^2}{P - la + S_b} =$		29,26	30,43	24,53	27,30	24,22	mm	pioggia netta
$c_{def} =$		0,45	0,45	0,42	0,51	0,43		coefficiente di deflusso
$Q_c = \frac{c_{def} \cdot h' \cdot S_b}{3 \cdot 6 \cdot T_c} =$		248	333	142	98	85	m³/s	portata al colmo

Metodo di calcolo	Numero del bacino					unità di misura
	3	4	3a	3b	3c	
Giandotti	336	447	203	115	119	m ³ /s
Giandotti-visentini	249	332	151	86	88	m ³ /s
Portata Indice	241	329	124	70	78	m ³ /s
Metodo Razionale	267	379	136	68	72	m ³ /s
Metodo Fao (CN)	248	333	142	98	85	m ³ /s
Portata Indice con trasporto solido	299	408	153	86	97	m ³ /s
Metodo Razionale con trasporto solido	331	470	169	84	89	m ³ /s

Legenda

Sezione	Quota	Bacini	
3	770 m	65÷68	Dezzo a monte della confluenza del Povo
3a	770 m	69÷71	Povo alla confluenza
3b	810 m	-	Gleno alla confluenza con il Nembo
3c	810 m	-	Nembo alla confluenza con il Gleno
4	725 m	65÷71	Dezzo a valle della confluenza del Povo

STIMA DELLE PORTATE AL COLMO DI PIENA PER EVENTI CON TEMPI DI RITORNO DI 100 ANNI (lungo il Torrente Dezzo)

PARAMETRI MORFOMETRICI DEI BACINI

Bacini	3	4	3a	3b	3c		
Sb =	69,7	100,9	31,2	14,2	16,7	km ²	Area del bacino sotteso
L =	14,7	14,7	9,2	8,9	8,4	km	Lunghezza dell'asta
Hmin =	770	770	770	810	810	m	Altezza minima
Hmax =	2687	2882	2882	2882	2427	m	Altezza massima
Hmed =	1691	1689	1686	1859	1556	m	Altezza media assoluta
Hmed =	921	919	916	1049	746	m	Altezza media relativa

METODO DI GIANDOTTI

$Q_c = 0,278 \cdot \frac{\gamma \times \psi}{\lambda \times t_c} \cdot h_{cr} \cdot S_b \cdot C_d =$	459	611	277	157	162	m ³ /s	portata al colmo	con coefficiente di deflusso Cd = 1.0
	275	367	166	94	97	m³/s	portata al colmo	con coefficiente di deflusso Cd = 0.6
$\psi = 0,0667 + 0,0543 \cdot \ln Tr =$	0,317	0,317	0,317	0,317	0,317			
$\gamma =$	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5			
$\lambda =$	3	3	3	3	3			
Tr =	100	100	100	100	100	anni	tempo di ritorno	
$h_{cr} = a \cdot t_c^n =$	60	62	53	49	51	mm	altezza di pioggia critica	
Stazione di Breno								
a =	47,286	47,286	47,286	47,286	47,286			
n =	0,292	0,292	0,292	0,292	0,292			
$T_c = \frac{4 \cdot \sqrt{S_b} + 1,5 \cdot L}{0,8 \cdot \sqrt{H_m}} =$	2,28	2,56	1,49	1,09	1,32	ore	tempo di corrivazione	

METODO di GIANDOTTI E VISENTINI (1938)

$Q_c = \frac{\lambda \cdot S_b \cdot h_c}{0,8 \cdot t_c} \cdot C_d =$	381	508	231	131	135	m ³ /s	portata al colmo	con coefficiente di deflusso Cd = 1.0
	229	305	138	78	81	m³/s	portata al colmo	con coefficiente di deflusso Cd = 0.6
$\lambda =$	166	166	166	166	166			

METODO DELLA PORTATA INDICE

Dip. Ing. Civile Univ. Studi di Brescia (Bacchi, Armanelli, Rossini)

$Q_{c,T} = \mu(Q_c) X_T =$	215	292	110	62	70	m ³ /s	portata al colmo	
$X_T = X_T = \frac{Q_c}{\mu(Q_c)} = 1 + 0,53 \frac{(\exp(0,0521 \cdot Y_G) - 1033)}{0,072} =$	2,751	2,751	2,751	2,751	2,751		coefficiente di crescita	
$Y_G = -\ln \left(-\ln \left(\frac{T-1}{T} \right) \right) =$	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	anni	T (tempo di ritorno) =	
$\mu(Q_c) = 22,68 \cdot A^{0,404} =$	126,0	146,29	91,05	66,25	70,73		media della distribuzione	per 300<A<2000 km ²
$\mu(Q_c) = 3,24 \cdot A^{0,73} =$	71,80	94,06	39,93	22,48	25,30		media della distribuzione	per 1<A<40 km ²
$\mu(Q_c) = \beta \cdot 3,24 \cdot A^{0,73} + (1-\beta) \cdot 22,68 \cdot A^{0,404} =$	77,99	106,29	38,20	18,13	21,23		media della distribuzione	per 40<A<300 km ²
$\beta = \frac{300 - A}{260} =$	0,886	0,766	1,034	1,099	1,090			

METODO DELLA FORMULA RAZIONALE

Dip. Ing. Civile Univ. Studi di Brescia (Bacchi, Armanelli, Rossini)

$Q_{c,T} = \frac{1}{3.6} \cdot \Phi \cdot r(A, d) \cdot A \cdot a_T \cdot T_c^{n_1-1} =$	237	336	121	60	64	m³/s	portata al colmo
$h(t, T) = a_T \cdot d^{n_1} =$	75,95	78,94	60,36	53,54	56,00	mm	altezza di pioggia media puntuale sul bacino
$a_T = m_1 \left\{ 1 - \frac{CV\sqrt{6}}{\pi} \left[0,5772 + \text{LnLn} \left(\frac{T}{T-1} \right) \right] \right\} =$	47,47	47,47	47,47	47,47	46,96	mm/h	
Stazione di Vilminore di Scalve CV =	0,342	0,342	0,342	0,342	0,277		coeff. variazione areale precipitazioni massime annuali da 1 a 24 ore
m ₁ =	22,9	22,9	22,9	22,9	25,13	mm	media areale precipitazioni massime annuali di 1 ora
n ₁ =	0,524	0,524	0,524	0,524	0,455		media areale esponente altezze medie massimi annuali di pioggia
$r(A, d) = 1 - \exp \left[-2472 A^{-0,242206} d^{-\exp(0,643 A^{0,235})} \right] =$	0,73	0,71	0,72	0,75	0,76		
con d =	2,45	2,64	1,58	1,26	1,47	ore	durata della pioggia
d = T _c T _c = $\frac{3,3\sqrt{A} + 3,2L}{\sqrt{H_{med} - H_{dir}}}$ =	2,45	2,64	1,58	1,26	1,47	ore	
per 10<T<200 anni							
per 20<A<300 km ² Φ = 0,298 · T ^{0,052} · A ^{0,085} =	0,543114	0,560463	0,507247	0,474418	0,481002		indice di Moisello (1998) percentuale di pioggia tradotta in deflusso

STIMA DELLA PORTATA CON TRASPORTO SOLIDO

Portata definita secondo il metodo della Portata Indice

$Q_{liq/sol} = 1.13 - 1.24 \cdot Q_{liq} =$	<i>minima</i>	242	330	124	70	79	m³/s	portata al colmo
	<i>massima</i>	266	363	136	77	86	m³/s	portata al colmo

Portata definita con il Modello Razionale

$Q_{liq/sol} = 1.13 - 1.24 \cdot Q_{liq} =$	<i>minima</i>	267	379	136	68	73	m³/s	portata al colmo
	<i>massima</i>	293	416	150	74	80	m³/s	portata al colmo

METODO RAZIONALE FAO

con determinazione del coefficiente di deflusso secondo il metodo CN

CN II	68,93	68,9	69,8	76,9	70,65		indice di deflusso	
$CN_{III} = 23 \cdot \frac{CN_{II}}{10 + 0,13 \cdot CN_{II}} =$	83,61	83,59	84,17	88,45	84,70		indice di deflusso corretto	
la = 0.2 S $S = 254 \cdot \left(\frac{100}{CN_{III}} - 1 \right) =$	49,78	49,85	47,78	33,17	45,88		massimo volume specifico trattenuto	
parametri curve possibilità	100 a	150,00	150,00	149,996	149,996			
pluviometrica dell'autorità	100 n	0,35	0,35	0,35	0,35			
di bacino	100 hc	65,97	68,71	56,90	51,05	54,53	mm	altezza di pioggia critica
correzione di Puppini	100 a'	139,6004	138,42	142,191	144,2458	143,8671		
	100 n'	0,36	0,36	0,35	0,35	0,35		
	100 hc'	60,01	61,44	53,29	48,80	51,95	mm	altezza di pioggia critica corretta
$P_n = \frac{(P - la)^2}{P - la + S_b} =$	25,09	26,15	20,90	23,60	20,64	mm	pioggia netta	
c def	0,42	0,43	0,39	0,48	0,40		coefficiente di deflusso	
$Q_c = \frac{c_{def} \cdot h' \cdot S_b}{3 \cdot 6 \cdot T_c} =$	213	286	121	85	72	m³/s	portata al colmo	

Metodo di calcolo	Numero del bacino					unità di misura
	3	4	3a	3b	3c	
Giandotti	275	367	166	94	97	m ³ /s
Giandotti-visentini	229	305	138	78	81	m ³ /s
Portata Indice	215	292	110	62	70	m ³ /s
Metodo Razionale	237	336	121	60	64	m ³ /s
Metodo Fao (CN)	213	286	121	85	72	m ³ /s
Portata Indice con trasporto solido	266	363	136	77	86	m ³ /s
Metodo Razionale con trasporto solido	293	416	150	74	80	m ³ /s

Legenda

<i>Sezione</i>	<i>Quota</i>	<i>Bacini</i>	
3	770 m	65+68	Dezzo a monte della confluenza del Povo
3a	770 m	69+71	Povo alla confluenza
3b	810 m	-	Gleno alla confluenza con il Nembo
3c	810 m	-	Nembo alla confluenza con il Gleno
4	725 m	65+71	Dezzo a valle della confluenza del Povo

STIMA DELLE PORTATE AL COLMO DI PIENA PER EVENTI CON TEMPI DI RITORNO DI 200 ANNI

PARAMETRI MORFOMETRICI DEI BACINI									
Bacini	1	2	3	4	5	6	7		
S _b =	0,134	0,727	0,567	1,565	0,636	1,011	3,203	km ²	Area del bacino sotteso
L =	0,11	0,31	0,37	1,01	0,38	0,51	0,84	km	Lunghezza dell'asta
H _{min} =	1220	1190	1195	1380	1400	1190	1050	m	Altezza minima
H _{max} =	1370	1550	1560	1770	1710	1550	1670	m	Altezza massima
H _{med} =	1309	1402,54	1396,07	1627,77	1576,3	1347,13	1401,88	m	Altezza media assoluta
H _{med} =	89	212,54	201,07	247,77	176,3	157,1	351,9	m	Altezza media relativa

METODO DI GIANDOTTI									
$Q_c = 0,278 \cdot \frac{\gamma \times \psi}{\lambda \times t_c} \cdot h_{cr} \cdot S_b \cdot C_d =$	6	23	19	36	19	25	70	m ³ /s	portata al colmo con coefficiente di deflusso C _d = 1.0
$\psi = 0,0667 + 0,0543 \cdot \ln Tr =$	0,354	0,354	0,354	0,354	0,354	0,354	0,354		
$\gamma =$	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5		
$\lambda =$	3	3	3	3	3	3	3		
$Tr =$	200	200	200	200	200	200	200	anni	tempo di ritorno
$h_{cr} = a \cdot t_c^n =$	33	38	37	43	38	42	44	mm	altezza di pioggia critica
Stazione di Breno	a = 51,665	51,665	51,665	51,665	51,665	51,665	51,665		
	n = 0,289	0,289	0,289	0,289	0,289	0,289	0,289		
$T_c = \frac{4 \cdot \sqrt{S_b} + 1,5 \cdot L}{0,8 \cdot \sqrt{H_m}} =$	0,22	0,33	0,31	0,52	0,35	0,48	0,56	ore	tempo di corrivazione

METODO DI GIANDOTTI E VISENTINI (1938)									
$Q_c = \frac{\lambda \cdot S_b \cdot h_c}{0,8 \cdot t_c} \cdot C_d =$	4,28	17,07	13,84	26,80	14,25	18,33	51,77	m ³ /s	portata al colmo con coefficiente di deflusso C _d = 1.0
Stazione di Breno	$\lambda =$ 166	166	166	166	166	166	166		

METODO DELLA PORTATA INDICE (media massima portata istantanea annuale).									
Dip. Ing. Civile Univ. Studi di Brescia (Bacchi, Armanelli, Rossini)									
$Q_{c,T} = \mu(Q_c) \cdot X_T =$	2,31	7,95	6,63	13,91	7,20	10,11	23,46	m ³ /s	portata al colmo
$X_T = X_T = \frac{Q_c}{\mu(Q_c)} = 1 + 0,53 \frac{(\exp(0,052 \cdot T^{0,73}) - 1033)}{0,072} =$	3,096	3,096	3,096	3,096	3,096	3,096	3,096	anni	coefficiente di crescita
$Y_G = -Lr \left(-Lr \left(\frac{T-1}{T} \right) \right) =$	5,296	5,296	5,296	5,296	5,296	5,296	5,296		T (tempo di ritorno) =
$\mu(Q_c) = 22,68 \cdot A^{0,404} =$	10,07	19,94	18,0	27,18	18,88	22,78	36,30		media della distribuzione per 300<A<2000 km ²
$\mu(Q_c) = 3,24 \cdot A^{0,73} =$	0,75	2,57	2,14	4,49	2,33	3,27	7,58		media della distribuzione per 1<A<40 km ²
$\mu(Q_c) = \beta \cdot 3,24 \cdot A^{0,73} + (1-\beta) \cdot 22,68 \cdot A^{0,404} =$	-0,68	-0,06	-0,27	1,14	-0,18	0,34	3,51		media della distribuzione per 40<A<300 km ²
$\beta = \frac{300 - A}{260} =$	1,153	1,151	1,152	1,148	1,151	1,150	1,142		

METODO DELLA FORMULA RAZIONALE									
Dip. Ing. Civile Univ. Studi di Brescia (Bacchi, Armanelli, Rossini)									
$Q_{c,T} = \frac{1}{3,6} \cdot \Phi \cdot r(A, d) \cdot A \cdot a_T \cdot t_c^{n_1-1} =$	5,57	20,45	16,31	27,92	16,77	20,91	53,53	m ³ /s	portata al colmo
$h(t, T) = a_T \cdot d^{n_1} =$	24,89	28,72	28,66	34,48	29,71	32,74	34,29	mm	altezza di pioggia media puntuale sul bacino
$a_T = m_1 \left[1 - \frac{CV\sqrt{6}}{\pi} \left[0,5772 - \ln Lr \left(\frac{T-1}{T} \right) \right] \right] =$	43,77	43,77	43,77	43,77	43,77	43,77	43,77	mm/h	coeff. variazione areale precipitazioni massime annuali da 1 a 24 ore
Stazione di Breno	CV = 0,288	0,288	0,288	0,288	0,288	0,288	0,288		media areale precipitazioni massime annuali di 1 ora
	m ₁ = 21,25	21,25	21,25	21,25	21,25	21,25	21,25	mm	media areale esponente altezze medie massime annuali di pioggia
$r(A, d) = 1 - \exp \left[-2,47 \Delta^{0,242} \frac{d^{0,223}}{A} \right] =$	0,99	0,92	0,93	0,87	0,93	0,90	0,80		
con	d = 0,16	0,26	0,26	0,47	0,29	0,40	0,46	ore	durata della pioggia
$d = T_c \quad T_c = \frac{3,3\sqrt{A} + 3,2L}{\sqrt{H_{med} - H_{idr}}} =$	0,16	0,26	0,26	0,47	0,29	0,40	0,46	ore	
per 10<T<200 anni									
per 20<A<300 km ²	$\Phi =$	1	1	1	1	1	1		coefficiente di afflusso locale (per bacini di piccole dimensioni)

STIMA DELLA PORTATA CON TRASPORTO SOLIDO										
Portata definita con il Modello Razionale										
$Q_{liq/sol} = 1,13 - 1,24 Q_{liq} =$	<i>minima</i>	6	23	18	32	19	24	m ³ /s	portata al colmo	
	<i>massima</i>	6,90	25,35	20,22	34,62	20,80	25,93	66,38	m ³ /s	portata al colmo

Metodo di calcolo	Bacini							unità di misura
	1	2	3	4	5	6	7	
Giandotti	5,76	22,97	18,61	36,06	19,17	24,66	69,65	m ³ /s
Giandotti-visentini	4,28	17,07	13,84	26,80	14,25	18,33	51,77	m ³ /s
Portata Indice	2,31	7,95	6,63	13,91	7,20	10,11	23,46	m ³ /s
Metodo Razionale	5,57	20,45	16,31	27,92	16,77	20,91	53,53	m ³ /s
Metodo Razionale con trasporto solido	6,90	25,35	20,22	34,62	20,80	25,93	66,38	m ³ /s
media	5	19	15	28	16	20	53	m ³ /s

tabella riassuntiva delle portate dei bacini.

LEGENDA		
N°	Quota (del punto di chiusura)	Nome del bacino
1	1220 m	Conoide A (Vilmaggiore)
2	1190 m	Conoide C (Vilmaggiore)
3	1195 m	Conoide D (Vilmaggiore)
4	1380 m	Conoide di Nona Est
5	1400 m	Conoide di Nona Ovest
6	1190 m	Conoide Teveno
7	1050 m	Conoide Vilminore

STIMA DELLE PORTATE AL COLMO DI PIENA PER EVENTI CON TEMPI DI RITORNO DI 100 ANNI

PARAMETRI MORFOMETRICI DEI BACINI								
Bacini	1	2	3	4	5	6	7	
Sb =	0,134	0,727	0,567	1,565	0,636	1,011	3,203	km ² Area del bacino sotteso
L =	0,11	0,31	0,37	1,01	0,38	0,51	0,84	km Lunghezza dell'asta
Hmin =	1220	1190	1195	1380	1400	1190	1050	m Altezza minima
Hmax =	1370	1550	1560	1770	1710	1550	1670	m Altezza massima
Hmed =	1309	1402,54	1396,07	1627,77	1576,3	1347,13	1401,88	m Altezza media assoluta
Hmed =	89	212,54	201,07	247,77	176,3	157,1	351,9	m Altezza media relativa

METODO DI GIANDOTTI								
$Q_c = 0,278 \cdot \frac{\gamma \times \psi}{\lambda \times t_c} \cdot h_{cr} \cdot S_b \cdot C_d =$	5	19	15	29	16	20	57	m ³ /s portata al colmo con coefficiente di deflusso Cd = 1.0
$\psi = 0,0667 + 0,0543 \cdot \ln Tr =$	0,317	0,317	0,317	0,317	0,317	0,317	0,317	
$\gamma =$	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	
$\lambda =$	3	3	3	3	3	3	3	
$Tr =$	100	100	100	100	100	100	100	anni tempo di ritorno
$h_{cr} = a \cdot t_c^n =$	30	34	34	39	35	38	40	mm altezza di pioggia critica
Stazione di Breno	a = 47,286	47,286	47,286	47,286	47,286	47,286	47,286	
$n =$	0,292	0,292	0,292	0,292	0,292	0,292	0,292	
$T_c = \frac{4 \cdot \sqrt{S_b} + 1,5 \cdot L}{0,8 \cdot \sqrt{H_m}} =$	0,22	0,33	0,31	0,52	0,35	0,48	0,56	ore tempo di corrivazione

METODO di GIANDOTTI E VISENTINI (1938)								
$Q_c = \frac{\lambda \cdot S_b \cdot h_c}{0,8 \cdot t_c} \cdot C_d =$	3,90	15,58	12,62	24,49	13,01	16,74	47,31	m ³ /s portata al colmo con coefficiente di deflusso Cd = 1.0
$\lambda =$	166	166	166	166	166	166	166	

METODO DELLA PORTATA INDICE (media massima portata istantanea annuale).								
Dip. Ing. Civile Univ. Studi di Brescia (Bacchi, Armanelli, Rossini)								
$Q_{c,T} = \mu(Q_c) \cdot X_T =$	2,06	7,06	5,89	12,36	6,40	8,99	20,85	m ³ /s portata al colmo
$X_T = X_T = \frac{Q_c}{\mu(Q_c)} = 1 + 0,53 \cdot \frac{(\exp(0,052 \cdot T) \cdot Y_G) - 1033}{0,072} =$	2,751	2,751	2,751	2,751	2,751	2,751	2,751	coefficiente di crescita
$Y_G = -\ln\left(-\ln\left(\frac{T-1}{T}\right)\right) =$	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	anni T (tempo di ritorno) =
$\mu(Q_c) = 22,68 \cdot A^{0,404} =$	10,07	19,94	18,0	27,18	18,88	22,78	36,30	media della distribuzione per 300<A<2000 km ²
$\mu(Q_c) = 3,24 \cdot A^{0,73} =$	0,75	2,57	2,14	4,49	2,33	3,27	7,58	media della distribuzione per 1<A<40 km ²
$\mu(Q_c) = \beta \cdot 3,24 \cdot A^{0,73} + (1-\beta) \cdot 22,68 \cdot A^{0,404} =$	-0,68	-0,06	-0,27	1,14	-0,18	0,34	3,51	media della distribuzione per 40<A<300 km ²
$\beta = \frac{300-A}{260} =$	1,153	1,151	1,152	1,148	1,151	1,150	1,142	

METODO DELLA FORMULA RAZIONALE								
Dip. Ing. Civile Univ. Studi di Brescia (Bacchi, Armanelli, Rossini)								
$Q_{c,T} = \frac{1}{3,6} \cdot \Phi \cdot r(A, d) \cdot A \cdot a_T \cdot T_c^{n-1} =$	5,14	18,90	15,07	25,80	15,50	19,33	49,48	m ³ /s portata al colmo
$h(t, T) = a + d \cdot t^{0,1} =$	23,00	26,54	26,49	31,87	27,46	30,26	31,69	mm altezza di pioggia media puntuale sul bacino
$a_T = m_1 \cdot \left[1 - \frac{CW\sqrt{6}}{\pi} \cdot 0,5772 \cdot \ln\left(\ln\left(\frac{T}{T-1}\right)\right)\right] =$	40,45	40,45	40,45	40,45	40,45	40,45	40,45	mm/h coeff. variazione areale precipitazioni massime annuali da 1 a 24 ore
Stazione di Vilminore di Scalve	CV = 0,288	0,288	0,288	0,288	0,288	0,288	0,288	media areale precipitazioni massime annuali di 1 ora
$m_1 =$	21,25	21,25	21,25	21,25	21,25	21,25	21,25	mm media areale esponente altezze medie massimi annuali di pioggia
$r(A, d) = 1 - \exp\left[-2,472 \cdot A^{0,242} \cdot d^{0,66} \cdot \exp(-0,043 \cdot 0,2239^n)\right] =$	0,313	0,313	0,313	0,313	0,313	0,313	0,313	
con	0,99	0,92	0,93	0,87	0,93	0,90	0,80	
$d = T_c =$	0,16	0,26	0,26	0,47	0,29	0,40	0,46	ore durata della pioggia
per 10<T<200 anni	0,16	0,26	0,26	0,47	0,29	0,40	0,46	ore
per 20<A<300 km ²	$\Phi =$	1	1	1	1	1	1	coefficiente di afflusso locale (per bacini di piccole dimensioni)

STIMA DELLA PORTATA CON TRASPORTO SOLIDO								
Portata definita con il Modello Razionale								
$Q_{liq, sol} = 1,13 - 1,24 \cdot Q_{liq} =$	6	21	17	29	18	22	56	m ³ /s portata al colmo
	6,38	23,43	18,69	32,00	19,22	23,97	61,35	m ³ /s portata al colmo

Metodo di calcolo	Bacini							unità di misura
	1	2	3	4	5	6	7	
Giandotti	4,69	18,73	15,18	29,44	15,64	20,13	56,89	m ³ /s
Giandotti-visentini	3,90	15,58	12,62	24,49	13,01	16,74	47,31	m ³ /s
Portata Indice	2,06	7,06	5,89	12,36	6,40	8,99	20,85	m ³ /s
Metodo Razionale	5,14	18,90	15,07	25,80	15,50	19,33	49,48	m ³ /s
Metodo Razionale con trasporto solido	6,38	23,43	18,69	32,00	19,22	23,97	61,35	m ³ /s
media	4	17	13	25	14	18	47	m ³ /s

LEGENDA		
N° Bacino	Quota (del punto di chiusura)	Nome del bacino
1	1220 m	Conoide A (Vilmaggiore)
2	1190 m	Conoide C (Vilmaggiore)
3	1195 m	Conoide D (Vilmaggiore)
4	1380 m	Conoide di Nona Est
5	1400 m	Conoide di Nona Ovest
6	1190 m	Conoide Teveno
7	1050 m	Conoide Vilminore

tabella riassuntiva delle portate dei bacini.

STIMA DELLA MAGNITUDO

PARAMETRI MORFOMETRICI DEI BACINI

	1	2	3	4	5	6	7	
Area bacino:	0,134	0,727	0,567	1,565	0,636	1,011	3,203	km ²
Quota massima:	1370	1550	1560	1770	1710	1550	1670	m
Quota minima:	1220	1190	1195	1380	1400	1190	1050	m
Quota media:	1309	1402,54	1396,07	1627,77	1576,3	1347,13	1401,88	m
Lunghezza asta bacino	0,11	0,31	0,37	1,01	0,38	0,51	0,84	km
Pendenza media asta bacino:	39,8	39,8	39,5	35,0	28,0	31,9	24,0	%
Lunghezza collettore lungo il conoide attivo:	180	300	220	160	150	190	140	m
Pendenza collettore lungo il conoide attivo:	26,5	24,2	26,5	21,0	19,0	15,0	14,0	%

1 Metodo di Marchi e Tecca (1996)

E' applicabile con bacini di A₂10km²

	1	2	3	4	5	6	7	
M = 70000*A =	9382,1	50877,4	39669	109522	44485	70791	224188	m ³
A (area del bacino) =	0,13	0,73	0,57	1,56	0,64	1,01	3,20	km ²

2 Metodo di Rickermann & Zimmerman (1997)

	1	2	3	4	5	6	7	
M = (110-2.5S)*L =	7875	14850	9625	9200	9375	13775	10500	m ³
S (pendenza conoide) =	26,50	24,20	26,50	21,00	19,00	15,00	14,00	%
L (lunghezza dell'alveo sul conoide) =	180	300	220	160	150	190	140	m

3 Metodo di Hampel (1977)

	1	2	3	4	5	6	7	
M = 150*A*(Sf-3) ²⁻³ =	28625	122487	121032	180976	56064	46035	119346	m ³
A (area del bacino) =	0,1340	0,7268	0,5667	1,5646	0,6355	1,0113	3,2027	km ²
Sf (pendenza conoide) =	26,50	24,20	26,50	21,00	19,00	15,00	14,00	%

4 Metodo di Crosta, Ceriani, Frattini & Quattrini (2000)

	1	2	3	4	5	6	7	
M = K*A*M _b *S*(1/IF ²) =	1965	10027	4369	6147	2817	3258	9320	m ³
K = 3.0 per fenomeni di bed load (trasporto di fondo)	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	
K = 5.4 per fenomeni di debris flow								
A (area del bacino) =	0,13	0,73	0,57	1,56	0,64	1,01	3,20	km ²
Mb (Indice di Melton) = (H _{max} - H _{min})*A ^(1/2) =	0,410	0,422	0,485	0,312	0,389	0,358	0,346	
H _{max} (quota massima del bacino) =	1,370	1,550	1,560	1,770	1,710	1,550	1,670	km
H _{min} (quota minima del bacino) =	1,220	1,190	1,195	1,380	1,400	1,190	1,050	km
S (pendenza collettore sulla conoide) =	26,50	24,20	26,50	21,00	19,00	15,00	14,00	%
IF (indice di frana) =	2	2	3	3	3	3	3	
(l'indice di frana è così determinato: grandi frane, frane al piede IF=1 frane sui versanti IF=2 frane piccole o assenti IF=3)								

5 Metodo di Bottino, Crivellari & Mandrone (1996)

Dall'interpolazione di sei valori di volumi di colata misurati in occasione di eventi verificatisi nella zona di Ivrea nel 1993

	1	2	3	4	5	6	7	
M = 21241*A ^{0,28} =	12100	19426	18118	24077	18709	21308	29425	m ³
Ab (area del bacino) =	0,13	0,73	0,57	1,56	0,64	1,01	3,20	km ²

6 Metodo di Takeji (1984)

Sulla base di 552 dati raccolti in Giappone

	1	2	3	4	5	6	7	
M = 13600*A ^{0,61} =	3991	11195	9618	17870	10314	13694	27663	m ³
A (area del bacino) =	0,13	0,73	0,57	1,56	0,64	1,01	3,20	km ²

7 Metodo di D'Agostino et al. (1996)

	1	2	3	4	5	6	7	
M1 = 39*A*S ^{1,5} *(I.G.)*(I.T) ^{0,3} =	1312	7117	5487	12635	3672	7106	14686	m ³
M2 = 36*A*S ^{1,5} *(I.G.)*(1+C.S.) ⁻¹ =	1212	6570	5065	11663	3390	6559	13556	m ³
A (area del bacino) =	0,13	0,73	0,57	1,56	0,64	1,01	3,20	km ²
S (pendenza asta principale) =	39,80	39,80	39,50	35,00	28,00	31,90	24,00	%
I.G. (dipende dai litotipi costituenti il bacino) =	1	1	1	1	1	1	1	
I.T. (indice di trasporto secondo Aulitzky) =	1	1	1	1	1	1	1	
C.S. (coefficiente di sistemazione del bacino) =	0	0	0	0	0	0	0	
Valori I.G:	5	4	3	2	1	0	0	
5	copertura morenica, alluvionale e di falda							
4	rocce metamorfiche						I.T. =	1
3	rocce terrigene							2
2	rocce laviche degradate, tufi basaltici, breccie							3
1	rocce calcaree							
0	rocce porfiriche, granitiche, dioritiche							
								er i debris flow
								er i debris flood
								trasporto di fondo

8 Metodo di Kronfellner-Kraus (1984-1985)

	1	2	3	4	5	6	7		
$M = (K_i \cdot e^{-K_i A}) \cdot A \cdot i =$	6123	32930	25539	61611	20282	36578	84519	m ³	max
	2877	15530	12033	29203	9560	17280	40457	m ³	min
A (area del bacino) =	0,1340	0,7268	0,5667	1,5646	0,6355	1,0113	3,2027	km ²	
	1148	1138	1141	1125	1140	1134	1100		max
$K_i \cdot e^{-K_i A}$ (fattore di torrenzialità) =	539	537	538	533	537	536	526		min
Kl =	1150	1150	1150	1150	1150	1150	1150		max
	540	540	540	540	540	540	540		min
K =	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014		max
	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008		min
i (pendenza media dell'asta torrentizia)=	39,80	39,80	39,50	35,00	28,00	31,90	24,00	%	

Metodo di calcolo	n° del metodo di calcolo	Bacini						
		1	2	3	4	5	6	7
Marchi e Tecca (1996)+D37	1	9382	50877	39669	109522	44485	70791	224188
Rickermann & Zimmerman (1997)	2	7875	14850	9625	9200	9375	13775	10500
Hampel (1977)	3	28625	122487	121032	180976	56064	46035	119346
Crosta, Ceriani, Frattini & Quattrini (2000)	4	1965	10027	4369	6147	2817	3258	9320
Bottino, Crivellari & Mandrone (1996)	5	12100	19426	18118	24077	18709	21308	29425
Takei (1984)	6	3991	11195	9618	17870	10314	13694	27663
D'Agostino et al. (1996)	7A	1312	7117	5487	12635	3672	7106	14686
	7B	1212	6570	5065	11663	3390	6559	13556
Kronfellner-Kraus (1984-1985)	8A	6123	32930	25539	61611	20282	36578	84519
	8B	2877	15530	12033	29203	9560	17280	40457
media=		4870	30684	14391	31325	14909	21150	62573

tabella riassuntiva delle magnitudo.

LEGENDA

N° Bacino Quota (del punto di chiusura) Nome del bacino

1	1220 m	Conoide A (Vilmaggiore)
2	1190 m	Conoide C (Vilmaggiore)
3	1195 m	Conoide D (Vilmaggiore)
4	1380 m	Conoide di Nona Est
5	1400 m	Conoide di Nona Ovest
6	1190 m	Conoide Teveno
7	1050 m	Conoide Vilminore

ANALISI DELLA PROPAGAZIONE DELLE COLATE LUNGO I CONOIDI - METODO DI TAKAHASHI -

	Conoidi alluvionali						
	1	2	3	4	5	6	7

1 **Portata di progetto di acqua chiara**

Ql =	6	20	16	28	28	21	54	m ³ /s
------	---	----	----	----	----	----	----	-------------------

2 **Portata di piena della miscela liquido-solido**

$Q_m = \frac{C^*}{C^* - C_u} Q_l$	60	200	160	280	280	210	540	m ³ /s
Concentrazione volumetrica materiale (n=porosità) $C^* = 1 - n$	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	
Concentrazione del solido nella corrente $C_u = 0,9 \cdot C^*$	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	

3 **Volume dei sedimenti mobilizzabili e trasportabili a valle**

W _m =	3991	3000	5600	6147	3390	12800	10500	m ³
------------------	------	------	------	------	------	-------	-------	----------------

4 **Calcolo della velocità ed altezza di moto uniforme**

velocità moto uniforme a monte cambio pend. $U_m = K \frac{2}{3} \left(\frac{Q_m}{B_d} \right)^{\frac{2}{3}}$	7,18	21,59	18,89	21,84	23,41	15,55	24,86	m/s
$K = \frac{2}{5 \cdot d} \left(\frac{g \cdot \sin \theta_u}{a \cdot \sin \phi} \left(c_u + (1 + c_u) \frac{\rho_l}{\rho_s} \right) \right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{c_u}{c_u} \right)^{\frac{1}{3}} - 1$	4,363	11,258	11,258	6,991	6,325	9,904	7,762	
larghezza alveo a monte del cambio pendenza $B_d =$	6	6	6	6	5	10	10	m
diametro rappresentativo dei sedimenti $d =$	0,05	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	m
inclinazione alveo a monte del cambio pendenza $\theta_u =$	39,8	39,8	39,8	35	28	29,7	45	°
inclinazione alveo a valle del cambio pendenza $\theta_d =$	26,5	24,2	26,5	21	19	18,8	24,4	°
costante con valore compreso fra 0.04 e 0.5 $a =$	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
angolo di attrito del materiale $\phi =$	30	28	28	29	29	28	29	°
densità dell'acqua $\rho_l =$	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	Kg/m ³
densità dei sedimenti $\rho_s =$	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	Kg/m ³
altezza moto uniforme a monte cambio pendenza $h_u = \left(\frac{Q_m}{B \cdot K} \right)^{\frac{3}{2}}$	1,39	1,54	1,41	2,14	2,39	1,35	2,17	m

confrontare con massima dimensione blocchi trasportati scegliendo la maggiore tra le due

5 **Calcolo della massima estensione longitudinale del deposito**

tempo d'arresto $t_r = \frac{2 \cdot V}{G}$	-8,15	-25,00	-17,90	-42,21	-70,47	-42,46	-29,07	s
costante $G = \left(\frac{c_u \cdot g \cdot (\rho_s - \rho_l) \cdot \cos \theta_u \cdot \tan \phi}{c_u \cdot (\rho_s - \rho_l) + \rho_l} \right) - g \cdot \sin \theta_u$	-1,888	-1,685	-2,084	-1,022	-0,669	-0,736	-1,620	
costante $V = \left(u_u + \frac{g \cdot h_u}{2 \cdot u_u} \cos \theta_u \right) \cos(\theta_u - \theta_d)$	7,696	21,057	18,654	21,571	23,555	15,631	23,551	
lunghezza del deposit $X_l = \frac{V^2}{G}$	-31,4	-263,2	-166,9	-455,2	-830,0	-331,9	-342,3	m

6 **Calcolo della pendenza della superficie di deposito**

Per le condizioni morfologiche rilevate è stata ritenuta valida la metodologia proposta nell'ipotesi che la zona di deposito corrisponda al tratto di alveo posto a valle della rottura di pendio

$Tg \omega = \frac{c^* (\rho_s - \rho_l)}{c^* (\rho_s - \rho_l) + \rho_l} \left(1 + \frac{0,52}{d} \left(\frac{Q_l^2}{g \cdot B_d^3} \right)^{\frac{1}{2}} \right) \tan \phi$	0,089	0,034	0,031	0,016	0,016	0,026	0,014	°
pendenza alveo $\omega =$	5,1	1,9	1,7	0,9	0,9	1,5	0,8	°
larghezza media dell'alveo a valle della rottura di pendio $B_d =$	6,0	15,0	10,0	3,0	3,0	10,0	5,0	m
Se $\omega < \theta_d$, si introduce nella formula il valore: $\omega = 0,5(\theta_u + \theta_d)$	33,15	32	33,15	28	23,5	24,25	34,7	°

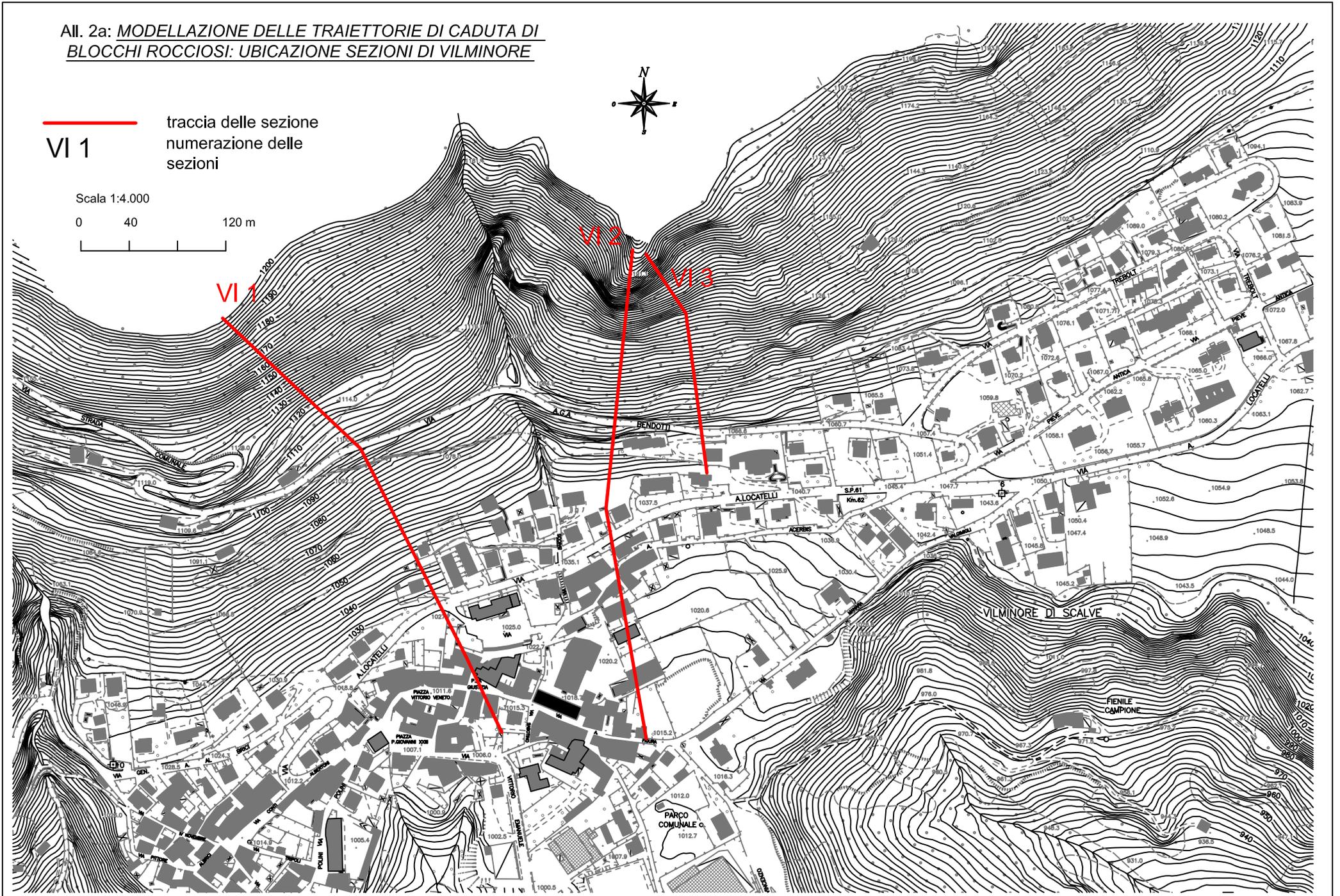
7 **Calcolo del volume di detriti depositati e determinazione dell'area rischio**

Volume della miscela depositata nella zona a rischio $W_r = \frac{W_m}{c_u}$	6822	5128	9573	10508	5795	21880	17949	m ³
A valle del cambio pendenza la morfologia consente di applicare l'espressione per il deposito in un canale rettangolare di larghezza B _d								
larghezza della sezione a valle del cambio di pendenza $B_d =$	6,0	15,0	10,0	3,0	3,0	10,0	5,0	m
volume detriti depositi $W_d = \frac{1}{2} X_l^2 B_d (\tan \omega - \tan \theta_d)$	3840	3032	5583	6111	3388	11251	10561	m ³
perchè il volume W _d risulti circa pari a W _r si ha una lunghezza $X_l =$	91	48	85	166	158	143	133	m
A valle del cambio di pendenza la morfologia dei siti consente di applicare la formula valida per il deposito su un'area a forma di ventaglio								
larghezza della sezione a monte del cambio di pendenza $B_u =$	6,0	6,0	6,0	6,0	5,0	10,0	10,0	m
volume detriti depositi $W_d = \frac{1}{3} X_l \left(X_l + \frac{B_u}{2} \right) (\tan \omega - \tan \theta_u)$	3810	2956	5690	6530	3298	12923	10321	m ³
ottenendo una lunghezza X _l pari a:								
per la quale il volume W _d risulta circa pari a W _r	41	36	47	50	47	69	49	m

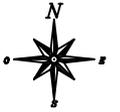
LEGENDA

N°	Quota (del punto di chiusura)	Nome del bacino
1	1220 m	Conoide A (Vilmaggiore)
2	1190 m	Conoide C (Vilmaggiore)
3	1195 m	Conoide D (Vilmaggiore)
4	1380 m	Conoide di Nona Est
5	1400 m	Conoide di Nona Ovest
6	1190 m	Conoide Teveno
7	1050 m	Conoide Vilminore

All. 2a: MODELLAZIONE DELLE TRAIETTORIE DI CADUTA DI BLOCCHI ROCCIOSI: UBICAZIONE SEZIONI DI VILMINORE



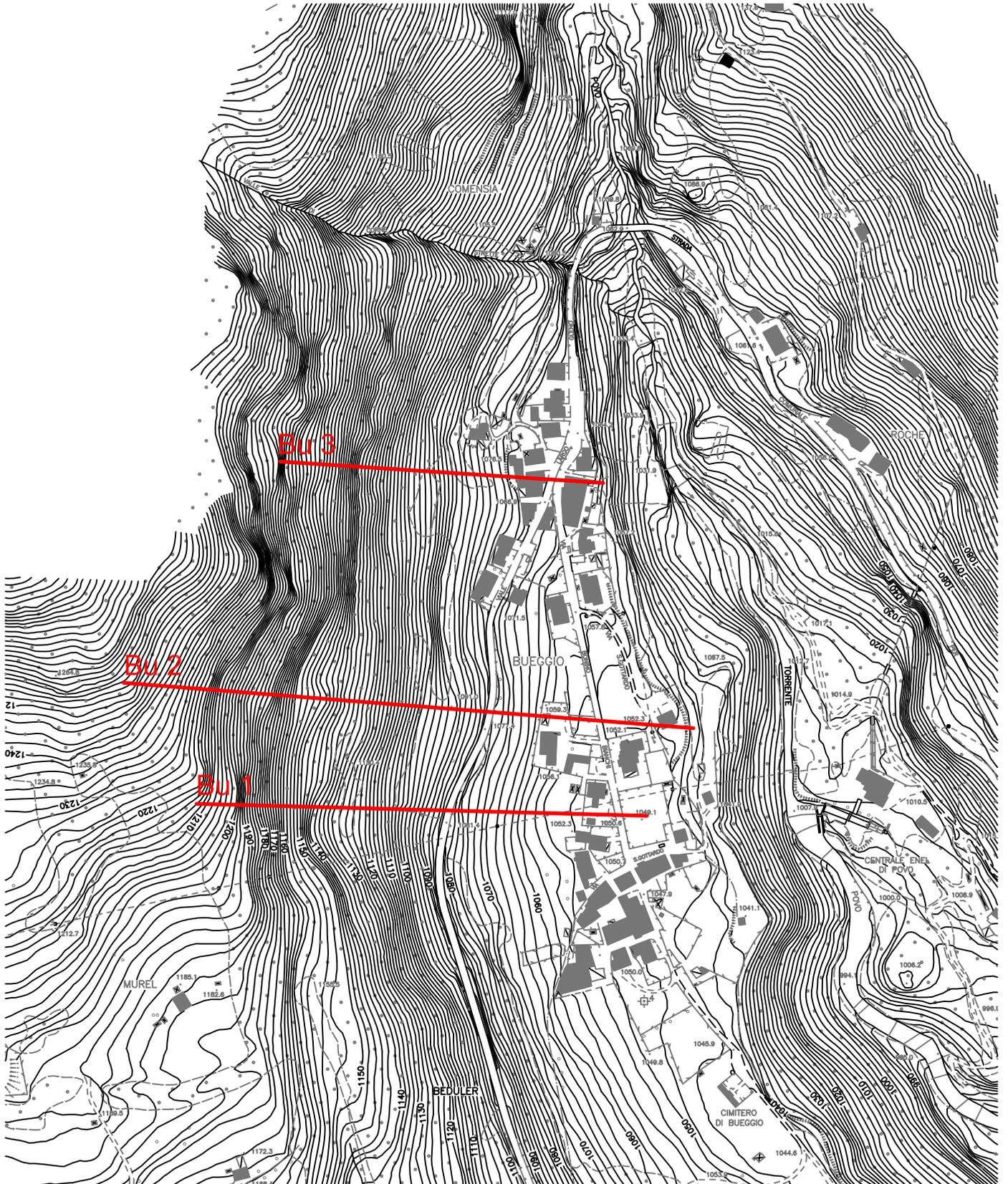
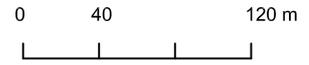
All. 2a: MODELLAZIONE DELLE TRAIETTORIE DI CADUTA DI BLOCCHI ROCCIOSI: UBICAZIONE SEZIONI DI BUEGGIO

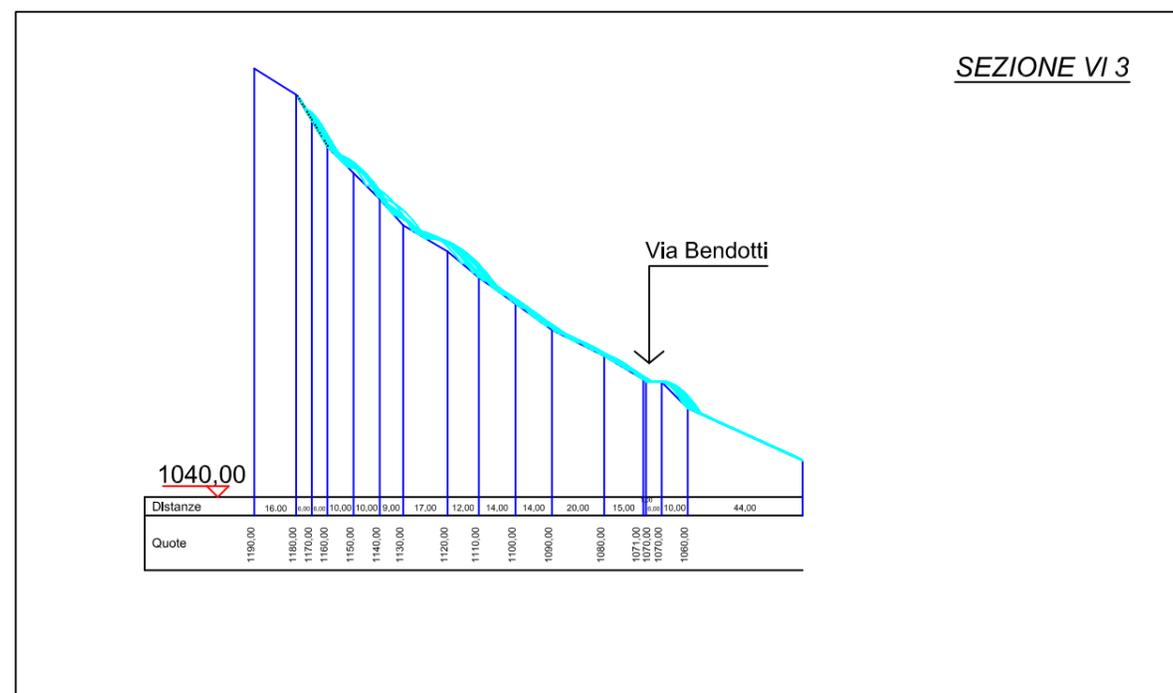
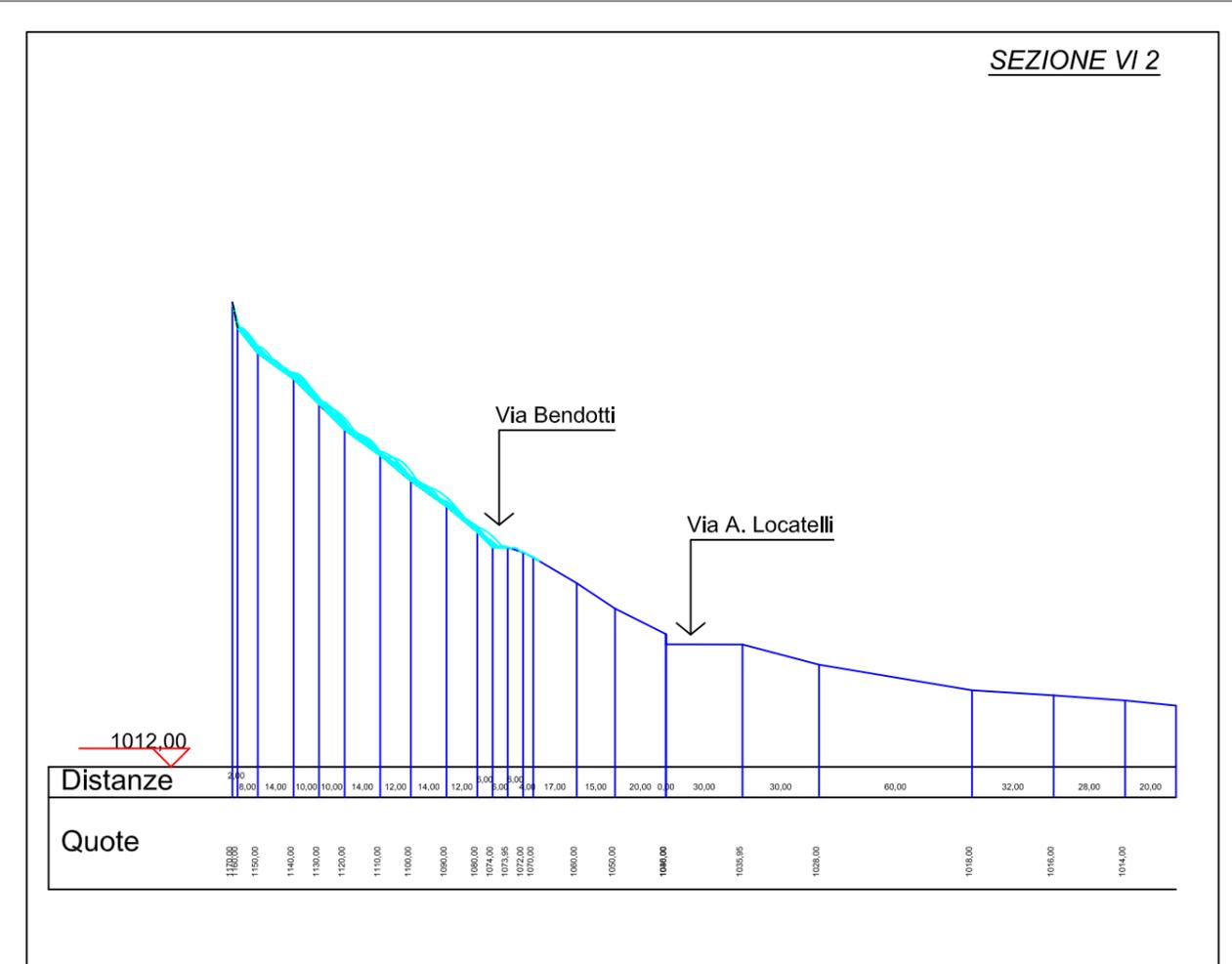
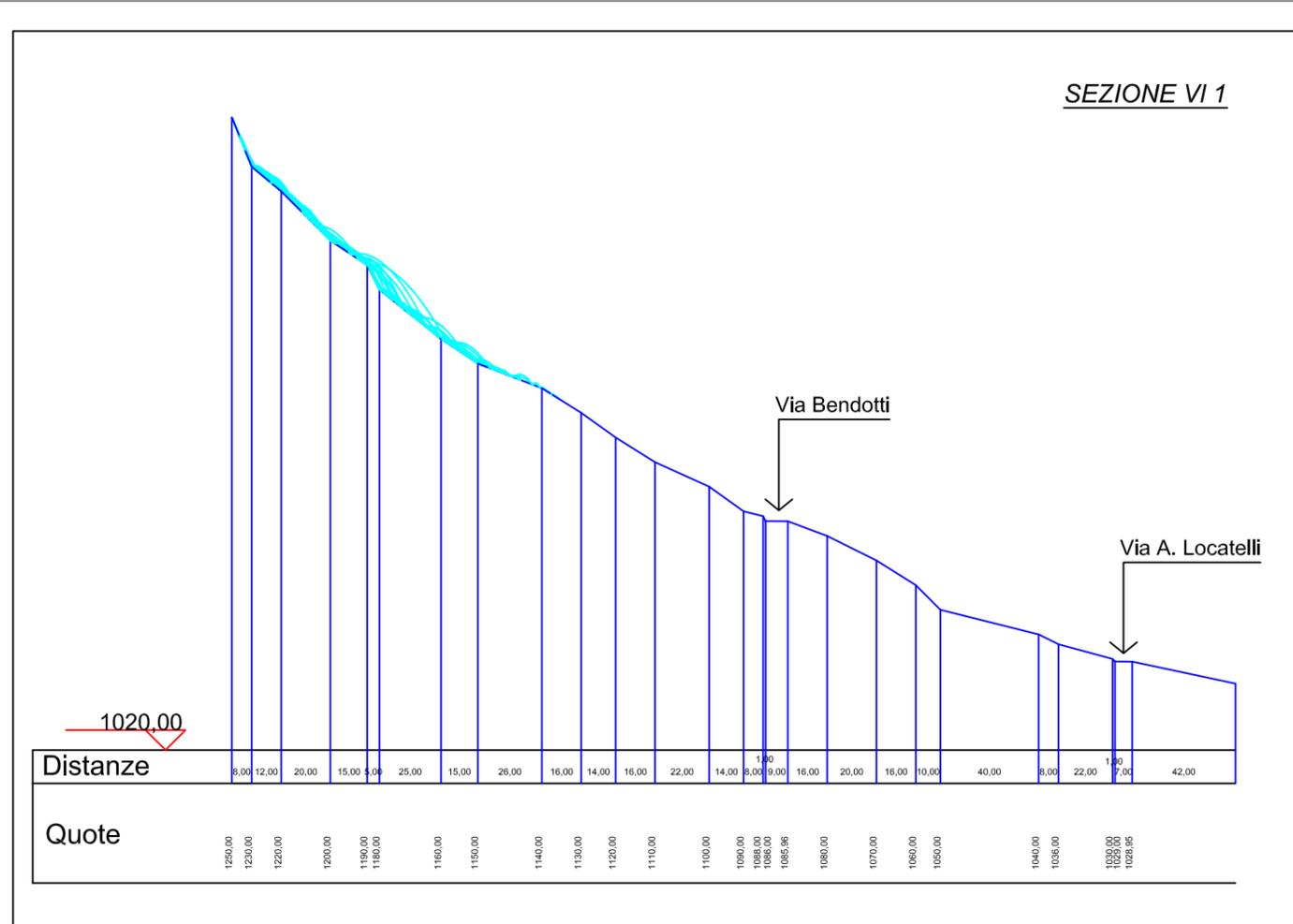


— traccia delle sezione

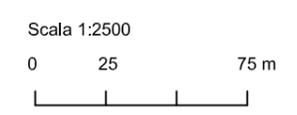
Bu 1 numerazione delle sezioni

Scala 1:4.000

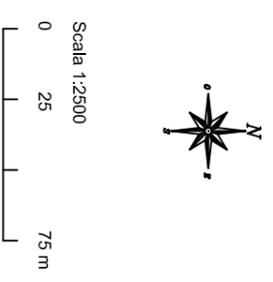
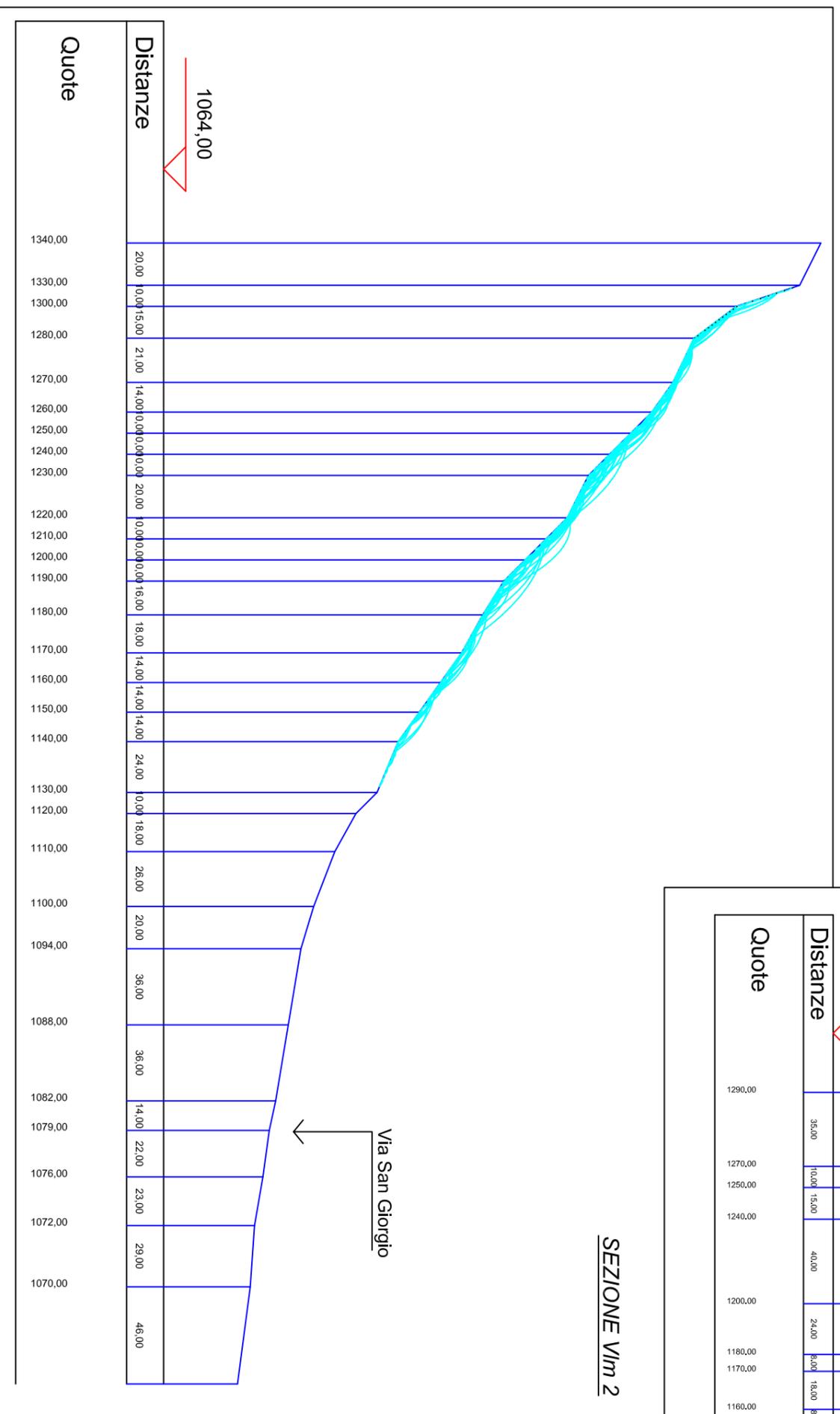
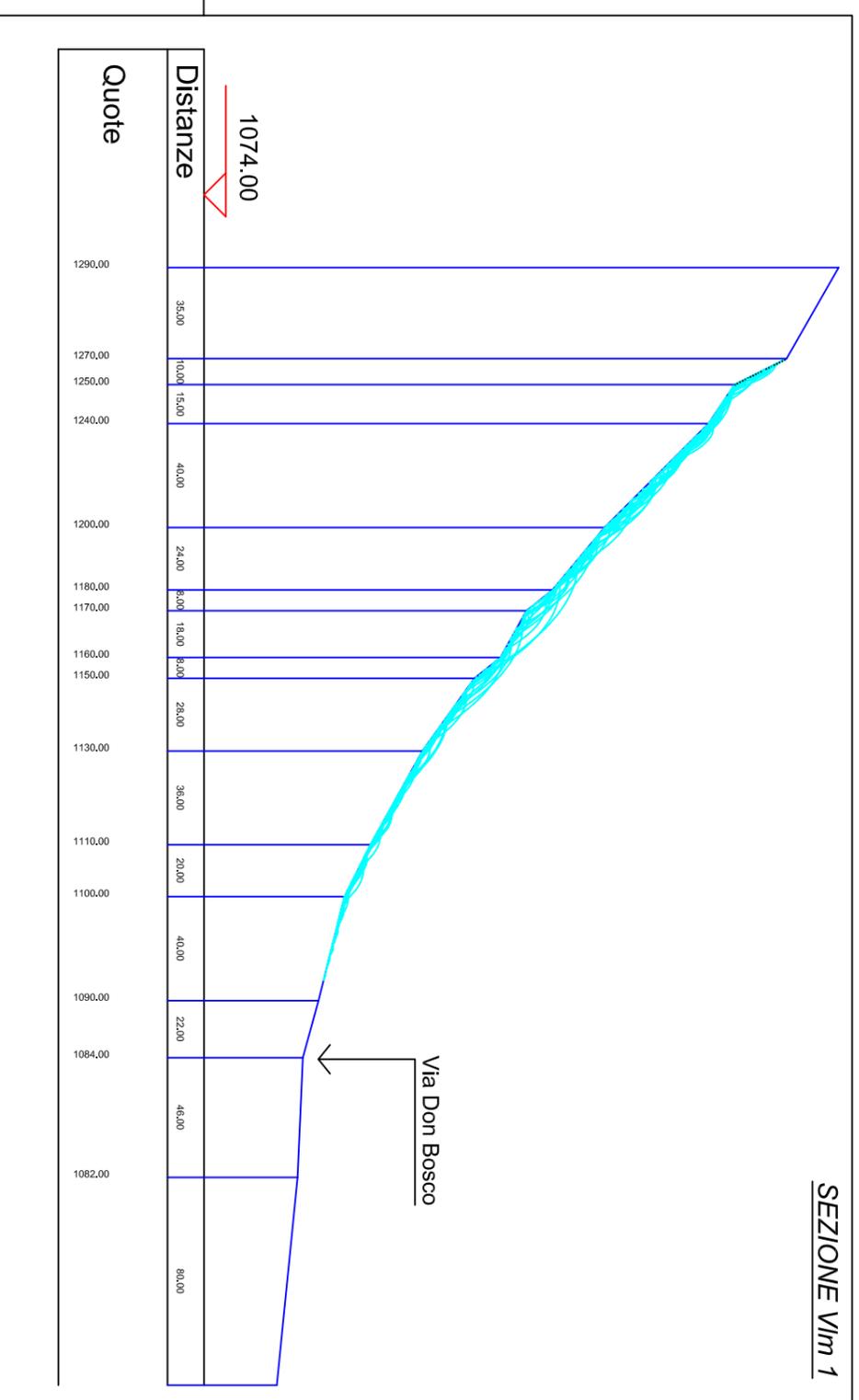




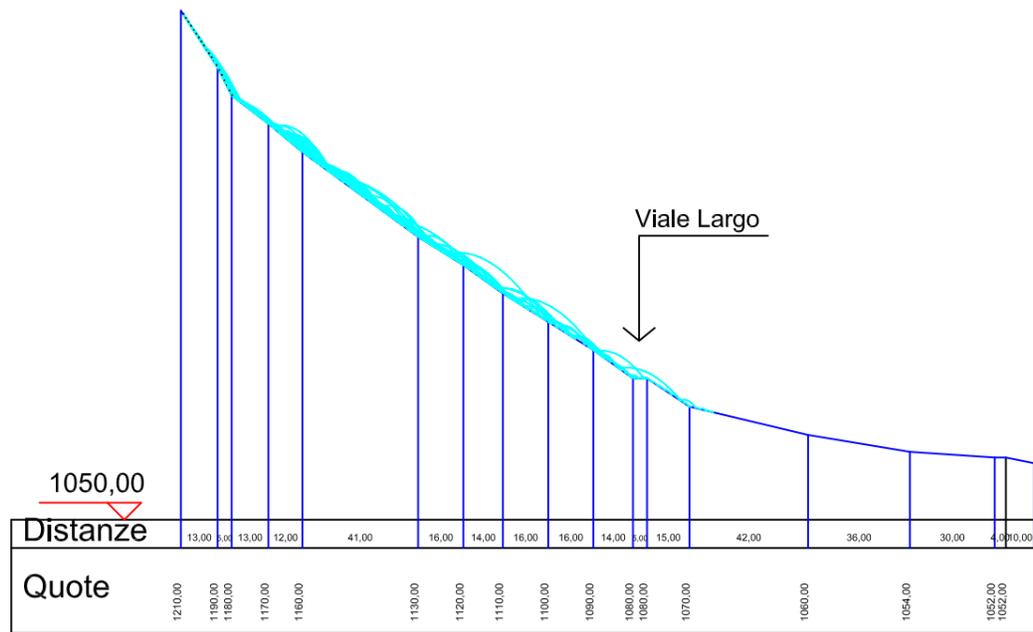
All. 2b: MODELLAZIONE DELLE TRAIETTORIE DI CADUTA DI BLOCCHI ROCCIOSI: SEZIONI DI VILMINORE



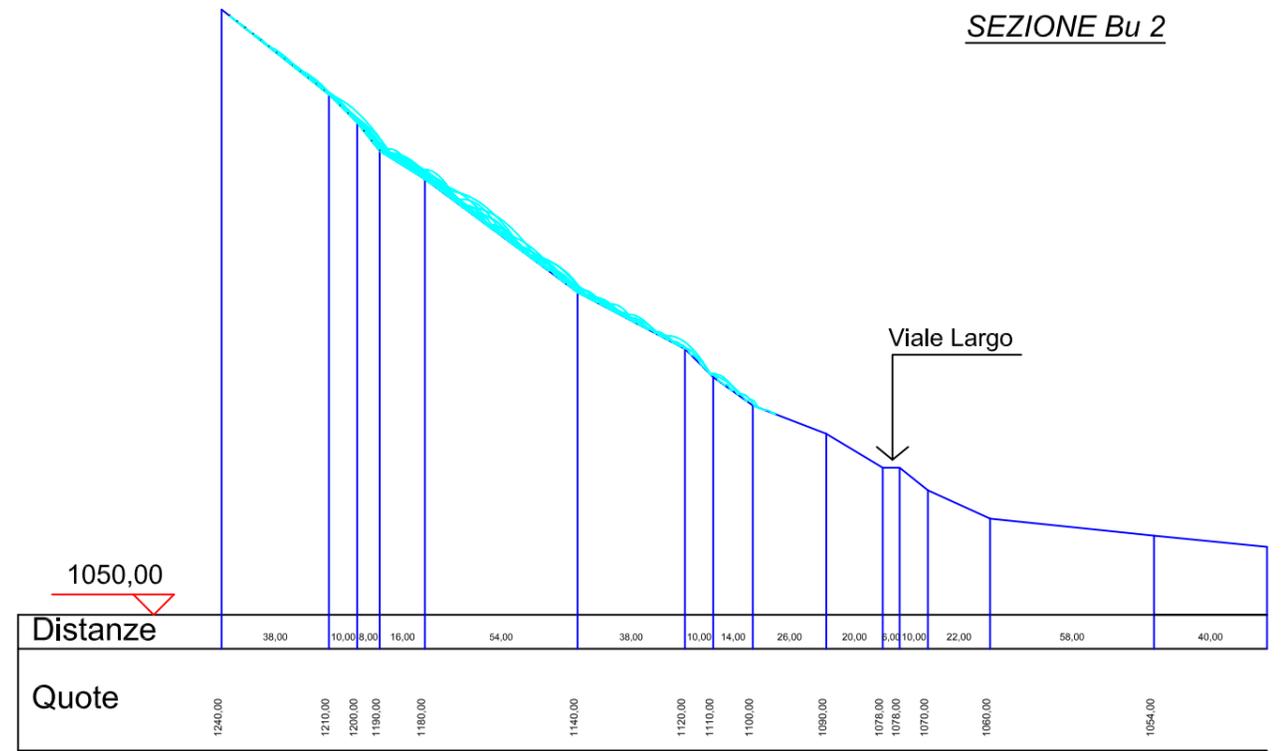
**All. 2b: MODELLAZIONE DELLE TRAIETTORIE DI
CADUTA DI BLOCCHI ROCCIOSI: SEZIONI DI
VILMAGGIORE**



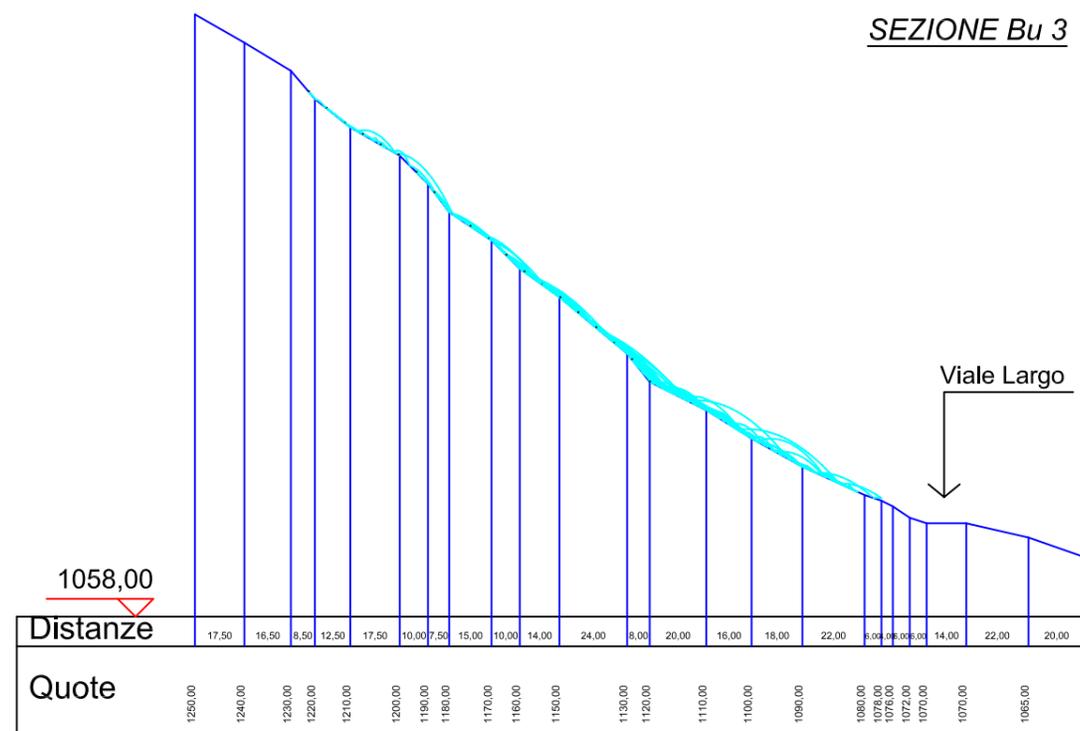
SEZIONE Bu 1



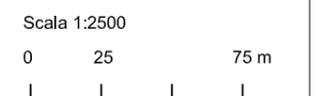
SEZIONE Bu 2



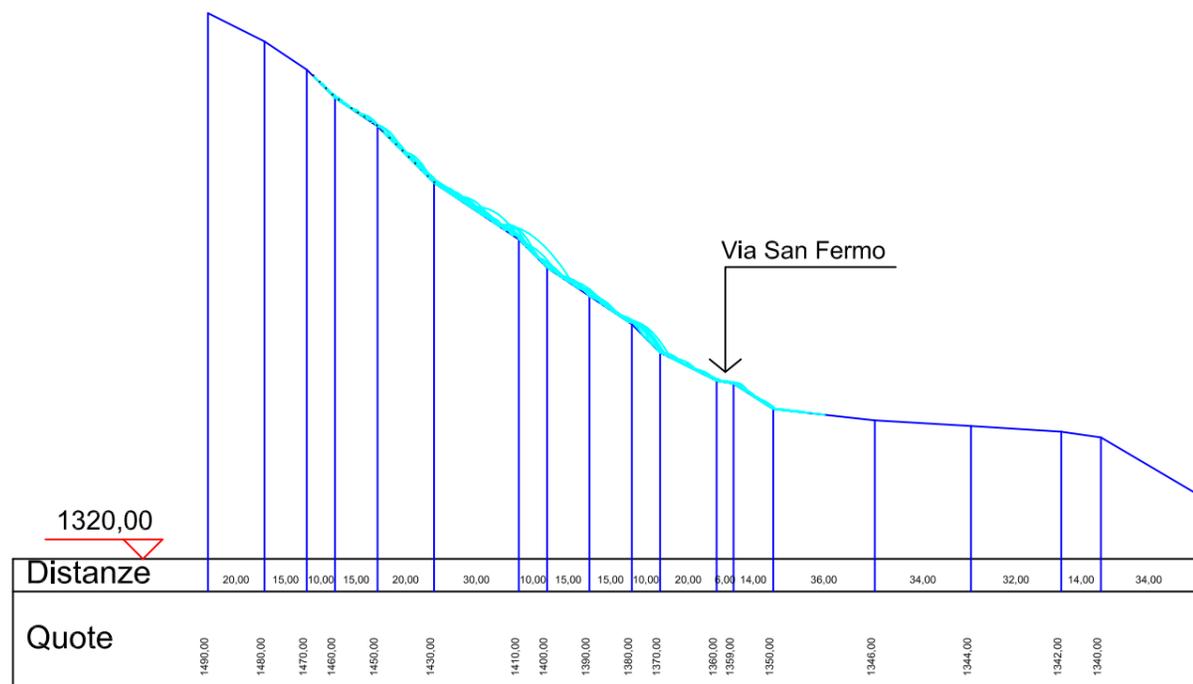
SEZIONE Bu 3



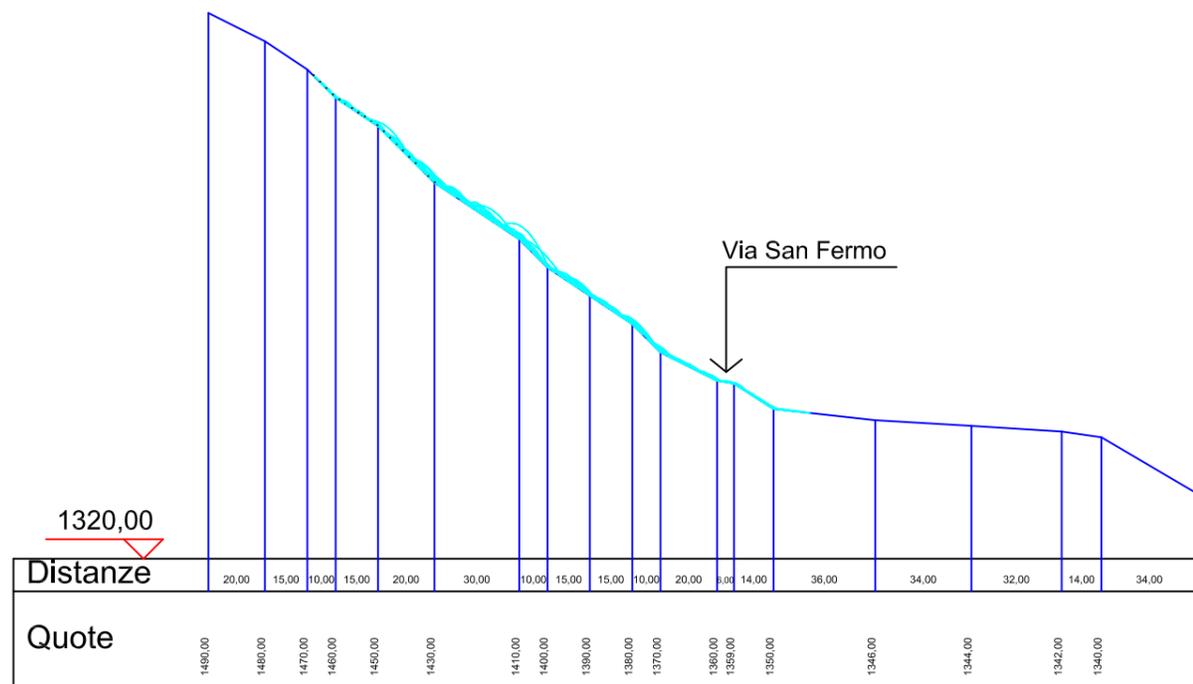
All. 2b: MODELLAZIONE DELLE TRAIETTORIE DI CADUTA DI BLOCCHI ROCCIOSI: SEZIONI DI BUEGGIO



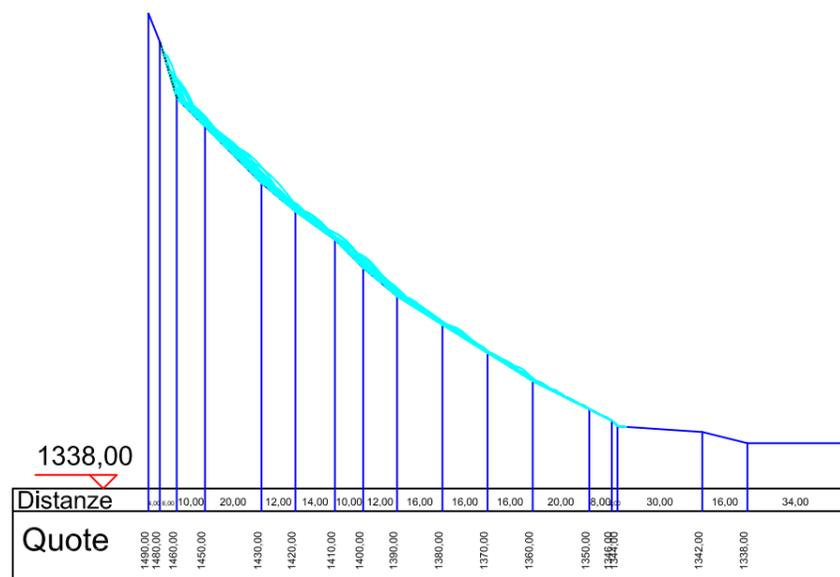
SEZIONE No 1



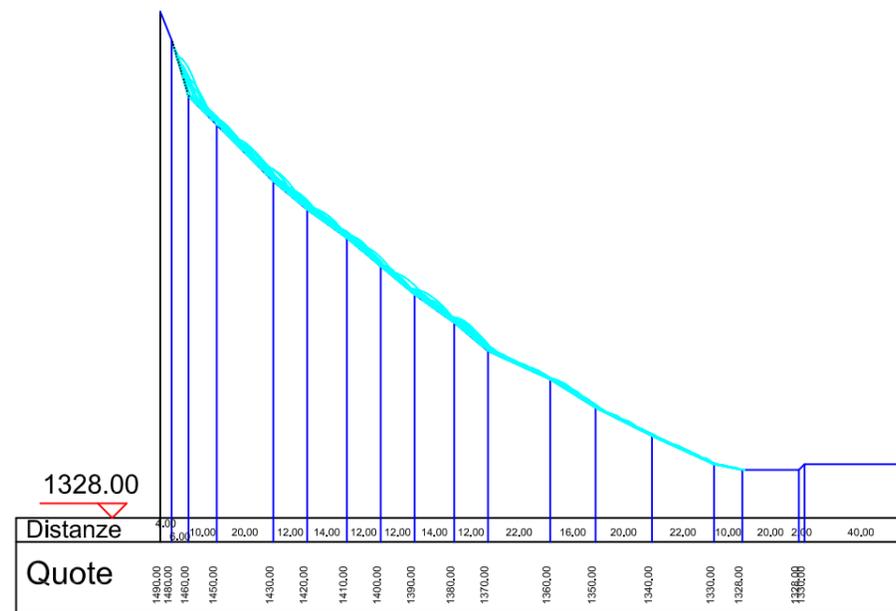
SEZIONE No 2



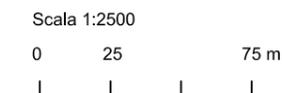
SEZIONE No 3



SEZIONE No 4



All. 2b: MODELLAZIONE DELLE TRAIETTORIE DI CADUTA DI BLOCCHI ROCCIOSI: SEZIONI DI NONA



All. 2c: ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITA' DERIVANTE DA CROLLO IN ROCCIA: DATI PENDIO E PARAMETRI DI RESTITUZIONE DELLE SEZIONI DI CALCOLO

VILMINORE SEZIONE 1

CARATTERISTICHE DEL BLOCCO

Forma del blocco	Sferico		Velocità limite di arresto	0,01	m/s
Densità	2500,0	Kg/mc	Diametro	0,5	m
Elasticità	1000,0	Kg/cmq	Massa	163,625	Kg
Velocità iniziale in x	0,24	m/s	Peso	163,625	Kgf
Velocità iniziale in y	-0,24	m/s	Momento d'inerzia	4,091	Kgxm2

DATI PENDIO

N	X (m)	y (m)	Rn	Rt	Rugosità
1	0,0	1250,0	0,6	0,7	0,05
2	8,0	1230,0	0,4	0,5	0,6
3	20,0	1220,0	0,4	0,5	0,6
4	40,0	1200,0	0,4	0,5	0,6
5	55,0	1190,0	0,6	0,7	0,0
6	60,0	1180,0	0,4	0,5	0,6
7	85,0	1160,0	0,4	0,5	0,6
8	100,0	1150,0	0,4	0,5	0,6
9	126,0	1140,0	0,2	0,3	0,4
10	142,0	1130,0	0,2	0,3	0,4
11	156,0	1120,0	0,2	0,3	0,4
12	172,0	1110,0	0,2	0,3	0,4
13	194,0	1100,0	0,2	0,3	0,4
14	208,0	1090,0	0,2	0,3	0,4
15	216,0	1088,0	0,2	0,3	0,4
16	217,0	1086,0	0,2	0,3	0,4
17	226,0	1085,96	0,2	0,3	0,4
18	242,0	1080,0	0,2	0,3	0,4
19	262,0	1070,0	0,2	0,3	0,4
20	278,0	1060,0	0,2	0,3	0,4
21	288,0	1050,0	0,2	0,3	0,4
22	328,0	1040,0	0,2	0,3	0,4
23	336,0	1036,0	0,2	0,3	0,4
24	358,0	1030,0	0,2	0,3	0,4
25	359,0	1029,0	0,2	0,3	0,4
26	366,0	1028,95	0,2	0,3	0,4
27	408,0	1020,0	0,2	0,3	0,4

ELABORAZIONI STATISTICHE

Velocità massima	28,534	m/s
Velocità minima	0,86	m/s
Velocità media	7,664	m/s
Scarto quadratico medio	5,161	m/s
Energia massima pre-impatto	73,385	KJ
Energia media pre-impatto	7,825	KJ
Scarto quadratico energia	9,737	KJ
Ascissa media di arresto	79,806	m
Ascissa massima raggiunta	212,523	m
% Massi fermati		
X (m)	% Massi fermati	
105,1	71	
140,1	95,2	
213,1	100	

VILMINORE SEZIONE 2

CARATTERISTICHE DEL BLOCCO

Forma del blocco	Sferico
Densità	2500.0 Kg/mc
Elasticità	2500.0 Kg/cmq
Velocità iniziale in x	0.24 m/s
Velocità iniziale in y	-0.24 m/s
Velocità limite di arresto	0.01 m/s
Diametro	0.5 m
Massa	163.625 Kg
Peso	163.625 Kgf
Momento d'inerzia	4.091 Kgxm2

DATI PENDIO

N	X (m)	y (m)	Rn	Rt	Rugosità
1	0.0	1170.0	0.6	0.7	0.05
2	2.0	1160.0	0.4	0.5	0.6
3	10.0	1150.0	0.4	0.5	0.6
4	24.0	1140.0	0.4	0.5	0.6
5	34.0	1130.0	0.4	0.5	0.6
6	44.0	1120.0	0.4	0.5	0.6
7	58.0	1110.0	0.4	0.5	0.6
8	70.0	1100.0	0.2	0.3	0.4
9	84.0	1090.0	0.2	0.3	0.4
10	96.0	1080.0	0.2	0.3	0.4
11	102.0	1074.0	0.2	0.3	0.4
12	108.0	1073.95	0.2	0.3	0.4
13	114.0	1072.0	0.2	0.3	0.4
14	118.0	1070.0	0.2	0.3	0.4
15	135.0	1060.0	0.2	0.3	0.4
16	150.0	1050.0	0.2	0.3	0.4
17	170.0	1040.0	0.2	0.3	0.4
18	170.0	1036.0	0.2	0.3	0.4
19	200.0	1035.95	0.2	0.3	0.4
20	230.0	1028.0	0.2	0.3	0.4
21	290.0	1018.0	0.2	0.3	0.4
22	322.0	1016.0	0.2	0.3	0.4
23	350.0	1014.0	0.2	0.3	0.4
24	370.0	1012.0	0.2	0.3	0.4

ELABORAZIONI STATISTICHE

Velocità massima	25.274 m/s
Velocità minima	0.711 m/s
Velocità media	7.382 m/s
Scarto quadratico medio	4.635 m/s
Energia massima pre-impatto	59.263 KJ
Energia media pre-impatto	6.932 KJ
Scarto quadratico energia	8.007 KJ
Ascissa media di arresto	69.909 m
Ascissa massima raggiunta	156.098 m

% Massi fermati

X (m)	% Massi fermati
104.1	70.6
109.1	95.1
156.1	100

VILMINORE SEZIONE 3

CARATTERISTICHE DEL BLOCCO

Forma del blocco	Sferico
Densità	2400,0 Kg/mc
Elasticità	1000,0 Kg/cmq
Velocità iniziale in x	0,3 m/s
Velocità iniziale in y	-0,3 m/s
Velocità limite di arresto	0,01 m/s
Diametro	1,0 m
Massa	1256,637 Kg
Peso	1256,637 Kgf
Momento d'inerzia	125,664 Kgxm2

DATI PENDIO

N	X (m)	y (m)	Rn	Rt	Rugosità
1	0,0	1190,0	0,5	0,5	0,2
2	16,0	1180,0	0,7	0,75	0,2
3	22,0	1170,0	0,7	0,75	0,2
4	28,0	1160,0	0,7	0,75	0,2
5	38,0	1150,0	0,7	0,75	0,2
6	48,0	1140,0	0,4	0,5	0,2
7	57,0	1130,0	0,7	0,75	0,2
8	74,0	1120,0	0,4	0,5	0,15
9	86,0	1110,0	0,3	0,5	0,15
10	100,0	1100,0	0,3	0,5	0,15
11	114,0	1090,0	0,2	0,5	0,15
12	134,0	1080,0	0,2	0,5	0,15
13	149,0	1071,0	0,2	0,5	0,1
14	150,0	1070,0	0,2	0,5	0,1
15	156,0	1070,0	0,5	0,75	0,02
16	166,0	1060,0	0,3	0,4	0,05
17	210,0	1040,0	0,3	0,4	0,05

ELABORAZIONI STATISTICHE

Velocità massima	24,654 m/s
Velocità minima	3,382 m/s
Velocità media	14,527 m/s
Scarto quadratico medio	4,615 m/s
Energia massima pre-impatto	426,144 KJ
Energia media pre-impatto	173,622 KJ
Scarto quadratico energia	92,865 KJ
Ascissa media di arresto	205,547 m
Ascissa massima raggiunta	209,998 m

% MASSI FERMATI

X (m)	% Massi fermati
209,1	71,4

VILMAGGIORE SEZIONE 1
CARATTERISTICHE DEL BLOCCO

Forma del blocco	Sferico	Velocità limite di arresto	0,01	m/s
Densità	2650,0 Kg/mc	Diametro	0,5	m
Elasticità	1000,0 Kg/cm ²	Massa	173,442	Kg
Velocità iniziale in x	0,3 m/s	Peso	173,442	Kgf
Velocità iniziale in y	-0,3 m/s	Momento d'inerzia	4,336	Kgxm ²

DATI PENDIO

N	X (m)	y (m)	Rn	Rt	Rugosità
1	0,0	1340,0	0,7	0,75	0,1
2	20,0	1330,0	0,7	0,75	0,1
3	30,0	1300,0	0,7	0,75	0,1
4	45,0	1280,0	0,7	0,75	0,2
5	66,0	1270,0	0,55	0,65	0,6
6	80,0	1260,0	0,55	0,65	0,6
7	90,0	1250,0	0,55	0,65	0,6
8	100,0	1240,0	0,55	0,65	0,6
9	110,0	1230,0	0,55	0,65	0,6
10	130,0	1220,0	0,55	0,65	0,6
11	140,0	1210,0	0,5	0,6	0,6
12	150,0	1200,0	0,5	0,6	0,6
13	160,0	1190,0	0,5	0,6	0,6
14	176,0	1180,0	0,5	0,6	0,6
15	194,0	1170,0	0,2	0,3	0,4
16	208,0	1160,0	0,2	0,3	0,4
17	222,0	1150,0	0,2	0,3	0,4
18	236,0	1140,0	0,2	0,3	0,4
19	260,0	1130,0	0,2	0,3	0,4
20	270,0	1120,0	0,2	0,3	0,4
21	288,0	1110,0	0,2	0,3	0,3
22	314,0	1100,0	0,2	0,3	0,3
23	334,0	1094,0	0,2	0,3	0,3
24	370,0	1088,0	0,2	0,3	0,3
25	406,0	1082,0	0,2	0,3	0,3
26	420,0	1079,0	0,2	0,3	0,3
27	442,0	1076,0	0,5	0,6	0,15
28	465,0	1072,0	0,5	0,6	0,15
29	494,0	1070,0	0,15	0,35	0,1
30	540,0	1064,0	0,15	0,35	0,1

ELABORAZIONI STATISTICHE

Velocità massima	36,51	m/s
Velocità minima	0,87	m/s
Velocità media	9,365	m/s
Scarto quadratico medio	6,797	m/s
Energia massima pre-impatto	127,195	KJ
Energia media pre-impatto	13,08	KJ
Scarto quadratico energia	17,581	KJ
Ascissa media di arresto	181,116	m
Ascissa massima raggiunta	311,769	m
% Massi fermati		
X (m)	% Massi fermati	
230,1	70	
259,1	95	
312,1	100	

VILMAGGIORE SEZIONE 2

CARATTERISTICHE DEL BLOCCO

Forma del blocco	Sferico
Densità	2650.0 Kg/mc
Elasticità	1000.0 Kg/cmq
Velocità iniziale in x	0.3 m/s
Velocità iniziale in y	-0.3 m/s
Velocità limite di arresto	0.01 m/s
Diametro	0.5 m
Massa	173.442 Kg
Peso	173.442 Kgf
Momento d'inerzia	4.336 Kgxm2

DATI PENDIO

N	X (m)	y (m)	Rn	Rt	Rugosità
1	0.0	1290.0	0.65	0.75	0.4
2	35.0	1270.0	0.65	0.75	0.4
3	45.0	1250.0	0.65	0.75	0.4
4	60.0	1240.0	0.55	0.65	0.4
5	100.0	1200.0	0.55	0.65	0.4
6	124.0	1180.0	0.55	0.65	0.4
7	132.0	1170.0	0.55	0.65	0.4
8	150.0	1160.0	0.25	0.45	0.25
9	158.0	1150.0	0.25	0.45	0.25
10	186.0	1130.0	0.25	0.45	0.25
11	222.0	1110.0	0.25	0.45	0.25
12	242.0	1100.0	0.2	0.4	0.2
13	282.0	1090.0	0.2	0.4	0.2
14	304.0	1084.0	0.3	0.5	0.15
15	350.0	1082.0	0.3	0.5	0.15
16	430.0	1074.0	0.2	0.4	0.2

ELABORAZIONI STATISTICHE

Velocità massima	36.023 m/s
Velocità minima	0.794 m/s
Velocità media	9.35 m/s
Scarto quadratico medio	6.323 m/s
Energia massima pre-impatto	125.148 KJ
Energia media pre-impatto	12.561 KJ
Scarto quadratico energia	15.818 KJ
Ascissa media di arresto	215.59 m
Ascissa massima raggiunta	305.065 m

% Massi fermati

X (m)	% Massi fermati
255.1	71.1
272.1	94.8
305.1	100

BUEGGIO SEZIONE 1

CARATTERISTICHE DEL BLOCCO

Forma del blocco	Sferico
Densità	2650,0 Kg/mc
Elasticità	2500,0 Kg/cm ²
Velocità iniziale in x	0,24 m/s
Velocità iniziale in y	-0,24 m/s
Velocità limite di arresto	0,01 m/s
Diametro	0,5 m
Massa	173,442 Kg
Peso	173,442 Kgf
Momento d'inerzia	4,336 Kgxm ²

DATI PENDIO

N	X (m)	y (m)	Rn	Rt	Rugosità
1	0,0	1210,0	0,6	0,7	0,05
2	13,0	1190,0	0,6	0,7	0,05
3	18,0	1180,0	0,6	0,7	0,05
4	31,0	1170,0	0,45	0,55	0,6
5	43,0	1160,0	0,45	0,55	0,6
6	84,0	1130,0	0,45	0,55	0,6
7	100,0	1120,0	0,45	0,55	0,6
8	114,0	1110,0	0,45	0,55	0,6
9	130,0	1100,0	0,4	0,5	0,6
10	146,0	1090,0	0,4	0,5	0,6
11	160,0	1080,0	0,2	0,3	0,4
12	165,0	1080,0	0,2	0,3	0,4
13	180,0	1070,0	0,2	0,3	0,4
14	222,0	1060,0	0,2	0,25	0,35
15	258,0	1054,0	0,2	0,25	0,35
16	288,0	1052,0	0,2	0,25	0,35
17	292,0	1052,0	0,2	0,25	0,35
18	302,0	1050,0	0,0	0,0	0,0

ELABORAZIONI STATISTICHE

Velocità massima	28,373 m/s
Velocità minima	0,717 m/s
Velocità media	9,093 m/s
Scarto quadratico medio	6,465 m/s
Energia massima pre-impatto	80,082 KJ
Energia media pre-impatto	12,398 KJ
Scarto quadratico energia	15,413 KJ
Ascissa media di arresto	118,877 m
Ascissa massima raggiunta	205,504 m

% Massi fermati

X (m)	% Massi fermati
149,1	70,5
183,1	95,2
206,1	100

BUEGGIO SEZIONE 2

CARATTERISTICHE DEL BLOCCO

Forma del blocco	Sferico
Densità	2650,0 Kg/mc
Elasticità	2500,0 Kg/cm ²
Velocità iniziale in x	0,3 m/s
Velocità iniziale in y	-0,3 m/s
Velocità limite di arresto	0,01 m/s
Diametro	0,5 m
Massa	173,442 Kg
Peso	173,442 Kgf
Momento d'inerzia	4,336 Kgxm ²

DATI PENDIO

N	X (m)	y (m)	Rn	Rt	Rugosità
1	0,0	1240,0	0,6	0,7	0,05
2	38,0	1210,0	0,6	0,7	0,05
3	48,0	1200,0	0,6	0,7	0,05
4	56,0	1190,0	0,45	0,55	0,6
5	72,0	1180,0	0,4	0,5	0,6
6	126,0	1140,0	0,4	0,5	0,6
7	164,0	1120,0	0,4	0,5	0,6
8	174,0	1110,0	0,4	0,5	0,6
9	188,0	1100,0	0,2	0,3	0,4
10	214,0	1090,0	0,2	0,3	0,4
11	234,0	1078,0	0,2	0,3	0,4
12	240,0	1078,0	0,2	0,3	0,4
13	250,0	1070,0	0,2	0,3	0,4
14	272,0	1060,0	0,2	0,3	0,4
15	330,0	1054,0	0,2	0,3	0,4
16	370,0	1050,0	0,0	0,0	0,0

ELABORAZIONI STATISTICHE

Velocità massima	30,887 m/s
Velocità minima	0,844 m/s
Velocità media	7,972 m/s
Scarto quadratico medio	5,87 m/s
Energia massima pre-impatto	92,793 KJ
Energia media pre-impatto	9,844 KJ
Scarto quadratico energia	13,796 KJ
Ascissa media di arresto	120,456 m
Ascissa massima raggiunta	279,268 m

% Massi fermati

X (m)	% Massi fermati
139,1	70
205,1	95,1
280,1	100

BUEGGIO SEZIONE 3

CARATTERISTICHE DEL BLOCCO

Forma del blocco	Sferico
Densità	2500,0 Kg/mc
Elasticità	2500,0 Kg/cm ²
Velocità iniziale in x	0,3 m/s
Velocità iniziale in y	-0,3 m/s
Velocità limite di arresto	0,01 m/s
Diametro	1,0 m
Massa	1308,997 Kg
Peso	1308,997 Kgf
Momento d'inerzia	130,9 Kgxm ²

DATI PENDIO

N	X (m)	y (m)	Rn	Rt	Rugosità
1	0,0	1250,0	0,4	0,5	0,5
2	17,5	1240,0	0,4	0,5	0,5
3	34,0	1230,0	0,6	0,7	0,05
4	42,5	1220,0	0,6	0,7	0,05
5	55,0	1210,0	0,4	0,5	0,6
6	72,5	1200,0	0,6	0,7	0,05
7	82,5	1190,0	0,6	0,7	0,05
8	90,0	1180,0	0,6	0,7	0,05
9	105,0	1170,0	0,6	0,7	0,05
10	115,0	1160,0	0,6	0,7	0,05
11	129,0	1150,0	0,6	0,7	0,05
12	153,0	1130,0	0,6	0,7	0,05
13	161,0	1120,0	0,4	0,5	0,6
14	181,0	1110,0	0,4	0,5	0,6
15	197,0	1100,0	0,4	0,5	0,6
16	215,0	1090,0	0,2	0,3	0,4
17	237,0	1080,0	0,2	0,3	0,4
18	243,0	1078,0	0,2	0,3	0,4
19	247,0	1076,0	0,2	0,3	0,4
20	253,0	1072,0	0,2	0,3	0,4
21	259,0	1070,0	0,2	0,3	0,4
22	273,0	1070,0	0,2	0,3	0,4
23	295,0	1065,0	0,2	0,3	0,4
24	315,0	1058,0	0,0	0,0	0,0

ELABORAZIONI STATISTICHE

Velocità massima	33,92 m/s
Velocità minima	0,708 m/s
Velocità media	9,12 m/s
Scarto quadratico medio	6,759 m/s
Energia massima pre-impatto	874,618 KJ
Energia media pre-impatto	102,08 KJ
Scarto quadratico energia	144,159 KJ
Ascissa media di arresto	209,93 m
Ascissa massima raggiunta	304,959 m

% Massi fermati

X (m)	% Massi fermati
242,1	40,8
243,1	98,3
305,1	100

NONA SEZIONE 1

CARATTERISTICHE DEL BLOCCO

Forma del blocco	Sferico
Densità	2650,0 Kg/mc
Elasticità	1000,0 Kg/cm ²
Velocità iniziale in x	0,25 m/s
Velocità iniziale in y	-0,25 m/s
Velocità limite di arresto	0,01 m/s
Diametro	0,5 m
Massa	173,442 Kg
Peso	173,442 Kgf
Momento d'inerzia	4,336 Kgxm ²

DATI PENDIO

N	X (m)	y (m)	Rn	Rt	Rugosità
1	0,0	1490,0	0,25	0,45	0,3
2	20,0	1480,0	0,25	0,45	0,3
3	35,0	1470,0	0,25	0,45	0,3
4	45,0	1460,0	0,5	0,65	0,4
5	60,0	1450,0	0,25	0,45	0,4
6	80,0	1430,0	0,55	0,65	0,4
7	110,0	1410,0	0,2	0,4	0,2
8	120,0	1400,0	0,2	0,4	0,2
9	135,0	1390,0	0,15	0,4	0,2
10	150,0	1380,0	0,15	0,4	0,15
11	160,0	1370,0	0,15	0,4	0,15
12	180,0	1360,0	0,15	0,4	0,15
13	186,0	1359,0	0,15	0,4	0,15
14	200,0	1350,0	0,15	0,4	0,1
15	236,0	1346,0	0,15	0,4	0,1
16	270,0	1344,0	0,15	0,4	0,1
17	302,0	1342,0	0,15	0,4	0,1
18	316,0	1340,0	0,15	0,4	0,1
19	350,0	1320,0	0,15	0,4	0,1

ELABORAZIONI STATISTICHE

Velocità massima	24,763 m/s
Velocità minima	0,835 m/s
Velocità media	6,615 m/s
Scarto quadratico medio	4,086 m/s
Energia massima pre-impatto	59,479 KJ
Energia media pre-impatto	6,154 KJ
Scarto quadratico energia	6,855 KJ
Ascissa media di arresto	122,968 m
Ascissa massima raggiunta	221,446 m

% Massi fermati

X (m)	% Massi fermati
207,1	69,3
212,1	94,6
222,1	100

NONA SEZIONE 2

CARATTERISTICHE DEL BLOCCO

Forma del blocco	Sferico
Densità	2650,0 Kg/mc
Elasticità	1000,0 Kg/cm ²
Velocità iniziale in x	0,25 m/s
Velocità iniziale in y	-0,25 m/s
Velocità limite di arresto	0,01 m/s
Diametro	0,5 m
Massa	173,442 Kg
Peso	173,442 Kgf
Momento d'inerzia	4,336 Kgxm ²

DATI PENDIO

N	X (m)	y (m)	Rn	Rt	Rugosità
1	0,0	1490,0	0,25	0,45	0,3
2	20,0	1480,0	0,25	0,45	0,3
3	35,0	1470,0	0,25	0,45	0,3
4	45,0	1460,0	0,5	0,65	0,4
5	60,0	1450,0	0,25	0,45	0,4
6	80,0	1430,0	0,55	0,65	0,4
7	110,0	1410,0	0,2	0,4	0,3
8	120,0	1400,0	0,2	0,4	0,3
9	135,0	1390,0	0,15	0,4	0,3
10	150,0	1380,0	0,15	0,4	0,2
11	160,0	1370,0	0,15	0,4	0,2
12	180,0	1360,0	0,15	0,4	0,15
13	186,0	1359,0	0,15	0,4	0,15
14	200,0	1350,0	0,15	0,4	0,1
15	236,0	1346,0	0,15	0,4	0,1
16	270,0	1344,0	0,15	0,4	0,1
17	302,0	1342,0	0,15	0,4	0,1
18	316,0	1340,0	0,15	0,4	0,1
19	350,0	1320,0	0,15	0,4	0,1

ELABORAZIONI STATISTICHE

Velocità massima	25,875 m/s
Velocità minima	0,786 m/s
Velocità media	6,121 m/s
Scarto quadratico medio	3,725 m/s
Energia massima pre-impatto	65,754 KJ
Energia media pre-impatto	5,149 KJ
Scarto quadratico energia	6,046 KJ
Ascissa media di arresto	117,315 m
Ascissa massima raggiunta	215,928 m

% Massi fermati

X (m)	% Massi fermati
184,1	70,8
209,1	94,6
216,1	100

NONA SEZIONE 3

CARATTERISTICHE DEL BLOCCO

Forma del blocco	Sferico
Densità	2700,0 Kg/mc
Elasticità	1000,0 Kg/cm ²
Velocità iniziale in x	0,25 m/s
Velocità iniziale in y	-0,25 m/s
Velocità limite di arresto	0,01 m/s
Diametro	0,5 m
Massa	176,715 Kg
Peso	176,715 Kgf
Momento d'inerzia	4,418 Kgxm ²

DATI PENDIO

N	X (m)	y (m)	Rn	Rt	Rugosità
1	0,0	1490,0	0,5	0,6	0,3
2	4,0	1480,0	0,5	0,6	0,3
3	10,0	1460,0	0,5	0,6	0,3
4	20,0	1450,0	0,3	0,5	0,4
5	40,0	1430,0	0,2	0,45	0,4
6	52,0	1420,0	0,2	0,45	0,35
7	66,0	1410,0	0,2	0,45	0,35
8	76,0	1400,0	0,2	0,45	0,35
9	88,0	1390,0	0,15	0,45	0,35
10	104,0	1380,0	0,15	0,45	0,35
11	120,0	1370,0	0,15	0,4	0,25
12	136,0	1360,0	0,15	0,4	0,25
13	156,0	1350,0	0,15	0,4	0,2
14	164,0	1346,0	0,15	0,4	0,2
15	166,0	1344,0	0,15	0,4	0,2
16	196,0	1342,0	0,4	0,5	0,05
17	212,0	1338,0	0,4	0,5	0,05
18	246,0	1338,0	0,4	0,5	0,05

ELABORAZIONI STATISTICHE

Velocità massima	24,513 m/s
Velocità minima	0,753 m/s
Velocità media	9,345 m/s
Scarto quadratico medio	2,709 m/s
Energia massima pre-impatto	59,266 KJ
Energia media pre-impatto	9,511 KJ
Scarto quadratico energia	9,203 KJ
Ascissa media di arresto	127,957 m
Ascissa massima raggiunta	175,811 m

% Massi fermati

X (m)	% Massi fermati
150,1	70,1
169,1	95,7
176,1	100

NONA SEZIONE 4

CARATTERISTICHE DEL BLOCCO

Forma del blocco	Sferico
Densità	2700.0 Kg/mc
Elasticità	1000.0 Kg/cm ²
Velocità iniziale in x	0.25 m/s
Velocità iniziale in y	-0.25 m/s
Velocità limite di arresto	0.01 m/s
Diametro	0.5 m
Massa	176.715 Kg
Peso	176.715 Kgf
Momento d'inerzia	4.418 Kgxm ²

DATI PENDIO

N	X (m)	y (m)	Rn	Rt	Rugosità
1	0.0	1490.0	0.5	0.6	0.3
2	4.0	1480.0	0.5	0.6	0.3
3	10.0	1460.0	0.5	0.6	0.3
4	20.0	1450.0	0.3	0.45	0.5
5	40.0	1430.0	0.3	0.45	0.4
6	52.0	1420.0	0.2	0.45	0.4
7	66.0	1410.0	0.2	0.45	0.35
8	78.0	1400.0	0.2	0.45	0.25
9	90.0	1390.0	0.2	0.45	0.25
10	104.0	1380.0	0.15	0.45	0.25
11	116.0	1370.0	0.15	0.4	0.2
12	138.0	1360.0	0.15	0.4	0.2
13	154.0	1350.0	0.15	0.4	0.15
14	174.0	1340.0	0.15	0.4	0.15
15	196.0	1330.0	0.15	0.4	0.15
16	206.0	1328.0	0.2	0.4	0.2
17	226.0	1328.0	0.2	0.4	0.2
18	228.0	1330.0	0.2	0.4	0.2
19	268.0	1330.0	0.2	0.4	0.2

ELABORAZIONI STATISTICHE

Velocità massima	24.437 m/s
Velocità minima	0.711 m/s
Velocità media	13.772 m/s
Scarto quadratico medio	4.096 m/s
Energia massima pre-impatto	56.935 KJ
Energia media pre-impatto	13.628 KJ
Scarto quadratico energia	5.015 KJ
Ascissa media di arresto	180.062 m
Ascissa massima raggiunta	210.031 m

% Massi fermati

X (m)	% Massi fermati
203.1	68.8
207.1	95.6
210.1	100

Comune di Vilminore di Scalve (BG).

Componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio.

A - Relazione illustrativa.



SCHEDA PER IL CENSIMENTO DELLE FRANE

1 - DATI GENERALI

N° di riferimento	1 – Vilminore di Scalve		Data di compilazione	giugno 2005
Rilevatore	Fabio Alberti		Tipo di rilevamento	diretto
Coordinate chilometriche italiane (da CTR) (punto più elevato coronamento frana)	Latitudine		5 096 700	
	Longitudine		1 585 880	
Nome o località frana	Vilmaggiore		Comune	Vilminore di Scalve
Comunità Montana			Provincia	Bergamo
Bacino	Oglio		Sottobacino	Dezzo
Sigla CTR	Vilminore di Scalve Nord		Nome CTR	D3a5
Località minacciate direttamente	Vilmaggiore		Comune	Vilminore di Scalve
Località minacciate indirettamente			Comune	-
Data primo movimento	post-glaciale		Data ultima riattivazione	anni 1980-1990 (crolli singoli)

2 - DATI MORFOMETRICI

NICCHIA	
Quota coronamento (m s.l.m.)	1400
Larghezza media (m)	200
Larghezza massima (m)	250
Altezza max. scarpata principale (m)	30
Area (m ²)	90000
Volume (m ³)	750000
ALTRI DATI	
Area Totale (m ²)	90000
Lunghezza max percorso colata o massi (m)	300
Giacitura media del versante (imm/incl)	155°/45°
Forma del versante	concavo
Presenza di svincoli laterali	e

ACCUMULO	
Quota unghia (m s.l.m.)	
Quota testata (m s.l.m.)	
Larghezza media (m)	
Larghezza massima (m)	
Lunghezza media (m)	
Lunghezza massima (m)	
Spessore medio (m)	
Spessore massimo (m)	
Area (m ²)	
Volume (m ³)	
Accumulo in alveo	
Accumulo rimosso	

3 - TIPO DI MATERIALE

		NICCHIA				ACCUMULO
Roccia	unità	Servino				
	litologia principale	siltiti e calcari				
	altre litologie					
	alterazione	decolorata				
	struttura della roccia	da stratificata a blocchi				
	giacitura foliazione o stratificazione (imm/incl)	170°/75° - 170°/35°				
	giacitura sistemi discontinuità principali (imm/incl)	1	2	3	4	
	260/80	170/30				
Terreno	unità					
	facies					
	classe granulometrica principale (A.G.I.)					
	alterazione					
	grado di cementazione					

4 - TIPO DI MOVIMENTO

1 2

Crollo	in massa		
	di singoli blocchi	puntuale	
		diffuso	X
Ribaltamento			
Scivolamento	rotazionale		
	traslativo		
superficie di movimento			
	planare		
	multiplanare		
	circolare		
	curvilinea		
	non determinabile		
Espansione laterale			
Colata		X	
Subsidenza			

5 - PRESENZA DI ACQUA

	NICCHIA		ACCUMULO		
Precipitazioni pre-sopralluogo	no				
Assenza di venute d'acqua					
Umidità diffusa					
Acque stagnanti					
Stillicidio					
Rete di drenaggio sviluppata	zona inferiore				
Ruscigliamento diffuso					
Presenza di falda					
Profondità falda (m)					
Sorgenti	Portata (l/s)	1	< 0,5 l/m	1	
		2		2	
		3		3	
		4		4	
Comparsa di nuove sorgenti					
Scomparsa di sorgenti					

6 - STATO DI ATTIVITÀ

ATTIVA		Sintomi di attività				
		Rigonfiamenti				
		Cedimenti di blocchi				
		superfici di movimento non alterate				
		vegetazione assente o abbattuta				
		variazioni portata acque				
		lesioni a manufatti				
		fratture aperte				
		colate di detrito e/o terra al piede				
RIATTIVATA		per:	Parzialmente		Totalmente	
		arretramento	Nicchia	Accumulo	Nicchia	Accumulo
		estensione laterale				
		avanzamento				
INATTIVA QUIESCENTE		X				
INATTIVA STABILIZZATA						

7 - PROBABILE EVOLUZIONE

	NICCHIA	ACCUMULO
Arretramento	X	
Estensione laterale		
Avanzamento		
Rimobilizzazione totale	X	
Stabilizzazione		

8 - DANNI A ELEMENTI DEL TERRITORIO E A PERSONE

accertati	potenziali	accertati	potenziali
Centro abitato	X	Acquedotti	
Baite o case sparse		Fognature	
Edifici pubblici		Oleodotti	
Insedimenti produttivi		Argini o opere di regimazione	
Ferrovie		Sbarramento parziale corsi d'acqua	
Autostrade, SS, SP		Sbarramento totale corsi d'acqua	
Strade comunali e consortili		X Terreni agricoli	
Linee elettriche		X Boschi	
Condotte forzate		Allevamenti	
Gallerie idroelettriche			
Dighe			

Morti e dispersi		Feriti		Evacuati	
------------------	--	--------	--	----------	--

9 - OPERE DI INTERVENTO ESEGUITE (E) O PROPOSTE (P)

	E	P		E	P		E	P
SISTEMAZIONI FORESTALI			INTERVENTI PASSIVI			DRENAGGIO		
Vimate/fascinate			Valli paramassi		X	Canalette di drenaggio		
Gradonate (Schiechtl)			Trincee paramassi			Gallerie drenanti		
Disgaggio			Rilevati paramassi			Trincee drenanti		
Gabbionate			Muri e paratie			Dreni		
Palificate			Sottomurazioni			Pozzi drenanti		
Impianto vegetazione arbustiva			Barriere paramassi	X	X	Drenaggi con fascinate		
Taglio vegetazione arborea					Canalette in legname		
SISTEMAZIONI IDRAULICHE			INTERVENTI ATTIVI IN PARETE			ALTRO		
Briglie e traverse			Spritz-Beton			Sistemi di allarme		X
Argini e difese spondali			Chiodature		X	Consolidamento edifici		
Svasi / pulizia alveo			Tirantature			Evacuazione		
Vasche di espansione			Imbragature		X	Demolizione infrastrutture		
Palizzate (Schiechtl)			Iniezioni			Terre armate		
			Reti		X	Micropali		
					Demolizione blocchi		
							

Comune di Vilminore di Scalve (BG).

Componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio.

A - *Relazione illustrativa.*

10 - STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO ESISTENTE (E) O PROPOSTA (P)

	E	P		E	P
Fessurimetri		X	Monitoraggio meteorologico		
Assestimetri			Monitoraggio idro-meteorologico		
Distometri		X	Monitoraggio topografico convenzionale		
Estensimetri			Monitoraggio topografico tramite GPS		X
Inclinometri			Rete microsismica		
Piezometri			Sopralluoghi in occasione di precipitazioni		

11 - STATO DELLE CONOSCENZE

Raccolta di dati storici		Dati geoelettrici	
Rilievi geomeccanici		Dati sismici a rifrazione	
Analisi strutturali		Dati sismici a riflessione	
Indagini idrogeologiche		Relazione geologica	X
Dati di perforazioni		Verifiche di stabilità	
Analisi geotecniche di laboratorio		Relazione di sopralluogo tecnico	
Prove penetrometriche		Progetto di sistemazione di massima	
Prove scissometriche		Progetto esecutivo	
Prove pressiometriche			

12 - NOTE

Frana per colata in roccia (deformazione gravitativa relativamente profonda) che coinvolge la parte inferiore del versante (impostato nella formazione del Servino) posto a monte del settore est dell'abitato di Vilmaggiore, a partire dalla quota del ripiano dell'abitato (1100 m) fino a 1400 m. Il fenomeno è evidente dalle deformazioni del substrato roccioso che affiora nella parte inferiore della frana mentre è poco evidente nella parte superiore, dove si rileva solo una variazione della pendenza del versante. Il Servino è costituito principalmente da siltiti sottili rinsaldate in banchi intercalate a calcari (calcareniti) in strati da medi a spessi e subordinati calcari marnosi in strati da sottili a medi a volte rinsaldati. Nel settore inferiore della frana, fino a circa 1330 m, la roccia è in affioramento mentre al di sopra la roccia è subaffiorante o coperta da una coltre di depositi detritici ed eluvio/colluviali. Nella parte superficiale l'ammasso roccioso affiorante presenta le deformazioni tipiche da rilascio tensionale con una forte fratturazione complessiva che determina un assetto variabile da una suddivisione dell'ammasso in blocchi da parzialmente a completamente sconnessi e ruotati tra loro fino ad assumere l'aspetto di una catasta di blocchi. Indicativamente il fenomeno è relativamente profondo, dell'ordine di alcune decine di metri (da almeno 20 a 50). Il fenomeno è impostato in corrispondenza di due pieghe che determinano un cambio dell'inclinazione della stratificazione: ripida (65°-75°) a monte della nicchia e nella parte inferiore e meno inclinata (25°-35°) nella parte superiore della nicchia (tra 1330 e 1400 m circa). Le deformazioni avvengono con scivolamento secondo le superfici meno inclinate della stratificazione e rilascio secondo quelle più inclinate.

La frana è delimitata esternamente da due linee di impluvio a regime temporaneo: meglio sviluppata la linea posta lungo il fianco sinistro. Nel settore centrale e destro della frana, a valle di quota 1330 m, si sviluppano due piccole nicchie secondarie, percorse anch'esse da linee di drenaggio temporanee, con roccia affiorante alla sommità e sui fianchi e da subaffiorante a coperta di detrito al fondo. Alla sommità della nicchia di destra, (ovest) alla quota di circa 1280 m, si trova una piccola sorgente, probabilmente perenne ma con portata molto variabile e comunque piccola, inferiore a 0,5 l/m; l'acqua della sorgente si infila nel detrito poco a valle. A valle della linea di impluvio centrale si sviluppa un cono detritico.

Non si hanno evidenze di attività recente del fenomeno di rilascio nel suo complesso, ma solo di deformazioni relativamente superficiali tra i blocchi sconnessi, che potrebbero essere dovute solamente a fattori di degradazione locali. Non si hanno infatti evidenze di fratture nella zona della scarpata sommitale e degli impluvi laterali e non si hanno evidenze di apertura recente delle maggiori fessure presenti nella parte inferiore. L'insieme delle deformazioni comunque appare relativamente evidente e fresco, per cui si ritiene che il fenomeno sia da considerare quantomeno quiescente, ad evoluzione lenta. La situazione di deformazione dell'ammasso roccioso può facilmente dar luogo a fenomeni di caduta di singoli blocchi di roccia, come è accaduto anche di recente, ma potrebbe originare anche fenomeni di collasso della parte esterna più deformata dell'ammasso. Le dimensioni dei blocchi in caduta sono piuttosto variabili in ragione della presenza dei banchi dovuti agli strati rinsaldati e varia da un volume modale inferiore dell'ordine di 0,5 m³ ad un volume modale superiore dell'ordine di 1-2 m³, fino a volumi massimi che potrebbero arrivare a 8-10 m³.

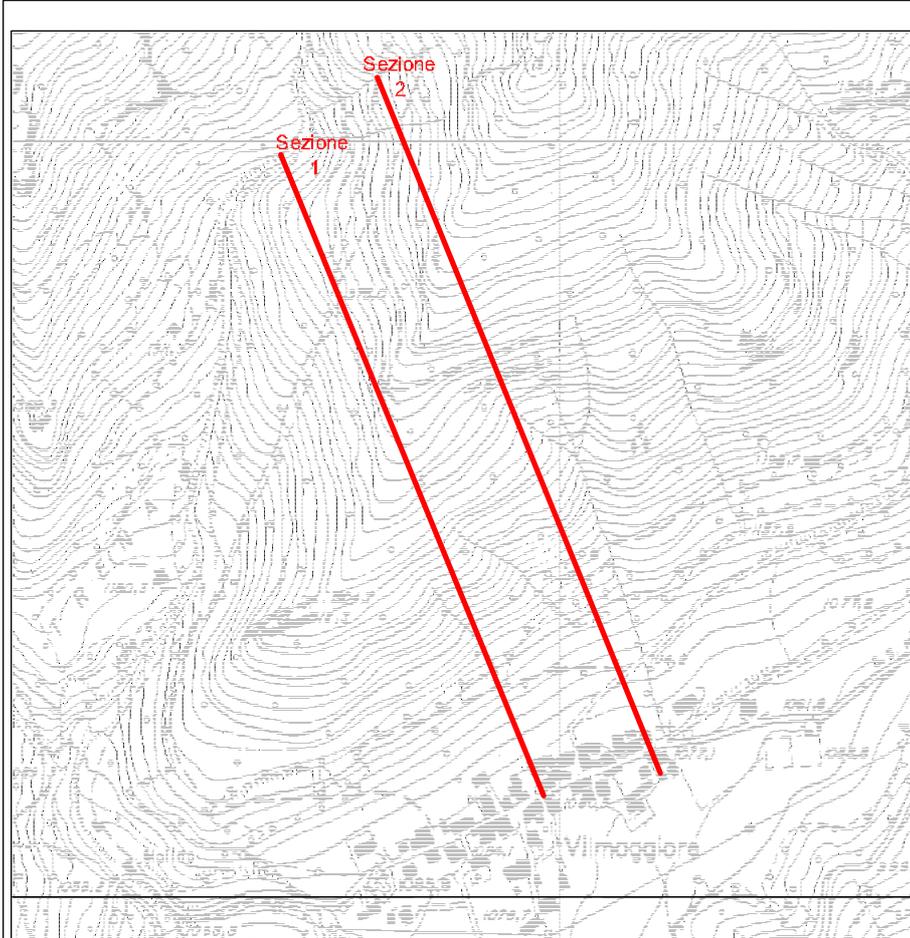
Secondo le testimonianze i fenomeni di caduta di blocchi verificatisi in passato hanno coinvolto in genere blocchi con volume non superiore a 1-2 m³ ed i blocchi caduti hanno raggiunto la zona posta subito a monte del nucleo storico dell'abitato di Vilmaggiore (quota 1090-1085) al limite della falda detritica che raccorda il versante al ripiano dell'abitato: gli episodi di distacco sembra fossero relativamente sporadici. In anni recenti sono state realizzate delle abitazioni più a monte, alla base della falda di detrito (tra quota 1090 e quota 1095 m) e successivamente, all'inizio degli anni '90, in seguito a episodi di caduta di blocchi e l'interessamento del Genio Civile è stata realizzata una barriera paramassi poco a monte delle abitazioni. La barriera copre solo una parte delle abitazioni presenti ed è insufficiente, sia come altezza sia come energia, rispetto alle dimensioni dei blocchi che possono cadere. Poco più a valle di questa barriera, sono state successivamente realizzate delle barriere da parte di privati a diretta protezione di alcune abitazioni.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

--

ALLEGATI

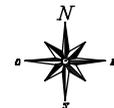
Cartografia (CTR 1:10 000)	Ubicazione sezioni schematiche e carta morfologica scala 1:10000
Foto	
Sezioni	Sezioni schematiche scala 1:10000 e scala 1:2000



Ubicazione sezione schematiche

 traccia delle sezione

Sezione 1 numerazione delle sezioni



Scala 1:10000

0 100 300 m



Carta morfologica

Forme e processi legati alla gravità

Attivi	Quiescenti	Inattivi	
			Orlo di scarpata di degradazione e/o di frana
			Area interessata da reptazione e/o sollifusso generalizzato
			Parete rocciosa origine di crolli

Elementi antropici

	Tracce di pascolamento/reptazione agricola
	Terrazzamenti agrari
	Miniera dismessa

Forme e processi legati alle acque superficiali

Attivi	Quiescenti	Inattivi	
			Orlo di scarpata di erosione torrentizia
			Linee di Impluvio con erosione accelerata
			Solco di ruscellamento
			Tratti di alveo con erosione intensa

Forme di origine glaciale/hivale

	Canale di valanga potenziale
---	------------------------------

Forme di origine complessa

	Orlo di terrazzo di origine complessa
---	---------------------------------------

