

REGIONE LOMBARDIA

PROVINCIA DI SONDRIO

COMUNE DI CAMPODOLCINO

*STUDIO DI DETTAGLIO DELLA PERICOLOSITÀ DELL'AREA DI FRANA
QUIESCENTE (FQ) NELLA ZONA DELLA VALLE DEI MAGAZZINI*



RELAZIONE TECNICA

Data: novembre 2013

Committente: Amministrazione Comunale di Campodolcino

Comune di Campodolcino

Studio di dettaglio dell'area di frana quiescente (Fq) nella zona della Valle dei Magazzini

Relazione Tecnica

INDICE

1 - <u>PREMESSA</u>	3
2 – <u>INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO DATI SULLA PIOVOSITÀ</u>	6
2.1. – GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA.....	6
2.2. – STUDIO DELLA PIOVOSITÀ.....	9
3 – <u>CARATTERIZZAZIONE DELLE AREE OMOGENEE</u>	10
4 – <u>VERIFICA DI STABILITÀ DEL VERSANTE PER FRANA</u>	12
4.1. – METODOLOGIA DI CALCOLO.....	12
4.2. – DETERMINAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ PER FRANA.....	15
5 – <u>STUDIO DI CONOIDE – FENOMENI FLUSSI DI DETRITO</u>	17
5.1. – PREDISPOSIZIONE DEL BACINO ALLA FORMAZIONE DI COLATE DETRITICHE.....	17
5.1.1. – Caratteristiche bacino.....	17
5.1.2. – Caratteristiche conoide.....	19
5.2. – STIMA DELLA PORTATA DI PROGETTO.....	21
5.3. – CALCOLO DEL VOLUME DELLA COLATA DETRITICA E DEFINIZIONE DELL'AREA INNONDABILE.....	23
5.3.1. – Stima Magnitudo.....	24
5.3.2. – Stima dei volumi di materiale mobilizzabile.....	24
5.3.3. – Calcolo della lunghezza di arresto della colata.....	26
5.4. – DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ PER COLATA DETRITICA.....	27
6 – <u>VERIFICA DI STABILITÀ DEL VERSANTE PER CADUTA MASSI</u>	30
6.1. – METODOLOGIA DI CALCOLO.....	30

Comune di Campodolcino

Studio di dettaglio dell'area di frana quiescente (Fq) nella zona della Valle dei Magazzini

Relazione Tecnica

6.2. – VERIFICA DI CADUTA MASSI.....	30
6.3. – DATI DI INGRESSO DELLA VERIFICA.....	30
6.5. – DETERMINAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ PER CADUTA MASSI.....	34
<u>7 – ZONAZIONE DEL RISCHIO.....</u>	<u>35</u>

1 - Premessa

Il presente lavoro, eseguito su commissione del **Comune di Campodolcino**, costituisce lo studio di dettaglio della pericolosità dell'area di frana quiescente (Fq) nella zona della Valle dei Magazzini, posta lungo l'alveo del torrente Liro, in sponda idrografica sinistra, ad una quota circa 1090 m s.l.m., volto ad una migliore identificazione delle aree esposte a rischio idrogeologico ed alla identificazione di eventuali opere di mitigazione necessarie per una sufficiente messa in sicurezza dell'area di interesse. Il presente studio è, finalizzato alla verifica dell'azonamento di fattibilità geologica, per la Pianificazione Comunale, approvata dal Comune nel 1999¹ ai sensi della l.r. 41/97, e successivamente aggiornata nel dicembre 2002 ai sensi della d.g.r. n. 7/7365 del 11 dicembre 2001 - verifica ai sensi dell'art. 18 comma 3 delle Nda del (PAI)², nel 2008³ per l'aggiornamento ai sensi della l.r. 12/05, della Componente Geologica per la Pianificazione Comunale, nel 2011⁴ per l'aggiornamento degli elaborati a seguito del completamento di alcune opere di mitigazione idraulica ai sensi della l.r. 12/05, della Componente Geologica.

Il presente studio viene redatto nel corso dell'adeguamento della Componente Geologica necessaria per formalizzare la conclusione dell'iter di ripermimetrazione delle zone 267 090_LO_SO.

In considerazione delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche dell'area individuata, occupata dall'attività di rifiuti differenziabili provenienti dalle potature, ed in particolare della presenza sul limite meridionale dell'alveo della Valle dei Magazzini verranno analizzate, oltre a quelle proprie di un accumulo di frana anche le problematiche legate alla presenza del piccolo conoide alluvionale detritico posto al piede dell'incisione suddetta. Nel seguito sono sinteticamente elencati le tematiche affrontate:

¹ Indagine Geologica a supporto del Piano regolatore Generale - Novembre 1999, Geologo Claudio Depoli

² Pianificazione geologica di supporto al PRG di Campodolcino, aggiornamento per adeguamento PAI Attuazione Parere Regione Lombardia, - Dicembre 2002, Geologo Claudio Depoli

³ Adeguamento della Componente Geologica nella Pianificazione Comunale ai sensi dei criteri attuativi della l.r. 12/05 per il Governo Del Territorio, -ottobre 2008, Studio GEO3 Geologi Gaetano Conforto e Danilo Grossi

⁴ Adeguamento della Componente Geologica nella Pianificazione Comunale ai sensi dei criteri attuativi della l.r. 12/05 per il Governo Del Territorio, -agosto 2011, Studio GEO3 Geologi Gaetano Conforto e Danilo Grossi

Comune di Campodolcino

Studio di dettaglio dell'area di frana quiescente (Fq) nella zona della Valle dei Magazzini

Relazione Tecnica

- *verifica di stabilità globale del versante* volta a definire le condizioni di equilibrio dell'accumulo di frana
- *fenomeni di flussi di detrito* provenienti dal bacino e innescati, nel corso di un evento di piena, dalla rimobilizzazione di materiale detritico presente in alveo e proveniente da fenomeni di crollo localizzati lungo i ripidi versanti in roccia che caratterizzano il bacino.
- *Crolli isolati di massi* che presentano zona di distacco localizzata lungo i ripidi versanti di testata della valle.

Non sono stati considerati, invece, fenomeni franosi catastrofici, legati a crolli di vaste porzioni di versanti in roccia all'interno del bacino montano della valle. Fenomeni di tale natura, dei quali non si ha alcuna testimonianza o evidenza, sono peraltro difficilmente modellizzabili in modo affidabile.

Il presente studio è stato effettuato in accordo a quanto indicato nel paragrafo 3.2. dei "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art.57 della L.R. 11 marzo 2005 n.12", e all'art.9 comma 3 delle N.d.A del PAI dove, relativamente alle aree Fq.

Si rileva come alle stesse possa essere attribuita la classe di fattibilità 3 con norma stabilita dal professionista nel caso sia stata effettuata la verifica di compatibilità mediante uno studio specifico sull'area.

Tale studio geologico specifico e di dettaglio è stato, pertanto, redatto in accordo alle modalità indicate all'allegato 2 della d.g.r. IX/2616, effettuando un rilevamento geologico e geomorfologico delle aree in esame e lungo il versante situato immediatamente a monte, evidenziando l'effettivo stato di criticità dei luoghi e il conseguente livello di rischio a cui associare la corrispondente classe di fattibilità geologica e normativa.

L'approfondimento tecnico è indirizzato a valutare la stabilità di una porzione di versante attualmente segnalata nella cartografia regionale dei dissesti con legenda unificata P.A.I., come frana quiescente (Fq) e quindi corrispondenti alle classi di fattibilità 3 e 4 (consistenti e gravi limitazioni).

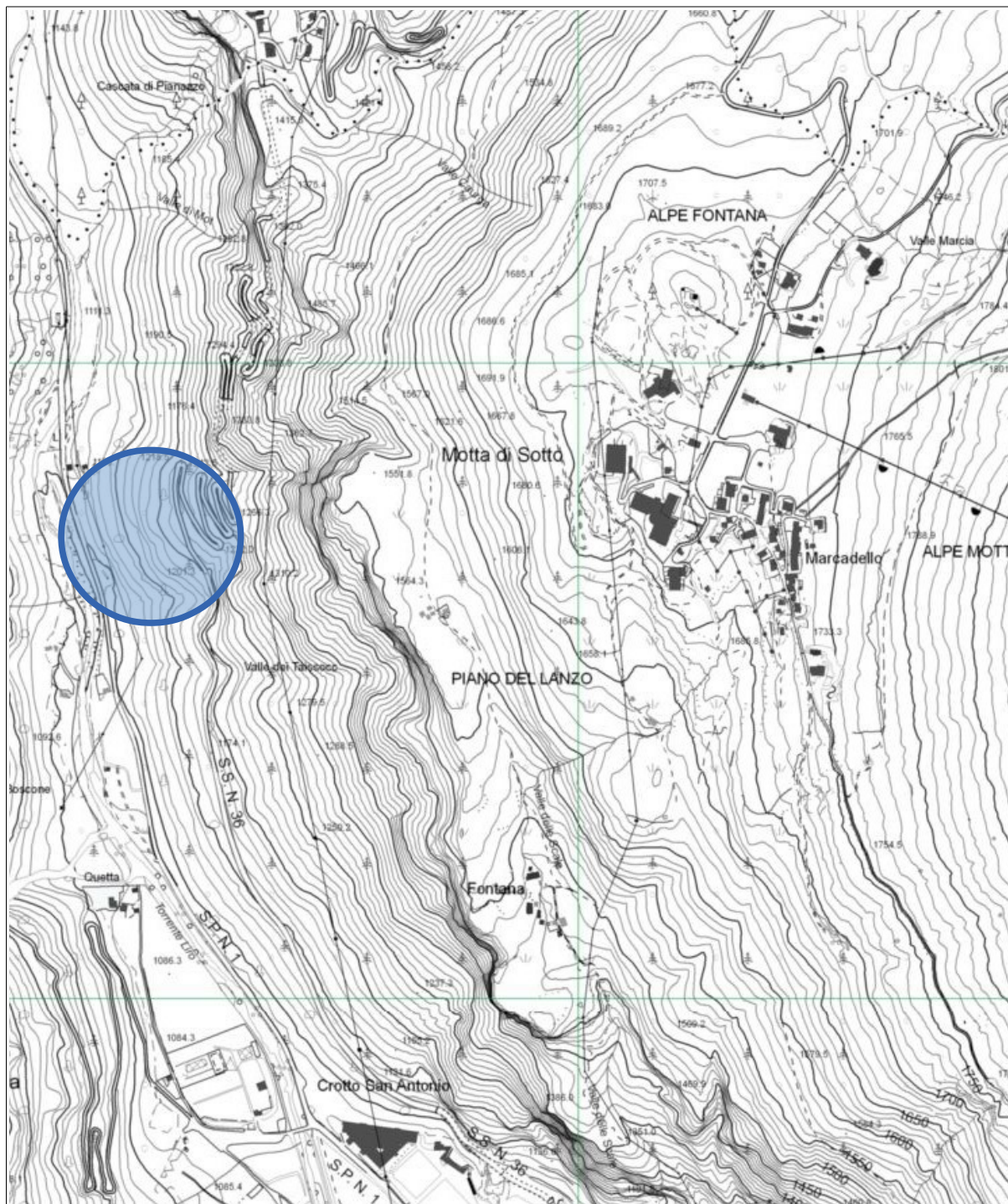
Questo studio è stato quindi realizzato al fine di verificare la compatibilità delle aree ad una loro conversione da classe di fattibilità geologica con gravi limitazioni (4) ad una con consistenti limitazioni (3).

Comune di Campodolcino

Studio di dettaglio dell'area di frana quiescente (Fq) nella zona della Valle dei Magazzini

Relazione Tecnica

COROGRAFIA, Scala 1:10000



Comune di Campodolcino

Studio di dettaglio dell'area di frana quiescente (Fq) nella zona della Valle dei Magazzini

Relazione Tecnica

2 – Inquadramento geologico-geomorfologico dati sulla piovosità.

2.1. – Geologia e geomorfologia

L'area in esame si trova in corrispondenza dello stretto fondovalle del Torrente Liro, in sponda sinistra idrografica, ad una quota di 1089,6 m s.l.m., dove esso si presenta come un profondo solco rettilineo, orientato circa N 15° W seguendo un fitto sciame di fratture. La valle mostra una chiara sezione trasversale "a V" che testimonia l'intensa erosione lineare ad opera del T. Liro. Le fratture menzionate sono in genere da molto inclinate a subverticali e spesso persistenti in profondità. Sul versante sinistro in particolare si può osservare un caratteristico allineamento di terrazzi, di origine strutturale in parte modellati dai ghiacciai, e precisamente, da Nord verso Sud, quelli di Teggate, Piano del Lanzo, Gualdera e Bòndeno, Olcera e Cassinaccia, Dalò. L'area in esame risulta ubicata in corrispondenza del terrazzo del Piano del Lanzo.

Sul versante in esame affiorano rocce della falda Tambò nella sua porzione intermedia ad assetto tabulare e costituite da basamento cristallino costituito essenzialmente da paragneiss a due miche, con associate anfiboliti e corpi di ortogneiss. La copertura metasedimentaria carbonatica e "quarzitica" affiora estesamente a monte della località Motta di Sotto all'interno del settore apicale del bacino colatore della Valle dei Magazzini sino alla zona del Lago Azzurro posta circa a 1850 m s.l.m..

Lungo i fianchi dell'asse vallivo sono presenti numerosi corpi sedimentari di origine glaciale e post glaciale; in particolare il versante in esame, sulla scorta delle analisi morfologiche di dettaglio deve la sua origine più probabile ad un antico accumulo di origine glaciale, morene laterali, deposto su un substrato roccioso sovente intensamente cataclastico che, a seguito del ritiro del ghiacciaio quaternario ha subito deformazioni gravitative di versante superficiali, e forse anche profonde, probabilmente connesse ai reiterati fenomeni di incisione del solco vallivo ad opera del torrente Liro.

Al piede del versante, dove è presente il tracciato della SP, il cui muro di sostegno di sotto scarpa coincide con la protezione arginale, sono presenti depositi alluvionali di fondovalle a granulometria prevalentemente grossolana; la larghezza della piana di fondovalle sulla sponda in esame è molto modesta e raggiunge una larghezza minima di soli 20 m; per risalire sul lato di monte della strada si percorre una scarpata di altezza inferiore a 3 m che permette di raggiungere la superficie del

Comune di Campodolcino

Studio di dettaglio dell'area di frana quiescente (Fq) nella zona della Valle dei Magazzini

Relazione Tecnica

piccolo edificio di conoide messo in posto a seguito di reiterati eventi alluvionali e di colata detritica provenienti dall'incisione, posta a Sud, della Valle dei Magazzini. Anche all'interno dell'area attualmente utilizzata per l'accumulo dei rifiuti da sfalci e potature, si riconoscono le forme e i depositi attribuibili ad attività di debris flow. Al piede del conoide l'incisione, individuabile anche sulla scarpata che raccorda la piana di fondovalle alla superficie del conoide, decorre dapprima a monte di una muratura rustica di confine; l'alveo si presenta modestamente inciso all'interno dei depositi detritici a pezzatura media e piccola con tracce di recenti deflussi idrici risalendo grosso modo sino a q. 1118 m s.l.m., dove l'incisione risulta impostata all'interno dei depositi di versante ed al suo fondo si osservano numerosi grossi blocchi lapidei che corazzano l'alveo sino a circa q. 1180 m s.l.m., dove si osservano sulla sponda destra modeste scarpate erosive recenti. Sulle sponde dell'incisione si osserva la presenza, all'interno dei depositi di versante, di grossi blocchi a litologia gneissica e contorni solo parzialmente arrotondati.

All'interno dell'alveo nella fascia altimetrica 1180 ÷ 1200 m s.l.m. Si osservano depositi detritici di pezzatura media ed elevata provenienti da reiterati fenomeni di crollo isolato di massi a partire dalle bastionate rocciose che delimitano verso valle il terrazzo morfologico del Piano del Lanzo.

Il versante in esame a partire da circa q. 1200 m s.l.m., è caratterizzato dalla presenza di n° 6 tornanti del tracciato della SS36 dello Spluga, il quale raggiunge il versante in esame mediante un ponte ad arco che attraversa l'alveo della valle dei Magazzini. Le opere di sostegno del tracciato stradale, realizzate in muratura di pietra conca e malta, al passaggio dal versante roccioso sottostante al versante in esame denotano, con la loro sostanziale integrità strutturale, che non sono occorsi cedimenti differenziali significativi tra le coperture affioranti sul tratto di versante in esame e la roccia in posto sulla quale è realizzato il tracciato più a valle. Anche le opere di sostegno dei tornanti posti più a monte sino alla sommità dell'accumulo in esame si presentano sostanzialmente integre e prive di fenomeni di dissesto legati a cedimenti differenziali.

Scendendo dal tracciato della SS36 lungo il versante posto in sponda destra dell'alveo della Valle dei Magazzini, sulla verticale dell'area destinata ad ospitare la nuova piazzola per la raccolta differenziata dei rifiuti riciclabili, oltre ad alcune murature a secco di terrazzamento con tratti decisamente ammalorati, sono osservabili in superficie numerose plaghe detritiche riconducibili alla reiterata attività di crollo di massi isolati provenienti dalle bastionate rocciose che delimitano il lato di valle del terrazzo morfologico del Piano del Lanzo. Il volume modale dei massi osservati e spesso in condizioni di equilibrio limite è di 50 L. Il bosco a prevalente abete che colonizza l'intero

Comune di Campodolcino

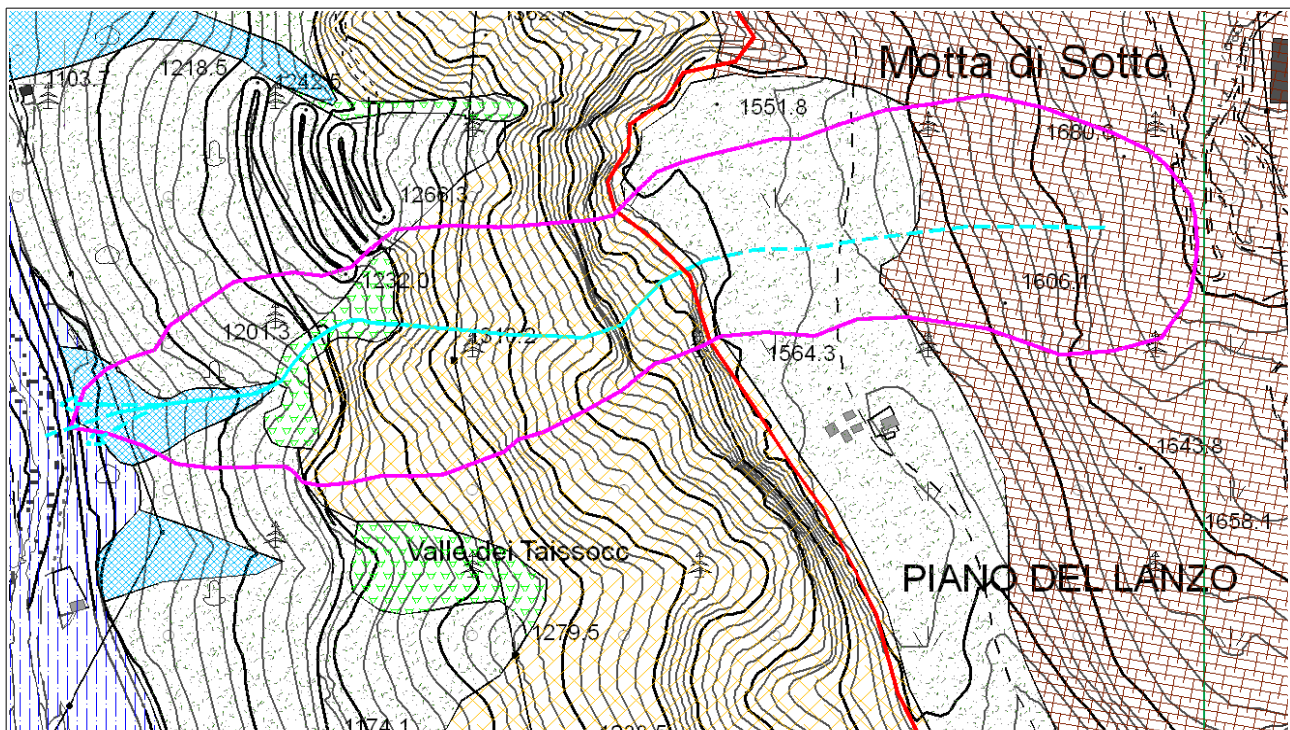
Studio di dettaglio dell'area di frana quiescente (Fq) nella zona della Valle dei Magazzini











Relazione Tecnica

areale non denota significativi fenomeni di flusso lento delle coperture ne elevata frequenza degli eventi di crollo. Sovente si osservano in superficie e nelle zone a maggior pendenza massi anche con volumi di qualche centinaia di mc a contorni solo parzialmente arrotondati, incastrati all'interno dei depositi superficiali.

Non sono stati osservati fenomeni di dissesto recente o attivo ne morfologie riconducibili a antichi soil slip.

Carta Geologica e geomorfologica e del dissesto, Scala 1:5000



LEGENDA			
	Falde e coni detritici - origine gravitativa		Scarpata morfologica - attività caratterizzata da reiterati fenomeni di crollo di mass
	Conoidi misti alluvionali e detritici - origine torrentizie e detritica		Alveo torrentizio di versante con tracce di ruscellamento
	Depositi alluvionali di fondovalle - origine fluvio torrentizia (torrente Liro)		alveo torrentizio senza tracce di ruscellamento
	Depositi misti glaciali e gravitativi - origine glaciale e gravitativa		paleolvei
	Roccia in posto affiorante subaffiorante: a) Gneiss e anfiboliti della Falda Tambò b) Quarziti e paragneis metasedimentari della "Sinclinale dello Spluga"		limite bacino Valle dei Magazzini

Comune di Campodolcino

Studio di dettaglio dell'area di frana quiescente (Fq) nella zona della Valle dei Magazzini
Relazione Tecnica

2.2. – Studio della piovosità

L'areale in esame ricadendo all'interno del bacino della valle del Liro è caratterizzato da un regime pluviometrico riassunto dalla successiva tabella:

Stazione	Quota stazione (m s.l.m.)	Strumento	Inizio periodo	Fine periodo	N° anni	Precipitazione media (mm)	Precipitazione minima (mm)	Precipitazione massima (mm)
Campodolcino	1040	pluviometro	1913	1985	69	1696	1029	3192

La determinazione delle massime portate di piena del bacino, necessarie alla corretta progettazione delle opere, è stata effettuata utilizzando i dati di pioggia riportati nel PAI.

Per l'esame del caso particolare è stata individuata la cella in cui ricade il bacino oggetto degli interventi utilizzando i parametri **a** e **n** relativi ai diversi tempi di ritorno riportati nella successiva tabella.

Cella	UTM cella di calcolo Coordinate Nord	UTM cella di calcolo Coordinate Est	a Tr20	n Tr20	a Tr100	n Tr100	a Tr200	n Tr200	a Tr500	n Tr500
DJ30	5141000	527000	36.51	0.405	46.04	0.403	50.11	0.402	55.49	0.401

Comune di Campodolcino

Studio di dettaglio dell'area di frana quiescente (Fq) nella zona della Valle dei Magazzini

Relazione Tecnica

3 – Caratterizzazione delle aree omogenee

Le aree omogenee sono state definite confrontando e sovrapponendo i dati derivanti dalle analisi clivometrica e litotecnica.

La pendenza delle aree omogenee è stata desunta dalla verifica di sezioni tracciate in funzione delle caratteristiche morfologiche del versante lungo il pendio, sempre seguendo la linea di massima pendenza evidenziando 5 classi di pendenza.

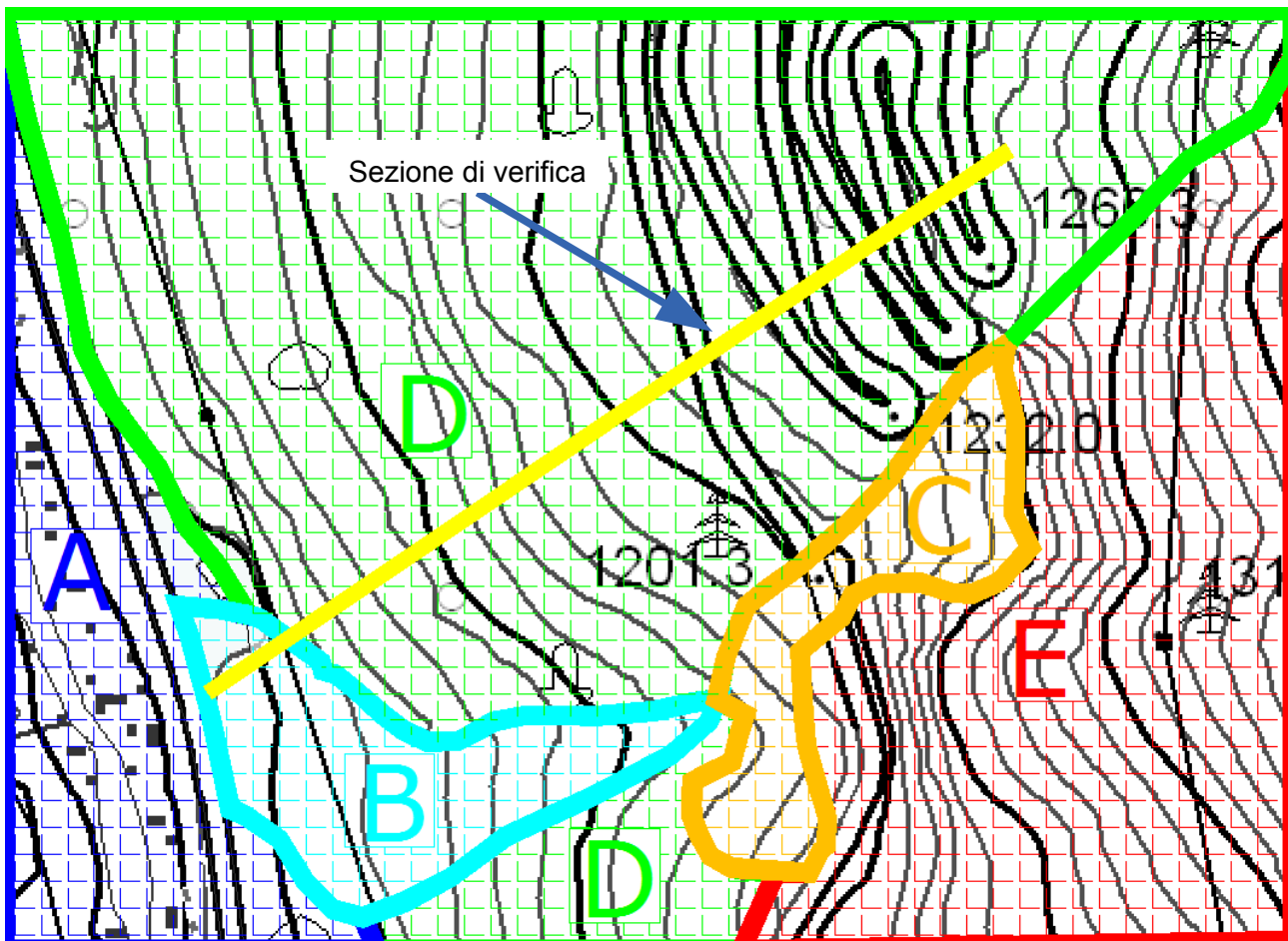
L'analisi litotecnica in base ai parametri fisico-meccanici delle terre ed in particolare alle caratteristiche di resistenza al taglio di queste ultime derivate da indagini in altri contesti geomorfologici simili e da back analysis relativa alle caratteristiche morfologiche del versante in esame, tenendo in considerazione anche l'effetto della vegetazione arborea presente; nell'area sono state evidenziate 5 diverse litofacies.

Di seguito viene riportata la tabella riassuntiva con le principali caratteristiche delle aree omogenee soggette a studio di approfondimento.

Da un punto di vista idrogeologico il rilievo ha messo in evidenza la completa mancanza di venute a giorno di circolazioni idriche sottosuperficiali; in relazione alla morfologia convessa dell'area ed alla sostanziale mancanza di un bacino montano di alimentazione si ritiene che l'eventuale falda freatica di versante, della quale non si ha alcuna evidenza, può trarre alimentazione principalmente dalla circolazione profonda all'interno del substrato roccioso fratturato.

Tipo	Inclinazione (°)	γ (kN/m ³)	C (kPa)	ϕ (°)	descrizione
A	0 ÷ 4	16,7 ÷ 18,6	0	32	Depositi alluvionali di fondovalle
B	23 ÷ 32	16,7 ÷ 18,6	5	34	Depositi alluvionali di conoide
C	32 ÷ 38	18,6 ÷ 19,6	0	38	Depositi detritici
D	32 ÷ 55	18,6 ÷ 19,6	45	42	Depositi glaciali quaternari e accumuli di DGPV
E	55 ÷ 90	23,5 ÷ 26,5	150	38	Roccia in posto fratturata

Carta delle aree omogenee, Scala 1:2000



Comune di Campodolcino

Studio di dettaglio dell'area di frana quiescente (Fq) nella zona della Valle dei Magazzini
Relazione Tecnica

4 – Verifica di stabilità del versante per frana

4.1. – Metodologia di calcolo

Considerata la tipologia del versante, il quale si presenta abbastanza omogeneo, si è ritenuto sufficiente eseguire la verifica lungo una singola linea di massima pendenza che risale dalla zona centrale dell'area in esame sino alla sommità del versante

In accordo a quanto previsto dalla normativa (Nuove norme tecniche per le costruzioni D.M. 14 gennaio 2008) le verifiche di stabilità globale dell'insieme opera-pendio sono state eseguite secondo:

Approccio 1 – Combinazione 2 (A2 + M2 + R2)

utilizzando i coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I.

Tabella 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1,0	1,0

Tabella 6.8.I – Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo.

Coefficiente	R2
γ_R	1.1

Comune di Campodolcino

Studio di dettaglio dell'area di frana quiescente (Fq) nella zona della Valle dei Magazzini

Relazione Tecnica

Le analisi di stabilità sono state condotte con il metodo di Bishop che utilizza per il calcolo il principio dell'equilibrio limite, il quale studia le condizioni di equilibrio di volumi di terreno delimitati inferiormente da superfici di scorrimento. L'analisi è limitata a detti volumi di terreno senza esaminare lo stato tensionale sulle superfici che limitano inferiormente i volumi presi in esame, lungo le quali viene definito il Fattore di Sicurezza allo scorrimento;

- Il metodo di calcolo utilizzato assume che tutte le forze di taglio alle interfacce tra i conci sono nulle; il metodo utilizzato prescinde dalla valutazione degli spostamenti e non richiede, pertanto, la conoscenza dei legami sforzi - deformazioni dei terreni che vengono supposti rigido-plastici; è sufficiente, quindi, la conoscenza del solo criterio di rottura dei terreni interessati;
- le analisi vengono condotte imponendo una griglia di ricerca del Fattore di Sicurezza minimo relativo a superfici di scorrimento circolari.

L'applicazione di tale modello al caso specifico è stata eseguita tenendo conto di alcune condizioni specifiche derivanti dallo studio della geologia e della geotecnica del sito:

- 1) il sottosuolo è descritto da un modello a 3 strati, i cui parametri sono riportati nel capitolo 4
- 2) non è stato tenuto conto della presenza del substrato, evitando in tal modo che i cerchi di scorrimento potessero intercettarlo fornendo di conseguenza elevati valori del Fattore di Sicurezza;
- 3) è stata imposta la presenza di una falda lateralmente continua posta alla profondità minima di 0,5 metri dal piano di campagna in corrispondenza del torrente Liro.

In relazione alle caratteristiche del versante e delle opere in progetto sono state eseguite le verifiche in corrispondenza di una sola sezione ritenute maggiormente significativa della situazione riscontrata.

Per la realizzazione delle verifiche è stato utilizzato il software commerciale SLOPE prodotto da Geostru, per l'analisi di stabilità dei pendii in terreni sciolti il quale esegue anche le analisi in condizioni sismiche statica che dinamica. I parametri sismici secondo le NTC (Norme Tecniche per le Costruzioni) sono stati calcolati con il software PS sempre di Geostru.

Nel seguito sono riportati in forma tabellare e grafica i risultati sintetici delle verifiche; i risultati ed i dati di input delle verifiche sono riportati in allegato.

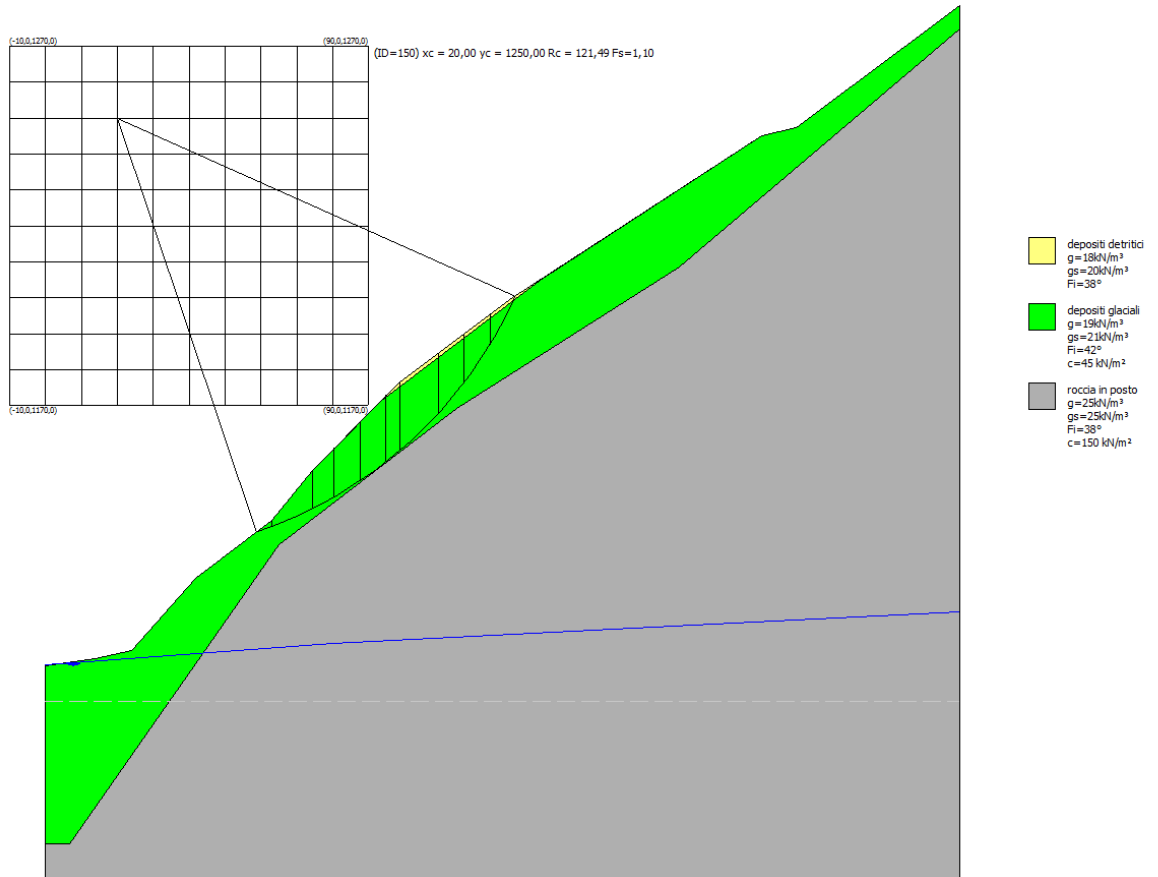
Sezione N°	Fs situazione attuale
1	1,10

Comune di Campodolcino

Studio di dettaglio dell'area di frana quiescente (Fq) nella zona della Valle dei Magazzini

Relazione Tecnica

Sezione verifica di stabilità per frana



Comune di Campodolcino

Studio di dettaglio dell'area di frana quiescente (Fq) nella zona della Valle dei Magazzini

Relazione Tecnica

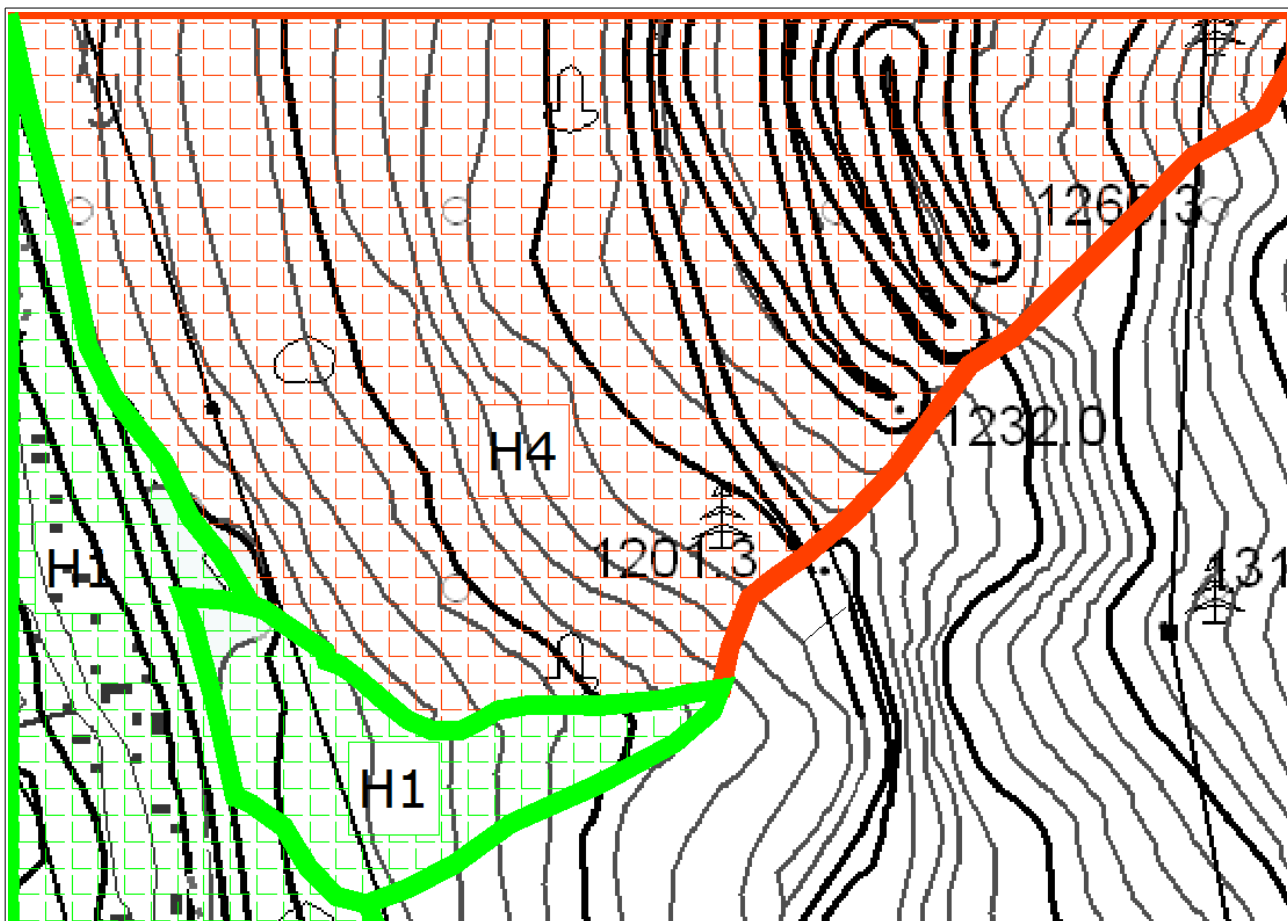
4.2. – *Determinazione della pericolosità per frana*

L'area omogenea **D** in esame, che comprende l'intero versante, è quindi soggetta ad un rischio quantificabile preliminarmente in **H4**.

Le aree omogenee sottostanti **A** e **B**, hanno pericolosità propria **H1** ma, come espressamente contenuto nei criteri regionali, è soggetta preliminarmente ad un rischio di uno inferiore all'area di frana soprastante e pertanto **H3**.

Considerate le altre condizioni al contorno delle aree omogenee in esame la pericolosità definitiva per frana rimane invariata.

Carta della pericolosità per frana preliminare, Scala 1:2000

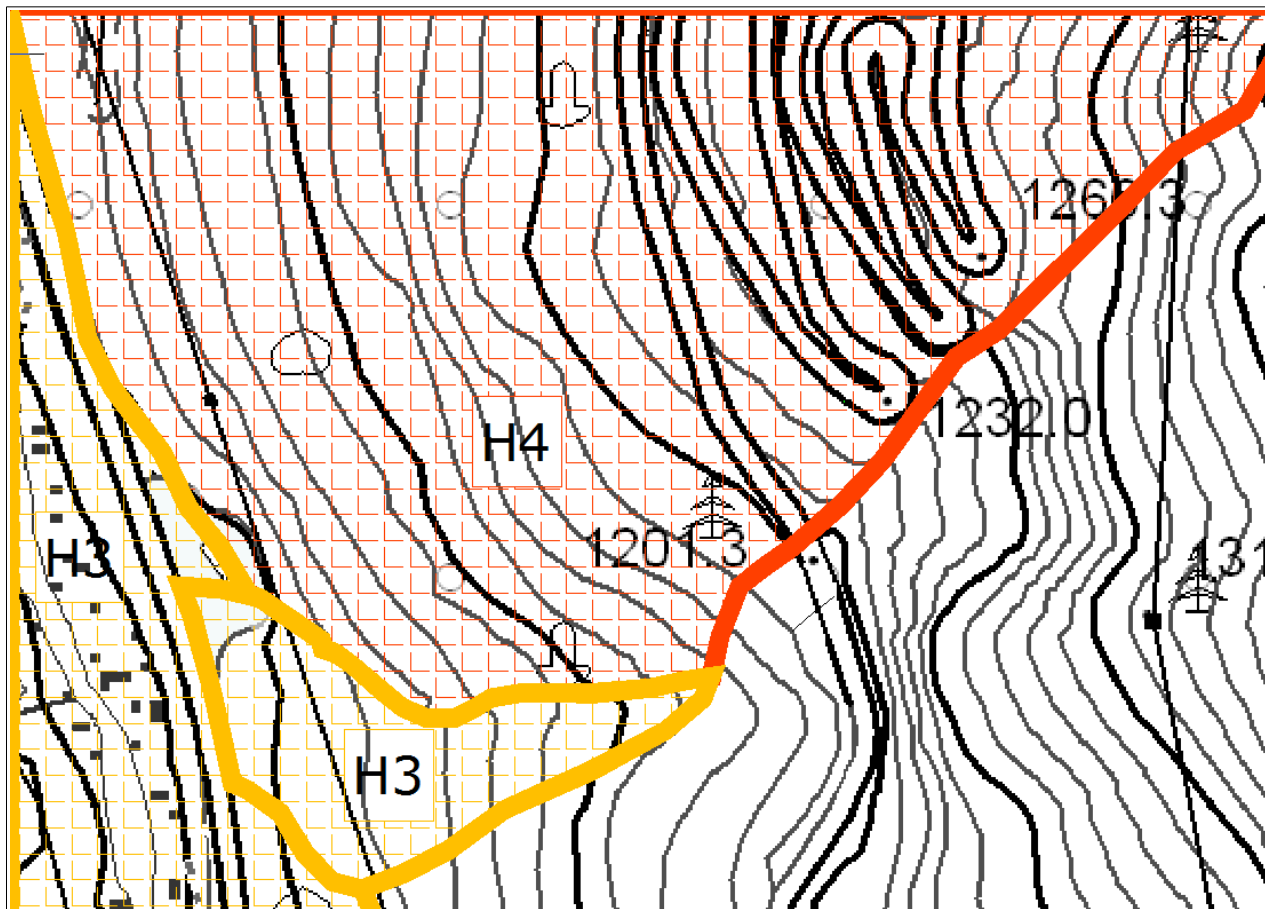


Comune di Campodolcino

Studio di dettaglio dell'area di frana quiescente (Fq) nella zona della Valle dei Magazzini

Relazione Tecnica

Carta della pericolosità per frana definitiva, Scala 1:2000



Comune di Campodolcino

Studio di dettaglio dell'area di frana quiescente (Fq) nella zona della Valle dei Magazzini

Relazione Tecnica

5 – Studio di conoide – fenomeni flussi di detrito

5.1. – Predisposizione del bacino alla formazione di colate detritiche

5.1.1. – Caratteristiche bacino

La Valle di Magazzini si presenta, al pari di alcune delle valli attigue, come una modesta incisione sviluppata ortogonalmente al solco vallivo della Valle del Liro, in sponda sinistra. La conformazione dei versanti riconduce a una genesi legata all'azione delle acque incanalate lungo linee di debolezza del substrato roccioso combinata con lo stato di fratturazione dell'ammasso roccioso il quale è periodicamente interessato da collassi gravitativi responsabili della formazione di quantitativi di materiale detritico, anche di grossa pezzatura. Quest'ultimo raggiunge poi il fondovalle sotto forma di lave torrentizie formando gradualmente il conoide alluvionale.

Gli stessi meccanismi che hanno dato origine alla valle sono tuttora attivi e sono responsabili dei fenomeni di dissesto che periodicamente interessano i versanti, i solchi vallivi principale e secondari e raggiungono occasionalmente il conoide pedemontano.

Dal punto di vista morfologico il bacino può essere diviso in tre settori:

1. Fascia altimetrica 1090÷1200 m s.l.m. Settore basale dove è posizionato l'edificio di conoide e la porzione inferiore del bacino dove affiorano depositi di copertura (depositi glaciali e depositi di DGPV). Corrisponde alla zona in cui le acque incanalate rappresentano l'agente morfogenetico con maggiore capacità d'azione che si traduce in capacità di trasporto e accumulo di materiale.
2. Fascia altimetrica 1200÷1550 m s.l.m. Settore intermedio dove affiorano dapprima depositi gravitativi detritici e successivamente la roccia in posto su scarpate e pareti sub verticali. Il limite morfologico con il settore soprastante e coincide con la scarpata rocciosa che borda il lato di valle del terrazzo morfologico del Piano del Lanzo. Corrisponde alla zona in cui la forza di gravità rappresenta l'agente morfogenetico con maggiore capacità d'azione che si traduce nell'innescare di reiterati fenomeni di crollo dalla scarpata rocciosa con accumulo di una coltre detritica al piede.
3. Fascia altimetrica 1550÷1700 m s.l.m. Settore sommitale dove affiorano dapprima depositi glaciali con giacitura sub pianeggiante (Piano del Lanzo) e successivamente subaffiorano termini rocciosi appartenenti al cuneo metasedimentario noto come "Sinclinale dello Spluga" con rocce

Comune di Campodolcino

Studio di dettaglio dell'area di frana quiescente (Fq) nella zona della Valle dei Magazzini

Relazione Tecnica

calcaree e quarziti; Il versante si presenta boscato rado. Corrisponde alla zona in cui le acque incanalate rappresentano l'agente morfogenetico con maggiore capacità d'azione che si traduce in capacità di trasporto e accumulo di materiale. La presenza di tale settore costituisce una fonte di alimentazione per i deflussi idrici ma può contribuire in modo marginale al trasporto di materiale

Analisi geomorfica

I parametri morfologici che caratterizzano il bacino forniscono alcune indicazioni utili allo scopo di evidenziare ed interpretare le relazioni intercorrenti fra le condizioni geo-strutturali e le caratteristiche del reticolo di drenaggio. Inoltre alcuni di questi parametri vengono utilizzati direttamente nella modellizzazione idrologica, ad esempio per la stima del tempo di corrivazione.

Parametri geomorfici	Bacino parzializzato
Superficie [km ²]	0,0544
Perimetro [m]	1703
Lunghezza [m]	750
Quota massima [m. s.l.m.]	1700
Quota media sulla sezione di chiusura [m s.l.m.]	1285
Altezza minima [m s.l.m.]	1090
Rapporto di circolarità	0.24
Rapporto di allungamento	0.35
Densità di drenaggio [km/kmq]	4.69
Tempo di corrivazione [ore]	0.13
Coefficiente di deflusso	0.3
Indice di Melton	2.62

I valori dei rapporti di circolarità e di allungamento indicano una forma del bacino poco allungata mentre la densità di drenaggio evidenzia la presenza di un reticolo di drenaggio superficiale poco sviluppato.

Comune di Campodolcino

Studio di dettaglio dell'area di frana quiescente (Fq) nella zona della Valle dei Magazzini

Relazione Tecnica

5.1.2. – Caratteristiche conoide

L'edificio alluvionale di conoide posto allo sbocco della valle costituisce il prodotto dei principali fenomeni morfogenetici attivi nella zona in esame: la capacità di trasporto delle acque incanalate, sotto forma di flussi iperconcentrati, è sicuramente responsabile della deposizione di un gran quantitativo di materiale che costituisce la frazione meno grossolana dei depositi di conoide. Riferibili invece a fenomeni essenzialmente gravitativi originatisi sulle pareti rocciose che costituiscono i versanti del bacino sono invece presumibilmente i blocchi lapidei presenti in prossimità dell'apice del conoide.

Il conoide si presenta totalmente privo di opere di regimazione idraulica con un alveo che nel corso degli ultimi secoli ha spagliato, generando almeno un solco di erosione ancor oggi visibile a Sud dell'alveo attuale. A conferma di ciò è la perimetrazione dell'alveo riportata nella planimetria catastale che si discosta notevolmente dall'attuale andamento del corso d'acqua.

Ai fine delle condizioni di pericolosità della parte distale del conoide attualmente occupata dalla zona utilizzata per la raccolta dei rifiuti da sfalci.

Esame conoide.

1165 -1120 m s.l.m. - All'apice del conoide, immediatamente a valle della zona con alveo corazzato sino ad un grosso masso presente in sponda destra, il torrente si presenta inciso nei materiali alluvionali con formazione di scarpate che raggiungono i 2 m di altezza. L'alveo ha una pendenza longitudinale molto elevata ($i = 30-35^\circ$) ed è parzialmente corazzato da diversi blocchi tra loro accatastati. *In considerazione delle attuali caratteristiche geomorfologiche dell'alveo e della presenza del grosso masso si ritiene improbabile che il torrente possa esondare in sponda sinistra in questo tratto.*

1120 – 1110 m s.l.m. - Nel tratto , si registra contemporanea diminuzione della profondità delle scarpate ($h = 0,5\div 1,0$ m) ed una sensibile riduzione di pendenza ($i = 24^\circ$). In questo tratto, sono presenti tracce di recenti depositi probabilmente connessi a eventi alluvionali passati ma non particolarmente recenti (anteriori a 1987). *In questo tratto esiste la possibilità che, in caso di evento estremo che comporti un sovralluvionamento con innalzamento di almeno 1,0 m dell'asse centrale dell'alveo, si possa verificare un'esondazione in sponda destra o sinistra con conseguente formazione di una nuovo lobo. In base al rilievo si ritiene, infatti, del tutto probabile che anche in caso di esondazione, essendo il conoide non molto frastagliato in superficie, non esista un'unica direzione di deflusso ma la corrente si spaglierà in diverse ramificazioni riducendo sensibilmente i tiranti e le velocità. La pendenza sempre elevata non permette*

Comune di Campodolcino

Studio di dettaglio dell'area di frana quiescente (Fq) nella zona della Valle dei Magazzini

Relazione Tecnica

sostanziali fenomeni di arresto della colata determinando un'elevata capacità di propagazione al tratto sottostante

1110 – 1090 m s.l.m. – Nel tratto finale l'alveo del torrente è completamente assente la pendenza media è di circa 23° su conoide e circa 4° in corrispondenza della piana alluvionale. *In questa zona, stante la mancanza delle opere di attraversamento della sede stradale sono possibili sia disalveamenti con accumuli detritici anche rilevanti che allagamenti con modesti tiranti idrici.*

La superficie del conoide si presenta interessata da due modesti avvallamento (paleoalvei nella carta geomorfologica di Figura 1). La rugosità media della parte superficiale si mantiene sempre media a causa della mancanza di grossi massi, blocchi e cataste.

Per la definizione della tipologia prevalente del trasporto solido di piena sul conoide di deiezione si è utilizzato il criterio geomorfologico proposto da Pasuto et al. (1992), che si basa sulla correlazione dei parametri morfometrici del bacino e del conoide.

Le caratteristiche morfometriche del bacino alimentante il conoide sono state sintetizzate mediante l'Indice di Melton (Mel), definito come:

$$\text{Mel} = A^{-0.5} (H_{\max} - H_{\min})$$

Dove: H_{\max} (km) è la quota massima del bacino, H_{\min} (km) la quota minima alla sezione di chiusura coincidente con l'apice del conoide, A (km²) è l'area del bacino. Per il bacino in esame l'indice di Melton risulta pari a **M = 2,62**.

I risultati del bacino sono stati confrontati con lo schema proposto da Marchi et al. (1993), che correla l'indice di Melton, la pendenza del conoide e la tipologia prevalente di trasporto solido. *Si evidenzia la sua predisposizione geomorfologica alla generazione di colate detritiche, rispetto ad eventuali fenomeni di trasporto solido di fondo.*

5.2. – Stima della portata di progetto

In accordo a quanto indicato nel par. 3.2.1. della direttiva “Criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all’interno delle fasce A e B” del Piano Stralcio delle fasce Fluviali per la stima della precipitazione di progetto sarà utilizzato un tempo di ritorno non inferiore a 100 anni e la nota relazione:

$$h = a t^n$$

dove:

h - precipitazione di progetto con assegnato tempo di ritorno

a e n - parametri pluviometrici caratteristici della serie storica

t - durata della pioggia assegnata pari al tempo di corrivazione t_c

Per il calcolo del tempo di corrivazione è stata utilizzata la nota relazione di Giandotti

$$T_c = \frac{4 \cdot \sqrt{A} + 1.5 L}{0.8 \cdot \sqrt{H_m}}$$

Per il calcolo della portata di piena utilizzata per la verifica idraulica è stato adottato il Metodo Razionale.

$$Q = k C i A$$

Dove:

Q - portata di piena (mc/s) con dato tempo di ritorno

C - coefficiente di deflusso che tiene conto della riduzione della portata meteorica per effetto dell’infiltrazione (vedi tabella seguente).

A - area del bacino (Kmq)

i - intensità della pioggia di progetto (mm/h) = h/t_c

k - fattore che tiene conto della non uniformità delle unità di misura usate. Se A è espressa kmq ed i in mm/h, per ottenere la portata in mc/s bisogna attribuire a k un valore di 0,278

Le portate al colmo sopra stimate rappresentano unicamente l’effetto dello scorrimento superficiale e non tengono quindi conto di eventuali punte indotte dalla rottura di sbarramenti

Comune di Campodolcino

Studio di dettaglio dell’area di frana quiescente (Fq) nella zona della Valle dei Magazzini

Relazione Tecnica

temporanei legati a frane e scoscendimenti difficilmente prevedibili in termini quantitativi ma che dovranno, comunque, essere considerati in fase di analisi del bacino.

Per un primo calcolo del coefficiente di deflusso C da utilizzare nella formula precedente si fornisce un metodo schematico indicato nella tabella seguente:

PARAMETRO A		PARAMETRO B		PARAMETRO C		PARAMETRO D	
<i>Litologia predominante nel bacino</i>		<i>Copertura vegetale presente nel bacino</i>		<i>Pendenza media bacino</i>		<i>Sviluppo reticolo idrico superficiale</i>	
Descrizione	Valore	Descrizione	Valore	Descrizione	Valore	Descrizione	Valore
Roccia 80% Materiali di copertura 20%	1	Nulla	1	i > 100%	1	Sviluppato	0.9
Roccia 50% Materiali di copertura 50%	0.9	Bassa	0.85	70% < i < 100%	0.85	Medio	0.8
Roccia 20% Materiali di copertura 80%	0.85	Media	0.80	50% < i < 70%	0.80	Poco sviluppato	0.7
Materiali di copertura 100%	0.8	Elevata	0.75	i < 50%	0.75	Assente	0.6

Tabella valori schematica per determinazione coefficiente C

Il valore del coefficiente C potrà essere determinato, in prima approssimazione, dal prodotto dei diversi valori dei parametri A, B, C e D indicati nella tabella precedente e caratteristici del bacino in esame.

$$C = \text{parametro A} * \text{parametro B} * \text{parametro C} * \text{parametro D}$$

$$C = 0,9 * 0,8 * 0,8 * 0,7 = 0,4$$

Nella tabella successiva sono riassunti i risultati di calcolo

Q100 (mc/s)	Qs100 (mc/s/kmq)
0,76	14.06

Comune di Campodolcino

Studio di dettaglio dell'area di frana quiescente (Fq) nella zona della Valle dei Magazzini

Relazione Tecnica

5.3. – Calcolo del volume della colata detritica e definizione dell'area inondabile

5.3.1. – Stima Magnitudo

Utilizzando le note formule proposte dalla Regione Lombardia nell'ambito degli ultimi studi inerenti la valutazione della pericolosità nelle aree di conoide è stato possibile avere una stima indicativa del volume massimo di materiale detritico rimobilizzabile sulla conoide durante un evento di trasporto di massa estremo. Le differenze nelle relazioni che legano i valori di magnitudo possono essere ascritte a differenze fra le caratteristiche dei processi di trasporto solido al fondo e/o in sospensione da un lato e le colate detritiche dall'altro. Diversi fattori, indipendenti dalla superficie del bacino, concorrono, infatti, a determinare la forte variabilità della magnitudo delle colate detritiche. Fra questi merita di essere ricordata la varietà dei processi che possono dar luogo all'innescò delle colate detritiche (cedimento di briglie o di sbarramenti temporanei dei corsi d'acqua generati da piccole frane provenienti dalle sponde possono provocare debris flows di entità particolarmente elevata ed insolita rispetto alle caratteristiche morfometriche dei bacini). La stessa posizione del punto o dei punti di innescò delle colate all'interno del bacino può condizionare in vario modo l'entità delle colate e i loro effetti lungo la conoide.

Parametri			
Area bacino	Ab	Kmq	0,0544
Pendenza media del torrente	Scl	%	70
Pendenza media dell'alveo lungo la conoide	Sc	%	62
Lunghezza alveo sulla conoide	Lcono	m	120
Altezza massima bacino	Hmax	m slm	1700
Altezza minima bacino all'apice del conoide	Hmin	m slm	1090
Indice di Melton	Mb		2,62
Indice di trasporto	I.T.		1
Indice Geologico	I.G.		4
Indice di frana	I.F.		2
Grado di sistemazione	G.S		0.1
Parametro	K		5.4

Valori di input

Comune di Campodolcino

Studio di dettaglio dell'area di frana quiescente (Fq) nella zona della Valle dei Magazzini

Relazione Tecnica

<i>Metodo di calcolo</i>		<i>Magnitudo</i>
Bottino, Crivellari & Mandrone (1996)	mc	9399
Crosta, Ceriani, Frattini&Quattrini (2000)	mc	9825
D'Agostino – Cerato (M1)	mc	4970
D'Agostino – Cerato (M2)	mc	4588
Takei (1984)	mc	2302
Bianco (1999)	mc	2290
MEDIA	mc	5563

Valori di Magnitudo

5.3.2. – Stima dei volumi di materiale mobilizzabile

La stima dei volumi di materiale potenzialmente mobilizzabile è stata condotta attraverso l'applicazione del metodo geomorfologico di terreno. Si indica come metodo geomorfologico di terreno la procedura che perviene alla determinazione dei volumi delle colate detritiche sulla base di rilievi delle aree sorgenti di sedimento. La valutazione dei potenziali apporti di detrito ha riguardato l'alveo torrentizio, le sponde instabili o in erosione, nonché le frane connesse alla rete idrografica.

L'approccio geomorfologico per la stima della magnitudo di un debris flow è basato essenzialmente sull'individuazione lungo la rete idrografica di aree in grado di fornire materiale detritico movimentabile. Le analisi condotte in campo hanno messo in evidenza:

- lo stato di ricarica del collettore;
- le aree sorgenti di sedimento e le frane.

Per quanto riguarda la valutazione dello stato di ricarica del collettore il metodo utilizzato è quello proposto da Hungr et al. (1984). Tale metodo si basa su due ipotesi cautelative: la prima è che, in occasione del verificarsi di una colata detritica, tutte le aree sorgenti vengono attivate, la seconda che non si abbia redistribuzione del materiale all'interno del bacino.

Il metodo consiste nel suddividere la rete idrografica del bacino in tratti omogenei per quanto riguarda le caratteristiche di erodibilità. Una volta riconosciuti i tratti di canale omogenei, determinata la loro lunghezza (Li) e assegnato un valore dell'apporto di sedimento unitario (ei), ovvero il volume erodibile

Comune di Campodolcino

Studio di dettaglio dell'area di frana quiescente (Fq) nella zona della Valle dei Magazzini

Relazione Tecnica

per unità di lunghezza del collettore, è possibile applicare la seguente equazione, che permette di ricavare il volume totale di materiale mobilizzabile:

$$V = \sum_{i=1}^n L_i \cdot e_i \text{ dove:}$$

V = volume totale (m³);

L_i = lunghezza dei tratti di torrenti di caratteristiche uniformi (m);

e_i = apporto detritico per unità di lunghezza (m³/m).

Nella Tabella sottostante sono riportati i valori indicativi dell'apporto detritico per unità di lunghezza per diversi tipi di alvei torrentizi (da Hungr et al., 1984).

Classe	Pendenza alveo (°)	Materiale alveo	Sponde	Condizioni di stabilità	Apporto detritico unitario (m ³ /m)
A	20 - 35	Roccia	Non erodibili	Stabile (virtuale assenza di detrito)	0 - 5
B	10 - 20	Sottile strato di detrito o suolo sciolto su roccia	Non erodibili (roccia)	Stabile	5 - 10
C	10 - 20	Copertura detritica o morenica	Altezza < 5m	Stabile	10 - 15
D	10 - 20	Copertura detritica o morenica	Detrito, altezza > 5m	Angolo di riposo del materiale	15 - 30
E	10 - 20	Copertura detritica o morenica	Detrito, altezza > 20m	Sponde potenzialmente instabile (area di frana)	Fino a 200 (sorgente di detrito localizzata)

Valori indicativi dell'apporto detritico per unità di lunghezza per diversi tipi di alvei torrentizi (da Hungr et al., 1984).

I risultati dell'applicazione del metodo geomorfologico di terreno al bacino del torrente Magazzini utilizzando la metodologia di Hungr sono riassunti nella tabella di seguito riportata:

Comune di Campodolcino

Studio di dettaglio dell'area di frana quiescente (Fq) nella zona della Valle dei Magazzini

Relazione Tecnica

Torrente:		Valle dei Magazzini					
Stima dei volumi		stato di ricarica dei tratti omogenei (metodo Hungr et. Al. 1984)					
	T	L	e_i min	e_i max	V min	V max	V med
TRATTO	tipo di canale	lunghezza (ml)	apporto detritico unitario minimo (mc/ml)	apporto detritico unitario massimo (mc/ml)	volume di sedimento minimo (mc)	volume di sedimento massimo (mc)	volume di sedimento medio (mc)
1	piana alluvionale	50	0	0	0	0	0
2	C	136	10	15	1360	2040	1700
3	C	131	10	15	1310	1965	1637,5
4	A	374	0	5	0	1870	935
5	B	364	0	5	0	1820	910
TOTALE (mc)					2670	7695	5182,5
mc/kmq					7032	13741	10386

L'applicazione delle suddette metodologie, che peraltro forniscono volumi simili ha permesso di effettuare un bilancio complessivo dei quantitativi di sedimento che potenzialmente possono contribuire alla formazione delle colate detritiche nel bacino. Tali volumi, di carattere "potenziale", sono stati successivamente rivisti in modo da stimare quali quantitativi di materiale detritico possono verosimilmente giungere in conoide nel corso di un evento. La riduzione dei volumi potenziali è stata effettuata tenendo conto:

- della possibilità di parziale rideposizione lungo i tratti del collettore a minor pendenza;
- della presenza di opere di trattenuta e di controllo del trasporto esistenti;
- della verosimile non contemporaneità dei contributi per i diversi settori del bacino.
-

5.3.3. – Calcolo della lunghezza di arresto della colata

Una volta individuate le sezioni che presentano criticità, e individuata la quantità massima di materiale detritico che possa potenzialmente fuoriuscire dalle stesse, sono stati determinati, mediante osservazioni di campo ed informazioni topografiche, i percorsi preferenziali di movimento della colata sulla conoide, valutando sia eventuali ostacoli incontrati dalla colata, sia superfici con maggiore attitudine a far muovere il flusso (ad esempio le strade).

La superficie del conoide in esame non presenta marcati avvallamenti e pertanto al verificarsi di un fenomeno alluvionale potrebbe essere interessata l'intera superficie. E' stata calcolate la distanze di arresto (LRUN-OUT, m) tramite la relazione proposta da Ikeya, 1981 (in Bathurst et al., 1997):

$$L_{RUN-OUT} = 8.6 \cdot (V \cdot \tan \vartheta)^{0.42}$$

Comune di Campodolcino

Studio di dettaglio dell'area di frana quiescente (Fq) nella zona della Valle dei Magazzini

Relazione Tecnica

dove ϑ è l'angolo che esprime l'inclinazione media del canale subito a monte del tratto dove la colata subisce il rallentamento e V (m³) il volume dei sedimenti fuoriusciti.

Nella definizione dell'area di conoide interessata dalla zona di deposizione della colata, si sono distinte per il moto non confinato del debris flow i seguenti campi di pendenza:

- $\vartheta > 10^\circ$ la colata subisce un rallentamento trascurabile;
- $6^\circ \leq \vartheta \leq 10^\circ$ la colata subisce un sensibile rallentamento;
- $0 < \vartheta < 6^\circ$ la colata si arresta entro un breve spazio;
- $\vartheta < 3^\circ$ la colata si arresta.

La lunghezza di arresto calcolata con la metodologia sopra esposta e, considerata la pendenza del conoide pari a circa 23° , che determina che l'inizio del punto di rallentamento è posto alla base del conoide è di circa 220 m. La colata potrebbe pertanto propagarsi senza subire rallentamenti significativi sino a pochi metri dal tracciato della SP, occupare il sedime stradale e raggiungere l'area di golena e l'alveo del torrente Liro. Con tale presupposto applicando la metodologia proposta Mizuyama e Uheara (1983) per la definizione della larghezza massima della colata è stato stimato un valore di circa 75 m.

5.4. – definizione della pericolosità per colata detritica

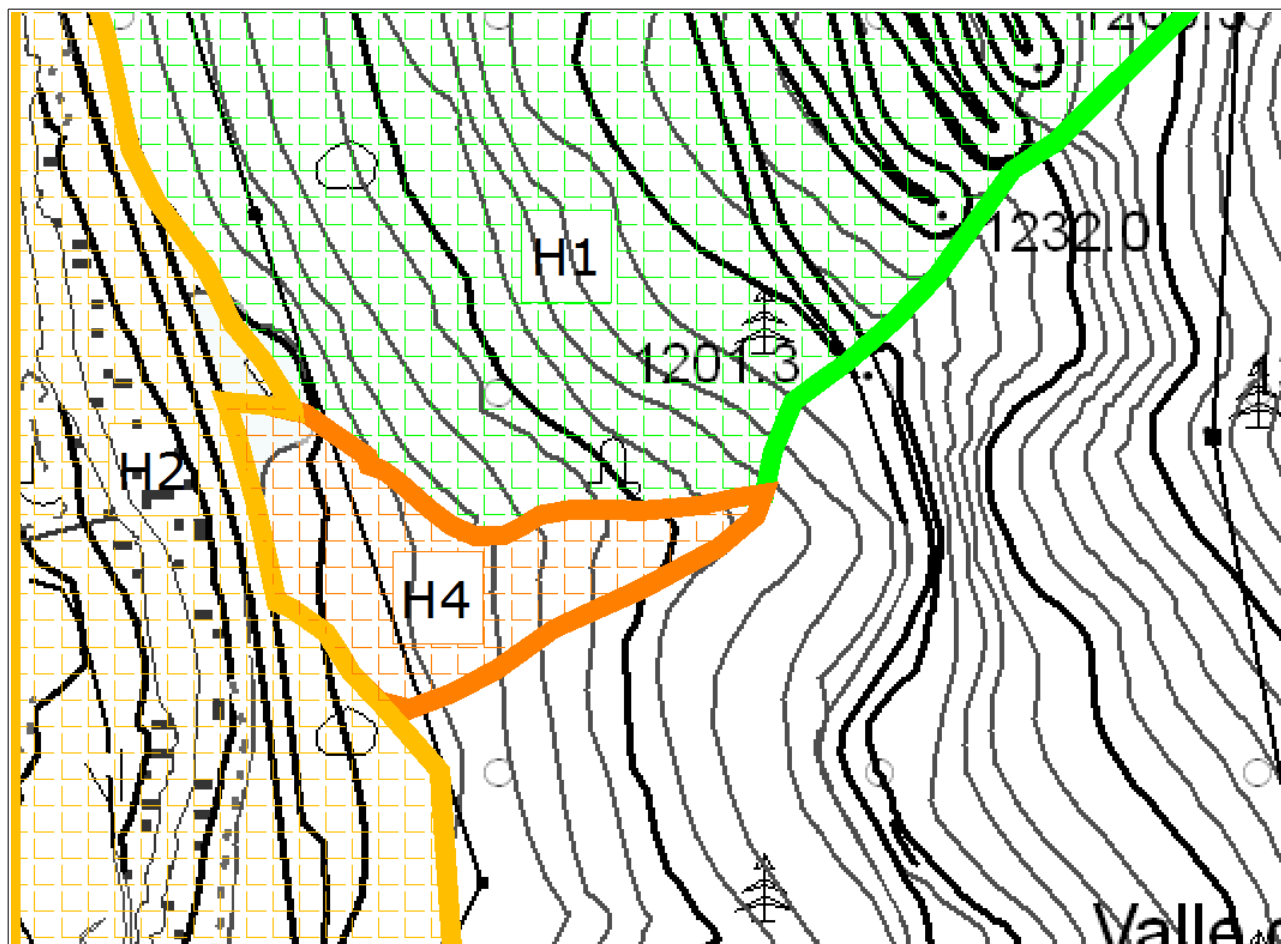
Con i dati sopra esposti e considerando la letteratura scientifica (Hungry et al., 1984) che indica come spessori medi ragionevoli del deposito valori compresi fra 1.0 ed 1.5 m per volumi della colata compresi fra i 5.000 e i 50.000 m³ è stata delimitata l'area direttamente raggiunta dai depositi di materiale.

L'area omogenea **D** in esame, che comprende l'intero versante, è quindi soggetta ad una pericolosità quantificabile preliminarmente in **H1**.

Le aree omogenee **A** e **B**, hanno pericolosità iniziale rispettivamente **H2** e **H4** ma, considerando la morfologia del conoide, alla zona posta nell'intorno dell'alveo principale e la porzione di piana di fondovalle compresa sino all'alveo del torrente Liro, in corrispondenza dell'alveo della Valle dei Magazzini viene attribuita una pericolosità **H5** (valore del tirante massimo maggiore di 1 m e velocità nell'ordine di $5 \div 7$ m/s) mentre alla restante parte dell'edificio di conoide **H4** (valore del tirante massimo compreso fra 40 cm e 1 m e velocità superiori a $3 \div 4$ m/s).

Si evidenzia quindi la necessità di realizzare delle opere di mitigazione dell'area di conoide posta in sponda destra dell'alveo.

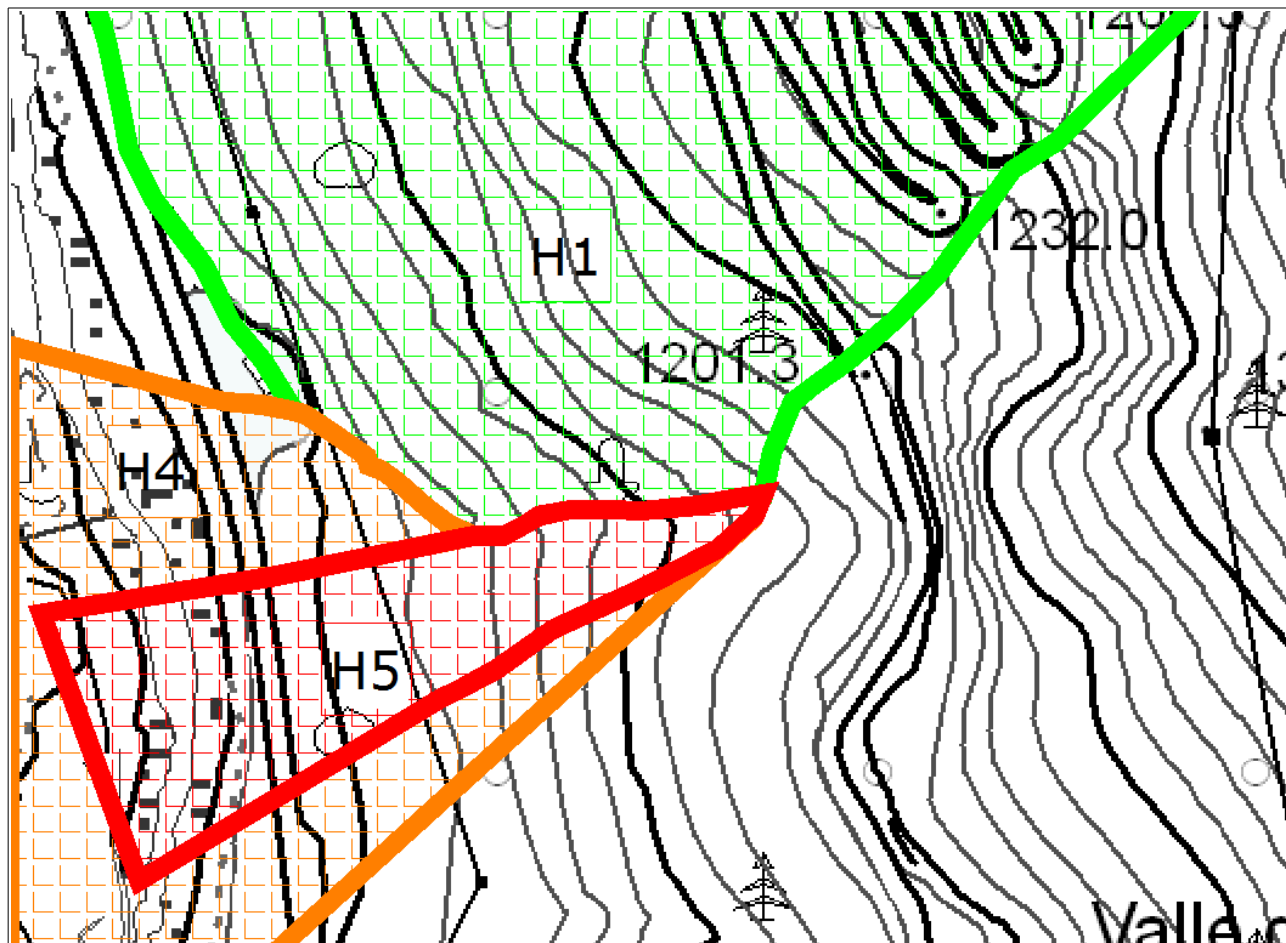
Carta della pericolosità per colata detritica preliminare, Scala 1:2000



Comune di Campodolcino

Studio di dettaglio dell'area di frana quiescente (Fq) nella zona della Valle dei Magazzini
Relazione Tecnica

Carta della pericolosità per colata detritica definitiva, Scala 1:2000



Comune di Campodolcino

Studio di dettaglio dell'area di frana quiescente (Fq) nella zona della Valle dei Magazzini

Relazione Tecnica

6 – Verifica di stabilità del versante per caduta massi

6.1. – Metodologia di calcolo

Considerata la tipologia del versante, il quale si presenta abbastanza omogeneo, si è ritenuto sufficiente eseguire la verifica lungo una singola linea di massima pendenza che risale all'interno del vallone sino alla sommità del versante roccioso dove affiora la roccia fratturata e sono presenti le massi in equilibrio non ottimale. La situazione verificata corrisponde alla situazione di criticità maggiore osservata.

6.2. – Verifica di caduta massi

Mediante il programma di calcolo MASCO ver. 1.4 elaborato dalla Program Geo di Brescia, sono state effettuate verifiche di caduta massi lungo 1 sezione posta lungo la traccia riportata sulla tavola delle mitigazioni.

In base alle analisi di terreno ed alle opere previste in progetto si è previsto di simulare scoscendimenti di massi a partire dalla sommità del versante roccioso ; a partire dalla quota di 1550 m s.l.m.

La stima della dimensione del masso è basata sull'osservazione diretta dei materiali coinvolti nel franamento, dei materiali detritici ancora presenti lungo l'alveo e dei volumi unitari isolati o parzialmente isolati lungo le scarpate rocciose presenti ai bordi dell'alveo.

Al fine di simulare delle cadute a partire da speroni rocciosi marcatamente acclivi sono stati individuati, lungo il pendio, i settori dove, per presenza di scarpate rocciose e per la forte acclività, è possibile che il fenomeno avvenga.

6.3. – Dati di ingresso della verifica

Le verifiche sono state quindi effettuate utilizzando i seguenti parametri di input derivanti dal rilievo geologico eseguito sul versante.

- massa di progetto 0,05 mc con percentuale di frammentazione pari a 0
- velocità orizzontale iniziale del masso $V_x = 0$ m/s
- velocità orizzontale iniziale del masso $V_y = 0$ m/s

Comune di Campodolcino

Studio di dettaglio dell'area di frana quiescente (Fq) nella zona della Valle dei Magazzini

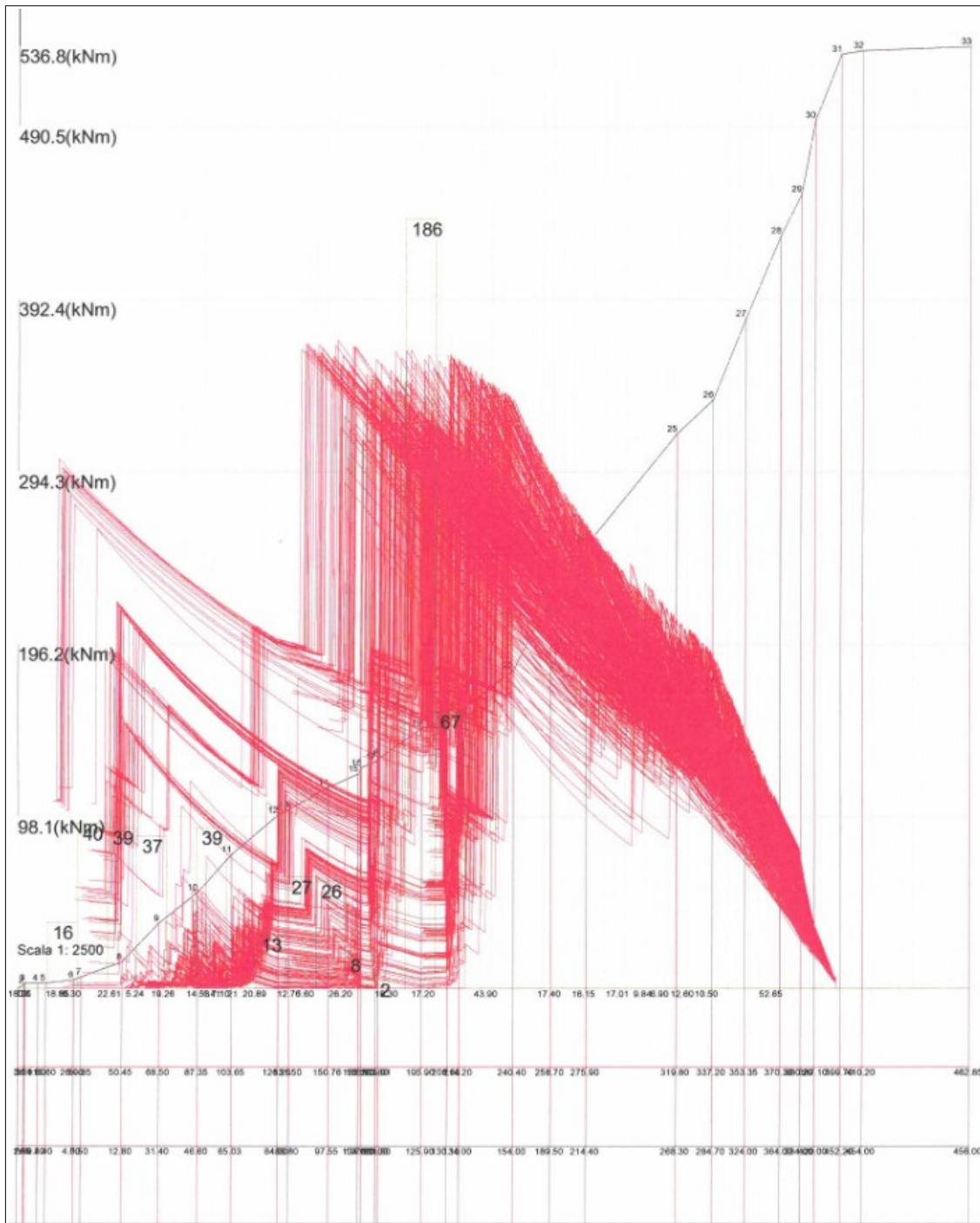
Relazione Tecnica

- numero di cadute pari a 500
- il pendio è stato considerato con vegetazione arbustiva nella porzione al di sopra di 1200 m s.l.m. di vegetazione e boscato nel tratto a valle.
- presenza di un'opera di trattenuta in corrispondenza della quota 1105 m s.l.m. (a monte dell'area in esame) di altezza massima fuori terra pari a 4 m

6.4. – Risultati delle verifiche

Dalle verifiche effettuate è emerso quanto segue:

- Gli scoscendimenti simulati si arrestano tutti a monte della SP.
- L'energia massima in corrispondenza dell'area in esame è inferiore a 300 kJ
- L'energia dei massi in corrispondenza dell'opera di trattenuta è dell'ordine di 270 kJ. (figura 1)
- gli scoscendimenti simulati si arrestano per circa il 50 % a quote superiori a 1150 m s.l.m.
- gli scoscendimenti simulati si arrestano per un 85% a monte dell'opera paramassi in progetto (figura 3)
- nel caso di opera di trattenuta sia realizzata con altezza di 5 m solo il 5% degli scoscendimenti raggiungono l'area in esame

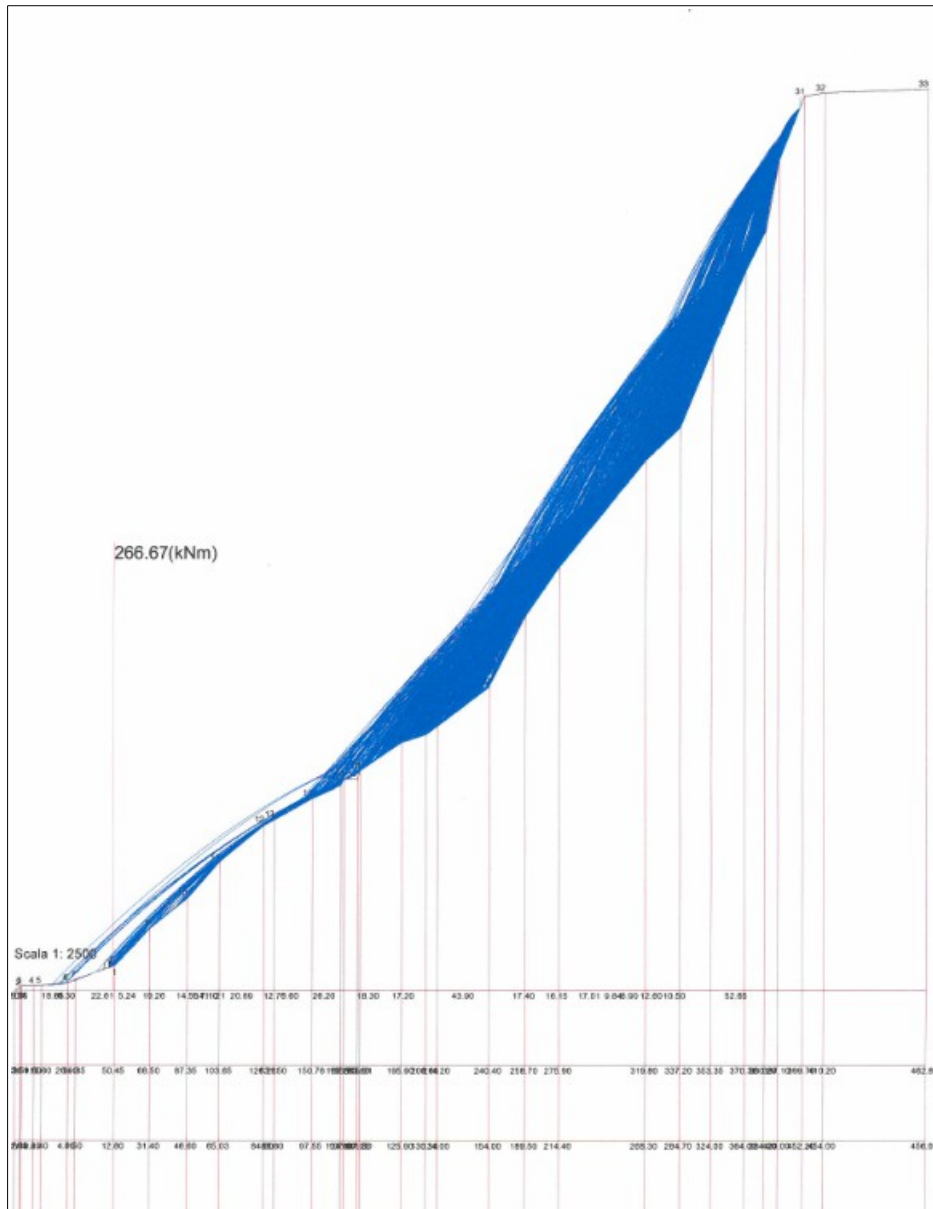


Tracce delle energie dei massi e istogramma degli arrivi

Comune di Campodolcino

Studio di dettaglio dell'area di frana quiescente (Fq) nella zona della Valle dei Magazzini
Relazione Tecnica

Tracce delle traiettorie dei massi e massima energia di impatto



Comune di Campodolcino

Studio di dettaglio dell'area di frana quiescente (Fq) nella zona della Valle dei Magazzini
Relazione Tecnica

6.5. – Determinazione della pericolosità per caduta massi

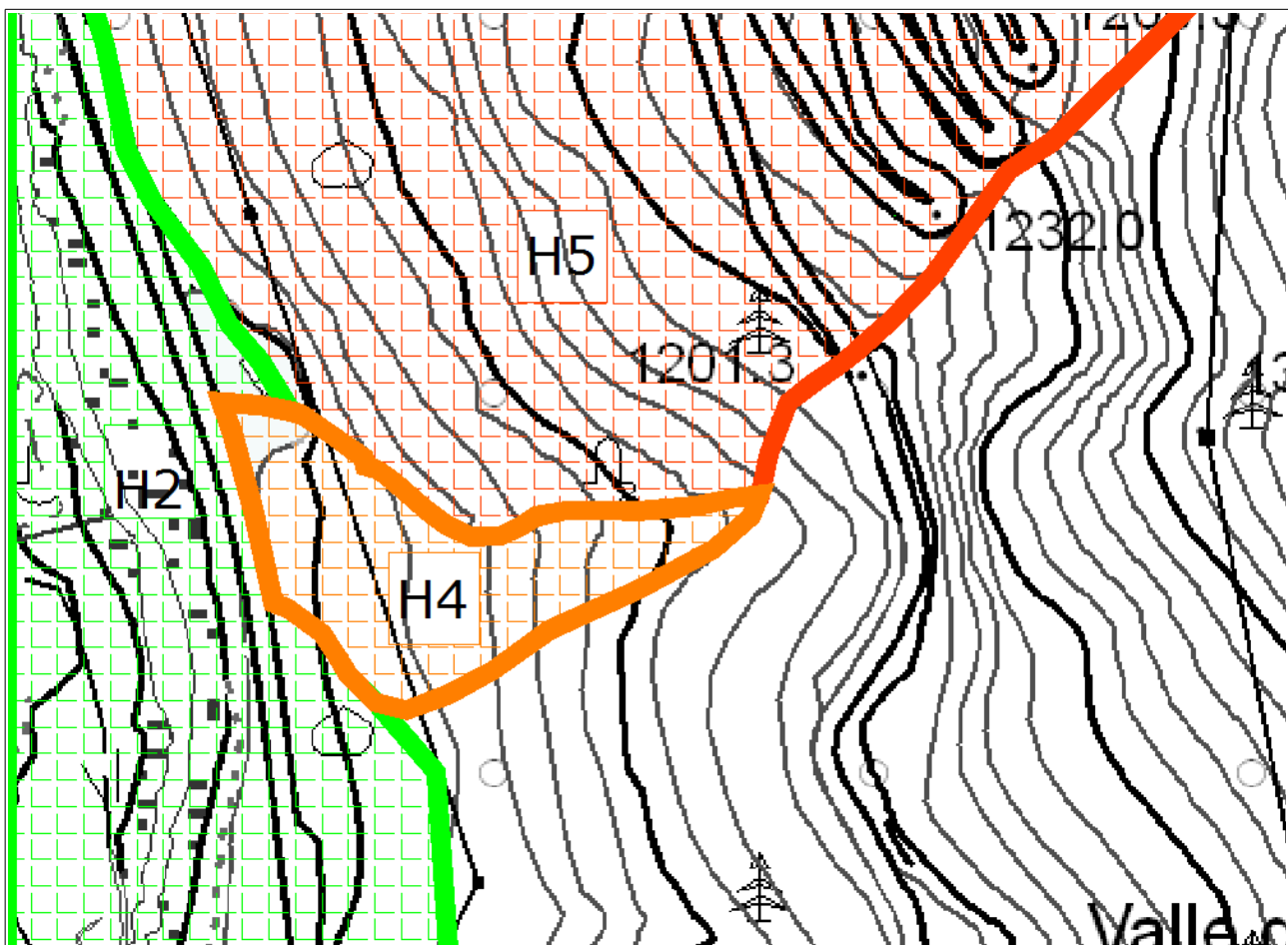
Con i dati sopra esposti si possono definire le seguenti classi di

L'area omogenea **D** in esame, che comprende l'intero versante, è quindi soggetta ad una pericolosità quantificabile preliminarmente in **H5**.

Le aree omogenee **A** e **B**, hanno pericolosità iniziale rispettivamente **H2** e **H3** che, mancando elementi di aggravio, sono confermate anche nella pericolosità finale.

Si evidenzia quindi la necessità di realizzare delle opere di mitigazione dell'area di conoide posta in sponda destra dell'alveo.

Carta della pericolosità per caduta massi preliminare e finale, Scala 1:2000



Comune di Campodolcino

Studio di dettaglio dell'area di frana quiescente (Fq) nella zona della Valle dei Magazzini

Relazione Tecnica

7 – Zonazione del rischio

L'area in esame verrà destinata alla realizzazione di una piazzola ecologica per la raccolta differenziata dei rifiuti. Con tale presupposto l'uso del suolo previsto può essere definito come **E3**.

- La pericolosità finale per frana è uguale a **H3**.
- La pericolosità finale per colata detritica è uguale a **H4**. Mediante gli interventi descritti sinteticamente nel seguito e riportati in nella tavola allegata si consegue una mitigazione della pericolosità ad **H3**.
- La pericolosità finale per caduta massi è uguale a **H4**. Mediante gli interventi descritti sinteticamente nel seguito e riportati in nella tavola allegata si consegue una mitigazione della pericolosità ad **H3**.

*Pertanto combinando i dati di pericolosità con quelli della destinazione d'uso si ottiene per l'area omogenea **B** un rischio **R3** senza le opere di mitigazione e **R2** dopo l'ultimazione delle stesse.*

Con tali presupposti, a seguito del completamento e collaudo delle opere da parte di tecnico abilitato che ne certifichi la conformità alle previsioni, la classe di fattibilità dell'area è definita come Classe 3.