



Mottolino S.p.A.

REGIMAZIONE IDRAULICA DEL TRATTO TERMINALE DEL RIN DAL DOMENIN

PROGETTO DEFINITIVO

ELABORATO 10: Studio di dettaglio del Rin de Domenin

Committente: **Mottolino S.p.A.**

Via Bondi 473, 23041 Livigno (SO)

Progettisti: Ing. Andrea Menghi (Ordine ing. Sondrio n. 37B)

Ing. Alberto Fioroni (Ordine ing. Sondrio n. 504)

Geol. Giovanni Songini (Albo geol. Lombardia n. 732)

Rif. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato/Approvato
21_031_PD_R10_Rev0- StudioDettaglio.docx1	Ott. 2022	Integrazioni	M.Sceresini	A.Menghi/G.Songini
21_031_PD_R02_Rev1	Feb. 2022	Integrazioni	M.Sceresini/ G.Songini	A.Menghi/G.Songini
21_031_PD_R02_Rev0	Giu. 2021	Prima emissione	M.Sceresini	A.Menghi/G.Songini

areaquattro srl

Sondrio | Craveggia

Via Caimi, 47 - 23100 Sondrio (SO)

Tel. +39 0342 032 922

e-mail: info@areaquattro.it

www.areaquattro.it

P.IVA 01006440141

Cap. Soc. 10.000,00 €

INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. INQUADRAMENTO GENERALE.....	5
3. INQUADRAMENTO PIANIFICATORIO	6
4. BACINO DEL T. RIN DE DOMENIN	11
4.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	11
4.2. FENOMENI DI DISSESTO IN ATTO O PREGRESSI	12
4.3. REGIMAZIONE DELLE ACQUE DI VERSANTE	20
4.4. TRATTO TERMINALE DEL RIN DE DOMENIN	20
5. CALCOLO DELLA MAGNITUDO	23
6. INTERVENTI IN PROGETTO	27
7. CARTA DELLA PERICOLOSITÀ	29

1. PREMESSA

Il presente Studio di Dettaglio del Rin de Domenin è stato redatto in risposta alle richieste di integrazione espresse nel parere di Regione Lombardia - Direzione Generale Territorio E Protezione Civile - Difesa Del Suolo e Gestione Attività Commissariali - Assetto Idrogeologico, Reticoli e Demanio Idrico nel giugno 2022, trasmesso al Comune di Livigno, in merito al progetto DI REGIMAZIONE IDRAULICA DEL TRATTO TERMINALE DEL RIN DAL DOMENIN redatto dalla società areaquattro s.r.l. su commissione di Mottolino S.p.a..

Lo Studio si configura come un approfondimento dei contenuti del recente elaborato dallo Studio di Consulenza Geologica GEO 3 di Sondrio nell'agosto 2019; le differenze che emergono dal confronto dei due elaborati si giustificano principalmente con:

- a) Le diverse basi topografiche utilizzate; lo studio di seguito presentato ha infatti potuto utilizzare un nuovo rilievo LIDAR ad alta risoluzione dell'area in esame.
- b) Ulteriori rilievi dettagliati sul terreno estesi all'intero bacino del torrente, che hanno riguardato anche le opere di attraversamento della stradale della SS 301 del Foscagno.

Gli interventi progettualmente proposti nel Progetto Definitivo redatto dalla società scrivente, volti alla mitigazione dei rischi idraulici legati ad eventi di colata detritica, sinteticamente prevedono:

- a) la creazione di una vasca di accumulo del sedimento, con soglia di delimitazione a monte e briglia selettiva a valle;
- b) il prolungamento del tratto di alveo in scogliera esistente nella parte medio-apicale del conoide;
- c) la sostituzione del tratto intubato con un canale a sezione rettangolare in calcestruzzo armato coperto da strutture in CLS amovibili prima dell'immissione nel t. Spöl;
- d) il rifacimento dei due attraversamenti carrabili a quota 1840 m e 1818 m.

Il progetto rielabora concettualmente gli interventi previsti nello *“Studio di fattibilità degli interventi di mitigazione dell'elemento del RIM codici 03014037_0206 Rin da Domenin e 03014037_0040”* redatto nel settembre 2019 dallo Studio di Consulenza Geologica GEO 3; tale elaborato conteneva una proposta progettuale atta a mitigare i rischi evidenziati dello *“Studio di dettaglio dell'elemento del RIM codici 03014037_0206 Rin da Domenin e 03014037_0040”* realizzato nell'agosto 2019 dallo stesso studio di consulenza.

Le stesse problematiche erano state precedentemente evidenziate anche dallo *“Studio Idrologico Idraulico dei corsi d'acqua significativi affluenti dello Spöl costituenti il Reticolo Minore Bacino Rin del Mottolino”* del marzo 2004 a firma dello Studio Paoletti Ingegneri Associati.

In particolare, il parere espresso da Regione Lombardia in merito ai contenuti del progetto in parola, evidenzia le seguenti criticità:

1. rispetto alla valutazione della pericolosità presente nello studio dell'agosto 2019, viene proposta una rivalutazione della magnitudo della colata, sempre secondo le indicazioni dell'allegato n. 2 alla direttiva tecnica approvata con d.g.r. 2616/2011, proponendo, tuttavia, il dimezzamento dell'area sorgente del trasporto solido, ipotizzando il totale arresto della

eventuale frazione solida in prossimità dell'attraversamento della S.S. 301 del Foscagno, non adeguatamente supportata;

2. rispetto a quanto previsto nei criteri di cui all'allegato 2 alla d.g.r. 2616/2011, non sono state redatte le previste carte di inquadramento geologico e geomorfologico, litotecnica, della pericolosità preliminare e finale dopo la realizzazione delle opere;
3. non viene riportata la classificazione del conoide ai sensi dell'art. 9 delle norme di attuazione del PAI, nello stato di fatto attuale (in aggiornamento di quella già presentata con lo studio agosto 2019) né quella risultante a seguito della realizzazione delle opere; l'unica restituzione cartografica prodotta è quella relativa alla fattibilità geologica.

Il presente Studio di Dettaglio, redatto in accordo a quanto indicato nell'allegato n. 2 alla direttiva tecnica approvata con d.g.r. 2616/2011, risponde a tali richieste di chiarimento ed integrazione formulate da Regione Lombardia.

2. INQUADRAMENTO GENERALE

Il modesto bacino del t. Rin de Domenin (circa 0,55 km²) si sviluppa sul versante destro della valle del t. Spöl, con chiusura allo sbocco del tratto parzialmente inforato a quota 1850 m circa, poco a monte dell'immissione del torrente nel fondovalle di Livigno. L'asta più estesa (sottobacino Sud) è caratterizzata da uno sviluppo longitudinale di circa 1300 m e - quasi ovunque - da una modesta incisione del versante, rappresentativa delle ridotte portate ordinarie che caratterizzano il corso d'acqua; il ramo meridionale, censito con codice 03014037_0040 nel Documenti di Polizia Idraulica comunale, confluisce - a quota 1895 m circa - con il ramo settentrionale, a sua volta censito con codice 03014037_0206 nel medesimo documento.

Il bacino si sviluppa su un tratto di versante a media pendenza, in buona parte colonizzato a prato (in corrispondenza delle aree sciabili e/o dedicate alla pratica del mtb) e vegetato a conifere nella fascia al di sotto dei 2100÷2250 m. La presenza delle piste da sci e dei numerosi tracciati per MTB del comprensorio *Mottolino Fun Mountain* influisce significativamente sul deflusso superficiale delle acque meteoriche all'interno del bacino, che vengono intercettate, regimentate e ridistribuite attraverso una fitta rete di canalette in terra e sistemi drenanti volti a garantire la stabilità delle piste e dei tracciati ed a difenderli da potenziali fenomeni erosivi superficiali.

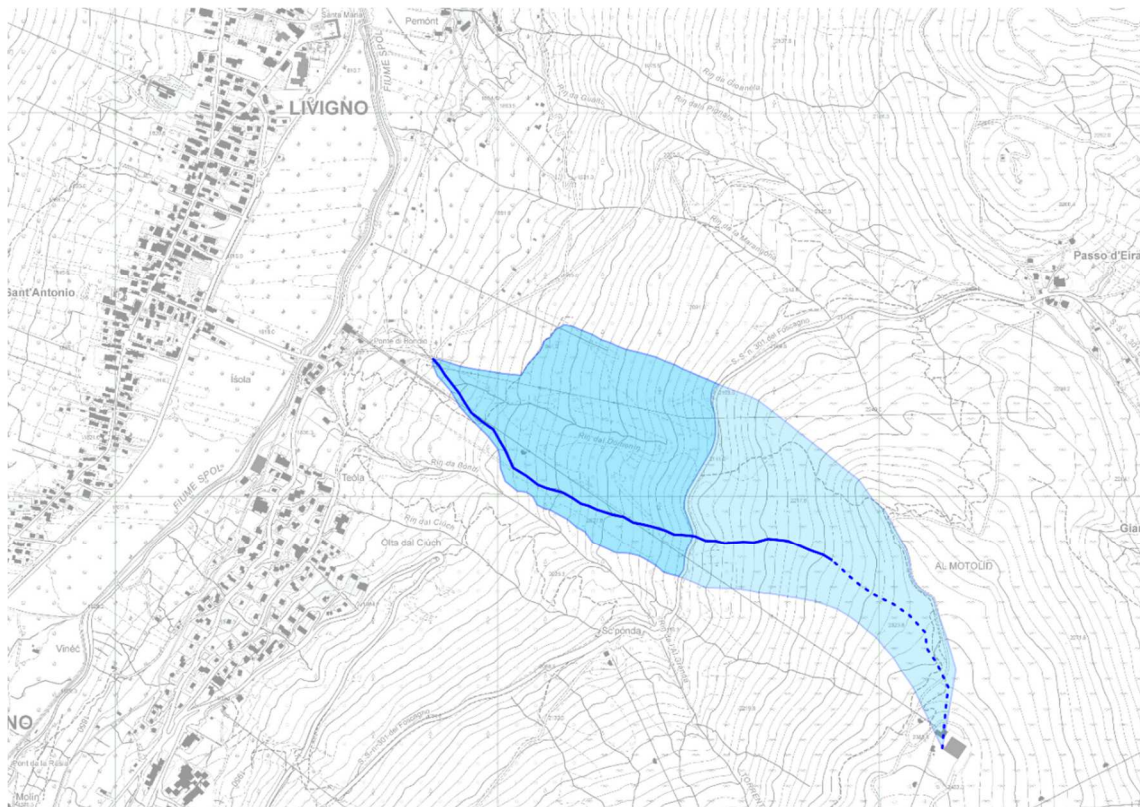


Figura 2.1 - Rappresentazione del bacino idrografico su base CTR

3. INQUADRAMENTO PIANIFICATORIO

A seguito di uno studio di pericolosità redatto nell'agosto 2019, la Carta del Dissesto PAI allegata allo studio geologico del PGT comunale – oggetto di recente aggiornamento a firma dello studio GEO 3 di Sondrio, ed in corso di approvazione da parte dell'Autorità di bacino distrettuale del fiume Po – classifica il tratto terminale del T. Rin de Domenin in gran parte come Conoide Attivo Ca, con una porzione in sinistra idrografica inserita in Area di conoide non recentemente attivatosi o completamente protetta Cn; lo stesso documento individua all'interno del bacino del Rin dal Domenin unicamente alcune aree valanghive a pericolosità media Vm e – marginalmente – un'area di frana stabilizzata Fs. La Carta di Fattibilità Geologica, recependo la Carta del Dissesto, inserisce la maggior parte del conoide in parola in classe 4 (fattibilità con gravi limitazioni), con la porzione inserita in Cn in classe 3 (fattibilità con consistenti limitazioni) – aree di conoide Cn normate dalle norme geologiche di piano soggette a rischio H3, mentre cartografa in classe 3 l'area di frana stabilizzata in parola.

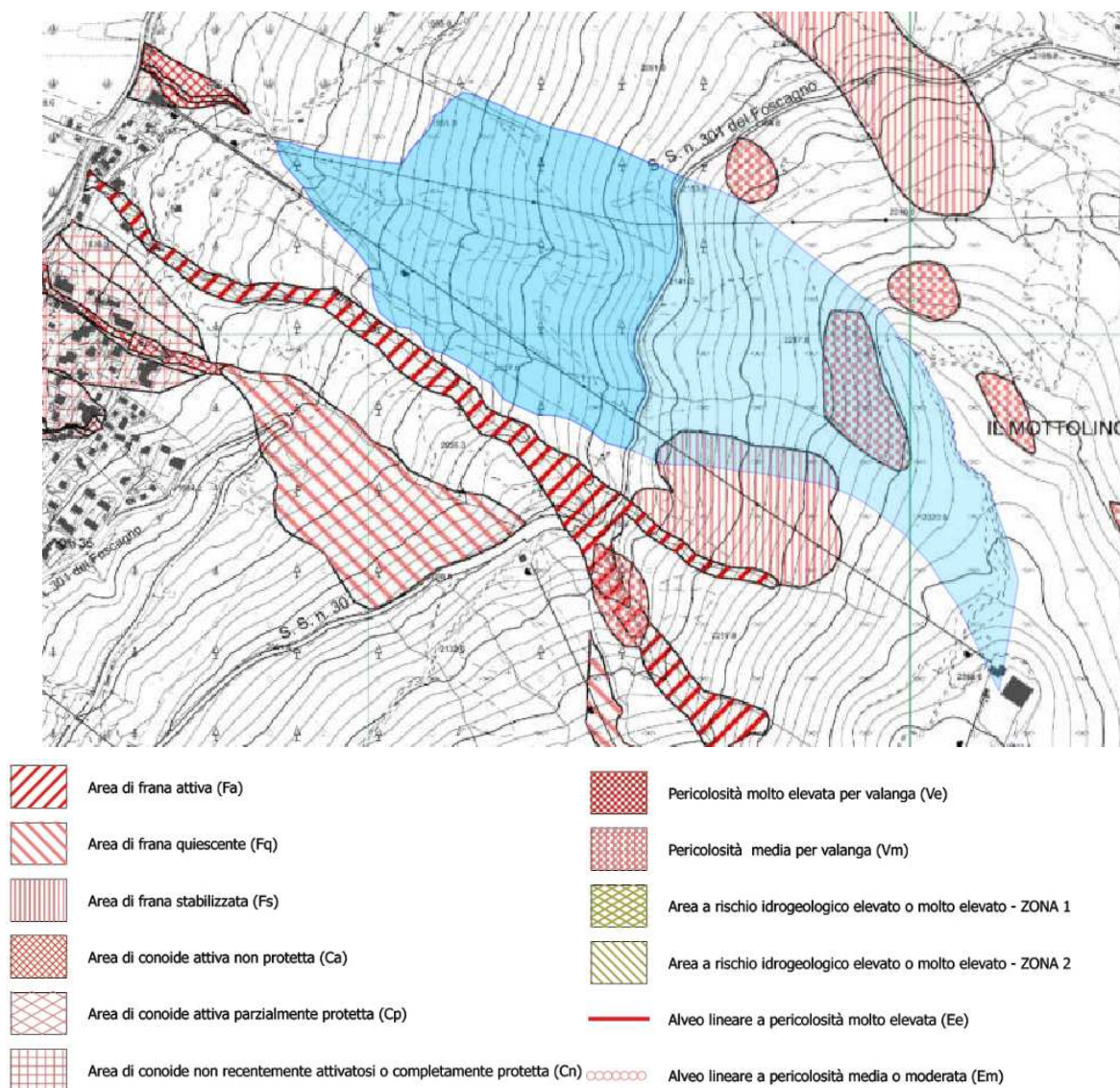


Figura 3.1: Stralcio della Carta del Dissesto PAI (PGT Livigno agg. Dic.2020)

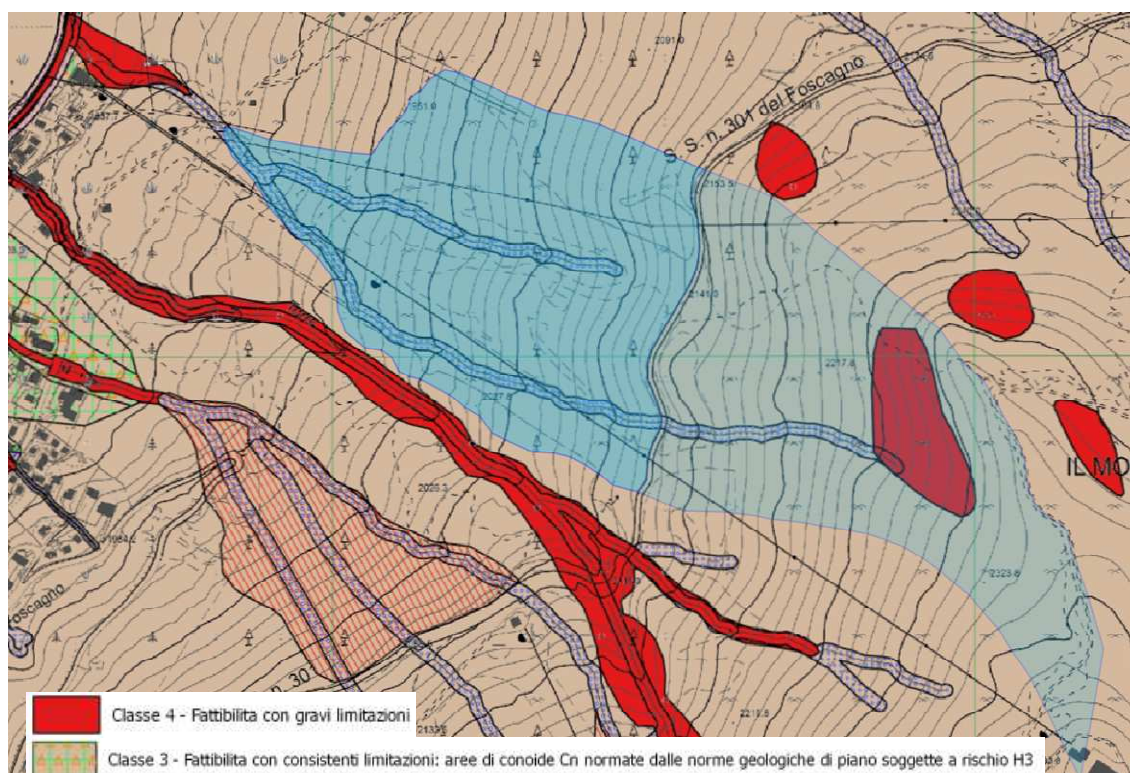


Figura 3.2 – Stralcio della Carta di Fattibilità geologica (PGT Livigno agg. Dic. 2020)

Si evidenzia come la precedente versione della Carta del Dissesto PAI (allegata alla componente geologica del PGT redatta nel 2012 dalla Dott.ssa Geol. Giovanna Sacchi ed aggiornata nel marzo 2018 dallo Studio GEO3) non censisse la presenza di un'area di conoide nel tratto terminale del Rin de Domenin.

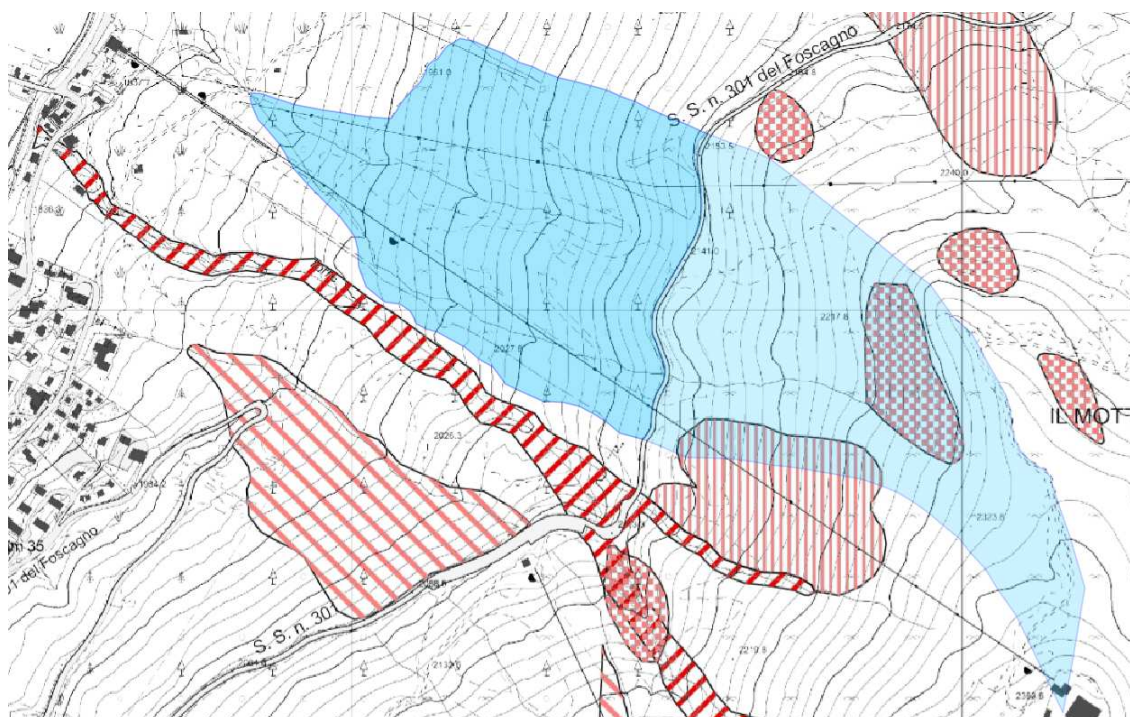


Figura 3.3: Stralcio della Carta del Dissesto PAI (PGT Livigno agg. Marzo 2018)

La Carta di Fattibilità allegata all'aggiornamento del febbraio 2020 inseriva in classe 4 il tratto terminale del t. Rin de Domenin, recependo la vincolistica derivata dallo Studio del Reticolo Idrico Minore del 2004 (Studio Paoletti); fatta salva l'area valanghiva riportata nel PAI, l'intero bacino del t. Rin de Domenin ricadeva in classe di fattibilità 3 (fattibilità con consistenti limitazioni), con la porzione di versante ricadente nelle fasce di rispetto idraulico con ampiezza 10 m del Rin da Domenin (individuato nello Studio del Reticolo Idrico Minore comunale con codice 03014037_0206) che rientrava nella vincolistica prevista nelle Norme di Polizia idraulica contenute nel documento in parola.

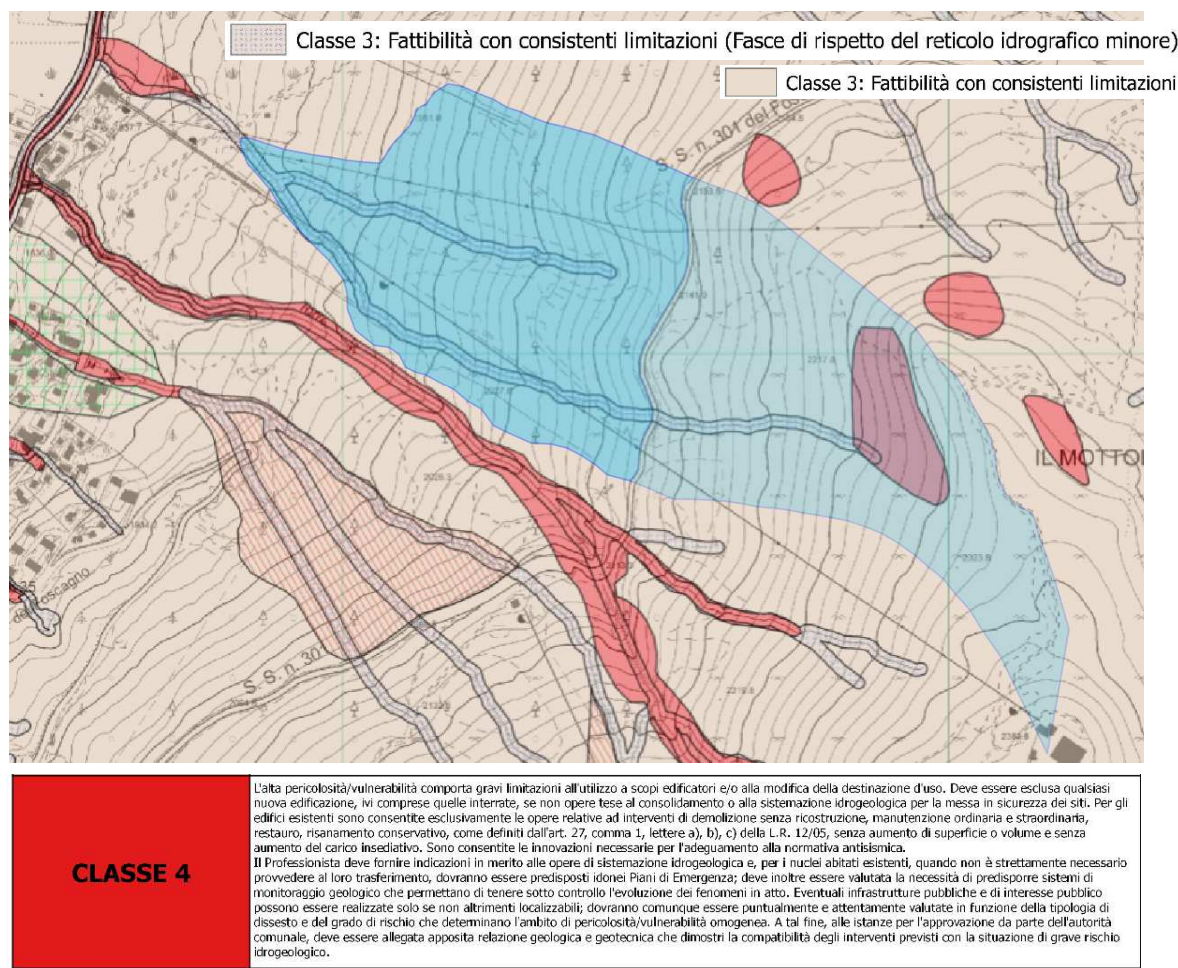


Figura 3.4 – Stralcio della Carta di Fattibilità geologica (PGT Livigno agg. Feb. 2020)

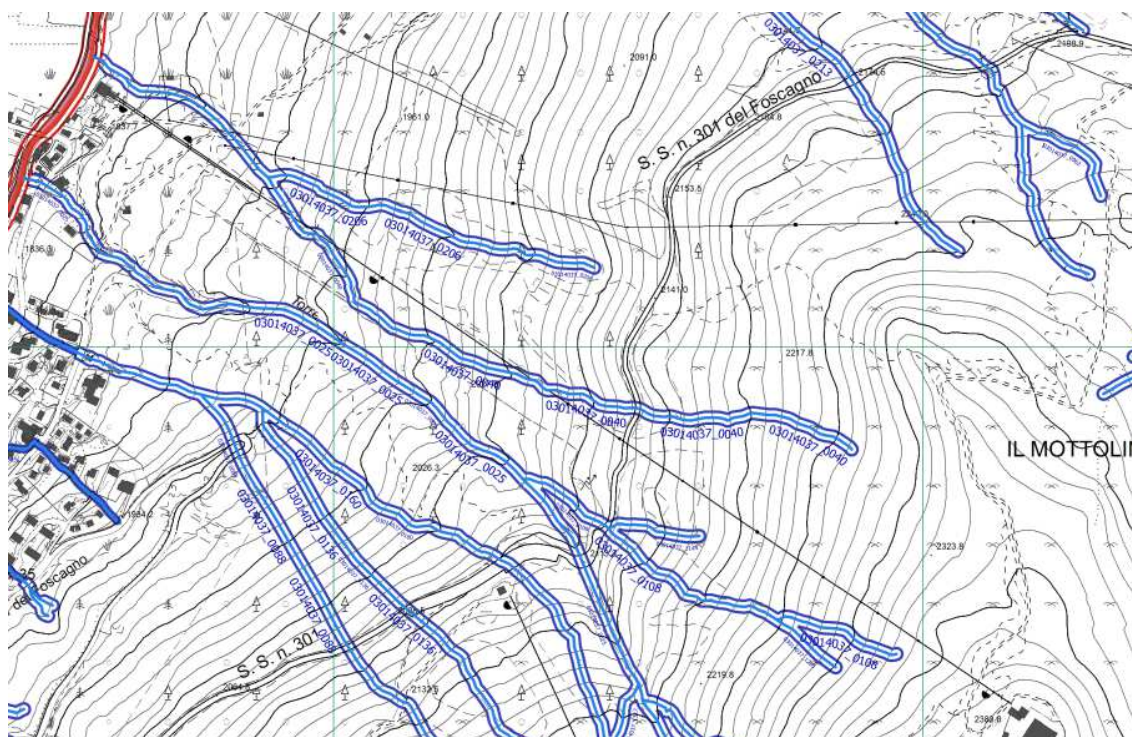


Figura 3.5: Stralcio dello Studio del Reticolo Idrico Minore – fasce di rispetto idraulico (genn. 2018)

L'esame della documentazione allegata al Piano di Gestione Rischio Alluvioni nel bacino del Fiume Po (PGRA) non mostra interferenze tra il bacino del t. Rin de Domenin e le aree perimetrate nel Piano, come riassunto anche nelle tavole dedicate contenute nel PGT di Livigno

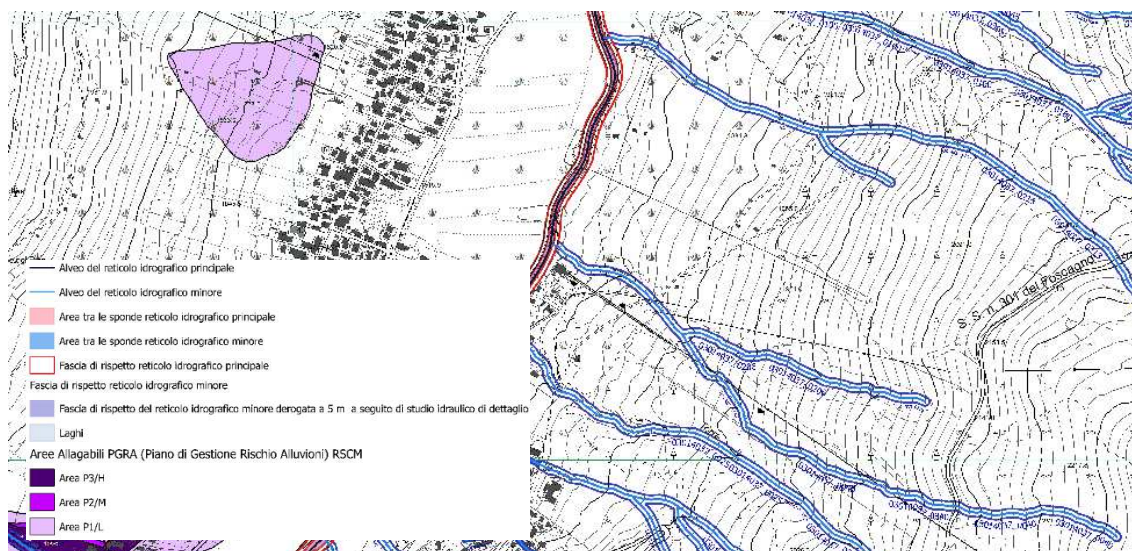


Figura 3.6: Stralcio del raffronto Studio del Reticolo Idrico Minore – PGRA (PGT Livigno)

L'unico sito valanghivo ricadente nel bacino in esame individuato nella Carta di Localizzazione Probabile delle Valanghe CLPV redatta a cura di Regione Lombardia è rappresentato dal sito 473, che viene gestito nel relativo piano operativo del comprensorio sciistico.

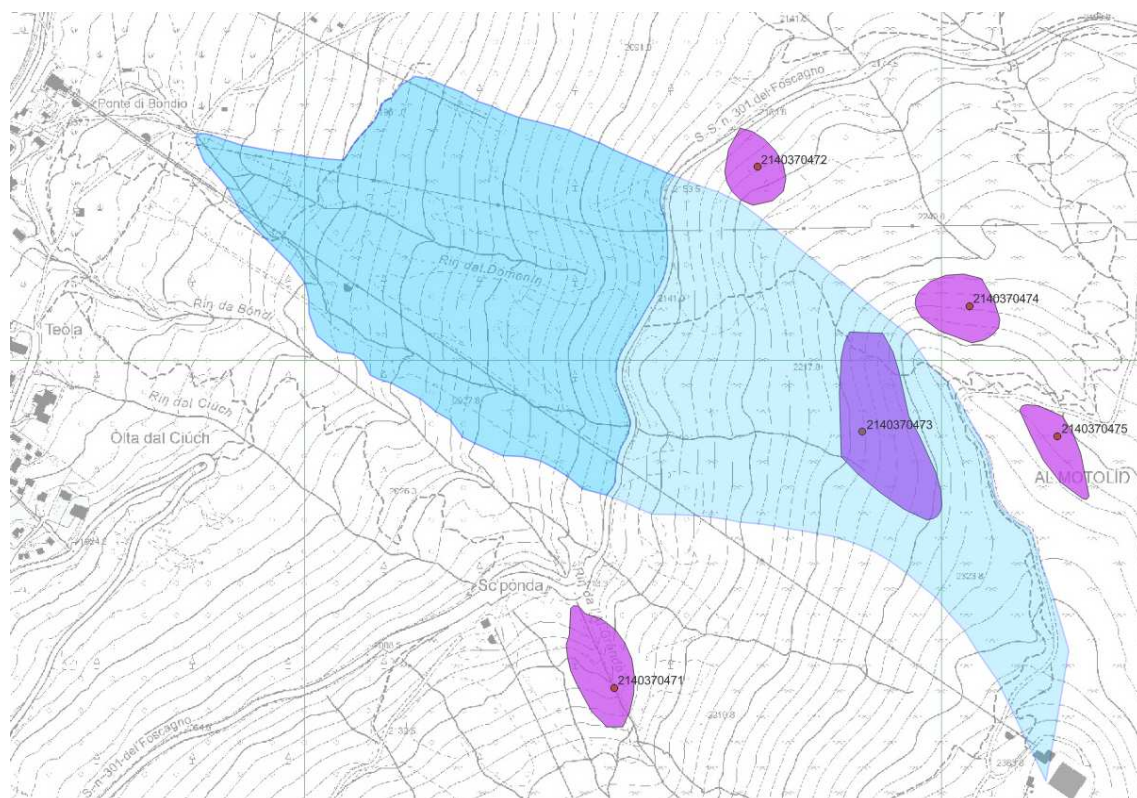


Figura 3.7: Stralcio della Carta di Localizzazione Probabile delle Valanghe CLPV

4. BACINO DEL T. RIN DE DOMENIN

4.1. Inquadramento geologico

Il torrente Rin dal Domenin drena un modesto bacino (circa 0,55 km²) compreso tra quota 2375 m e 1850 m (fine tratto inforato, coincidente con l'ipotetico apice conoide), caratterizzato dalla presenza di depositi glaciali sabbioso-ghiaiosi in matrice limosa ad ammantare, su spessori da metrici a plurimetrici, il sottostante substrato roccioso in posto, qui rappresentato dalle Filladi di Bormio; quest'ultimo forma localmente estesi affioramenti nella porzione sommitale del pendio e - solo puntualmente - in corrispondenza delle principali incisioni torrentizie e di alcuni tratti della scarpata stradale della SS 301. Localmente, in corrispondenza dei pendii più acclivi e sulle sponde in erosione degli impluvi principali, è possibile rilevare la presenza di limitati spessori di depositi detritici a grana generalmente ghiaiosa-ciottolosa in matrice sabbiosa. La ridotta granulometria dei materiali sciolti di copertura si giustifica anche con le pessime caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso filladico; i prodotti di alterazione della roccia in posto formano localmente orizzonti limoso-argillosi, sensibili a fenomeni di saturazione da parte delle acque di infiltrazione.

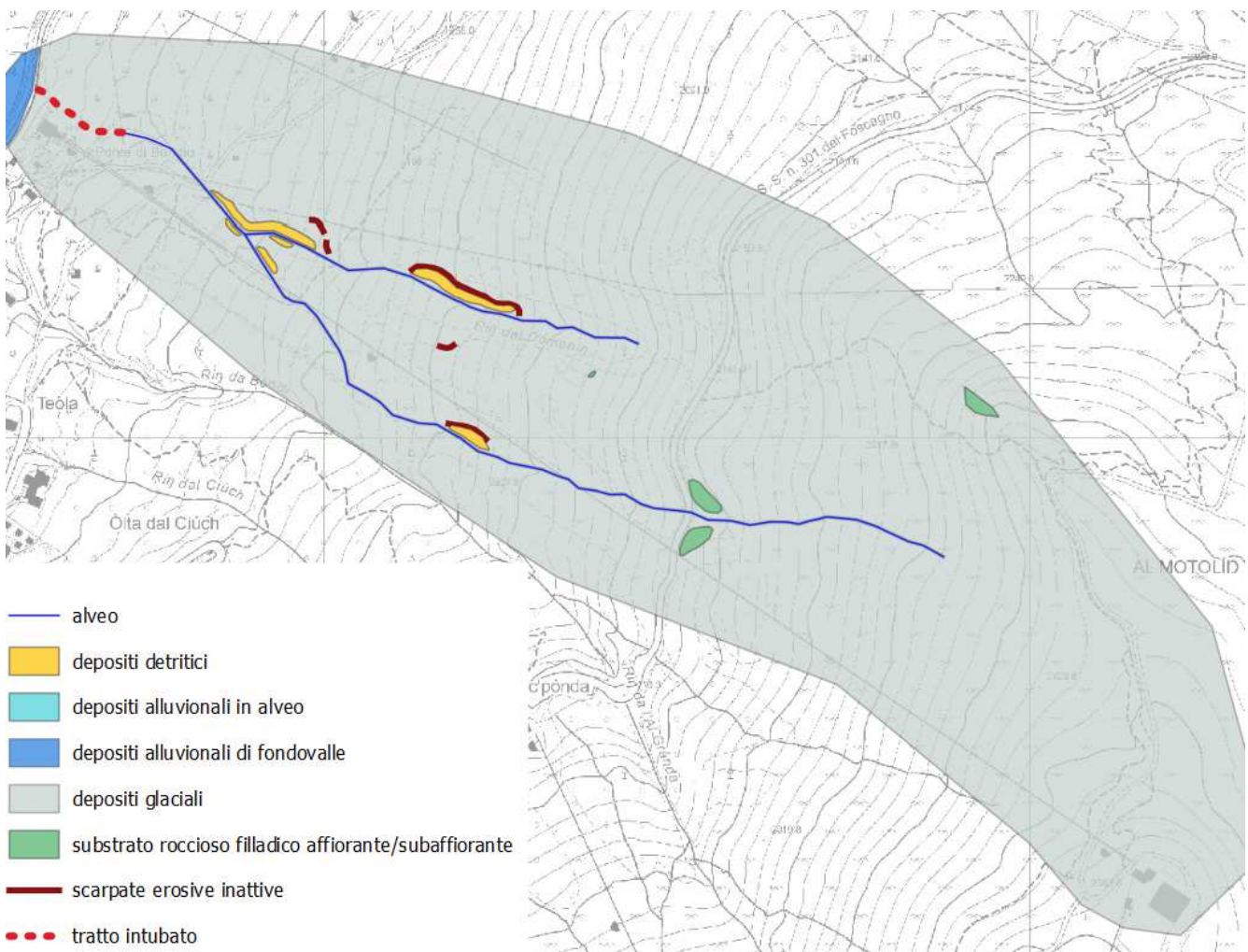


Figura 4.1 –Carta di inquadramento geologico-geomorfologico (scala 1:10.000)

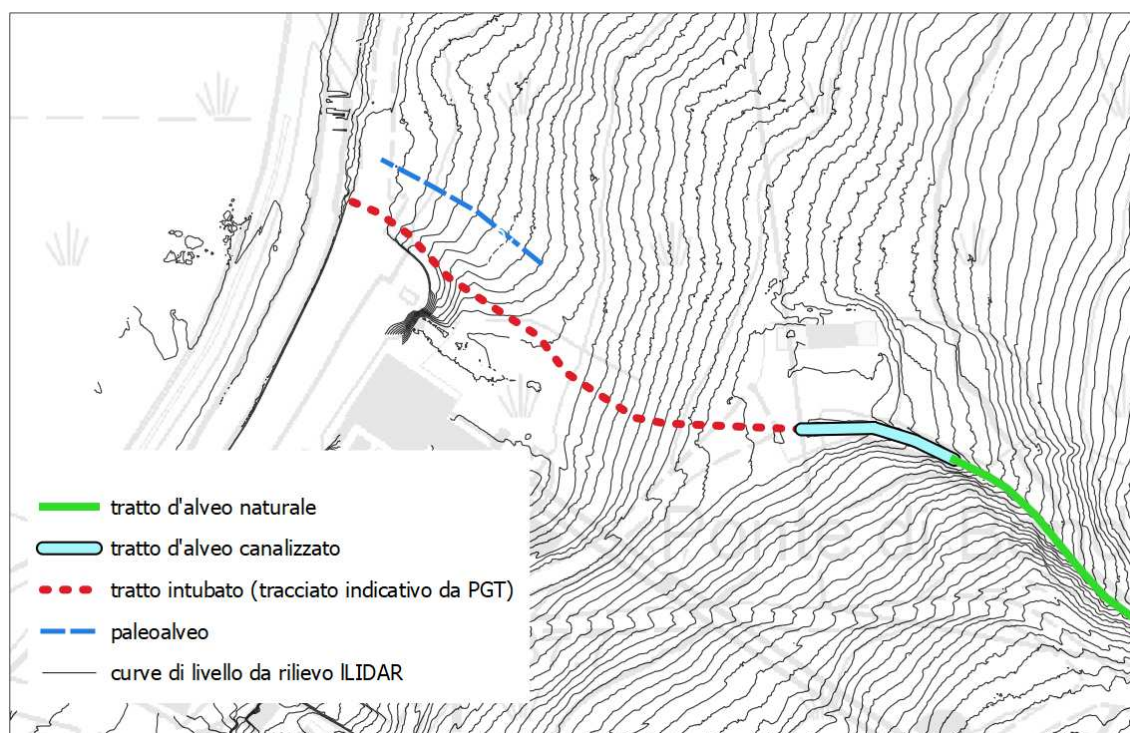


Figura 4.2 – Carta geomorfologica del tratto terminale del Rin de Domenin (scala 1:2.000)

4.2. Fenomeni di dissesto in atto o pregressi

I rilievi di dettaglio eseguiti in diversi periodi stagionali – estesi alle incisioni torrentizie ed all'intero bacino di alimentazione superficiale del t. Rin de Domenin e supportate dall'esame di nuove ortofoto ad alta risoluzione acquisite dalla Mottolino Spa nell'ottobre 2022 - non hanno evidenziato la presenza di significativi fenomeni di dissesto all'interno del bacino in esame, in particolare lungo l'asta torrentizia, tali da rappresentare potenziale fonte di alimentazione di fenomeni di colata detritica; tale valutazione trova supporto anche nella Carta del Dissesto allegata al PGT di Livigno, che – come già accennato nel capitolo 3 - individua all'interno del bacino del Rin dal Domenin unicamente alcune aree valanghive a pericolosità media Vm e – marginalmente – un'area di frana stabilizzata Fs. Anche la Carta della Dinamica Morfologica allegata al PGT censisce unicamente le aree appena citate.

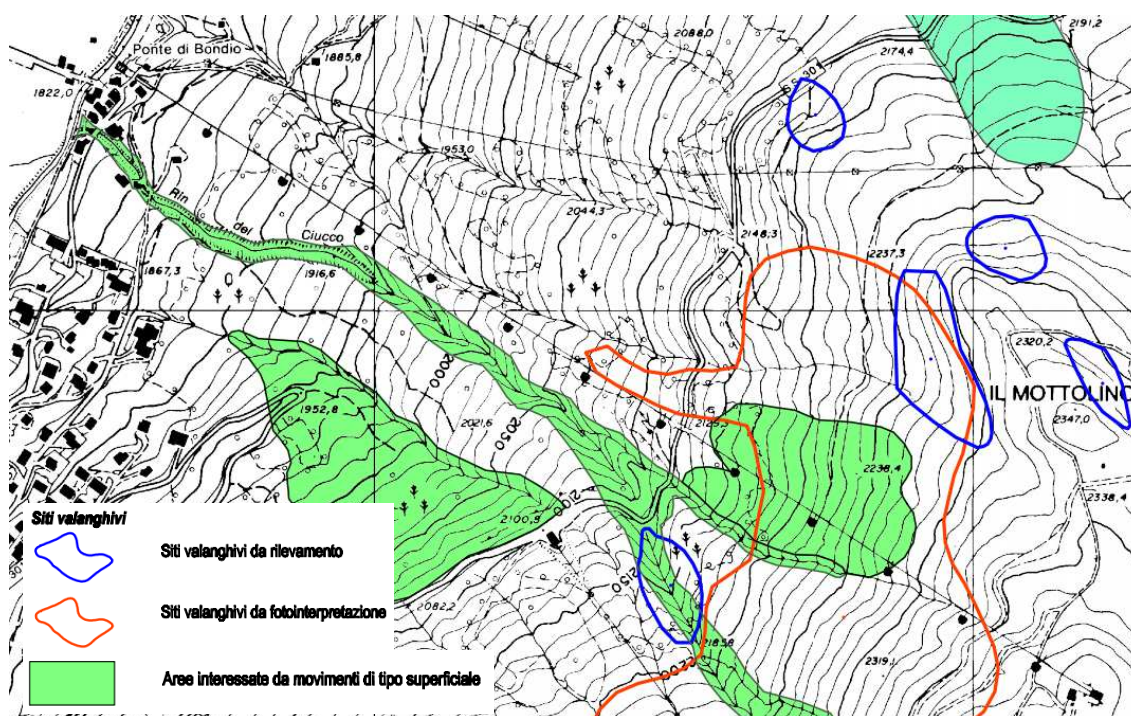


Figura 4.3 – Stralcio della Carta della Dinamica Morfologica (PGT Livigno)

Rispetto alla Carta PAI, la Carta Inventario delle frane e dei dissesti idrogeologici della Regione Lombardia IFFI redatta su base segnala in più la presenza di un'area soggetta a frane superficiale diffuse in asse al ramo settentrionale del Rin da Domenin, non riconosciuta su tale estensione durante i sopralluoghi sul posto.

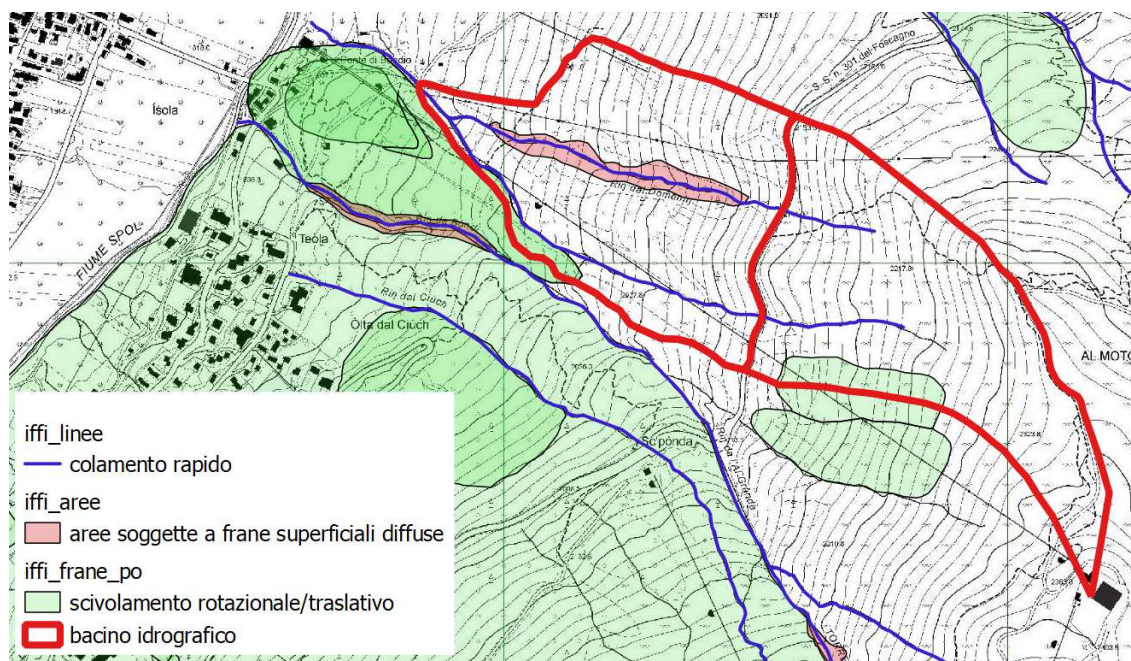


Figura 4.4: Stralcio Carta Inventario delle frane e dei dissesti idrogeologici (R. Lombardia)

L'asta più estesa del torrente è caratterizzata da uno sviluppo longitudinale di circa 1300 m e, quasi ovunque, da una modesta incisione del versante, rappresentativa delle ridotte portate ordinarie che caratterizzano il corso d'acqua; non ci sono raccolte evidenze né testimonianze relative a fenomeni di dissesto di magnitudo significativa originati da smottamenti localizzati né di fenomeni erosivi generati dalle acque di ruscellamento superficiale in condizioni di piena concomitanti con eventi temporaleschi anche intensi e prolungati. Non si ha testimonianza neppure di significativi fenomeni di trasporto a seguito della combinazione – particolarmente critica nell'ambito in oggetto - di eventi pluviometrici associati al disgelo del manto nevoso nel periodo primaverile. Le modeste dimensioni del tombotto – realizzato svariati decenni fa (oltre 70 anni) sul vecchio tracciato della strada - mediante cui il ramo principale del torrente attraversa la SS301 a quota 2130 m, confermano ulteriormente l'assenza di significativi fenomeni di instabilità e di trasporto solido lungo il tratto a monte della sede viaria; tale manufatto, che raccoglie le portate provenienti dalla porzione superiore del bacino in parola, non è mai stato soggetto a fenomeni di ostruzione (da informazioni fornite dall'impresa che si occupa storicamente delle manutenzioni sulla SS301) (vedi Foto 4.1 e 4.2).

Il ramo settentrionale del torrente, il cui alveo attivo è definibile a valle di q 2090 m circa, raccoglie buona parte delle acque di versante collettate dalla rete di canalizzazioni e cunette a servizio delle piste da sci del Mottolino, nonché numerose emergenze idriche diffuse presenti sul suo fianco sinistro; a monte di quota 1920 m circa si rilevano localizzati fenomeni di erosione spondale nei tratti più acclivi, alternati ad aree di limitato deposito nelle porzioni a minor pendenza.

Anche l'esame delle foto aeree storiche messe a disposizione sul geoportale di Regione Lombardia (1954, 1975, 1998, 2003, 2007, 2012, 2015 e 2018) testimonia l'assenza di significative evoluzioni del bacino legate alla dinamica morfologica naturale del versante, così come di fenomeni di esondazione e/o divagazione del corso d'acqua in corrispondenza del suo tratto terminale (le uniche variazioni morfologiche significative sono quelle legate alla gestione del comprensorio della *Mottolino Fun Mountain* (piste da sci e percorsi mtb)).



Figura 4.5: griglia di raccolta a monte del tombotto stradale



Figura 4.6: vista dell'impiuvio a monte del tombotto stradale

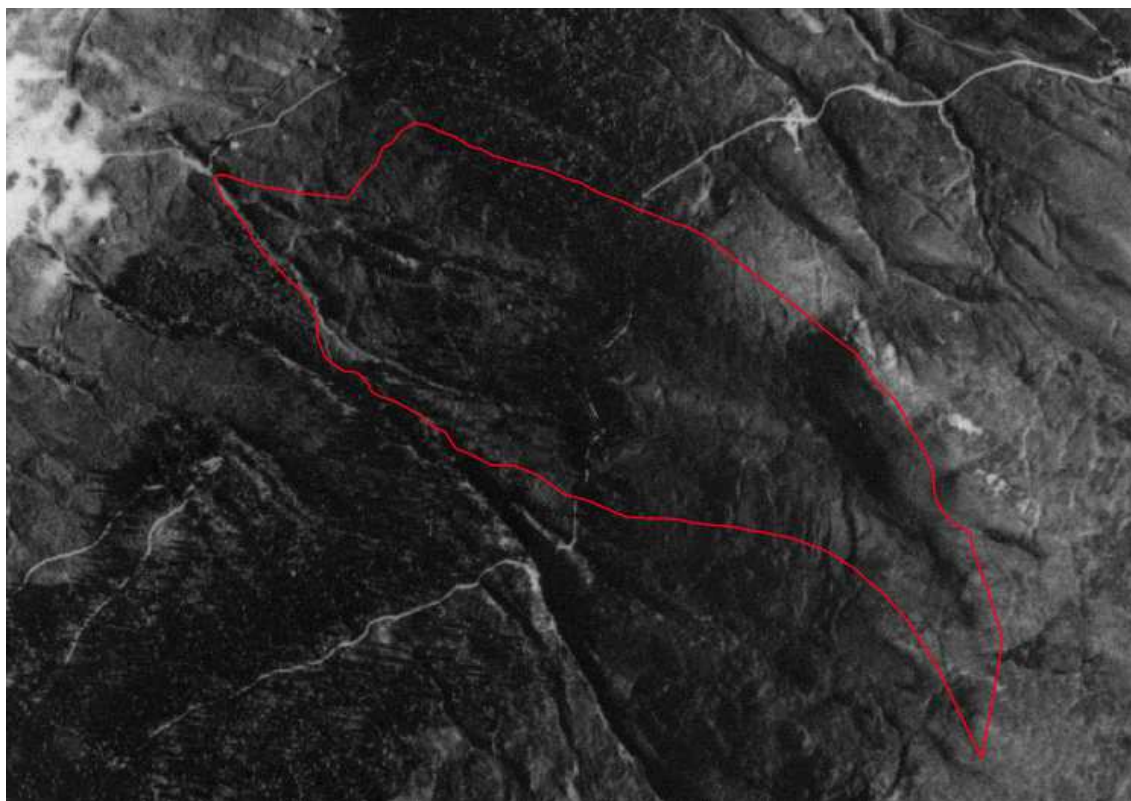


Figura 4.7: Foto aerea 1954 (Regione Lombardia)

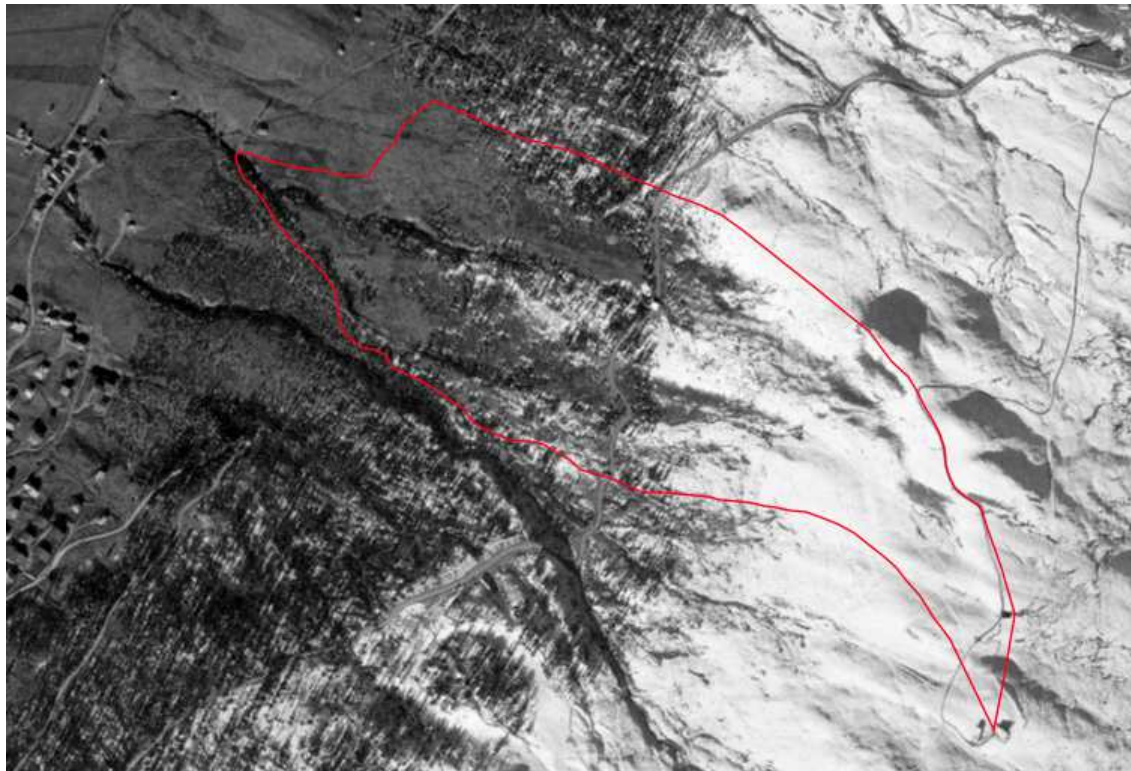


Figura 4.8: Foto aerea 1975 (Regione Lombardia)

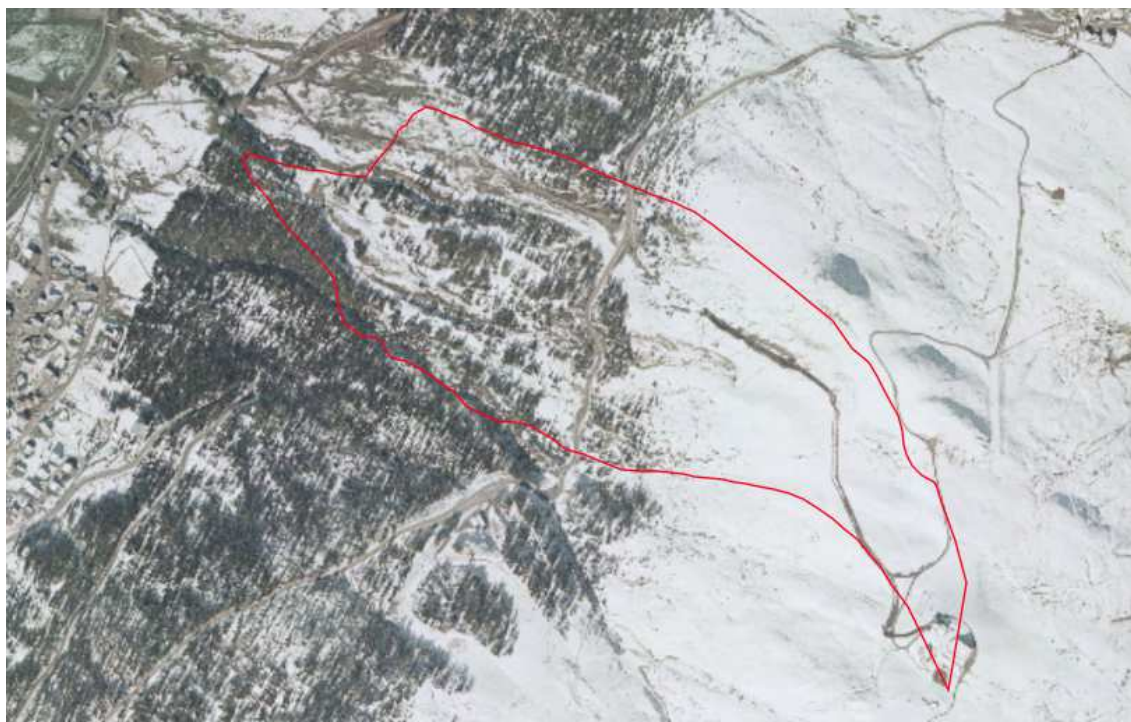


Figura 4.9: Foto aerea 1998 (Regione Lombardia)



Figura 4.10: Foto aerea 2003 (Regione Lombardia)



Figura 4.11: Foto aerea 2007 (Regione Lombardia)



Figura 4.12: Foto aerea 2012 (Regione Lombardia)



Figura 4.13: Foto aerea 2015 (Regione Lombardia)



Figura 4.14: Foto aerea 2018 (Regione Lombardia)

4.3. Regimazione delle acque di versante

La presenza delle piste da sci del comprensorio del Mottolino influenza significativamente il deflusso superficiale delle acque meteoriche nel bacino del t. Rin de Domenin: l'esteso sistema di cunette e canalette di raccolta, gestione e recapito delle acque di versante ne controlla infatti il deflusso, incanalandole e recapitandole – seguendo percorsi più o meno diretti a seconda della loro posizione - entro i due impluvi principali presenti nel bacino.

L'esame del pendio ha evidenziato la presenza di numerose venute idriche nel settore di versante compreso tra i due impluvi principali a valle di q. 2250 m, verosimilmente legate a flussi idrici sotterranei impostati entro i livelli a maggior permeabilità dei depositi glaciali o al contatto con il substrato roccioso, almeno in parte alimentate dallo scioglimento del manto nevoso residuo nelle porzioni di versante altimetricamente più elevate nei mesi primaverili. Tali venute idriche – che non comportano significativi fenomeni di instabilità dei depositi di copertura - sono state in gran parte gestite negli anni mediante una rete di canalette superficiali e trincee drenanti, con recapito negli impluvi principali; un rilievo di verifica nel maggio 2022 ha evidenziato il sostanziale corretto funzionamento di tutti i dreni messi in opera – fatte salve alcune situazioni puntuali di parziale messa a giorno delle tubazioni, pur funzionanti.

4.4. Tratto terminale del Rin de Domenin

Le generali condizioni di stabilità del bacino del t. Rin de Domenin si riflettono sull'assenza di un vero conoide di deiezione al suo sbocco nel t. Spöl, dove il tratto terminale del corso d'acqua è stato intubato in passato nell'intero suo tratto a valle di quota 1842 m circa; quest'ultimo è stato indicato come inadatto dal punto di vista idraulico già in studi pregressi (Paoletti 2004).

I rilievi di dettaglio eseguiti sul terreno e le elaborazioni idrauliche sviluppate hanno mostrato come l'alveo a monte del tratto intubato sia caratterizzato da una buona capacità idraulica, in grado di convogliare la piena centennale; il tratto intubato - costituito da una tubazione in calcestruzzo del diametro di 80 cm con pendenza variabile tra il 5% dei tratti sotto gli attraversamenti carrabili e il 15% nel rimanente tratto - non è in grado di trasportare nemmeno la sola portata liquida di picco secondo i calcoli riportati nell'*Elaborato 3 – Relazione idrologica e idraulica*.



Figura 4.15: Sbocco del Rin dal Domenin nel T. Spöl tramite tubazione in cls

All'altezza dell'azienda agricola di quota 1842 m circa è presente il raccordo tra l'alveo naturale e il tratto intubato, costituito da un canale rivestito in scogliera a secco e terminato con una vasca, che nel più recente passato ha migliorato notevolmente la capacità di trasporto liquido dell'ultimo tratto del torrente rispetto alla configurazione precedente - quando il flusso era convogliato in un pozzetto per poi proseguire nella tubazione in cls.

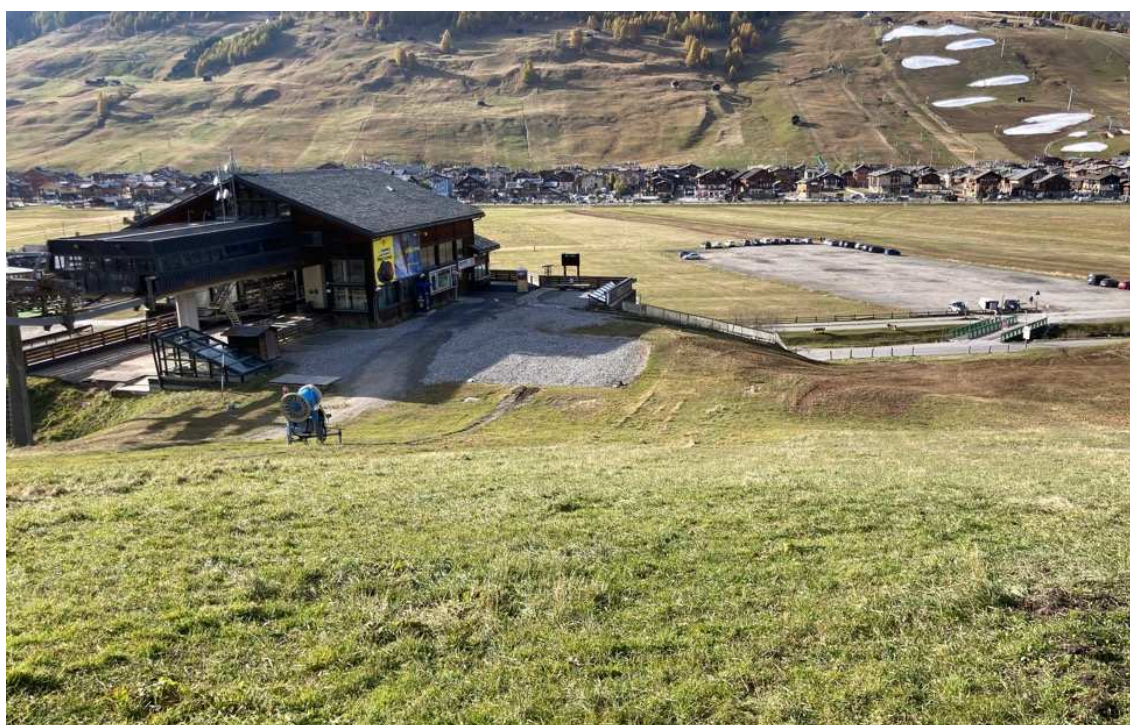


Figura 4.16: Vista da monte del tratto tombato



Figura 4.17: Vasca d'imbocco al tratto tombato

Proseguendo verso monte l'alveo si snoda in maniera naturale nell'incisione tra i versanti fino all'attraversamento della pista sterrata di quota 1872 m slm dove è stato realizzato un ponte carrabile che permette l'attraversamento del Rin dal Domenin. La struttura è realizzata in calcestruzzo armato ed è correttamente dimensionato per il deflusso della piena di riferimento.



Figura 4.18: Ponte esistente di quota 1872 m slm

5. CALCOLO DELLA MAGNITUDO

Nella valutazione della magnitudo attesa il bacino di alimentazione del Rin da Domenin è stato diviso in due in corrispondenza della Strada Statale n. 301 del Foscagno, delimitando a monte un sottobacino che è stato considerato per il calcolo della sola portata liquida; a supporto di tale scelta si evidenzia come:

- Nella porzione di bacino a monte della SS301 non si è rilevato nessun significativo fenomeno di instabilità dei depositi di copertura, potenziale o in atto; tale valutazione trova sostegno anche nell'analisi della cartografia geologica a disposizione;
- I rilievi sul terreno evidenziano come l'alveo del ramo settentrionale del torrente si origina a valle della SS301, così come confermato nello Studio del Reticolo Idrico Minore del Comune di Livigno; la limitata circolazione idrica superficiale a monte del tracciato stradale, legata a modeste emergenze idriche in parte a carattere stagionale, viene interamente gestita nel sistema di canalizzazione delle piste sciabili e dei percorsi mtb, senza raccogliersi in impluvi preferenziali;
- Il ramo meridionale del torrente non mostra alcuna evidenza di instabilità spondale e/o di fondo nel suo breve tratto a monte della SS301, ed oltrepassa la SS301 mediante un attraversamento tombinato grigliato di modesta sezione, non in grado di consentire il transito di portate solide significative; il tombotto risale alla realizzazione del vecchio tracciato stradale, successivamente rettificato ed ampliato, e non ha a memoria d'uomo manifestato problemi di ostruzione o di insufficienza idraulica.
- le aree immediatamente a monte della sede viaria rappresentano una rottura di pendenza sufficiente per il deposito della limitata portata solida potenzialmente mobilizzabile a monte di quella sezione. In particolare, escludendo potenziali aree di alimentazione spondali ed applicando il metodo geomorfologico (Spreafico et al, 1999) su una lunghezza d'asta L pari a 260 m ed ipotizzando una profondità d'erosione media d di 0.5 m su una larghezza b di 2 m e con un coefficiente di riduzione k pari a 0.8 (scelto a favore di sicurezza), il volume potenzialmente erodibile nel tratto a monte della SS301 risulta pari a 208 m³.

	L	b	A	k	d
TRATTO	lunghezza (m)	larghezza (m)	area frana (mq)	fattore di riduzione	profondità di erosione (m)
13	260	2	-	0.8	0.5
TOTALE (mc)					
mc/kmq					

Si evidenzia che tale volumetria potenzialmente mobilizzabile verrebbe ampiamente contenuta dall'evidente rottura di pendenza determinata dal piano stradale, che in corrispondenza dell'impluvio presenta una larghezza – banchina compresa – pari a 15 m circa.

Il sottobacino a valle della SS301 di superficie di circa 0,3 km², viene considerato sia per la portata liquida sia per la portata solida (si veda a tal proposito la relazione idraulica allegata al progetto).

La magnitudo della porzione inferiore del bacino così suddiviso è stata stimata secondo le formule empiriche più utilizzate esistenti in bibliografia. La scelta delle formule per il calcolo della

magnitudo è basata sugli studi e le esperienze realizzate nelle zone alpine. Tra le molte formule proposte in letteratura, sono state scelte quelle che possono essere considerate più attendibili in relazione alle caratteristiche geologiche ed idrologiche dell'area in esame, in particolare quelle di D'Agostino et al. (1996) e Crosta, Ceriani, Frattini e Quattrini (2000). I diversi valori ricavati dalle formule proposte devono essere utilizzati in funzione delle caratteristiche del bacino che si sta analizzando.

Tabella 5.1 - Stima della magnitudo con i differenti metodi empirici

Riferimento bibliografico	Formula	
Crosta, Ceriani, Frattini & Quattrini (2000)	$M = 1000 K \cdot Ab \cdot Mb^{0.8} \cdot Scl_c \cdot I_F^{-2}$	3.905 m³
	K = 3 per fenomeni di bed load e debris flood, K = 5.4 per fenomeni di debris flow	5,4 -
	Ab = area del bacino (km ²)	0,2721 km ²
	Mb = indice di Melton: $(Hmax-Hmin)/Ab^{0.5}$	0,54 -
	Hmax = quota massima del bacino (km)	2,15 km
	Hmin = quota minima del bacino (km)	1,87 km
	Scl_c = pendenza del collettore sul conoide (%)	17 %
D'Agostino et al. (1996)	I_F = indice di frana (1: grandi frane e/o frane lungo la rete idrografica; 2: frane sui versanti; 3: frane piccole o assenti)	2 -
	$M1 = 39 \cdot Ab \cdot Scl^{1.5} \cdot (I.G.) \cdot (I.T.)^{-0.3}$	5.132 m³
	$M2 = 36 \cdot Ab \cdot Scl^{1.5} \cdot (I.G.) \cdot (1+C.S.)^{-1}$	2.493 m³
	Ab = area del bacino (km ²)	0,2721 km ²
	Scl = pendenza asta principale (%)	30 %
	I.G.= dipende dai litotipi costituenti il bacino	3 -
	I.T.= indice di trasporto basato sulla classificazione di Aulitzky	1 -
	C.S.= coefficiente di sistemazione	0,9 -

La stima della magnitudo per il bacino di riferimento varia pertanto tra i 2500 e i 5150 m³ circa. Tali valori differiscono anche significativamente da quelli risultanti dallo *Studio di dettaglio dell'elemento del RIM Rin dal Domenin codici 03014037_0206 e 03014037_0040* redatto dallo Studio GEO 3, dove applicando la procedura proposta da Crosta, Ceriani, Frattini e Quattrini si prevedeva una magnitudo pari a 8411 m³. La ragione di tale differenza è da imputare essenzialmente alla differente ampiezza del bacino di alimentazione di potenziali fenomeni di colata detritica, che – in ragione delle motivazioni sopra espresse – è stata quasi dimezzata nel presente studio.

Tabella 5.2 - Stima della magnitudo (Studio GEO3)

Valori di input			
Parametri			Rin da Domenin
Area bacino	Ab	Kmq	0.495
Parametro	K		5.4
Lunghezza alveo sulla conoide	Lcono	m	182
Altezza massima bacino	Hmax	m s.l.m.	2374
Altezza minima bacino all'apice del conoide	Hmin	m s.l.m.	1850
Indice di Melton	Mb		0,74
Pendenza media dell'alveo lungo la conoide	Sc	%	16
Indice di frana	I.F.		2
MAGNITUDO	M	mc	8411

Dal valore della Magnitudo (assunto a favore di sicurezza pari al valore massimo di 5150 m³ derivato dai calcoli di cui sopra, e nell'ipotesi conservativa che sia totalmente mobilizzabile durante un unico evento meteorico), tramite formule di letteratura ritenute più coerenti con la situazione riscontrata si ricavano i valori di Run Out distance (distanza di arresto della colata) e B_{max} (massima dispersione frontale della colata):

$$L_{run\ out} = 8,6 \cdot (V \cdot \tan \theta)^{0,42} \quad 133\ m \quad (Ikeya, 1981)$$

$$B_{max} = L_{run\ out} \cdot 0,6 \quad 80\ m \quad (D'Agostino et al., 2006)$$

dove V rappresenta il volume di debris-flow, coincidente con il valore della magnitudo, e $\theta = 7,5^\circ$ l'inclinazione media dell'alveo subito a monte del tratto dove la colata subisce rallentamento, ipotizzato in corrispondenza della curva descritta dall'alveo alla quota 1845 m circa.

Tali valori risultano in linea con le risultanze del già citato studio (Geo3, 2019), proporzionalmente ridotte per via della differenza del volume considerato.

A partire da tali risultati, sulla base del rilievo di dettaglio fornito agli scriventi dalla Mottolino Spa è stata quindi ipotizzata la forma del deposito raffigurata in Figura 5.1, che occupa un'area di 6.000 m² circa.

In Figura 5.2 si riporta inoltre l'area di deposito sovrapposta alle carte della fattibilità geologica sviluppate negli studi precedenti.



Figura 5.1: Area di espansione della colata

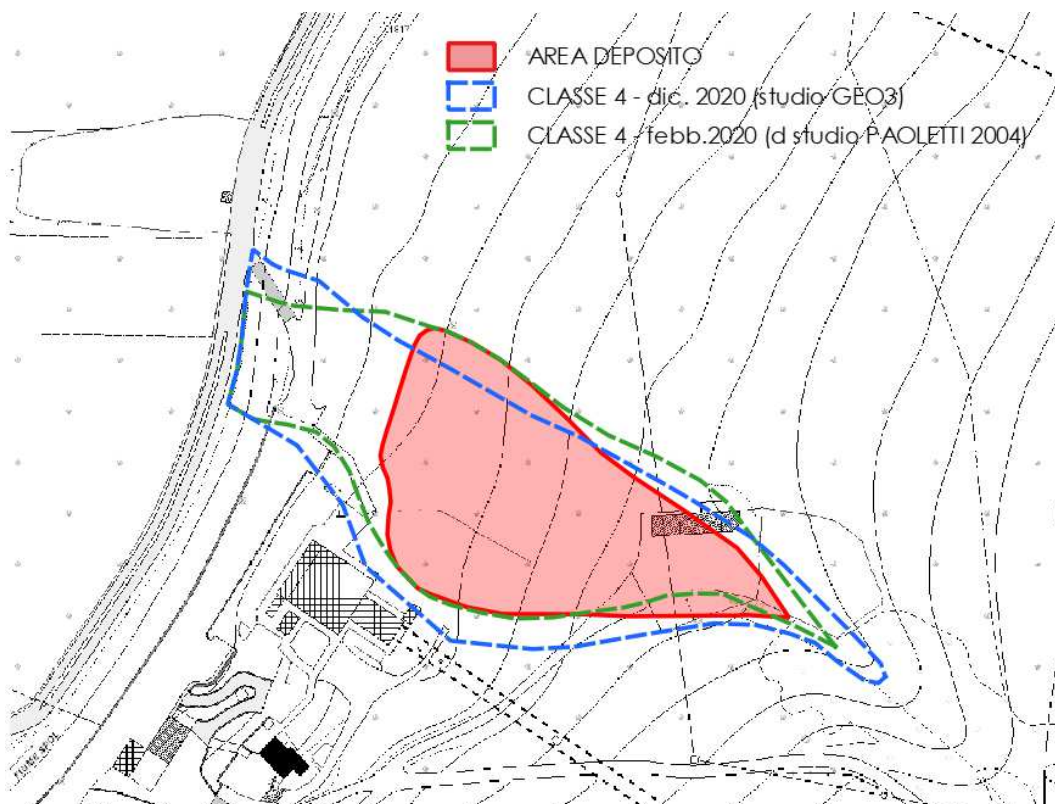


Figura 5.2: sovrapposizione area del deposito con carta della fattibilità geologica di studi precedenti

6. INTERVENTI IN PROGETTO

Gli interventi proposti, volti alla mitigazione dei rischi idraulici legati ad eventi di colata detritica, prevedono la creazione di una vasca di accumulo della colata detritica con briglia selettiva, il prolungamento del tratto di alveo in scogliera, la sostituzione dell'ultimo tratto intubato con un canale a sezione quadrata ed il rifacimento dei due attraversamenti carrabili a quota 1840 m e 1818 m.

Di seguito si riportano le sezioni tipologiche delle opere in progetto.

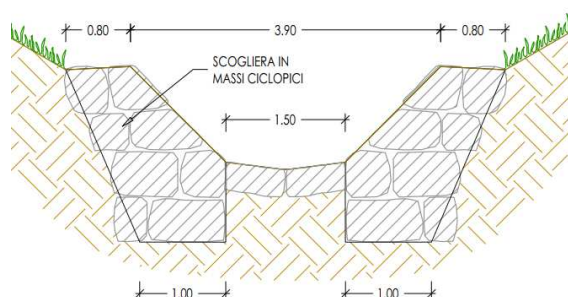


Figura 6.1 - Sezione tipologica canale in scogliera

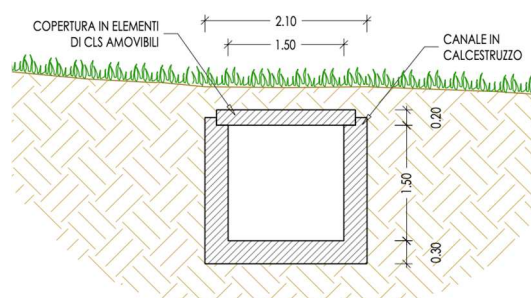


Figura 6.2 - Sezione tipologica canale in CA

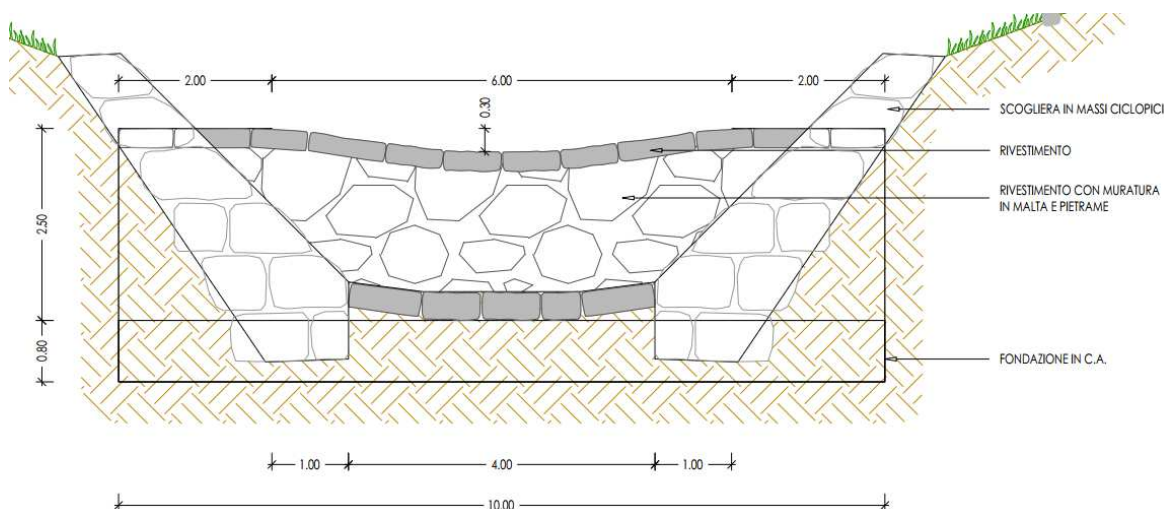


Figura 6.3 – Dettaglio soglia, delimitazione della vasca a monte

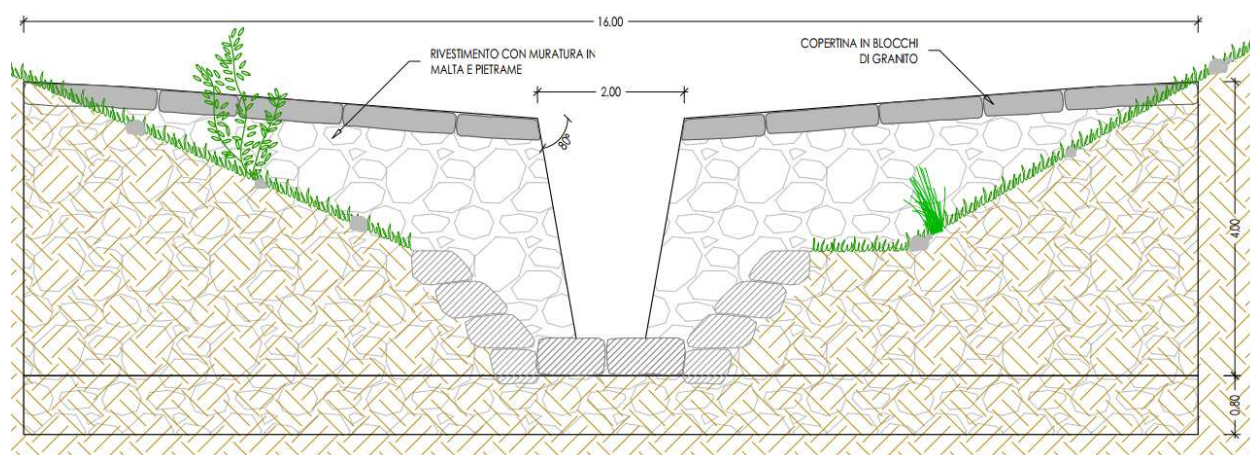


Figura 6.4 – Dettaglio briglia selettiva in calcestruzzo armato rivestita in malta e pietrame

Il dimensionamento della vasca di trattenuta e della sezione dei due diversi canali è stato sviluppato nell'Elaborato 3 "Relazione idrologica idraulica" del progetto, ed ha portato alla progettazione di una vasca di trattenuta di capacità pari a circa 4000 m³: in considerazione della capacità filtrante della briglia selettiva prevista a chiusura della vasca (in grado di consentire il deflusso della frazione solida di minori dimensioni trasportata dalle acque) e della "forbice" dei valori di magnitudo calcolati per il bacino di riferimento (2500÷5150 m³ circa), si ritiene che tale dimensionamento sia adeguatamente conservativo per garantire la protezione del tratto terminale del Rin de Domenin.

7. CARTA DELLA PERICOLOSITÀ

Il paragrafo 2.2.4 dell'allegato 2 della DGR 30 novembre 2011 – n. IX/2616 indica i seguenti criteri per la definizione delle classi di pericolosità nel contesto in esame:

1. Pericolosità molto bassa (H1): area che per caratteristiche morfologiche ha basse o nulle probabilità di essere interessata dai fenomeni di dissesto.
2. Pericolosità bassa (H2): area mai interessata nel passato da fenomeni alluvionali documentati su base storica o area protetta da opere di difesa idraulica ritenute idonee anche in caso di eventi estremi con basse probabilità di essere interessata da fenomeni di dissesto.
3. Pericolosità media (H3): area interessata nel passato da eventi alluvionali e da erosioni di sponda documentati su basi storiche; area con moderata probabilità di essere esposta a fenomeni alluvionali (esondazione) ed a erosioni di sponda. In particolare si possono avere deflussi con altezze idriche ridotte (massimo 20-30 cm) e trasporto di materiali sabbioso-ghiaiosi.
4. Pericolosità alta (H4): area con alta probabilità di essere interessata da fenomeni di erosioni di sponda e di trasporto in massa e/o di trasporto solido con deposizione di ingenti quantità di materiale solido, con danneggiamento di opere e manufatti.
5. Pericolosità molto alta (H5): comprende l'alveo attuale con le sue pertinenze ed eventuali paleoalvei riattivabili in caso di piena ed eccezionalmente porzioni di conoide. In una valutazione preliminare della pericolosità o per conoidi piccole (< 0,1 km²) possono essere utilizzate tre classi così accorpate: pericolosità bassa (H1 + H2 - verde), pericolosità media (H3 - giallo), pericolosità alta (H4 + H5 - rosso).

Sulla base dei risultati delle analisi eseguite, sono state pertanto redatte le seguenti Carte della Pericolosità del tratto terminale del Rin de Domenin allo stato attuale e con la configurazione prevista una volta ultimati gli interventi di regimazione idraulica in progetto. In condizioni di post operam, la larghezza dell'area H4-H5 in corrispondenza dell'alveo attivo – sia nel tratto a cielo aperto che in quello tombinato – è stata posta pari a 10 m.



Figura 7.1 – proposta di Carta della pericolosità allo stato attuale (scala 1:2.000)

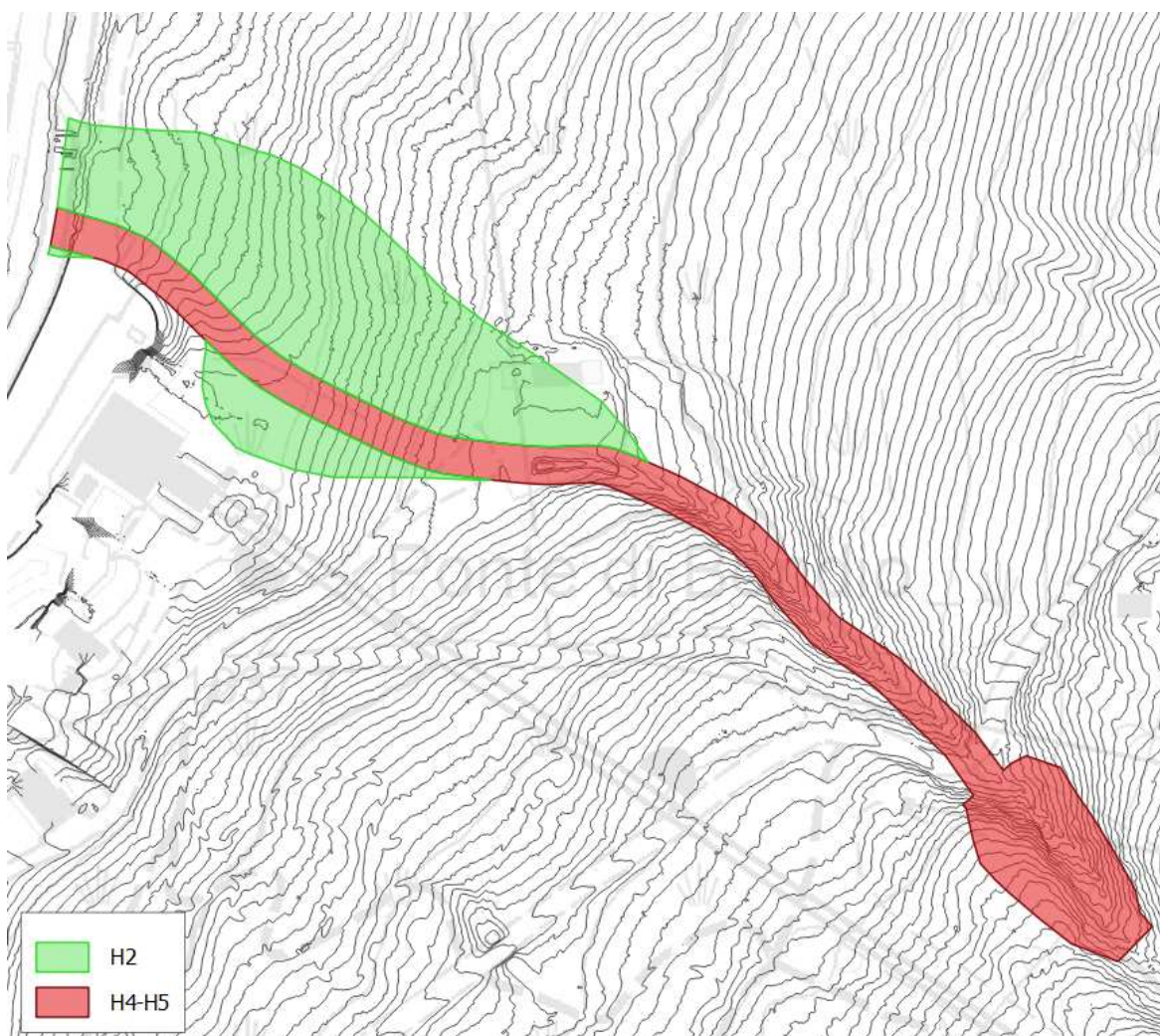


Figura 7.2 – proposta di Carta della pericolosità post operam (scala 1:2.000)

La tabella 2 per par 3.2 della DGR 30 novembre 2011 – n. IX/2616 indica la correlazione tra classi di Pericolosità, classi di Fattibilità geologica per le azioni di piano e voci della legenda PAI; al fine di soddisfare le richieste contenute nelle osservazioni di Regione Lombardia, la sua applicazione ha portato alle seguenti trasposizioni delle Carte di Pericolosità sopra riportate

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

Note alla tabella 2:

- 1- per le zone ricadenti in H3-classe 3 di fattibilità, l'inserimento in Cp o Cn è lasciato alla valutazione del professionista. Qualora l'area venga inserita in Cp, la norma dell'art. 9, comma 8, delle N.d.A. del PAI prevale, in quanto più restrittiva, su quella di classe 3.

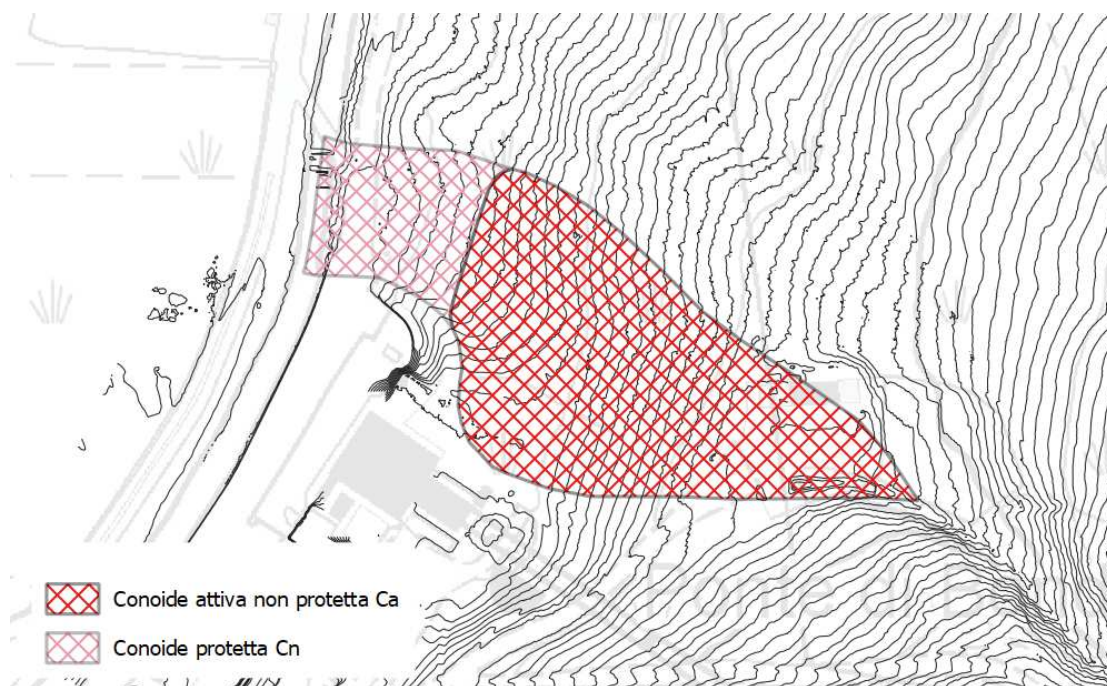


Figura 7.3 –Trasposizione della Carta della pericolosità ante operam utilizzando le voci di legenda PAI (scala 1:2.000)

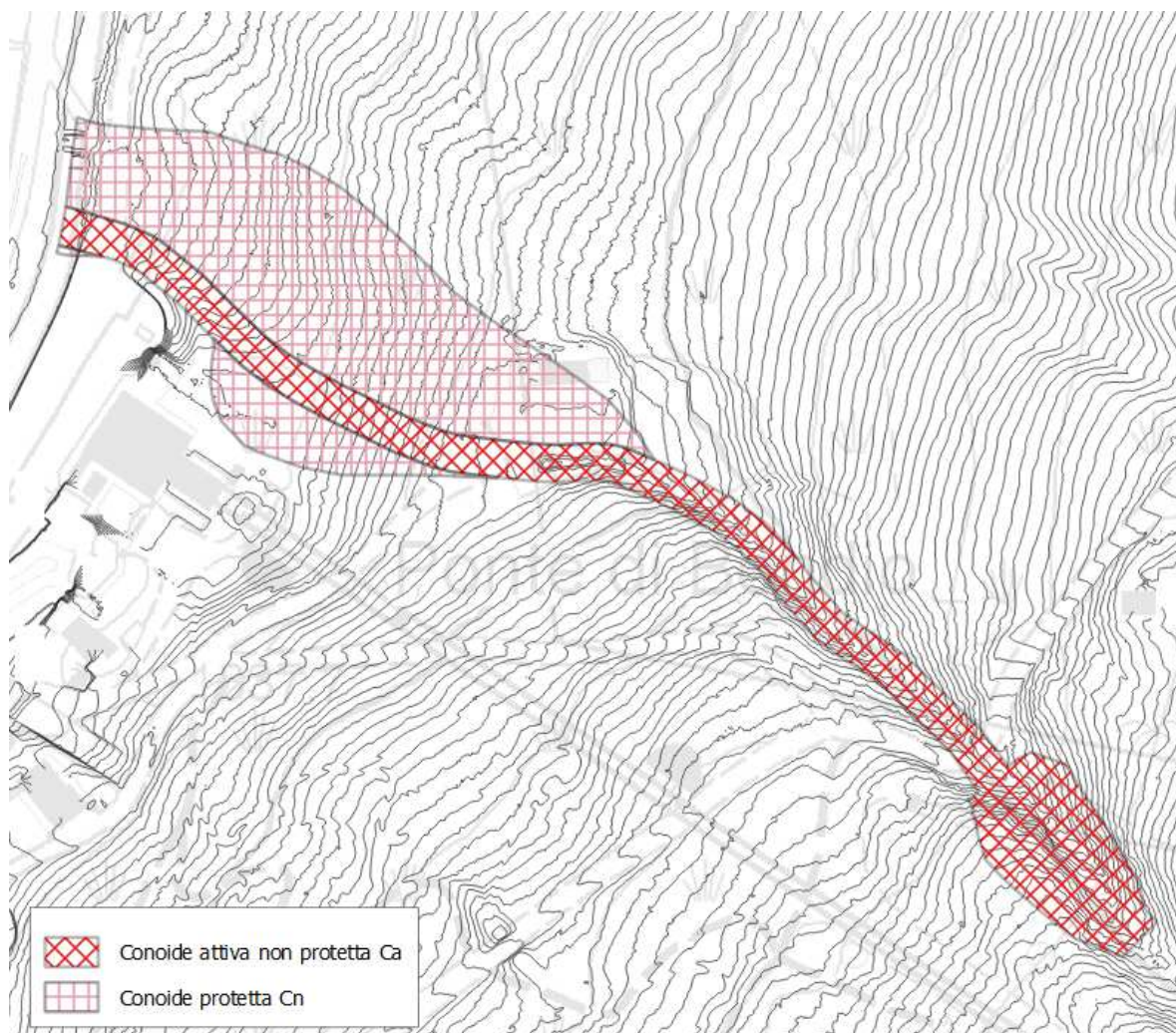


Figura 7.4 – Trasposizione della Carta della pericolosità post operam utilizzando le voci di legenda PAI (scala 1:2.000)