



## COMUNE DI COLICO

*Provincia di Lecco*

# STUDIO GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO E SISMICO AGGIORNAMENTO E REVISIONE AI SENSI DELLA d.g.r. n. IX/2616 del 30/11/2011 e della d.g.r. n. X/6738 del 19/06/2017

Adozione degli Atti:

Il Sindaco

D.C.C. n. .... del ...../...../.....

Approvazione degli Atti:

Il Segretario comunale

D.C.C. n. .... del ...../...../.....



**PROTEA ASSOCIATI**

Via Matteotti 66, 23824 Dervio (LC)

[www.proteaingegneria.it](http://www.proteaingegneria.it)

[info@proteaingegneria.it](mailto:info@proteaingegneria.it)

Dott. Geol. Cristian Adamoli

Elaborato

Scala

R.01

Relazione geologica

Data

Settembre 2022

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
-	settembre 2022	emissione per adozione	G.P.	Cr.A.	Cr.A.



---

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>2</b>
<b>1</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE TERRITORIALE</b>	<b>4</b>
1.1	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	4
1.2	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	4
1.3	QUADRO GEOLOGICO-STRUTTURALE	6
1.4	CARTA DEGLI ELEMENTI GEOMORFOLOGICI	15
1.5	CARTA DEGLI ELEMENTI IDROGEOLOGICI, IDROLOGICI E IDRAULICI	17
1.6	SETTORE PIANEGGIANTE	17
1.7	INQUADRAMENTI GEOMORFOLOGICI E IDROLOGICI DEI TORRENTI MERLA, PERLINO E INGANNA	19
1.7.1	TORRENTE MERLA	19
1.7.2	TORRENTE PERLINO	21
1.7.3	TORRENTE INGANNA	26
1.8	CARTA DEGLI ELEMENTI GEOLOGICO-TECNICI	27
<b>2</b>	<b>PERICOLOSITÀ SISMICA</b>	<b>28</b>
2.1	PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE: ANALISI DI I LIVELLO	34
<b>3</b>	<b>FASE DI SINTESI</b>	<b>36</b>
3.1	QUADRO DEI VINCOLI NORMATIVI PRESENTI SUL TERRITORIO	36
<b>2</b>	<b>STUDIO DI DETTAGLIO DI ALCUNE FRANE QUIESCENTI</b>	<b>39</b>
2.1	ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ AI SENSI DELLA DGR 2616/2011 - CAP. 2.2.2	45
2.2	VERIFICHE DI STABILITÀ – METODO NUMERICI	49
2.3	PROPOSTA DI DECLASSAZIONE FATTIBILITÀ GEOLOGICA	58
<b>4</b>	<b>SINTESI DELLE CONOSCENZE ACQUISITE</b>	<b>60</b>
<b>5</b>	<b>FASE DI PROPOSTA</b>	<b>61</b>
5.1	FATTIBILITÀ GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO	61
5.2	CLASSE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA 2 – FATTIBILITÀ CON MODESTE LIMITAZIONI	62
5.3	CLASSE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA 3 – FATTIBILITÀ CON CONSISTENTI LIMITAZIONI	62
5.4	CLASSE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA 4 – FATTIBILITÀ CON GRAVI LIMITAZIONI	63
<b>6</b>	<b>CARTA PAI-PGRA</b>	<b>63</b>



## 1 PREMESSA

Il presente studio, redatto su incarico dell'Amministrazione Comunale di Colico riguarda l'adeguamento della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT al Piano di Gestione dei Rischi di Alluvioni (PGRA). Il comune di Colico è dotato di studio geologico redatto dal sottoscritto professionista ai sensi della L.R. n.12/05 e aggiornato al 2011 sulla base dei criteri ed indirizzi per definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio.

L'aggiornamento dello studio geologico, idrogeologico e sismico vigente, fa riferimento a quanto indicato nella D.g.r. n.XI/2616 del 30.11.2011 – “Aggiornamento dei Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione della l.r. 11 marzo 2005 n. 12 [...]”.

Oltreché alle “Disposizioni concernenti l’attuazione del PGRA nel settore urbanistico e di pianificazione d’emergenza...” che hanno definito le modalità e i termini per l’adeguamento degli strumenti urbanistici comunali al PGRA in Regione Lombardia (DGR X/6738 del 19 giugno 2017 – D.G.R. n. XI/470 del 02/08/2018).

Il presente studio risulta così articolato:

- Relazione geologica;
- Norme geologiche di piano;
- Elaborati cartografici

Relativamente al processo di acquisizione, elaborazione e restituzione dei dati questo si fonda su fasi di lavoro fra loro concatenate ed in logica successione:

1) **Fase di analisi**, che comprende:

- Ricerca storica e bibliografica, cartografia di inquadramento. Non avendo, a grandi linee, riscontrato modifiche nell’assetto geologico, geomorfologico e idrogeologico del territorio, sono stati tenuti validi i contenuti e le informazioni, sia descrittivi sia cartografici, riportati nello studio Geologico, Idrogeologico e Sismico del 2011. Gli elementi sono stati adeguati alla nuova base topografica regionale (DBT).
- Analisi della pericolosità sismica. È stata mantenuta valida l’analisi di I Livello della Pericolosità Sismica Locale.

2) **Fase di sintesi e valutazione**: questa fase è definita tramite:

- Vincoli: sono individuate le limitazioni d’uso del territorio derivanti da normative in vigore di contenuto prettamente geologico. In particolare, viene aggiornato il quadro dei vincoli geologici esistente, recependo le diverse aree di pericolosità da rischio alluvioni derivate dalle mappe PGRA.
- Sintesi: consiste essenzialmente in una valutazione incrociata di tutti gli elementi emersi nella precedente fase di analisi, in cui vengono rappresentate aree omogenee dal punto di vista della pericolosità geologica e della vulnerabilità idrogeologica del territorio comunale. La carta di sintesi mantiene per lo più le aree omogenee definite nello studio geologico vigente, revisionando solo gli ambiti connessi ai diversi scenari di pericolosità derivanti dall’aggiornamento del PAI-PGRA.

3) **Fase di proposta**: definita attraverso la redazione di:

- Fattibilità geologica: viene proposto un aggiornamento parziale della carta di fattibilità geologica.
- Carta PAI-PGRA: in riferimento alla d.g.r. 19 giugno 2017 n. X/6738 viene redatta la carta PAI-PGRA



➤ Aggiornamento delle Norme Geologiche di Piano.

Gli elaborati cartografici, allegati alla presente relazione illustrativa, sono stati redatti utilizzando come base topografica il Data Base Topografico aggiornato all'anno 2020.

Le tavole allegate allo studio della Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica sono le seguenti:

- Tavola 1 Carta geologica (scala 1:10.000);
- Tavola 2 Carta degli elementi geomorfologici (scala 1:10.000);
- Tavola 3 Carta degli elementi idrografici, idraulici, idrologici ed idrogeologici (scala 1:10.000);
- Tavola 4 Carta degli elementi geologico-tecnici (scala 1:10.000);
- Tavola 5 Carta della pericolosità sismica locale (scala 1:10.000);
- Tavola 6 Carta dei vincoli (scala 1:10.000);
- Tavola 7 Carta di sintesi (scala 1:10.000);
- Tavola 8 Carta della Fattibilità geologica (scala 1:10.000);
- Tavola 9 Carta della Fattibilità geologica con elementi di Pericolosità Sismica Locale (scala 1:10.000);
- Tavola 10 Carta PAI-PGRA (scala 1:10.000).



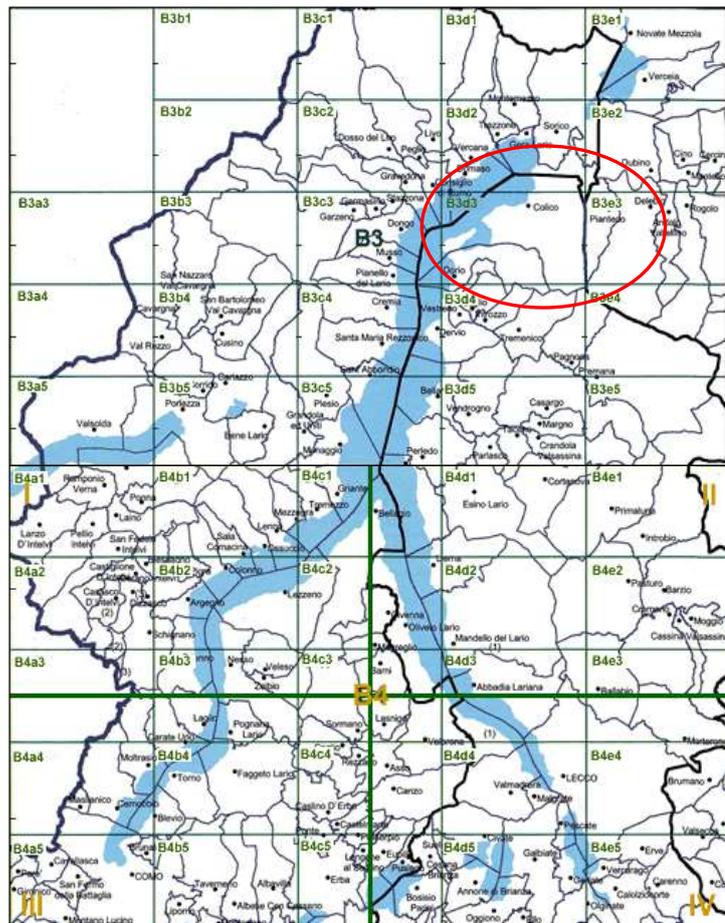
## 1 CARATTERIZZAZIONE TERRITORIALE

### 1.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il territorio comunale di Colico (LC) è posto all'estremità a nord del Lago di Como, sulla sponda orientale, al confine con la bassa Valtellina.

Lo sviluppo urbanistico del comune è stato notevolmente influenzato dalle caratteristiche morfologiche del territorio, in particolare dagli ampi conoidi alluvionali dei due principali torrenti Inganna e Perlino che nascono e scorrono sul versante occidentale del M.te Legnone.

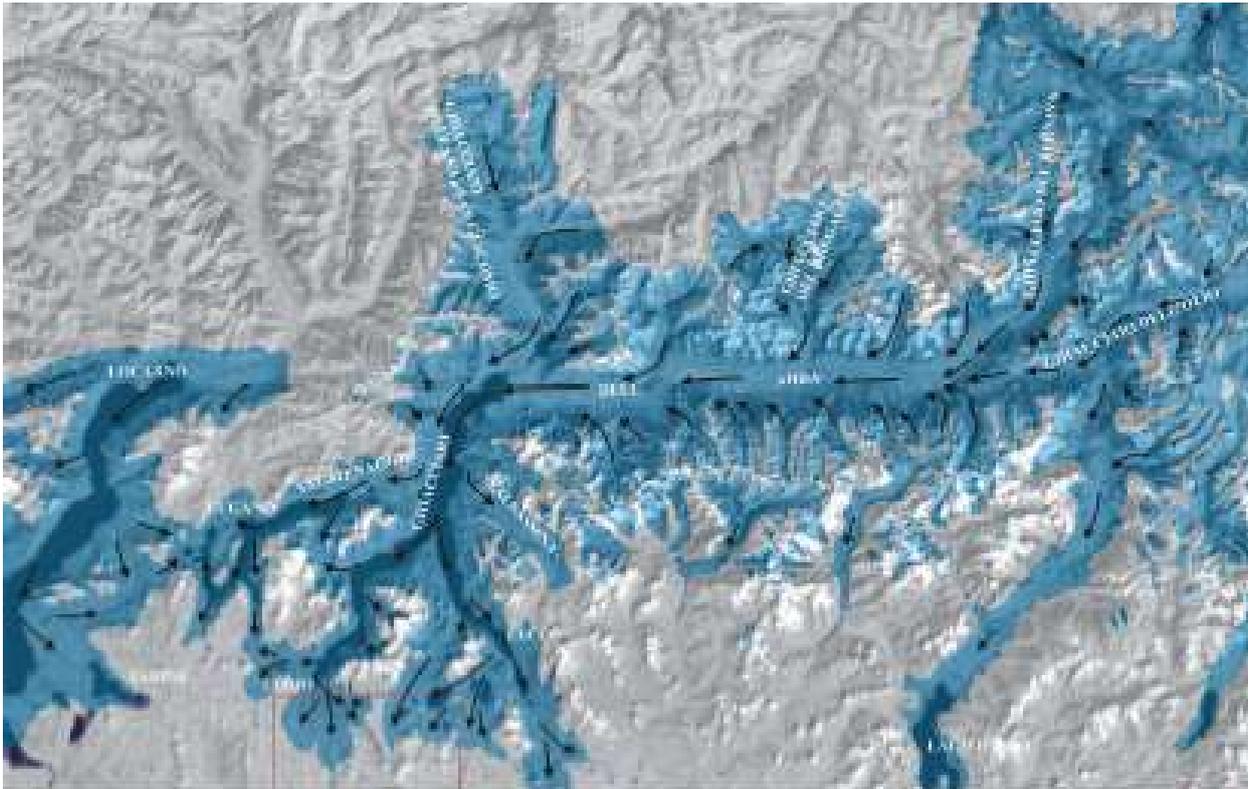
L'area sottesa dai bacini dei due torrenti interessa una superficie complessiva di circa 10 Km<sup>2</sup> e comprende una fascia altimetrica fra la quota 250 m s.l.m. del fondovalle e la quota media di 2600 m s.l.m. coincidente con lo spartiacque montano. Alla confluenza nel fondovalle i torrenti hanno dato origine ad una serie di conoidi di deiezione, la cui coalescenza ha formato un ampio deposito di fondovalle su cui è sviluppato il nucleo urbano di Colico.



### 1.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Durante l'ultima glaciazione non esisteva sulle Alpi un'unica calotta glaciale, ma grandi ghiacciai vallivi (BINI *et alii*); uno di questi era il ghiacciaio dell'Adda proveniente dall'alta Valtellina e formato dalla coalescenza di più ghiacciai, i principali dei quali erano il ghiacciaio del Bernina proveniente dalla Valle di Poschiavo, il ghiacciaio dell'Oglio proveniente dall'Aprica, il ghiacciaio Bregaglia proveniente dalla Val Bregaglia ed Engadina ed il ghiacciaio della Val San Giacomo.

Questo grande ghiacciaio scendeva lungo il Lago di Como e nella zona di centro lago si divideva in più lingue; una lingua percorreva la Valsassina, una lingua percorreva la Val Menaggio verso il Lago di Lugano, dove entrava in coalescenza con il ghiacciaio del Ticino, una lingua percorreva il ramo del lago di Como e una il ramo di Lecco. Queste ultime due lingue formavano, in area pedemontana, un grande anfiteatro che durante alcune glaciazioni antiche (Glaciazione Bozzente) era unico, mentre durante le glaciazioni più recenti era diviso a formare quattro lobi, denominati da W verso E: Lobo del Faloppio, Lobo di Como, Lobo della Brianza e Lobo di Lecco. Dalle morene terminali dei lobi dell'anfiteatro dipartono grandi piane fluvio-glaciali.



**Coalescenza dei ghiacciai vallivi laterali nel grande ghiacciaio dell'Adda. Le linee nere indicano la direzione di flusso dei ghiacciai.**

Con il ritiro delle masse glaciali che occupavano tutte le valli principali Alpine e Prealpine, avvenuto con gradualità tra 15000 e i 10000 anni dal presente, è iniziata una complessa fase morfogenetica in cui i sistemi dominanti oltre a quello glaciale, connesso al verificarsi di

momentanee fasi di riavanzata delle colate glaciali (stadi tardiglaciali che hanno interessato le valli laterali), sono stati quelli legati alla gravità, alla dinamica fluviale e, solo nei settori più elevati, al sistema crionivale.

Per quanto concerne i processi gravitativi, in tutta la zona dell'Alto Lario assumono particolare rilevanza i fenomeni franosi e le deformazioni gravitative, innescate da fenomeni di rilascio tensionale (decompressione) dei versanti conseguenti al ritiro delle masse glaciali.

Tali dissesti sono legati comunque al grado di fratturazione e all'orientazione delle discontinuità che interessano il substrato roccioso. La dimensione di tali fenomeni è in genere assai variabile, potendo risultare compresa tra pochi ettari e diversi chilometri quadrati.

I processi legati alla dinamica fluviale postglaciale sono responsabili dell'incisione, talora profonda, degli originari fondovalli glaciali. La rapida evoluzione fluviale è guidata dalla tendenza a raggiungere il profilo di equilibrio rispetto al nuovo livello erosionale di base rappresentato dalla quota media del fondovalle valtollinese.

L'evoluzione morfologica è stata rapida e caratterizzata da un'intensa dinamica evolutiva di tipo prevalentemente gravitativo legata alla forte acclività che caratterizza i versanti. La morfogenesi gravitativa instauratasi dopo il ritiro delle masse glaciali è ben evidente in corrispondenza delle creste dei circhi o delle scarpate rocciose che vengono costantemente rimodellate da processi di degradazione o di frana (scivolamenti in roccia e crolli più o meno estesi); questi processi danno luogo ad accumuli di detrito che ricoprono talora i depositi glaciali più antichi. I materiali incoerenti che li costituiscono risultano per lo più



facilmente mobilizzabili ad opera della gravità stessa, oppure per l'azione delle valanghe, delle acque di ruscellamento incanalate, o durante fenomeni di trasporto in massa (debris flow, debris torrent).

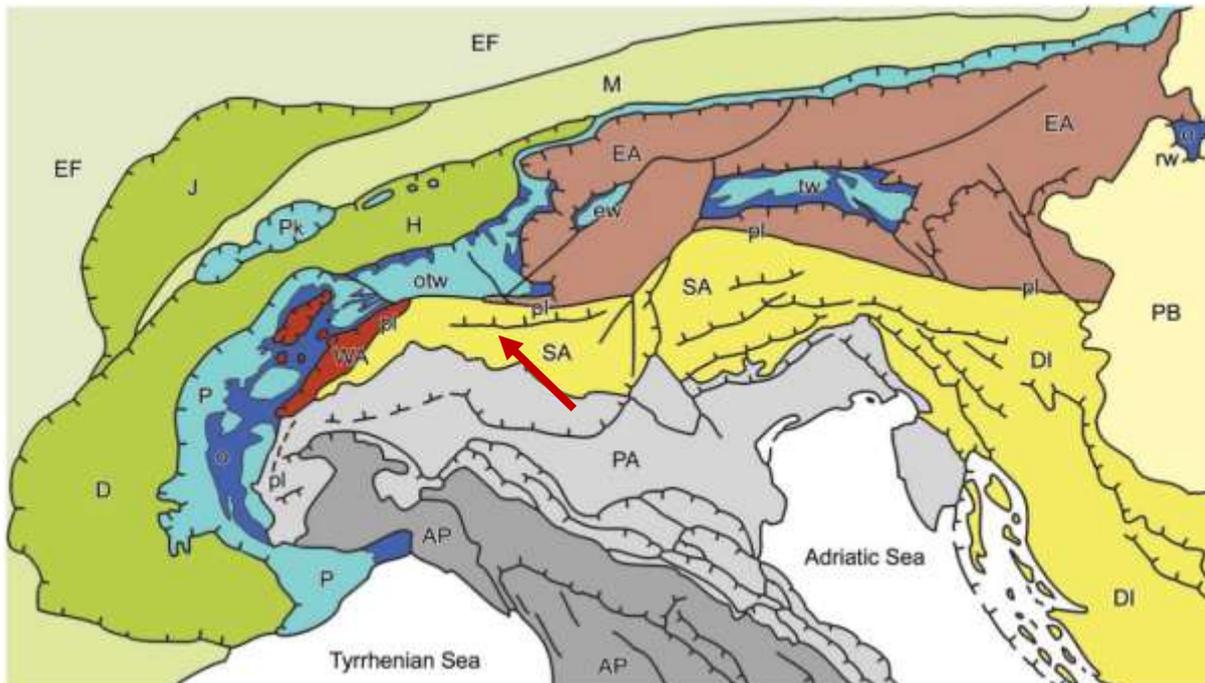
### 1.3 QUADRO GEOLOGICO-STRUTTURALE

Nell'elaborato cartografico sono riportati gli elementi geologici principali come tipologia roccia affiorante e subaffiorante, i tipi di depositi superficiali (glaciali, detritici ed eluviali) e i principali lineamenti strutturali. L'individuazione areale delle singole unità geologiche presenti sul territorio, suddivise secondo modalità genetiche e di composizione, rappresenta il punto di conoscenza base indispensabile alle successive elaborazioni. Di seguito verrà inoltre riportato un inquadramento geologico strutturale generale.

Inquadramento geologico

#### **Assetto geologico - strutturale**

Dal punto di vista geologico strutturale a scala regionale il territorio del Comune di Colico è compreso all'interno del dominio Sudalpino.



**Mappe tettonica delle Alpi - Dominio Austroalpino occidentale (WA) ed orientale (EA); dominio Pennidico: falde continentali (o) nell'arco alpino occidentale (P) e finestre tettoniche (otw: Ossola-Ticino, ew: Engadina, tw: Tauri, rw: Rechnitz); Klippen prealpini (Pk); dominio Elvetico (H-D); avanfossa di Molassa (M); catena del Jura (J). Dominio Sudalpino (SA), lineamento Periadriatico (pl). Bacino Pannonic (PB), avampaesi Europeo (EF) e della Valle del Po - Adriatico (PA), ctena a pieghe e sovrascorrimenti Dinariche (DI) e Appenniniche (AP).**

L'attuale assetto della catena alpina è dovuto all'ultima fase di convergenza tra le placche europea ed africana. Il limite tra il dominio sudalpino e quelli alpini propriamente detti, è definito dalla Linea Insubrica che è rappresentata da una fascia costituita da una serie di faglie con due orientazioni preferenziali, le faglie est-ovest, tra cui le principali sono la linea del Tonale e la linea della Pusteria, e le faglie a direzione NNE-SSW che costituiscono delle interruzioni a gradino rispetto alla famiglia ad orientazione prevalente meridiana.

Il dominio sudalpino è caratterizzato da un basamento cristallino pre-Alpino, che affiora nell'Alto Lario in una fascia di larghezza prossima ai 15 km, e da coperture sedimentarie Permo - Mesozoiche che rappresentano il margine deformato della placca Adria.

In particolare, il basamento sudalpino affiorante sul Lago di Como nell'area d'interesse è stato suddiviso sulla base di studi strutturali e petrologici in tre unità tettono - metamorfiche: la Domaso - Cortafò (DCZ),



Dervio - Olgiasca (DOZ), Monte Muggio (MMZ). Queste unità sono separate da limiti tettonici: la faglia di Musso separa le unità DCZ e DOZ a nord e la faglia Lugano - Val Grande la DOZ e la MMZ a sud. (Spalla et al., 2002).

Il territorio comunale è compreso nel basamento sudalpino all'interno dell'unità tettono - metamorfica Dervio - Olgiasca (DOZ). Questa consiste di metapeliti, subordinate metabasiti, metagranitoidi, quarziti, marmi e pegmatiti. Le metapeliti comprendono micascisti e gneiss con staurolite, biotite, granato e cianite, gneiss e scisti a biotite e sillimanite, micascisti a clorite e gneiss a clorite e biotite. Si aggiungono pegmatiti sottoforma di lenti potenti sino al metro incluse negli gneiss a sillimanite e biotite. Le rocce femiche della DOZ sono principalmente anfiboliti, anfiboliti a granato, anfiboliti a clinopirosseno e orneblenditi (Spalla et al., 2002).

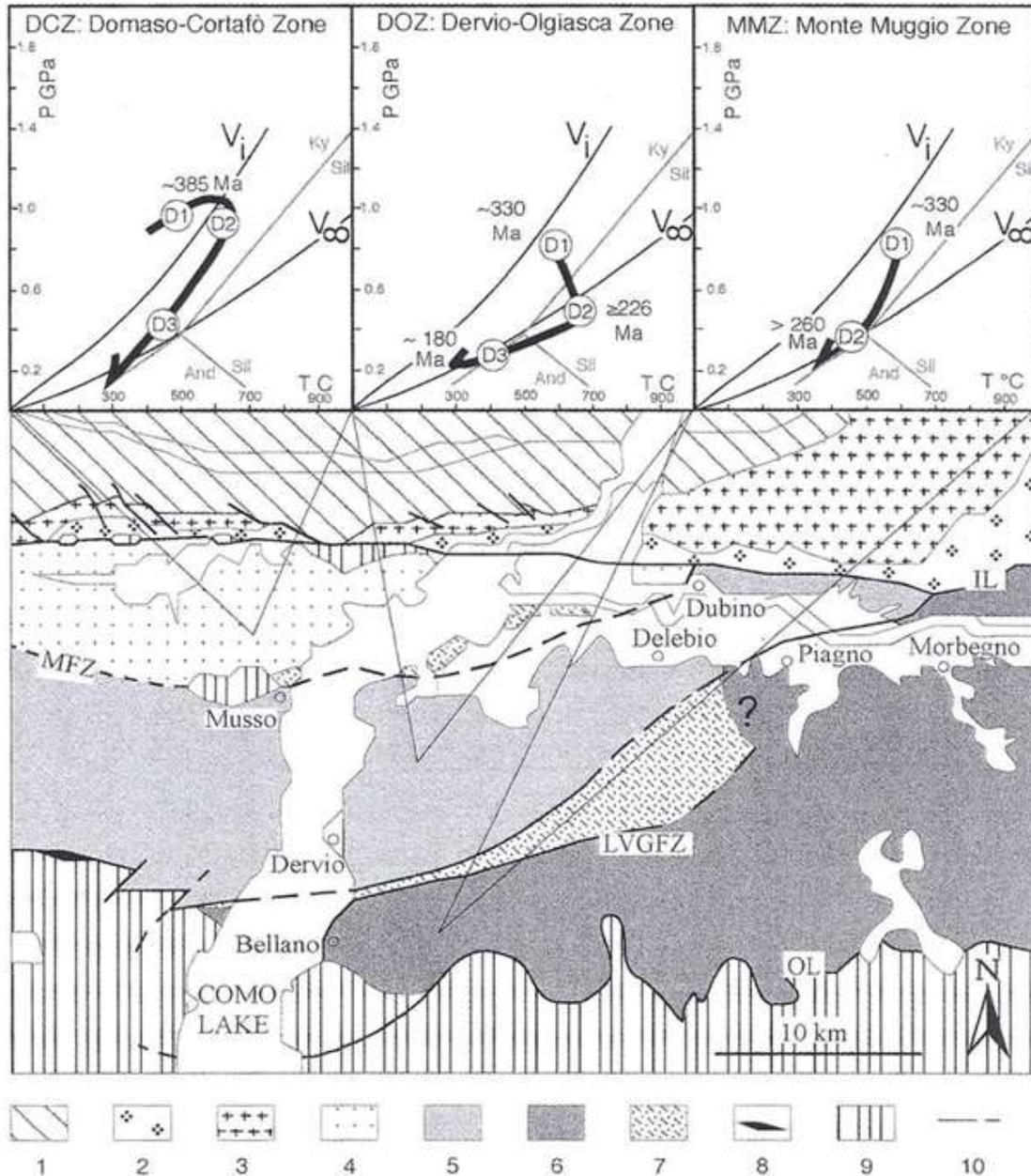
La zona Dervio - Olgiasca rappresenta, dal punto di vista tettonico, una porzione di crosta intermedia originatasi durante la fase metamorfica Varisica in facies anfibolitica e, in seguito, riesumata durante l'orogenesi alpina (Di Paola e Spalla, 2000).

Durante l'Anisico Superiore - Carnico l'evoluzione geologica della porzione centrale del Sudalpino è caratterizzata dalla presenza di un arco magmatico evidenziato dalla copiosa presenza di corpi sub-vulcanici da andesitici a riolitici. Questa fase vulcanica ebbe fine durante il Carnico Superiore con eventi esplosivi di tipo piroclastico.

Tra il Norico e il Lias il Sudalpino fu coinvolto nel rift continentale conclusosi con la formazione del margine continentale passivo Adriatico.

Lo studio strutturale del basamento della zona Dervio - Olgiasca ha permesso di riconoscere tre generazioni di strutture sovrapposte e sinmetamorfiche. La paragenesi più antica si è formata in facies anfibolitica di pressione intermedia ( $T=530-630^{\circ} C$  e  $P=0,7-1,2 Gpa$ ) durante la deformazione D1, successivamente è stata riequilibrata a condizioni di  $T= 650-750^{\circ}C$  e  $P= 0,4-0,55 Gpa$  durante la deformazione D2 e infine ulteriormente riequilibrata in retrocessione a condizioni di facies Scisti Verdi ( $T<500^{\circ}C$  e  $P= 0,2-0,3 Gpa$ ) mentre si formavano strutture più recenti (D3). Il ciclo P-T per la zona DOZ è interpretato da Spalla et al. (2002) come l'esumazione di porzioni di crosta varisica durante un episodio di rifting nel Permo-Trias.

La linea di Musso trova continuazione da ambedue le parti del lago di Como con andamento E-W. Ad essa è associata una fascia milonitica, che interessa la punta della penisola di Piona e i Montecchi (Gosso et al., 1995).



Schema interpretativo della storia tettono-metamorfica del basamento cristallino pre-alpino del Lago di Como, ridisegnato da Spalla et al. (2000). Le storie matamorfiche delle rocce delle unità tettono-metamorfiche DCZ, DOZ e MMZ (traiettorie P-T-d-t) sono rappresentate per evidenziare le evoluzioni strutturali e metamorfiche registrate nelle tre zone. (Spalla et al. 2002). 1= ricoprimenti pennidici; 2= ricoprimenti austroalpini; 3= plutone Adamello; 4=DCZ; 5= DOZ; 6=MMZ; 7=zone metamorfiche in facies scisti verdi con fabric milonitico; 8=scaglie di conglomerati carboniferi; 9=unità di coperture sedimentarie permo mesozoiche; 10=faglie; IL=Linea Insubrica; LGVFZ= zona di faglia Lugano Val Grande; MFZ= zona faglia di Musso; OL=Linea Orobica.



Di seguito si riporta una descrizione sintetica dei litotipi caratterizzanti l'area.

**Substrato lapideo: basamento metamorfico**

Nell'area in studio è possibile osservare:

**Paragneiss**

Questo è il litotipo maggiormente diffuso nell'area in oggetto, nonché il costituente principale dell'intero M.te Legnone; affiora essenzialmente lungo i lineamenti idrologici principali e nelle pareti più acclivi.



**Arricchimento in granati nei paragneiss.**

La grana è variabile, da medio fine a molto fine, il colore risulta grigio scuro in frattura fresca, mentre assume tinte rossastre in alterazione. Dal punto di vista mineralogico è costituito da quarzo, feldspato, mica chiara e più raramente da biotite. Localmente si osserva la presenza di un arricchimento in granati e talora staurolite. La tessitura è scistosa, con alternanza di livelli micacei e livelli più quarzosi.

**Micascisti**

Localmente si possono avere all'interno dei paragneiss degli arricchimenti tali in mica chiara da indurre una distinzione in micascisto.

Restano costanti le caratteristiche tessiturali, ma aumenta sensibilmente il contenuto in fillosilicati, accentuando di conseguenza la scistosità.

Affiorano in gran parte in una fascia con direzione N-S a circa 1020 m all'interno dell'alveo del torrente Inganna.



**Affioramento di micascisti nell'alveo del T. Inganna.**

#### **Filladi a clorite**

L'intensa deformazione di micascisti e paragneiss ha portato alla formazione di una roccia (fillade) in cui i minerali in assoluto più abbondanti sono mica bianca e clorite.

#### **Marmi e quarziti**

Saltuariamente si possono osservare all'interno dei paragneiss delle lenti di quarzite di dimensioni pluridecimetriche; tale litotipo, di colore bianco in frattura e grigiastro in patina, è caratterizzato dall'assenza di minerali accessori come mica e feldspato. Affiora, ad esempio, lungo le ripide pareti in destra idrografica del T. Inganna ad una quota variabile fra 1350 e 1500 m s.l.m.

Molto più rara è la presenza di rocce metamorfiche di origine carbonatica (marmi), si tratta di un affioramento singolo, una lente di circa un metro di spessore che affiora nell'alveo del T. Inganna ad una quota di circa 900 m, si presenta giallastra in patina e grigio verde in frattura, è costituita solamente da calcite.

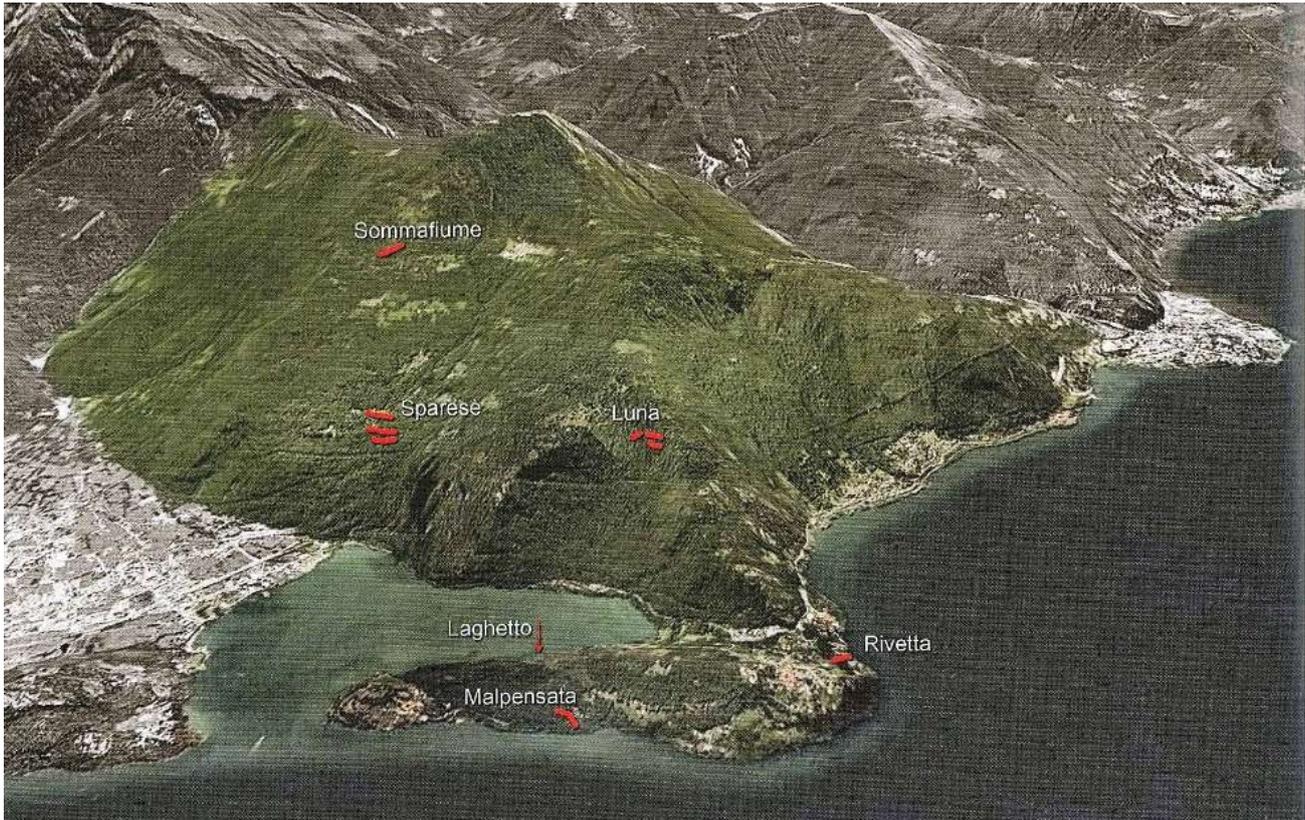


*Lente di marmo*

### **Pegmatiti**

La zona di Dorio - Colico è nota per la presenza di filoni pegmatitici di interesse attualmente mineralogico, in passato sfruttati per la produzione di feldspato.

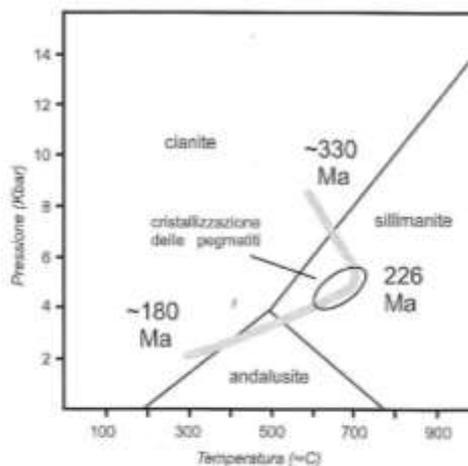
Questi filoni, caratterizzanti l'area orientale del monte Legnone, presentano una buona estensione areale. Sono composti principalmente da quarzo e feldspato e ricchi di muscovite e tormalina, più rari sono granati e berillo; hanno un colore variabile, in funzione dei minerali presenti, tessitura data dalla compenetrazione di grossi cristalli pressoché idiomorfi.



**Localizzazione dei filoni pegmatitici principali nell'area del M.te Legnone.**

Sciame pegmatitico di Piona

Lo sciame pegmatitico di Piona è incassato nelle metapeliti di alto grado metamorfico (micascisti a sillimanite e biotite) della Zona Dervio – Olgiasca. L'età di cristallizzazione delle pegmatiti di Piona va da 229 $\pm$ 7 Ma a 208 $\pm$ 4 Ma (Sanders et al., 1996), cioè durante il ciclo magmatico Triassico. L'aumento di temperatura fa registrare un picco compreso tra 600 e 720°C con una pressione di circa 4.5 - 5.5 kbar, corrispondenti ad una profondità compresa tra 10 e 15 km. Tale evento di alta temperatura con forte sviluppo di attività magmatica ebbe inizio circa 240 Ma fa (Anisico superiore).



**Condizioni PT e tempistiche di cristallizzazione delle pegmatiti durante l'evoluzione tettono - metamorfica della zona Dervio – Olgiasca.**



Lo sciame pegmatitico di Piona è costituito da più di 30 filoni, 10 dei quali hanno una potenza superiore a 5 m e una lunghezza superiore ai 10 m. La composizione mineralogica primaria, comune a tutti i filoni dello sciame, è data da plagioclasio (albite-oligoclasio), quarzo e muscovite. Al filone della Malpensata, ad esempio, i minerali accessori più comuni sono l'almandino e lo sciorlo (Tormalina nera); più rari sono il berillo, l'idrossilapatite e i noduli a fosfati, lo zirconio, l'uranite e i minerali secondari dell'uranio.



In alto. Porzione residua del filone della Malpensata. Si possono osservare i grandi cristalli di sciorlo inclusi nella pegmatite. Foto S. Andò.



A destra. La zona del filone vista dall'esterno mette in evidenza il vuoto di coltivazione lasciato dallo scavo della pegmatite. Foto R. Banti.

**Foto rappresentative dei filoni pegmatitici in zona Malpensata (Piona).**

### **Depositi quaternari**

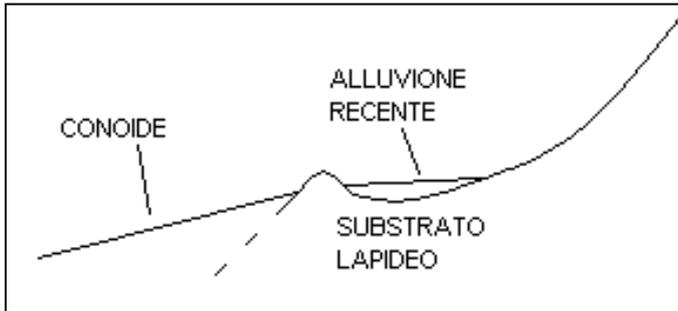
#### Conoidi alluvionali

Sono depositi dalla tipica forma a cono derivati dal trasporto solido dei torrenti; nel caso specifico del comune di Colico, le due conoidi dei torrenti Perlino e Inganna sono caratterizzate dall'elevata ampiezza, occupando una superficie di circa 10 Km<sup>2</sup>.

Sono costituite da materiale di dimensione variabile, tendenzialmente suddiviso in livelli gradati con materiale grossolano sul fondo.

#### Alluvioni recenti

Sono costituiti da materiale eterogeneo, proveniente sia da trasporto fluviale sia da erosione di versante; sono caratterizzati quindi dalla presenza di blocchi e ciottoli dispersi in abbondante matrice medio fine. Si trovano lungo le aste torrentizie ed in corrispondenza della fascia di raccordo fra versante e conoidi alluvionali dove la particolare morfologia del substrato roccioso non ha permesso la deposizione della conoide.



**Sezione schematica esplicativa dei rapporti strutturali tra substrato lapideo e i depositi**

#### Depositi detritici colonizzati e non

Questi depositi sono costituiti in genere da materiale grossolano (ciottoli, blocchi e molto più raramente sabbia) e derivano dallo smantellamento di pareti rocciose causati da esarazione glaciale, erosione operata dai cicli gelo-disgelo e azione gravitativa.

La presenza o meno di vegetazione è correlabile allo stato di attività e sono generalmente interessati da fenomeni quali scivolamenti e colate.

#### Depositi eluvio-colluviali

Ricoprono con spessori variabili il substrato roccioso (pendici del M.te Legnone). Sono prodotti dal disfacimento e rimaneggiamento di precedenti depositi. Sono talora eteropici ai precedenti.

Hanno spessore ridotto medio di circa 1+2 m. Se imbevuti di acqua possono dare origine a piccoli smottamenti. Sono costituiti da una maggiore matrice fine limosa (rispetto ai precedenti) ed i clasti presenti, di piccola dimensione, presentano uno scarso grado di arrotondamento.

#### Depositi glaciali

Depositi di materiali detritici eterometrici, con ciottoli poligenici sub-arrotondati o talora a spigoli vivi, trovanti di materiali esotici, il tutto immerso in abbondante matrice sabbioso-limosa. Sono caratterizzati da un alto grado di compattazione. Derivano da antiche morene laterali legate all'accumulo glaciale.



**Deposito morenico nei pressi di Rusico.**



#### **1.4 CARTA DEGLI ELEMENTI GEOMORFOLOGICI**

Ai fini della caratterizzazione della vocazione all'urbanizzazione di un territorio, riveste particolare importanza la definizione dei fenomeni di evoluzione delle forme del paesaggio, al seguito del disfacimento degli elementi morfologicamente rilevati e della rielaborazione di questi da parte dell'azione degli agenti morfodinamici.

Si tratta di processi esogeni, legati all'azione di erosione, trasporto e accumulo delle acque, del gelo e disgelo, della neve, della gravità e dell'uomo, che nel loro complesso determinano il lento disfacimento degli elementi morfologicamente rilevati e la rielaborazione dei materiali derivati da questi a seguito dell'azione dei differenti fattori morfodinamici. Alcuni di questi agiscono in maniera concentrata in ambiti ben delimitabili ed altri agiscono arealmente sui versanti; questi ultimi quindi non possono essere sempre fedelmente riportati alla scala della rappresentazione cartografica.

La corretta valutazione di tali processi consente di chiarire il quadro degli eventuali dissesti presenti sul territorio e di definirne l'evoluzione potenziale. L'evoluzione morfologica dei versanti è particolarmente significativa in corrispondenza dei tratti maggiormente acclivi.

##### **ELEMENTI MORFOLOGICI PUNTUALI**

In questo ambito si sono voluti riportare alcuni elementi di natura morfologica:

- Distacchi di blocchi e/o massi;
- Ambiti in cui la falda ha una bassa soggiacenza;
- Ambiti in cui, a seguito di piogge abbondanti, s'instaurano fenomeni di ruscellamento.

##### **ELEMENTI MORFOLOGICI LINEARI**

- Fratture e lineamenti strutturali certi e/o presunti;
- Tracce di corsi d'acqua legate ad antiche divagazioni;
- Vallecicole con fondo a V;
- Orlo di scarpata fluviale: indica gli orli di scarpate morfologiche che delimitano valli torrentizie nei tratti dove l'alveo attuale risulta incidere le formazioni rocciose o i depositi di copertura.;
- Terrazzo morenico;
- Contropendenze: indica la presenza di gradini morfologici e di scarpate rocciose;
- Orli: indica la presenza di scarpate di varia natura (antropica, erosiva, ecc.) prive di un grado d'attività;
- Orlo di scarpata di degradazione e/o di frana: indica la presenza di gradini morfologici e di scarpate rocciose soggetti ad erosione attiva e/o quiescente ad opera dell'azione prevalente della gravità e subordinatamente delle acque superficiali, lungo i quali si registrano distacchi localizzati di materiale talvolta anche di estensione considerevole definendo vere e proprie nicchie di distacco di frane.



### ELEMENTI MORFOLOGICI AREALI

Sono stati riportati i depositi e le forme geomorfologiche che caratterizzano le aste fluviali e le zone di raccordo tra versanti e zone pianeggianti (accumulo paleofrana, depositi alluvionali antichi, materiale alluvionale attuale, conoidi e materiale detritico).

A livello morfologico sono stati evidenziati i “Montecchi”, costituiti dalla penisola di Piona e tre rilievi allineati poco a Nord della linea geologico – strutturale di Musso.

Si è voluto inoltre riportare:

- Aree ad elevata instabilità con presenza di fenomeni franosi: sono state riportate le aree soggette a caduta massi, frane attive e frane quiescenti.
- Ambiti a potenziale evoluzione morfologica



**Allineamento circa N-S dei Montecchi.**



## 1.5 CARTA DEGLI ELEMENTI IDROGEOLOGICI, IDROLOGICI E IDRAULICI

L'acqua riveste una duplice importanza in rapporto alla pianificazione territoriale, essendo uno dei maggiori agenti morfodinamici, quindi elemento prevalente di modificazione del territorio e particolarmente degli equilibri geomorfologici che devono essere considerati per la valutazione del rischio, ed essendo inoltre risorsa essenziale per la vita e le differenti attività antropiche che si svolgono sul territorio.

Da un punto di vista idrologico il territorio comunale è caratterizzato dalla presenza di:

due corsi d'acqua principali, T. Inganna e T. Perlino, che nascono e scorrono lungo i versanti del monte Legnone e sfociano nel lago di Como;

il T. Merla che nasce in corrispondenza della cresta Legnone - Legnoccino e sfocia nel laghetto di Piona; torrenti affluenti dei corsi d'acqua descritti in precedenza;

fossi e canali nella area pianeggiante.

Lo "Studio per la determinazione del reticolo idrico minore" del comune di Colico è stato effettuato dal presente studio geologico "Studio GeoTeam – Dott. Geol. Cristian Adamoli", Giugno 2004.

La circolazione idrica delle acque sotterranee è condizionata da vari fattori quali le caratteristiche fisico-meccaniche del substrato e dei materiali di copertura, la morfologia del territorio, la rete di drenaggio superficiale, l'andamento strutturale delle formazioni, il clima e la quantità di precipitazioni.

Nella tavola T.03, sono state riportate le isopieze che ricostruiscono l'andamento della falda acquifera e le emergenze idriche quali pozzi e sorgenti.

Per queste ultime sono state individuate le relative zone di tutela assoluta (raggio 10 m) e rispetto (raggio 200 m) secondo il criterio geometrico.

Attorno alle sorgenti e ai pozzi ad uso potabile (indicazione derivata da fonte provinciale e/o da studi comunali) sono state riportate le aree di rispetto e di tutela assoluta, in particolare:

- Pozzi: Bait 1, Bait 2, Baner, Sacro Cuore, Piona (n°2)
- Sorgenti: Bait 1, Bait 2 Alta, Bait 2 Bassa, Monte Croci.

È stata inoltre riportata inoltre una porzione dell'area di rispetto del pozzo di Gera Lario ubicato poco a lato del limite comunale.

## 1.6 SETTORE PIANEGGIANTE

Nel settore pianeggiante è presente una rete di fossi e canali di raccolta e deflusso delle acque che convogliano le acque in fossi di maggiori dimensioni. Le acque intercettate rappresentano in primo luogo quelle di scorrimento superficiale e secondariamente quelle legate alle oscillazioni della falda e d'infiltrazione che percolano lentamente all'interno dei terreni a granulometria fine e a bassa permeabilità.

L'assetto idrologico della zona del Piano di Colico e del Piano di Spagna è ben caratterizzabile anche mediante l'analisi delle foto aeree di metà secolo (Volo GAI del 1954 a scala 1:30000), in cui sono ancora ben individuabili l'andamento del fitto reticolato dei canali di bonifica tra cui spiccano i canali Borgofrancone e Fossa Spagnola che tuttora costituiscono arterie di drenaggio indispensabile per l'equilibrio idrologico dell'area. La foto mostra inoltre l'impronta lasciata dalla disastrosa alluvione del 1951 con la divagazione dei fiumi Adda e Inganna.

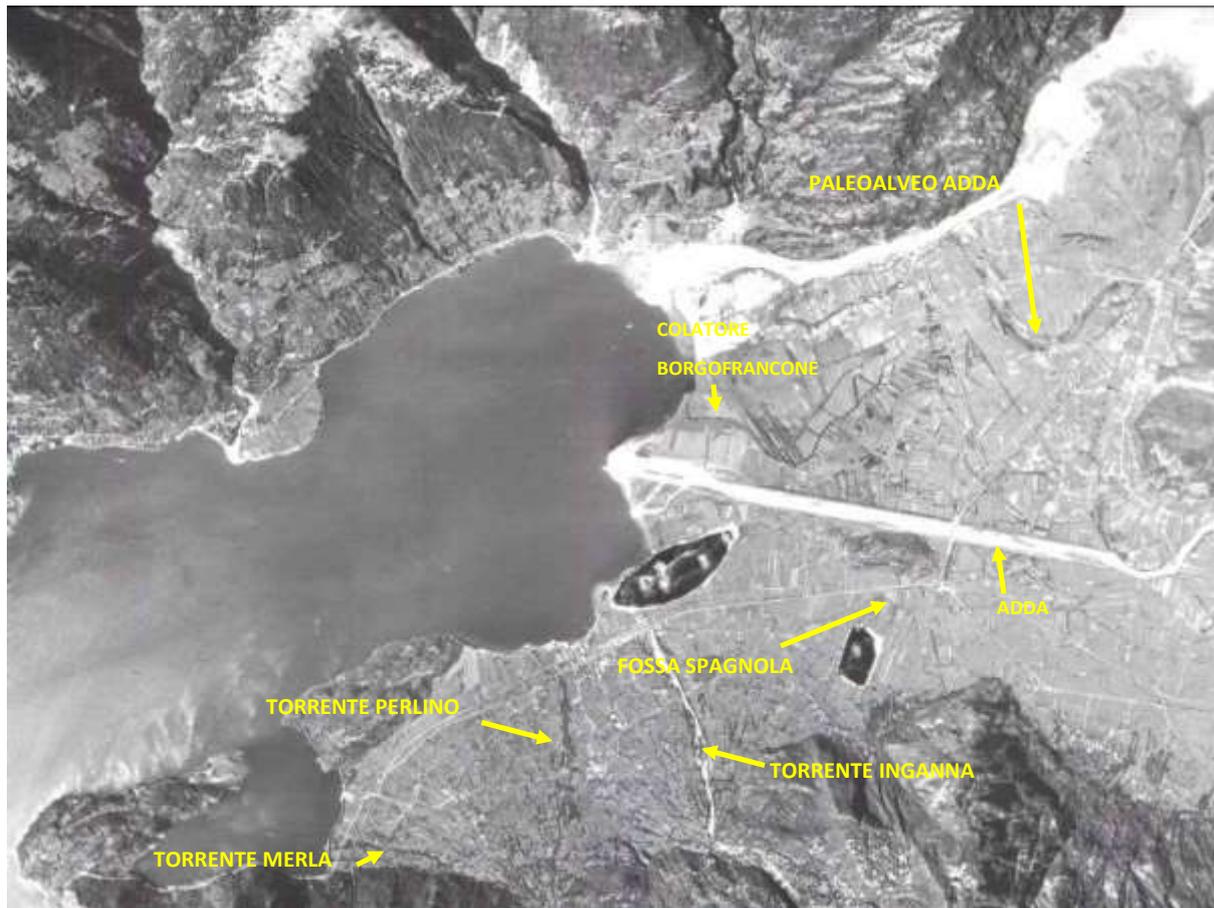


Foto aerea del volo GAI del 1954 a scala 1:30000

La piana di Colico è caratterizzata da un livello della falda che può subire notevoli oscillazioni; questa può risultare emergere nelle aree morfologicamente più depresse e dare origine a piccoli ristagni temporanei (canali, stagni, paleoalvei) e meno nei tratti ormai bonificati ai fini artigianali. Le oscillazioni del livello di falda, oltre ad essere un problema per le aree di superficie, rappresentano un'importante incognita nel comportamento meccanico delle terre.



## 1.7 INQUADRAMENTI GEOMORFOLOGICI E IDROLOGICI DEI TORRENTI MERLA, PERLINO E INGANNA

Il presente paragrafo vuole dare indicazioni circa la dinamica evolutiva storica dei principali torrenti comunali ricostruendo la topografia degli alvei facendo riferimento ai dati storici sia bibliografici sia derivanti da studi personali e non e ai movimenti franosi che interessano parte dei versanti in cui s'inseriscono.



Estratto della Carta Inventario dei Fenomeni Franosi (Regione Lombardia).

### 1.7.1 TORRENTE MERLA

Il versante in sinistra idrografica del torrente Merla è interessato da un movimento franoso che consiste nella riattivazione di una grande paleofrana la cui scarpata è individuabile a monte dell'alpe Fangaro a quote comprese tra i 975 m e i 1100 m in prossimità della cresta Legnone - Legnoncino. La testata della paleofrana corrisponde al terrazzo morfologico a quota 1050 m in località Valliscione. In tutta l'area è presente una spessa copertura di depositi quaternari data da diamicton a supporto prevalentemente clastico con blocchi di dimensioni anche di alcuni metri con forma per lo più irregolare. Tali caratteristiche corrispondono a quelle di un deposito di versante generato movimenti gravitativi in massa che hanno rimobilizzato antichi depositi di origine glaciale. Verso valle aumenta notevolmente la quantità di materiale fine.

L'accumulo della paleofrana è scomponibile in diversi movimenti franosi. Il corpo franoso che presenta maggior rilievo morfologico corrisponde al grande accumulo posto a ovest di Posallo tra le località Acqua Visc, I Noc, e A Fangaro a quote comprese tra i 4425 m e i 675 m. La testata dell'accumulo è individuabile appena ad est di A. Fangaro. La scarpata è posta a SW di Sorgente di Merla a quota 900 m circa. L'intera paleofrana sembra essere confinata in sinistra idrografica della Valle di Suera.

Tutta questa porzione di versante ha subito movimenti a seguito degli eventi pluviometrici del 26 Novembre. Percorrendo il sentiero che da Sommafiume conduce in località Alpetto in prossimità del crinale roccioso che



corrisponde alla scarpata della paleofrana sopra descritta è evidente lo scollamento dei depositi di versante dal substrato roccioso. Con un rigetto che localmente raggiunge i 2 m. Percorrendo il sentiero in direzione Alpetto sono visibili trincee e contropendenze che testimoniano l'instabilità di questo settore di versante.

Le evidenze maggiori di movimento sono in prossimità della Valle Merla dove è presente una grande frana di scivolamento che interessa la copertura detritica. Il piede della frana è posto a quota 950 m in prossimità del T. Merla.

Risalendo il versante sono state osservate una serie di scarpate con rigetto anche di 2 m osservabili sino alla quota di circa 1050 m in corrispondenza della testata della paleofrana. In tutta l'area sono state rilevate grandi venute d'acqua e numerose zone di ristagno. Il deposito risulta essere praticamente saturo.

#### Dinamica del torrente Merla

In prossimità del torrente Merla un movimento franoso che ha interessato lo spessore di 5-6 m di deposito su una superficie di alcune migliaia di metri quadrati ha generato una colata lungo la Valle Merla che ha raggiunto le località Chignol e Posallo. In corrispondenza dell'attraversamento della strada comunale che da Posallo sale a monte Sparese e monte Vezze la colata è fuoriuscita dall'asta torrentizia provocando danni alla strada per un tratto di circa 80 m prima di proseguire la corsa verso valle sino a raggiungere l'apice della conoide. La colata è stata probabilmente alimentata da altri scivolamenti di detrito lungo l'asta sia in destra che in sinistra. idrografica. Lungo l'asta sono infatti stati osservati altri due scivolamenti. Il Primo in località Sorgenti di Merla in sinistra idrografica ha interessato una superficie di circa 5000 m<sup>2</sup> mentre il secondo è stato individuato a quota 870 m in destra e occupa una superficie di poche migliaia di metri quadrati.

L'evidenza maggiore della riattivazione della paleofrana risulta essere un grande scivolamento di materiale detritico che interessa una superficie di almeno 0,3 Km<sup>2</sup>. La scarpata è individuabile in prossimità del terrazzo morfologico a quota 900 m; area interessata da un fitto bosco di abeti. La scarpata di frana risulta attualmente avere un rigetto superiore ai 10 m. Per l'intero spessore del rigetto sono presenti depositi di copertura con blocchi di dimensioni fino a qualche m<sup>3</sup>. Nell'ipotesi secondo la quale il movimento franoso fosse limitato solo alla copertura detritica per uno spessore medio di 10-15 m la volumetria del materiale mobilizzabile sarebbe pari circa 3 milioni di m<sup>3</sup>. Allo stato attuale delle conoscenze non si può escludere che il movimento franoso interessi anche parte del substrato roccioso.

Allo stato attuale è difficile prevedere uno scenario di rischio. Permane il rischio che in concomitanza di piogge di una certa intensità si possano verificare altre frane di scivolamento lungo il tratto superiore della Valle Merla al di sopra degli 850 m di quota con possibilità di evoluzione dei fenomeni sotto forma di colate di detrito che potrebbero raggiungere la parte apicale della conoide. Nell'ipotesi in cui il settore di versante a valle della scarpata a quota 900 m dovesse collassare l'area di espansione potrebbe interessare tutto il settore di versante a ovest della località Posallo non escludendo la possibilità che venga interessata anche parte della conoide.

#### Opere di regimazione esistenti

In tempi recenti sono state realizzate, nell'area apicale del conoide, opere di protezione spondale e contenimento di eventuale trasporto solido.

Si tratta di opere migliorative in una situazione di elevato pericolo per le aree di apice della conoide e comunque inferiore nelle aree medio basse dello stesso.



Le opere realizzate hanno permesso la ripermimetrazione delle aree ad alto rischio idrogeologico (ex L. 267/98).

### 1.7.2 TORRENTE PERLINO

In questa sede si ritiene opportuno far riferimento al dissesto franoso del “Monte Bedolessio”, anche se risultante all’interno del territorio comunale di Dorio, in quanto rappresenta parte del bacino del Torrente Perlino e, presentandosi in forte degrado, genera con il suo movimento un continuo apporto di materiale in alveo.

Il fenomeno gravitativo è localizzato sul versante sinistro idrografico del torrente Perlino, in corrispondenza degli alpeggi della località Monte Bedolessio, ed è costituito da una frana di scivolamento di grosse dimensioni in terreno. In base alle osservazioni di campagna e misure geognostiche il volume della frana è stimabile tra i 20 e i 50 Mm<sup>3</sup> circa.

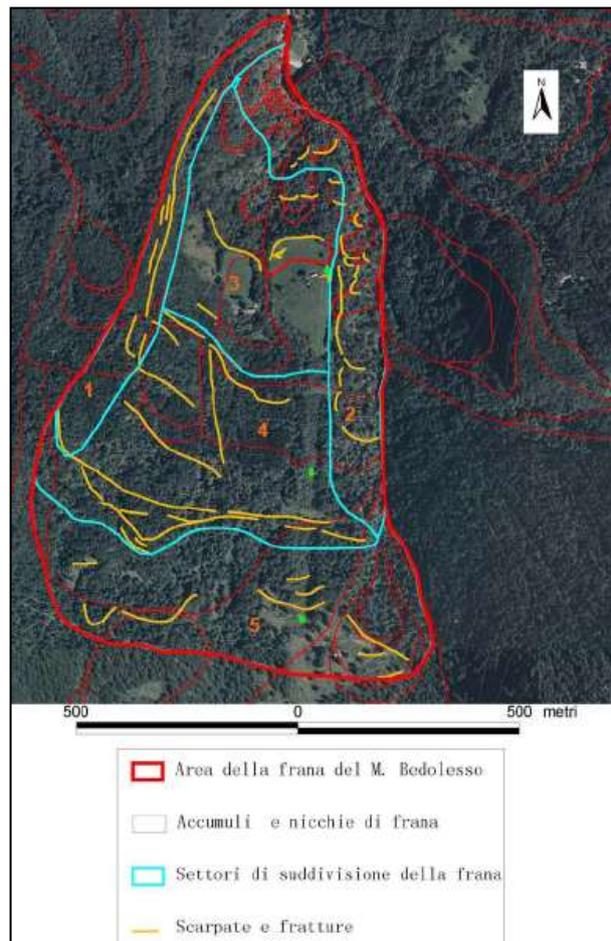
Il corpo di frana, attivo ed in rapida evoluzione, è limitato sul fianco sinistro da una spalla in roccia disarticolata e sul fianco destro, oltre che dall’alveo del torrente Perlino, da un rilievo in roccia. Il torrente Perlino delinea l’unghia del corpo di frana, mentre il limite superiore è marcato dalla scarpata principale tra le quote di 1000 e 1050 m estesa lateralmente per circa 800 m, continua e leggermente concava verso valle con rigetti variabili da un metro a ca 10 m. L’area in frana nel complesso si sviluppa per una lunghezza di circa 1500 m, da quota 1100 m (s.l.m.) a quota 550 m (s.l.m), ed una larghezza di circa 850 m per una superficie di quasi 1 km<sup>2</sup> (0.9 km<sup>2</sup>).

Gli elementi morfologici caratterizzanti sono scarpate e fratture che permettono di delimitare in maniera sufficientemente chiara l’attuale perimetro di frana.

Il rilievo geologico e morfostrutturale di dettaglio ha consentito l’individuazione delle strutture (fratture o trincee) presenti nell’area di frana e la valutazione dell’entità di spostamento sulla base delle direzioni di allungamento degli apparati radicali di piante lungo le scarpate principali

In base alle strutture rilevate e all’analisi dei dati di spostamento raccolti su tutta l’area, il corpo di frana è stato suddiviso in 5 settori:

- **Settore 1:** Costituisce il fianco sinistro in corrispondenza del quale è presente uno sciame di scarpate di altezza variabile, da qualche decimetro sino al metro. Rappresenta una zona caratterizzata da movimenti con prevalente componente di taglio e spostamenti verticali dell’ordine dei 2-3 m circa;

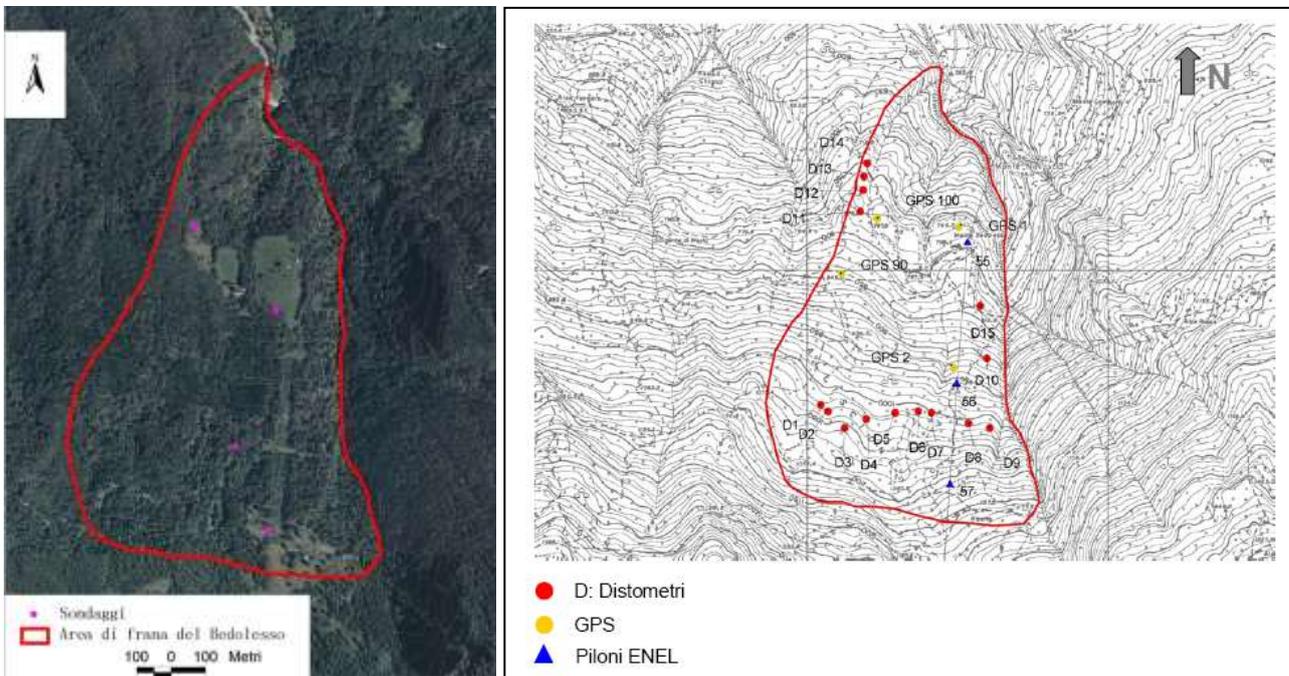


**Vista dell’area di frana del Monte Bedolessio e individuazione settori di criticità.**



- **Settore 2:** Composto dal fianco destro e dal piede mediamente ripido, è limitato dal T. Perlino che a quota 650 m s.l.m. presenta una significativa ansa prodotta da un antico accumulo di frana; sono abbondanti i dissesti superficiali;
- **Settore 3:** Denominato settore del “Bedolesso basso” è limitato a monte dal cambio di pendenza in corrispondenza della quota 850 m e a valle dal settore 2. Comprende il pilone n° 55 della linea elettrica Soazza – Bovisio e costituisce il vero e proprio accumulo del movimento franoso; in esso è stato ubicato un pluviometro;
- **Settore 4:** Denominato settore del “Bedolesso alto” è collocato tra la scarpata principale, sita ad una quota variabile fra 1000 e 1030 m s.l.m. e quota 850 m. Coinvolge il pilone n° 56 della linea elettrica dell’alta tensione e rappresenta il settore di scarpata dove si concentrano la maggior parte delle strutture più significative e le emergenze idriche principali;
- **Settore 5:** Tale settore, compreso tra la scarpata principale e l’Alpetto, rappresenta l’area in recente evoluzione per arretramento della scarpata a quota 1000 m.

Nell’area della frana del M. Bedolesso sono stati eseguiti 4 sondaggi ed è stata realizzata una rete di monitoraggio operante dal Febbraio del 2002 fino al Febbraio 2003.



***A sinistra la collocazione dei sondaggi eseguiti sulla frana del M. Bedolesso; a destra la distribuzione della rete di monitoraggio della frana installata e monitorata dal dott. Depoli.***

#### Ricostruzione eventi e relativi studi dal 1997 al 2008

Il primo evento di dissesto documentato recentemente risale al 1997 in corrispondenza di alcuni fenomeni di alluvionamento lungo l’alveo del T. Perlino. In tale occasione non era stato possibile identificare movimenti dell’area in frana. La prima segnalazione di attivazione del fenomeno è del giugno 2001 a seguito dei problemi riscontrati lungo la linea dell’Alta Tensione ENEL.

Nel Novembre 2001: viene presentato il “Progetto di monitoraggio movimento franoso monte Bedolesso Comuni di Colico e Dorio” e nel Febbraio 2002: inizia la misurazione della rete di monitoraggio prevista dagli uffici tecnici della Regione Lombardia. La rete include: monitoraggio topografico dei piloni della linea elettrica



(ENEL), 15 basi distometriche, 2 postazioni di monitoraggio GPS, 10 fessurimetri a vetrino, 1 stazione meteorologica, 1 stazione idrometrica.

I dati acquisiti sul fenomeno franoso in località Bedolessò non evidenziavano movimenti significativi (Aprile 2002 e Maggio 2002).

Nel Novembre 2002 si è verificato un primo dissesto sul movimento franoso del Monte Bedolessò.

Nel Marzo 2003 la Comunità Montana della Valsassina - Valvarrone - Val d'Esino e Riviera incarica il Dip. di Scienze Geologiche e Geotecnologie dell'Università degli Studi di Milano Bicocca di effettuare uno studio geologico, geomeccanico per l'area dell'Alto Lario. Lo studio è presentato nell'Aprile 2004.

Tra il 2003-2004 vengono eseguiti 3 sondaggi sul corpo di frana del Monte Bedolessò, una campagna di indagini geofisiche (sismica) e l'inizio di misure di monitoraggio in foro, nonché la prosecuzione di misure sui capisaldi GPS.

Nel periodo 2005-2007 sono state realizzate opere di regimazione dell'alveo del Torrente Perlino con l'esecuzione di n. 2 briglie e vasche di accumulo; nel periodo 2007 -2010 sono state progettate opere di stabilizzazione su frana Bedolessò e Torrente Perlino

Nel 2008 a seguito dell'innescò di una colata detritica è stato eseguito un intervento in somma urgenza per lo svaso delle vasche e per aumentare la funzionalità idraulica della vasca di monte in corso di realizzazione.

Nel periodo 2008 – 2009 sono state realizzate alcune opere necessarie al drenaggio delle acque dal Monte Bedolessò. Nel 2009 si è verificato l'innescò di una colata detritica ed è stato eseguito un intervento in somma urgenza per lo svaso delle vasche

Gli eventi alluvionali del luglio 2008 e del settembre 2009 hanno comportato il verificarsi di importanti colate detritiche innescatesi a seguito della riattivazione della frana del Monte Bedolessò, le quali hanno riempito completamente la vasca di accumulo più a monte (per un volume di circa 6.000 m<sup>3</sup>) e parzialmente quella più a valle (per un volume di circa 8.000 m<sup>3</sup>).

#### Dinamica del Torrente Perlino

A livello storico è possibile individuare una discreta evoluzione torrentizia, perlomeno dalla prima metà del XIX sec. Da tale data sino ai nostri giorni, l'evoluzione torrentizia del T. Perlino è stata decisamente limitata con qualche recente episodio di cui si ricorda nei seguenti punti:

**1911:** l'area maggiormente colpita fu il settore di pendio prossimo al cimitero di Villatico, con trasporto di massa di materiale detritico, di cui ancora oggi si notano le evidenze morfologiche. In tale occasione si ebbe la demolizione di una serie di fabbricati, come testimonia il rudere in sinistra idrografica del torrente (vecchio mulino);

**Anni '80:** una piena ha creato danni alle opere di difesa esistenti;

**1997:** esondazione nella porzione distale di conoide con allagamento e danni alle aree di pertinenza di fabbricati.

**2008 e 2009:** alluvionamento alveo ed opere

I confronti cartografici hanno permesso di verificare una situazione di generale stallo della posizione morfologica del T. Perlino dal 1830, ad esclusione del tratto distale coincidente con l'immissione dello stesso nel Lago di Como. Il vecchio paeloalveo e di conseguenza il punto d'immissione nel lago avveniva all'incirca in corrispondenza dell'attuale Hotel Risi.



### Opere di regimazione esistenti

Per quanto riguarda le opere di regimazione esistenti sul T. Perlino si riporta una cronologia delle opere realizzate:

#### **2004 - "Opere di regimazione idraulica del Torrente Perlino e Inganna nei Comuni di Colico e Dorio"**

Sono state realizzate opere in tre distinti settori di intervento:

Intervento 1: costituito dalla briglia selettiva a fessura, ubicata nella parte alta della piccola valle destinata ad ospitare gli interventi, e tutti gli interventi ad essa connessi: vasca di accumulo, argine di sbarramento ed il tratto di strada di servizio realizzata ex novo per accedere in sponda destra alla vasca;

Intervento 2: è costituito dalla briglia selettiva a griglia ubicata allo sbocco della valle, all'apice del conoide di deiezione del Perlino;

Intervento 3: consiste nell'adeguamento della pista carrabile esistente per renderla idonea come strada di servizio per consentire lo svasso e la manutenzione delle opere.

Intervento 1	Intervento 2
	

#### **2007 - Opere di stabilizzazione paleofrana e monitoraggio Torrente Perlino e Minori, Loc. Bedolesso in comune di Dorio e Colico (LC)**

Gli interventi hanno riguardato l'esecuzione di una serie di opere in grado di drenare le acque presenti all'interno del corpo frana in posizioni facilmente raggiungibili dalla viabilità esistente. Gli interventi in progetto possono essere così riassunti:

##### Trincee drenati

Canale di gronda realizzato con massi a secco in modo da drenare le acque del versante oltre che realizzazione di tubazioni drenati suborizzontali con lunghezza di 50 m in modo da captare anche le acque di infiltrazione profonda.

Captazioni di acque di versante mediante realizzazione di soglie e briglie realizzate con pietrame e cls, scogliere di raccordo e posa di tubazione drenanti sub orizzontali di lunghezza 50 metri.

Vasca di raccolta acque in cls e posa di condotta di adduzione dal monte Bedolesso al torrente Perlino.



Sistema di monitoraggio.

**2009 - "Lavori di pronto intervento per regimazione idraulica del torrente Perlino"**

Gli interventi sono stati eseguiti ad ampliamento della vasca di accumulo più a monte esistente e a regimazione del tratto in ingresso ad essa, poiché in questa zona il corso d'acqua presentava ancora caratteristiche di tipo torrentizio, con elevate pendenze e andamento dell'alveo irregolare, caratterizzato da accumuli di materiale in alveo e privo di regimazioni spondali. La sistemazione idraulica ha previsto la realizzazione di opere per aumentare il volume di invaso della vasca oltre che un ripristino dell'attraversamento esistente più a monte che era in evidente pericolo di crollo. In sintesi gli interventi realizzati sono stati:

Vasca: aumento della capacità di accumulo tramite demolizione della briglia esistente in corrispondenza del lato di monte della vasca stessa ed il rifacimento di una briglia, con caratteristiche sostanzialmente analoghe, in posizione arretrata;

Rivestimento del fondo alveo in selciato realizzato con grossi massi sbozzati.

Realizzazione di sponde in scogliera in massi ciclopici

Riprofilatura fondo alveo e rifacimento canale con stabilizzare il fondo mediante formazione di soglie di fondo  
Realizzazione di soglia di fondo a stabilizzazione dell'alveo.

**2011 - progetto "Opere di Regimazione idraulica del Torrente Perlino e realizzazione nuova Vasca di Accumulo a difesa dalla frana di Bedolesso"**

Attualmente sono in progetto opere di regimazione idraulica del torrente Perlino con realizzazione di una nuova vasca di accumulo. L'obiettivo dell'intervento sarà quello di ampliare la capacità di accumulo dei materiali trasportati dal Torrente Perlino in un tratto di alveo posto a monte del centro abitato di Colico e compreso tra le briglie (intervento 1 e intervento 2, 2004) esistenti.

Sono state previste opere di risagomatura e livellamento dei rilevati, opere di consolidamento piede dei rilevati, consolidamento soglie, formazione selciato, realizzazione nuove briglie e difese spondali.

A seguito queste ultime opere nell'anno 2017 è stata recepita la proposta di "Revisione sistema di perimetrazione della pericolosità e del rischio idrogeologico ed idraulico del conoide del Torrente Perlino in Comune di Colico (LC)" redatto dallo Studio Geologico Tecnico Lecchese di Lecco.



### 1.7.3 TORRENTE INGANNA

Presenta una superficie di circa 5 kmq ed un dislivello fra la quota più alta (2640 m) e lo sbocco sul conoide (450 m) di 2190 m.

Dal punto di vista litologico - strutturale l'area sottesa dal bacino risulta discretamente tettonizzata; le unità scistose del Monte Legnone, sono attraversate da differenti sistemi di frattura che si esplicano in forma di notevoli zone cataclasate.

#### Dinamica del torrente Inganna

Da un'analisi storica i dati reperiti permettono di definire un'evoluzione torrentizia del Torrente Inganna discreta, perlomeno dalla seconda metà del XV secolo. In particolare:

**1469: piena del torrente Inganna.** Nel giugno del 1469 la piena del torrente provocò gravi danni all'abitato di Colico; seppellì l'allora importante centro di S. Giorgio ed il primitivo nucleo di Colico.

**Secolo XV: periodiche esondazioni.** I dati storici individuano una continua dinamica torrentizia con azione distruttiva nella parte alta del conoide. Nella parte distale, l'apporto continuo di materiale fine (ben riscontrato negli scavi e nelle indagini geognostiche), contribuiva a rendere paludoso gran parte dell'antico pascolo. E' in tale periodo (probabilmente) che si annovera una delle travolgenti alluvioni del T. Inganna che distrusse e fece diventare alcuni luoghi un "deserto", da cui la località della frazione di Curcio. In tale sito l'antico cascinale denominato "Deserto" fu costruito nel 1600 e esiste ancora tutt'oggi.

**Secolo XVIII.** In tale periodo si ebbe probabilmente un ulteriore evento distruttivo, che interessò l'antica chiesa di S. Giorgio, di cui oggi rimane la piccola cappelletta lungo la via Nazionale;

**Anni '80:** una recente piena ha creato danni alle opere di difesa esistenti;

**1820 Prime Opere di difesa** realizzate dall'Ing. Roussellin all'apice del T. Inganna in loc. Robustello, con difese spondali a protezione delle frazioni di Villatico e di Colico.

**1951.** Alluvione e divagazione del torrente Inganna (vedi foto volo GAI 1954)

#### Opere di regimazione esistenti

Si è provveduto negli anni passati ad effettuare una serie di interventi lungo l'asta torrentizia, sia nel tratto di monte sia nel tratto di conoide, ove gli interventi si rendono necessari per la protezione dei nuclei abitati presenti. Ulteriori opere e manutenzioni hanno portato alla ripermimetrazione delle aree ex L. 267/98.

Per quanto attiene l'alveo nella parte montana sono presenti, nel tratto compreso fra la quota 650 e 450, una serie di briglie di contenimento, che contribuiscono alla regolarizzazione del fondo ed al conseguente rallentamento dei detriti trasportati dalla corrente. Le difese spondali sono pressochè assenti e limitate ad un piccolo tratto in destra idrografica, a quota 500.

Nella parte di conoide sono stati, nei tempi passati, predisposti alcuni progetti di sistemazione dell'alveo, che per gran parte del suo percorso risulta regimato sia con opere trasversali che con interventi longitudinali.

Gli interventi effettuati consistono in una serie di briglie ravvicinate di compensazione del profilo longitudinale dell'asta torrentizia ed arginature in sinistra e destra idrografica.

La sezione è decisamente ampia (media di 30 m) e garantiscono un buon deflusso alle acque di piena; gli interventi terminano poco prima della statale 36, per poi riprendere immediatamente a valle della stessa, per tutto il restante percorso del torrente.



## 1.8 CARTA DEGLI ELEMENTI GEOLOGICO-TECNICI

La tav. T4 è un elaborato molto interessante che fornisce una prima caratterizzazione geotecnica dei terreni del territorio comunale e permette un inquadramento delle problematiche esecutive sia nelle eventuali nuove aree di espansione sia all'interno dell'area urbanizzata.

E' stata redatta sulla base delle personali conoscenze acquisite in numerose indagini geognostiche e geotecniche condotte su singole aree ed in base ai dati raccolti dai costruttori in differenti località.

Sulla base della correlazione di dette informazioni è stata elaborata la tavola proposta nel presente lavoro dove sono riportate differenti aree che rappresentano non tanto il tipo di terreno in relazione alla sua origine, ma il tipo di terreno in funzione delle sue caratteristiche geotecniche.

Nella tabella sottostante sono riassunti i dati geotecnici relativi ai depositi superficiali:

Depositi	Angolo di attrito medio	Peso di volume saturo
Sedimenti distali di conoide e/o lacustri	26°	1.80 t/mq
Sedimenti alluvionali di conoide	36°	2.10 t/mq
Sedimenti alluvionali antichi	36°	2.00 t/mq
Eluviale	28°	1.90 t/mq
Detritico	35°	1.90 t/mq
Glaciale	32°	2.00 t/mq

Il substrato lapideo presenta un comportamento meccanico rigido dipendente dalle deformazioni subite dallo stesso.

Sono stati inoltre inseriti alcuni grafici relativi a prove penetrometriche dinamiche effettuate prevalentemente nell'area urbana nella zona di raccordo tra un ambito di conoide distale e i depositi alluvionali lacustri e due indagini sismiche MASW.



## 2 PERICOLOSITÀ SISMICA

Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 si è avviato in Italia un processo per la stima della pericolosità sismica, stabilendo una nuova classificazione sismica del territorio nazionale. La nuova classificazione, che in parte utilizza e aggiorna la classificazione proposta nel 1998 dal Gruppo di Lavoro istituito dal Servizio Sismico Nazionale, è articolata in 4 zone, ciascuna contraddistinta da un diverso valore dell'accelerazione di picco orizzontale del suolo ( $a_g$ ) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Questa iniziativa ha poi portato alla realizzazione della Mappa di Pericolosità Sismica 2004 (MPS04) che, con l'emanazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006, è diventata ufficialmente la mappa di riferimento per il territorio nazionale. In ottemperanza all'art. 2 della O.P.C.M. 3274/2003, Regione Lombardia, con D.G.R. n. VII/14964 del 7 novembre 2003, ha provveduto alla classificazione sismica del proprio territorio. Secondo tale classificazione (Allegato A alla D.G.R. n. VII/14964 del 7 novembre 2003) il Comune di Colico è stato classificato in **Zona Sismica 4** (sismicità molto bassa), identificato da un valore di  $a_g < 0,05g$ . Come si evince dalla mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (O.P.C.M. n. 3519/2006 All. 1b), il Comune di Colico ricade in un intervallo di valori di  $a_g$  (accelerazione sismica orizzontale massima del suolo con probabilità di superamento del 10% in 50 anni e riferita a suoli rigidi) compresi tra 0,025g e 0,050g, ponendolo di fatto in Zona Sismica 4, come si evince dalla tabella riportata nella O.P.C.M. 3274/2003.



zona	accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni [ $a_g/g$ ]	accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [ $a_g/g$ ]
1	> 0,25	0,35
2	0,15-0,25	0,25
3	0,05-0,15	0,15
4	<0,05	0,05

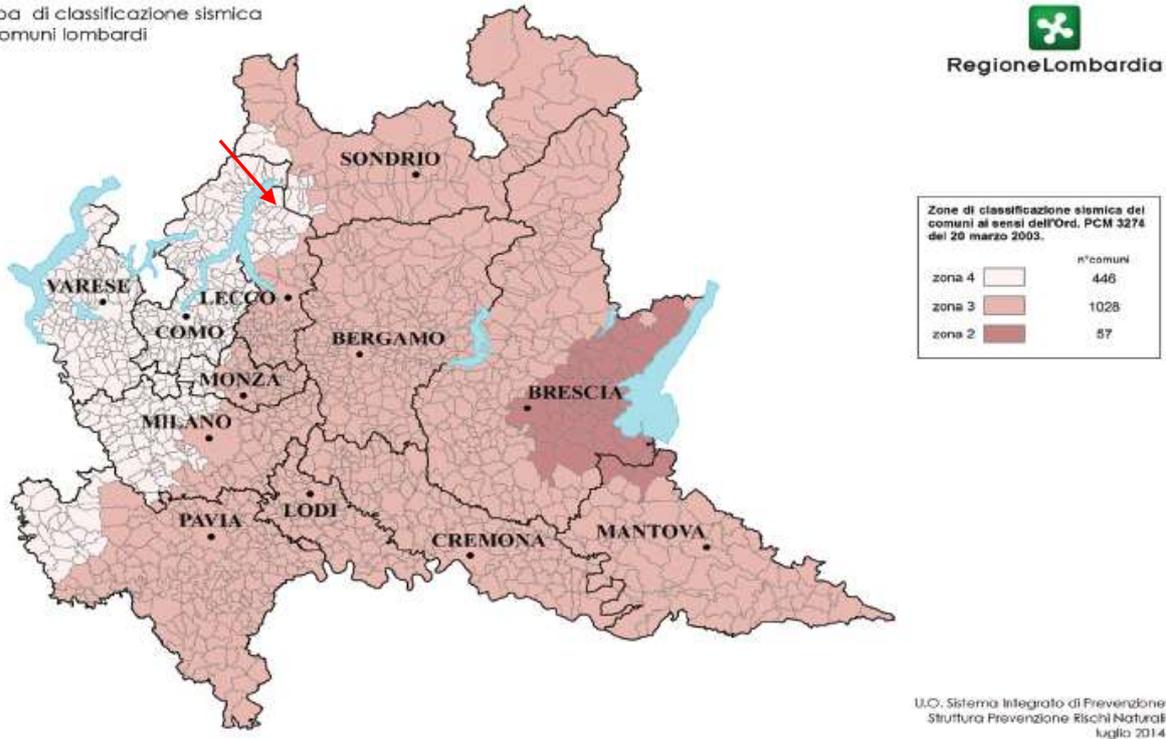
Il 16 aprile 2016 è entrata in vigore la D.G.R. n. X/2129 dell'11 luglio 2014 con la quale Regione Lombardia ha provveduto alla determinazione di un livello di classificazione sismica maggiormente cautelativo rispetto a quello vigente, riclassificando il proprio territorio dal punto di vista sismico coerentemente con la mappa di



pericolosità sismica del territorio nazionale, anche in funzione del riordino delle disposizioni della normativa regionale in materia di vigilanza e controllo sulle costruzioni in zona sismica.

Pertanto, a seguito della nuova classificazione sismica il Comune di Colico (indicato dalla freccia rossa nella figura seguente) è riconfermato in Zona Sismica 4 (sismicità molto bassa), con valore di  $a_g$  pari a 0,038674g. Tale classificazione costituisce la pericolosità sismica di base (previsione deterministica o probabilistica che si possa verificare un evento sismico in una certa area in un determinato intervallo di tempo) che deve essere verificata e approfondita in fase di pianificazione territoriale (come successivamente descritto), quindi in sede di predisposizione dello studio geologico, in base alla d.g.r. 30 novembre 2011 – n. IX/2616.

Mappa di classificazione sismica  
dei comuni lombardi



### **Analisi della sismicità del territorio**

Le generali caratteristiche geologiche del territorio lombardo non sono così “drammatiche” come in altre regioni italiane, tant’è che in generale il livello di pericolosità sismica è basso o molto basso, con la sola eccezione della zona del lago di Garda.

La sismicità maggiore sembra concentrarsi nella fascia prealpina orientale. Un discreto livello di sismicità è presente anche nelle zone dell’Oltrepò, mentre una modesta attività è presente in Alta Valtellina e nel Mantovano. Ulteriori zone sismiche, prossime al territorio regionale, sono individuabili in Emilia, nel Veronese e in Engadina.

Gli epicentri dei terremoti storici per il settore lombardo sono prevalentemente concentrati in una fascia allungata in direzione E-W lungo il margine pedemontano, in corrispondenza dell’asse Bergamo-Brescia-lago di Garda. La parte più meridionale della regione risente della sismicità di origine appenninica, comprensiva dell’area dell’Oltrepò pavese.

### **Sismologia storica e macrosismica**



La storia sismica locale del territorio lecchese è deducibile dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani [CPTI15; Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia] che comprende una finestra temporale di osservazioni macrosismiche e strumentali dall'anno 1000 all'anno 2014.

Dalla consultazione del catalogo dei terremoti italiani (CPTI15) si osserva che la provincia di Lecco non è stata sede di eventi sismici.

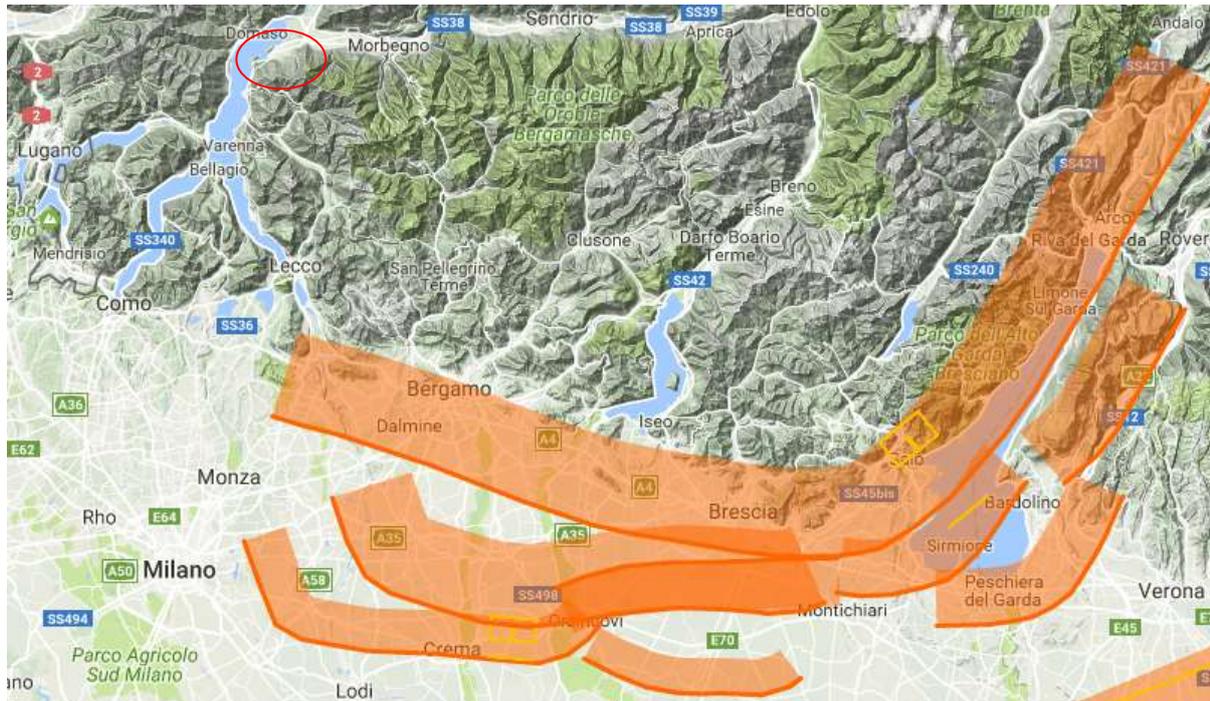
Le località epicentrali per gli eventi che hanno prodotto i maggiori risentimenti (osservazioni macrosismiche) nel Comune di Colico sono però collocate al di fuori del territorio provinciale. Tali informazioni sono state ricavate dalla consultazione del Database Macrosismico Italiano [DBMI15; Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia]. Tale database fornisce un set di dati di intensità macrosismica relativo sia a terremoti italiani che di paesi confinanti (Francia, Svizzera, Austria, Slovenia e Croazia) nella finestra temporale 1000-2014.

Nella figura seguente sono riportati i tre eventi sismici che hanno prodotto, in passato, risentimenti in Comune di Colico.

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	<a href="#">1851</a>	02	05	09	50		Valtellina	30	5	4.72
4	<a href="#">1983</a>	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7	5.04
6	<a href="#">1991</a>	11	20	01	54	1	Grigioni, Vaz	468	6	4.70

### **Sorgenti sismogenetiche**

Dalla consultazione della banca dati delle singole sorgenti sismogenetiche (Database of Individual Seismogenetic Sources, DISS version 3.2.1), redatta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia in considerazione a sorgenti per terremoti con Magnitudo maggiore di 5.5 in Italia e aree circostanti, il territorio di Colico non rientra in alcuna zona sismogenetica (figura sottostante).



### **Pericolosità sismica di base**

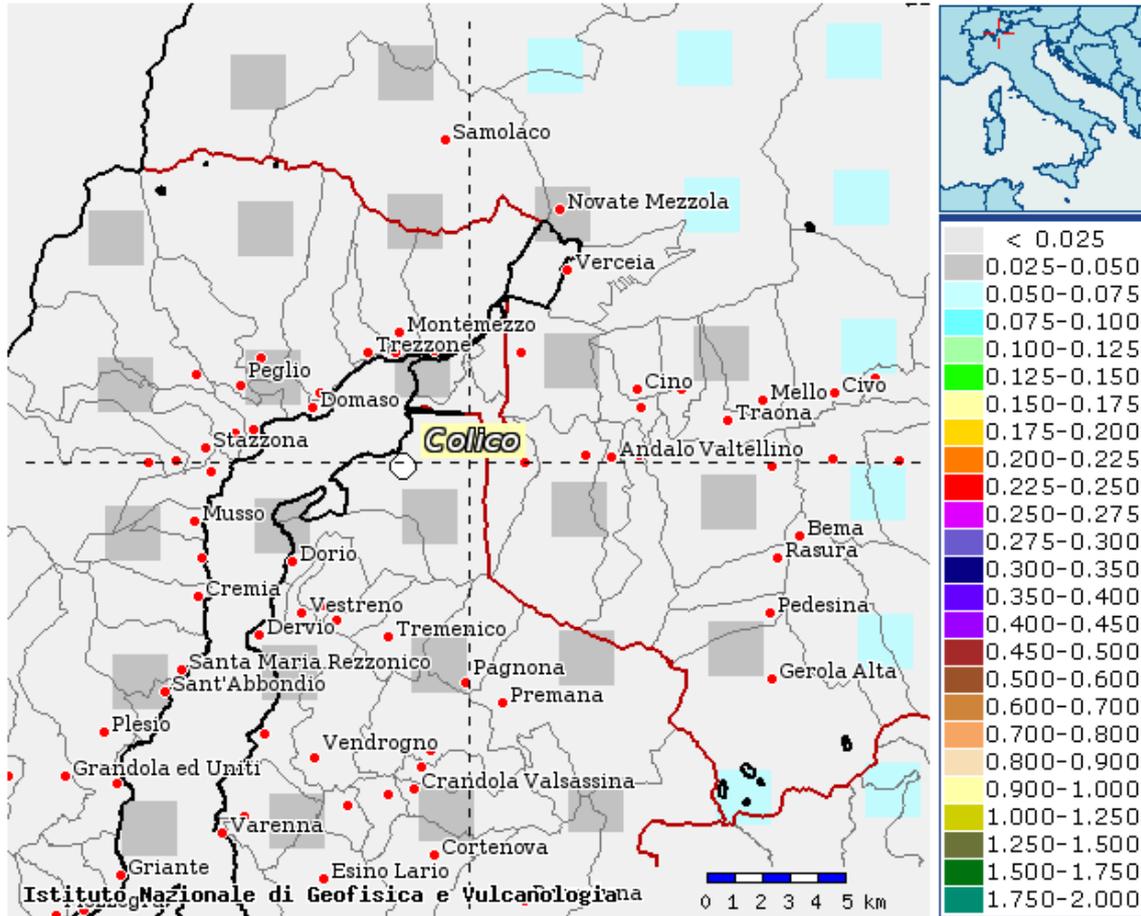
La pericolosità sismica di base è la componente della pericolosità sismica dovuta alle caratteristiche sismologiche dell'area (tipo, dimensioni e profondità delle sorgenti sismiche, energia e frequenza dei terremoti). La pericolosità sismica di base calcola (generalmente in maniera probabilistica), per una certa regione e in un determinato periodo di tempo, i valori dei parametri corrispondenti a prefissate probabilità di eccedenza. Tali parametri (velocità, accelerazione, intensità, ordinate spettrali) descrivono lo scuotimento prodotto dal terremoto in condizioni di suolo rigido e senza irregolarità morfologiche (terremoto di riferimento).

In seguito all'emanazione della O.P.C.M. n. 3274/2003 è stata prodotta, dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, una nuova versione della Mappa della Pericolosità Sismica del territorio nazionale. La mappa riporta il valore dell'accelerazione orizzontale massima "a<sub>g</sub>" che ha la probabilità di essere superato almeno una volta nei prossimi 50 anni; tale valore di probabilità, che corrisponde ad un periodo di ritorno di 475 anni, è assunto come riferimento dalla normativa sismica vigente.

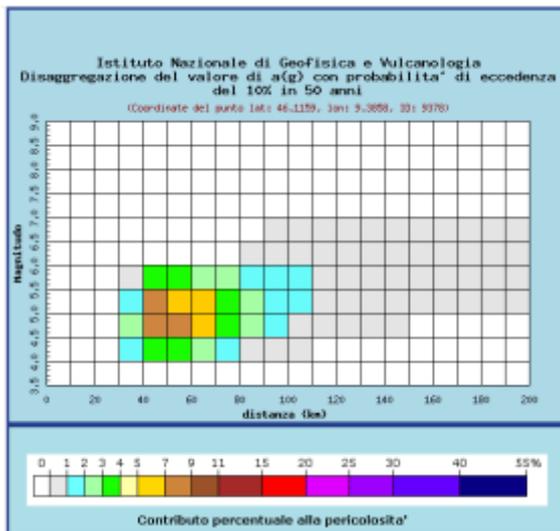
Nella figura seguente si riporta un estratto della mappa di pericolosità sismica relativa alla Regione Lombardia, da cui si ricava che per il territorio di Colico il valore di a<sub>g</sub> atteso risulta compreso tra 0,025g e 0,050g.

Dalla consultazione delle mappe interattive di pericolosità sismica (reperibili sul sito <http://esse1-gis.mi.ingv.it>) è anche possibile ricavare il contributo percentuale delle diverse coppie di dati magnitudo-distanza epicentrale alla pericolosità sismica di base.

Individuato il riquadro corrispondente al valore di a<sub>g</sub> più vicino al Comune di Colico, si ricavano i dati di disaggregazione.



Mapa interattiva di pericolosità sismica per il comune di Colico



Disaggregazione, grafico dei contributi alla pericolosità per intervalli di magnitudo e distanza epicentrale

Distanza in km	Disaggregazione del valore di $a(g)$ con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto IRI: 46.1159, lon: 9.3858, ID: 2378)										
	Magnitudo										
	3,5-4,0	4,0-4,5	4,5-5,0	5,0-5,5	5,5-6,0	6,0-6,5	6,5-7,0	7,0-7,5	7,5-8,0	8,0-8,5	8,5-9,0
0-10	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10-20	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20-30	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
30-40	0,000	1,020	3,400	1,910	0,904	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
40-50	0,000	3,700	8,810	7,130	3,540	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
50-60	0,000	3,260	7,970	6,370	3,400	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
60-70	0,000	2,110	3,730	5,210	2,910	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
70-80	0,000	1,110	3,620	3,760	2,280	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
80-90	0,000	0,462	2,090	2,300	1,670	0,025	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
90-100	0,000	0,127	1,120	1,710	1,410	0,251	0,025	0,000	0,000	0,000	0,000
100-110	0,000	0,010	0,526	1,210	1,270	0,350	0,071	0,000	0,000	0,000	0,000
110-120	0,000	0,000	0,211	0,761	0,916	0,461	0,061	0,000	0,000	0,000	0,000
120-130	0,000	0,000	0,071	0,464	0,628	0,363	0,049	0,000	0,000	0,000	0,000
130-140	0,000	0,000	0,020	0,274	0,456	0,284	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000
140-150	0,000	0,000	0,003	0,157	0,330	0,208	0,039	0,000	0,000	0,000	0,000
150-160	0,000	0,000	0,000	0,083	0,246	0,150	0,022	0,000	0,000	0,000	0,000
160-170	0,000	0,000	0,000	0,040	0,178	0,127	0,021	0,000	0,000	0,000	0,000
170-180	0,000	0,000	0,000	0,021	0,139	0,119	0,022	0,000	0,000	0,000	0,000
180-190	0,000	0,000	0,000	0,009	0,096	0,097	0,019	0,000	0,000	0,000	0,000
190-200	0,000	0,000	0,000	0,004	0,054	0,139	0,031	0,000	0,000	0,000	0,000

Disaggregazione, tabella dei contributi alla pericolosità per intervalli di magnitudo e distanza epicentrale

Per il territorio di Colico si ha che il contributo percentuale medio alla pericolosità sismica si ha per terremoti di magnitudo 5,11 alla distanza di 66,9 km.



### **Pericolosità sismica locale**

Quanto sopra esposto rappresenta la pericolosità sismica di base senza però considerare alcuna modificazione che può subire il moto del suolo causata dal contesto geologico e geomorfologico di un'area, cioè senza modificazioni dovute ad effetti locali.

Va tuttavia fatto osservare come le locali condizioni geologiche e geomorfologiche possano influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base producendo effetti diversi da considerare nella valutazione generale della pericolosità sismica dell'area. Tali effetti vengono distinti in funzione del comportamento dinamico dei terreni e dei materiali coinvolti; pertanto, gli studi finalizzati al riconoscimento delle aree potenzialmente pericolose dal punto di vista sismico sono basati, in primo luogo, sull'identificazione dei possibili effetti locali, distinguibili in due grandi gruppi: quelli di sito o di amplificazione sismica locale e quelli dovuti ad instabilità (o effetti cosismici).

Mentre gli effetti di instabilità interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento instabile o potenzialmente tale nei confronti delle sollecitazioni sismiche (esempio i versanti, le frane quiescenti, ecc.), gli effetti di sito o di amplificazione sismica locale interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento stabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese. Quest'ultimi sono rappresentati dall'insieme di modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico (terremoto di riferimento), relativo ad una formazione rocciosa di base (bedrock), può subire, durante l'attraversamento degli strati di terreno sovrastanti il bedrock, a causa dell'interazione delle onde sismiche con le strutture locali. Gli effetti di sito si distinguono in due gruppi che possono essere contemporaneamente presenti nella stessa area:

- effetti di amplificazione topografica: si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie superficiali più o meno articolate e da irregolarità topografiche in generale; tali condizioni favoriscono la focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta del rilievo a seguito di fenomeni di riflessione sulla superficie libera e di interazione fra il campo d'onda incidente e quello diffratto. Se l'irregolarità topografica è rappresentata da substrato roccioso (bedrock) si verifica un puro effetto di amplificazione topografica, mentre nel caso di rilievi costituiti da materiali non rocciosi, l'effetto amplificatorio è la risultante dell'interazione (difficilmente separabile) tra l'effetto topografico e quello litologico di seguito descritto;
- effetti di amplificazione litologica: si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie sepolte (bacini sedimentari, chiusure laterali, corpi lenticolari, eteropie ed interdigitazioni, gradini di faglia ecc.) e da particolari profili stratigrafici costituiti da litologie con determinate proprietà meccaniche. Tali condizioni possono generare esaltazione locale delle azioni sismiche trasmesse dal terreno, fenomeni di risonanza fra onda sismica incidente e modi di vibrare del terreno e fenomeni di doppia risonanza fra periodo fondamentale del moto sismico incidente e modi di vibrare del terreno e della sovrastruttura.

In Regione Lombardia la metodologia per l'approfondimento e la valutazione dell'amplificazione sismica locale è riportata in Allegato 5 alla D.G.R. 30 novembre 2011 – n. IX/2616 "Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nei P.G.T.". La metodologia prevede tre livelli di approfondimento con grado di dettaglio crescente, da applicarsi in funzione della zonazione sismica di appartenenza e degli scenari di pericolosità sismica locale. Solo i primi due livelli sono obbligatori in fase di pianificazione; il terzo livello di approfondimento è obbligatorio in fase di progettazione



sia quando con il secondo livello si dimostra l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale sia per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di amplificazione morfologica e/o litologica sia per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazioni.

I livelli di approfondimento sono di seguito sinteticamente definiti:

**I livello:** riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base sia di osservazioni geologiche (cartografia di inquadramento) sia di dati esistenti. Questo livello è obbligatorio per tutti i comuni e prevede la redazione della Carta della pericolosità sismica locale, nella quale sono riportate le diverse situazioni tipo (Tabella 1 dell'Allegato 5 alla D.G.R. 30 novembre 2011 – n. IX/2616) in grado di determinare gli effetti sismici locali.

**II livello:** caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi negli scenari perimetrati nella carta di Pericolosità Sismica Locale, che fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (Fa). Questo livello è obbligatorio, per i comuni ricadenti nelle zone sismiche 2 e 3, negli scenari PSL, individuati attraverso il I livello, suscettibili di amplificazioni sismiche morfologiche e litologiche (Z3 e Z4 Tabella 1 dell'Allegato 5 alla D.G.R. 30 novembre 2011 – n. IX/2616) interferenti con l'urbanizzato e/o con le aree di espansione urbanistica.

Per i comuni ricadenti in zona sismica 4 tale livello deve essere applicato, negli scenari PSL Z3 e Z4, nel caso di costruzione di nuovi edifici strategici e rilevanti di cui al D.D.U.O n. 19904 del 21 novembre 2003, ferma restando la facoltà dei comuni di estenderlo anche alle altre categorie di edifici.

Per le aree a pericolosità sismica locale caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazioni (Z1 e Z2 Tabella 1 dell'Allegato 5 alla D.G.R. 30 novembre 2011 – n. IX/2616) non è prevista l'applicazione del II livello di approfondimento, ma il passaggio diretto a quello di III livello.

**III livello:** definisce gli effetti di amplificazione tramite indagini e analisi più approfondite.

## 2.1 PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE: ANALISI DI I LIVELLO

L'analisi consiste in un approccio di tipo qualitativo e costituisce lo studio propedeutico ai successivi livelli di approfondimento; si tratta di un metodo empirico che trova le basi nella continua e sistematica osservazione diretta degli effetti prodotti dai terremoti.

Il metodo permette l'individuazione delle zone ove i diversi effetti prodotti dall'azione sismica sono, con buona attendibilità, prevedibili, sulla base di osservazioni geologiche e sulla raccolta dei dati disponibili per una determinata area, quali la cartografia topografica di dettaglio, la cartografia geologica e dei dissesti e i risultati di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche già svolte. La suddivisione in zone è avvenuta seguendo una suddivisione in situazioni tipo denominate **scenario di pericolosità sismica locale**, (Allegato 5 alla d.g.r. 30 novembre 2011 – n. IX/2616), riportate nella tabella successiva.



<i>Sigla</i>	<i>SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE</i>	<i>EFFETTI</i>
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2a	Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc)	Cedimenti
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	Liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Di seguito si riportano i contenuti di tale analisi, riprendendo quanto descritto nello studio geologico precedente del 2011.

Per quanto riguarda il territorio comunale di Colico gli effetti presi in considerazione e riportati nella tavola T.05 sono:

- Effetti di instabilità (Z1a, Z1b e Z1c)
- Effetti di cedimenti e/o liquefazioni (Z2)
- Effetti di amplificazione topografica (Z3a)
- Effetti di amplificazione litologica e geometrica (Z4a, Z4b, Z4c e Z4d)
- Effetti di comportamenti differenziali (Z5).



### 3 FASE DI SINTESI

La fase di sintesi e valutazione è definita, da un lato, tramite l'individuazione delle limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative in vigore di contenuto prettamente geologico (vincoli) e dall'altro dalla zonazione del territorio in funzione dello stato di pericolosità geologico-geotecnica e della vulnerabilità idraulica e idrogeologica (sintesi).

#### 3.1 QUADRO DEI VINCOLI NORMATIVI PRESENTI SUL TERRITORIO

Nella cartografia dei vincoli (Tavola 6) si individuano, per tutto il territorio comunale, quelle aree soggette a limitazioni d'uso derivanti da normative e piani sovraordinati di contenuto prettamente geologico.

In base ai criteri attuativi della Componente geologica, idrogeologica e sismica di supporto al Piano di Governo del Territorio contenuti nella d.g.r. 30 novembre 2011 n. IX/2616, i principali elementi di vincolo sovraordinati alla pianificazione urbanistica locale da riportare sulla cartografia di riferimento sono:

- vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino ai sensi della l. 183/89;
- vincoli di polizia idraulica;
- aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile;
- geosito di cui all'elenco riportato all'Allegato 14 della d.g.r. IX/2616/2011.

Di seguito vengono elencati i vincoli di natura geologica insistenti sul territorio comunale,

#### **Vincoli derivati dalla Pianificazione di Bacino**

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del fiume Po (P.A.I.), approvato con d.p.c.m. del 24 maggio 2001, attraverso le sue disposizioni "persegue l'obiettivo di garantire al territorio del bacino del fiume Po un livello di sicurezza adeguato rispetto ai fenomeni di dissesto idraulico e idrogeologico, attraverso il ripristino degli equilibri idrogeologici e ambientali, il recupero degli ambiti fluviali e del sistema delle acque, la programmazione degli usi del suolo ai fini della difesa, della stabilizzazione e del consolidamento dei terreni, il recupero delle aree fluviali, con particolare attenzione a quelle degradate, anche attraverso usi ricreativi".

Esso "ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo, tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti l'assetto idraulico e idrogeologico del bacino idrografico".

In base a questa considerazione ed alle modalità indicate nella Parte 2 dei Criteri di cui alla d.g.r. 30 novembre 2011 – n. IX/2616 (Raccordo con gli strumenti di pianificazione sovraordinata) sono stati riportati i vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino. Nello specifico in particolare nel territorio di Colico sono presenti:

#### **Frane**

##### **Fa, aree interessate da frane attive**

In questa categoria sono inserite alcune aree di versante soggette a fenomeni complessi (crolli di massi, scivolamenti in roccia e in detrito).

##### **Fq, aree interessate da frane quiescenti**

Sono state comprese in tale categoria la maggior parte delle aree di versante soggette a fenomeni complessi e una frana da scivolamento.

#### **Trasporto di massa sui conoidi**

##### **Ca, aree di conoidi attivi o potenzialmente attivi non protette da opere di difesa e di sistemazione a monte**



(pericolosità molto elevata).

**Cn, aree di conoidi non recentemente riattivatisi o completamente protette da opere di difesa (pericolosità media o moderata).**

Si tratta dell'intera conoide di Colico. Questa presenta una bassa pericolosità di essere interessati da fenomeni di dissesto.

### **Piano di gestione rischio alluvioni**

Le mappe di pericolosità (e rischio) contenute nel PGRA rappresentano un aggiornamento e integrazione del quadro conoscitivo rappresentato negli Elaborati del PAI relativi a pericolosità e rischio di alluvioni.

#### **Ambito territoriale: Reticolo Principale di Pianura e Fondovalle (RP)**

Per il comune di Colico le mappe del PGRA identificano le aree allagabili dell'Adda già interessate dalla delimitazione delle fasce fluviali PAI.

In particolare, sono delimitati i seguenti scenari di pericolosità:

- Aree P3/H, aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti;
- Aree P2/M, aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti;
- Aree P1/L, aree potenzialmente interessate da alluvioni rare.

#### **Ambito territoriale: Reticolo Secondario Collinare e Montano (RSCM)**

Per tale ambito le mappe del PGRA identificano aree allagabili corrispondenti alle aree già vigenti e classificate come Ee, Eb, Em, Ca, Cp, Cn. In territorio di Colico, sono presenti:

- Aree P3/H, aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti, coincidenti a Ca;
- Aree P1/L, aree potenzialmente interessate da alluvioni rare, coincidenti a Cn.

#### **Ambito territoriale: Aree Costiere Lacuali (ACL)**

Nel comune di Colico insistono, trovandosi affacciato sul lago di Como, aree di potenziale esondazione lacuale, in particolare:

- P3/H, aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti; livello lacuale corrispondente a +2,41 m rispetto alla quota dell'idrometro di Malgrate, pari a 199.77 m s.l.m. (Tempo di Ritorno 15 anni);
- P2/M, aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti; livello lacuale corrispondente a +3,09 m rispetto alla quota dell'idrometro di Malgrate, pari a 200.46 m s.l.m. (Tempo di Ritorno 100 anni).
- P1/L, aree potenzialmente interessate da alluvioni rare; livello lacuale corrispondente a +3,97 m rispetto alla quota dell'idrometro di Malgrate, pari a 201.34 m s.l.m. (massimo storico registrato).

Le aree costiere lacuali, nel presente aggiornamento, sono state mantenute tali così come riportate nelle mappe di pericolosità del PGRA (aggiornamento 2019), apportando solo locali adeguamenti alla base topografica in riferimento alla rappresentazione della linea di riva.



### **Vincoli di Polizia Idraulica**

Sono riportate le fasce di rispetto dei corsi d'acqua comunali, ai sensi della normativa vigente (R.D. 523/1904 e seguenti), nonché da quanto indicato dalla D.G.R. 7/13950 del 01.08.2003 e dalla D.d.g. 3 agosto 2007 – “Linee guida di polizia idraulica”, così come perimetrata nell'apposito studio effettuato dal Dott. Geol. Cristian Adamoli, Giugno 2004. Sono state individuate:

- Fascia 1 di rispetto e relative norme di estensione variabile da 4 m a 10 m, con vincolo assoluto di non edificabilità, trasformazione e cambio d'uso territoriale, fatto salvo per gli interventi individuati nel successivo art. 13 e art. 18.
- Fascia 2 di rispetto e relative norme con estensione di 6 m, a partire dal limite esterno della fascia 1, ambito soggetto ad autorizzazione comunale, con obbligo di autorizzazione per gli interventi di edificazione, trasformazione e cambio d'uso territoriale

### **Salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile**

L'approvvigionamento idrico potabile di Colico, è attualmente garantita in parte dal gruppo di sorgenti e pozzi Bait site nella porzione montana del Torrente Inganna.

Quindi, relativamente al detto sistema di emungimento ad uso potabile, così come identificato nella Tavola 6 Carta dei Vincoli, sono definite due fasce di salvaguardia ai sensi della d.g.r. 27 giugno 1996 n. 6/15137, quali:

Zona di tutela assoluta: costituita, sia per i pozzi sia per le sorgenti, dall'area immediatamente circostante le captazioni; ha un'estensione pari a 10 metri di raggio dal punto di captazione. Deve essere adeguatamente protetta e deve essere adibita esclusivamente a opere di captazione o presa e ad infrastrutture di servizio.

Zona di rispetto:

- Per i pozzi è definita con criterio geometrico e ha estensione pari a 200 metri di raggio intorno alla captazione. Essendo i pozzi comunali poco distanti tra loro, la zona di rispetto è il risultato dell'involuppo delle zone di rispetto dei singoli pozzi.
- Per le sorgenti è definita con criterio geometrico ed è costituita da una porzione di raggio pari a 200 metri con centro nel punto di captazione; si estende idrogeologicamente a monte dell'opera di presa ed è delimitata verso valle dall'isoipsa passante per la captazione. Anche in questo caso, essendo le sorgenti prossime l'una all'altra, la zona di rispetto è il risultato dell'involuppo delle zone di rispetto dei singoli pozzi.

### **Geosito**

All'interno del territorio comunale è presente il geosito di Piona – Olgasca – zona di interesse petrografico.



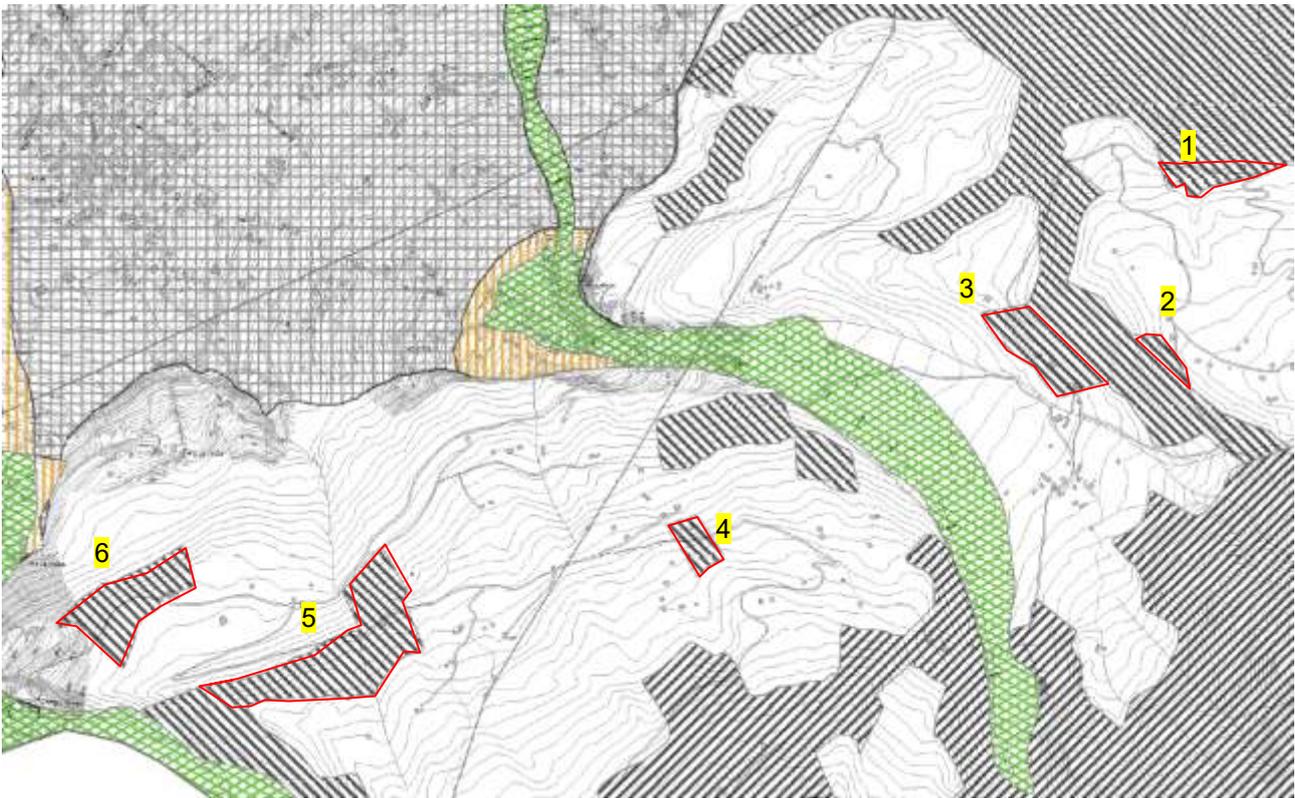
## 2 STUDIO DI DETTAGLIO DI ALCUNE FRANE QUIESCENTI

Su disposizione dell'Amministrazione Comunale è stato eseguito uno studio di dettaglio circa la stabilità di geomorfologica di alcune porzioni di versante ricadenti all'interno degli ambiti territoriali classificati dal Piano di Assetto Idrogeologico come aree di frana quiescente "fq".

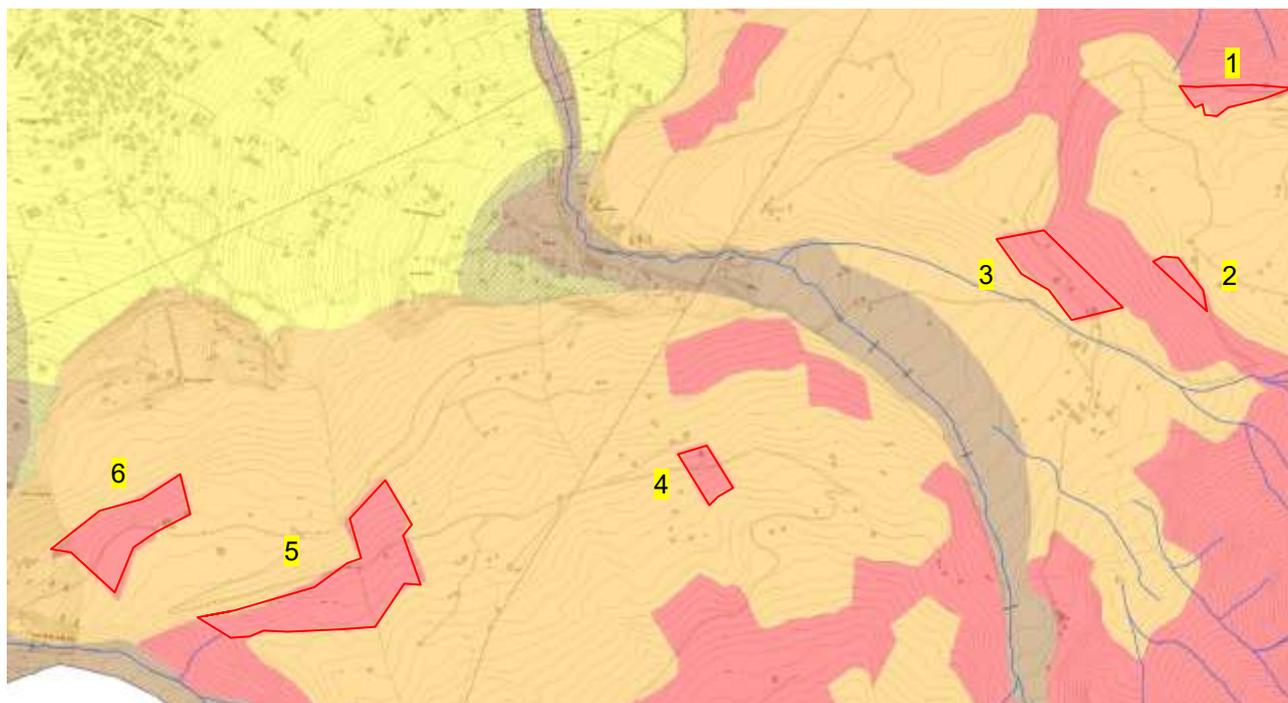
Tali ambiti sono localizzati nella porzione montana del territorio comunale, precisamente nelle località San Rocco, Monte Menu e lungo alcune zone di versante presenti in prossimità della strada di collegamento tra la loc. Fontanedo e Monti Rusico.

Le aree analizzate sono indicate nell'estratto della "Carta del dissesto con legenda uniformata PAI" vigente, qui riportata. I singoli ambiti oggetto di approfondimento sono identificati da un codice numerico progressivo. Gli ambiti ricadono attualmente nella classe 4 della fattibilità geologica, ovvero "fattibilità con gravi limitazioni".

L'approfondimento condotto ha scopo di proporre una migliore definizione cartografica del perimetro della classe di fattibilità geologica 4 senza arrecare modifiche ai poligoni delle aree classificate dal PAI.



Carta del dissesto con legenda uniformata PAI – aggiornamento 2011.



**Carta della fattibilità geologica – aggiornamento 2011.**

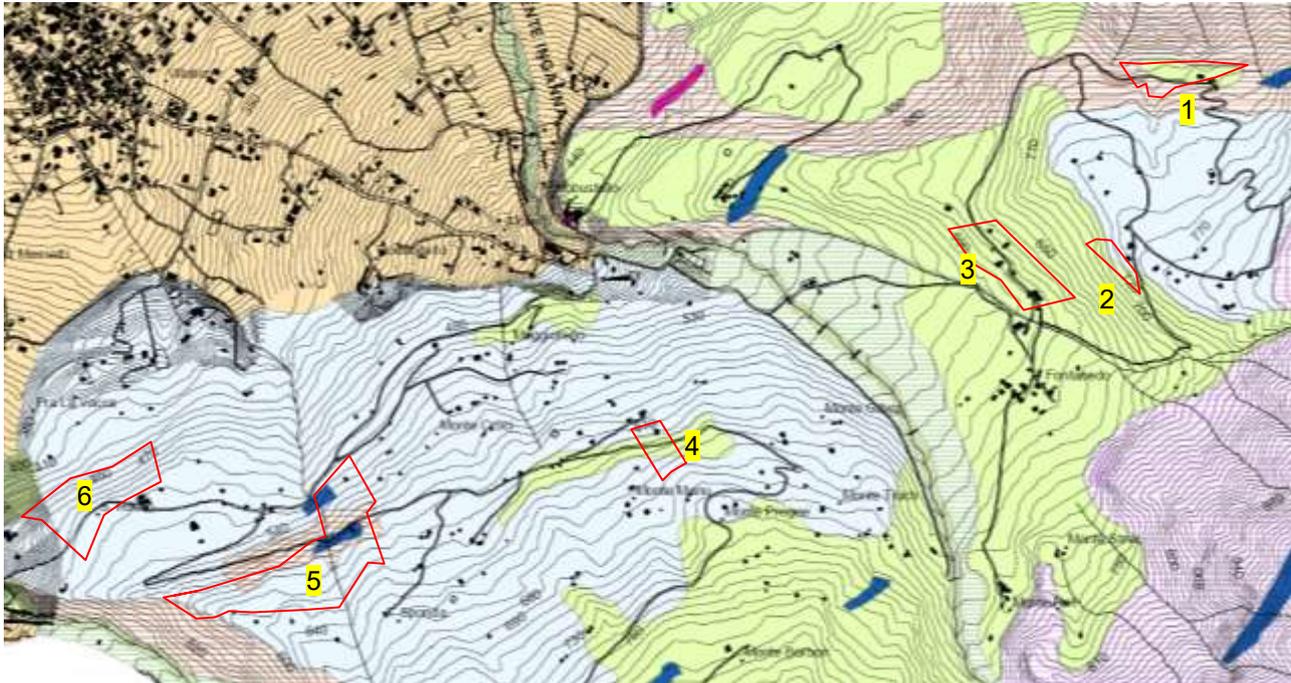
Con riferimento alla tabella 2 di cui alla D.G.R. IX 2616/2011, le aree di frana quiescente possono essere classificate in classe 3 o in 4. In questo caso al fine di riclassificare la classe di fattibilità di parte o interamente ogni singolo ambito, sono stati eseguiti dallo scrivente diversi rilievi geologici in sito e verifiche di stabilità di versante, ai sensi delle Norme Tecniche, allo scopo di valutarne l'effettiva condizione geomorfologica.

*Tabella 2: Correlazione tra classi di Pericolosità, classi di Fattibilità geologica per le azioni di piano e voci della legenda PAI.*

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 <sup>1</sup> Cn – conoide protetta...
H4 – H5 su conoide	Classe 4 – gravi limitazioni	Ca – conoide attiva non protetta
H1 per crolli, crolli in massa e scivolamenti	Classe 2/3 – modeste o consistenti limitazioni	Fs – frana stabilizzata
H2 per crolli e crolli in massa H2-H3 per scivolamenti	Classe 4/3 – gravi o consistenti limitazioni	Fq – frana quiescente <sup>2</sup>
H3-H5 per crolli e crolli in massa H4-H5 per scivolamenti	Classe 4 – gravi limitazioni	Fa – frana attiva
H1-H2 per esondazione	Classe 2/3 – modeste o consistenti limitazioni	Em – pericolosità media o moderata di esondazione
H3 per esondazione	Classe 3 – consistenti limitazioni (con norma più restrittiva art. 9 comma 6)	Eb – pericolosità elevata di esondazione
H4 per esondazione	Classe 4 – gravi limitazioni	Ee – pericolosità molto elevata
Zona rossa	Classe 4 – gravi limitazioni	Ve, Vm – pericolosità molto elevata o media per valanga
Zona blu	Classe 3 – consistenti limitazioni	Nessuna corrispondenza con legenda PAI ma norme di cui all'Allegato 3
Zona gialla, Zona bianca	Classe 2 – modeste limitazioni	Nessuna corrispondenza con legenda PAI ma norme di cui all'Allegato 3



Da un punto di vista geologico i sei ambiti oggetto di analisi insistono su depositi terrigeni superficiali di varia natura. Nello specifico gli ambiti n.1, n.2, n.3 e n.4 ricadono lungo dei versanti il cui substrato lapideo appare mantellato da una sottile coltre di depositi eluviali. I restanti ambiti, invece, si sviluppano lungo pendii ricoperti da un'estesa coltre di depositi glaciali.



Depositi superficiali	Substrato
Alluvionale e/o lacustre	Micascisto a clorite e gneiss a clorite e albite
Alluvione antica	Affiorante in modo discontinuo
Alluvione attuale	Micascisto a sillimanite e biotite
Conoide	Affiorante in modo discontinuo
Detritico	Milonite
Eluviale	Affiorante in modo discontinuo
Glaciale	Gneiss feldspatico
	Affiorante in modo discontinuo
Filoni	Micascisto a staurolite e granato
Anfibolite	Affiorante in modo discontinuo
Marmo	Ortogneiss
Micascisto granatifero	Affiorante in modo discontinuo
Pegmatite	
Quarzite	

#### Carta geologica.

L'ambito n. 1 corrisponde ad una zona vegetata compresa tra quota 670 – 700 m s.l.m. in prossimità dei casali al primo tornante della pista da Fontanedo a Rusico. L'intero pendio è ricoperto da depositi superficiali e non affiora il substrato lapideo. A monte della strada il bosco si sviluppa su un pendio intorno ai 25° che digrada avvicinandosi alla pista. A valle della strada la pendenza aumenta oltre i 45°. Il versante è solcato da alcuni canali di erosione, poco pronunciati, formati dallo scorrimento di acque meteoriche a definire stretti impluvi, più incisi a valle della strada conseguentemente all'aumento di pendenza. In tutto l'ambito non sono stati osservati elementi geomorfologici relativi a processi di creep e scivolamento superficiale attivo o recente.



**Alcune viste dello stato di fatto.**

L'ambito n.2 è collocato in una faggeta, presso la località Rusico, subito a valle del sentiero che la raggiunge da Fontanedo a quote comprese tra 720 – 750 m s.l.m. La zona comprende una porzione di versante a valle delle prime cascate coperta da bosco fitto non mantenuto caratterizzata da un'elevata pendenza ( $>50^\circ$ ). Il substrato lapideo è generalmente subaffiorante o coperto da un esiguo strato di detrito eluviale. Si osservano canali di scorrimento delle acque meteoriche incisi a valle del sentiero con erosione delle sponde attiva e localmente lungo il pendio a monte del sentiero modesti scivolamenti ed erosione della copertura detritica superficiale.



**Alcune viste dello stato di fatto.**

L'ambito n.3 comprende l'area boscata circostante gli edificati presso l'inizio della pista da Fontanedo a Rusico tra quota 590 – e 660 m s.l.m per un tratto di circa 250 m lungo la strada. A monte della pista si trova una faggeta lungo versante con pendenza circa  $30^\circ$  terrazzato a muretti a secco, alcuni parzialmente crollati per naturale deterioramento. Il versante non presenta elementi geomorfologici attribuibili a scivolamenti o processi gravitativi in atto ed è mantellato in modo continuo da deposito eluviale. I terrazzamenti e la fitta copertura boschiva stabilizzano la copertura detritica superficiale. La faggeta si estende a valle della strada, interrotta da aree a prato sub pianeggianti in prossimità degli edificati.



**Alcune viste dello stato di fatto.**

La zona afferente l'ambito n.4 comprende una parte di pendio boscato in prossimità della località Monte Menu a quote tra 600 – 660 m s.l.m. Tutto l'ambito a monte della strada è rappresentato da una faggeta poco pendente con locali spiazzi sub pianeggianti sviluppata su un accumulo detritico a grossi blocchi con volumi anche maggiori di 10 mc. Il detrito è costituito da massi monolitologici gneissici, non presenta evidenze di riattivamento recente ed è stabilizzato superficialmente dal bosco. Il corpo detritico continua a valle della strada dove il versante aumenta di pendenza intorno ai 30° e si osservano locali rotture del manto erboso con denudamento del substrato lapideo.



**Alcune viste dello stato di fatto.**

L'ambito n.5 si estende dopo la deviazione da S. Rocco a Monte Menu a monte del primo tornante della strada per circa 500 m lineari a quote comprese tra 550 e 600 m s.l.m., si estende inoltre a valle della strada fino a quota 500 m slm in destra idrografica del primo impluvio cartografato. A partire dal limite est della zona muovendosi verso ovest a monte strada si trova un bosco di faggi sviluppato su un versante poco pendente mantellato da copertura detritica incisa da canali per scorrimento di acque superficiali che formano piccoli impluvi. Oltre l'impluvio cartografato verso la zona di crinale aumenta la pendenza dell'ambito oltre i 30° ed inizia un ambito boscato a pineta. Globalmente lungo il versante non si rilevano elementi di dissesto rilevanti. In fregio alla strada ove localmente si osserva erosione dell'eluvio e denudamento del substrato poco pendente. Il tratto a valle della strada è caratterizzato da una pendenza maggiore e bosco più fitto ancora senza evidenze geomorfologiche di dissesti attivi o recenti, si rilevano anche in questa zona a partire dalla strada a monte alcuni canali di erosione per dilavamento di acque superficiali.



**Alcune viste dello stato di fatto.**

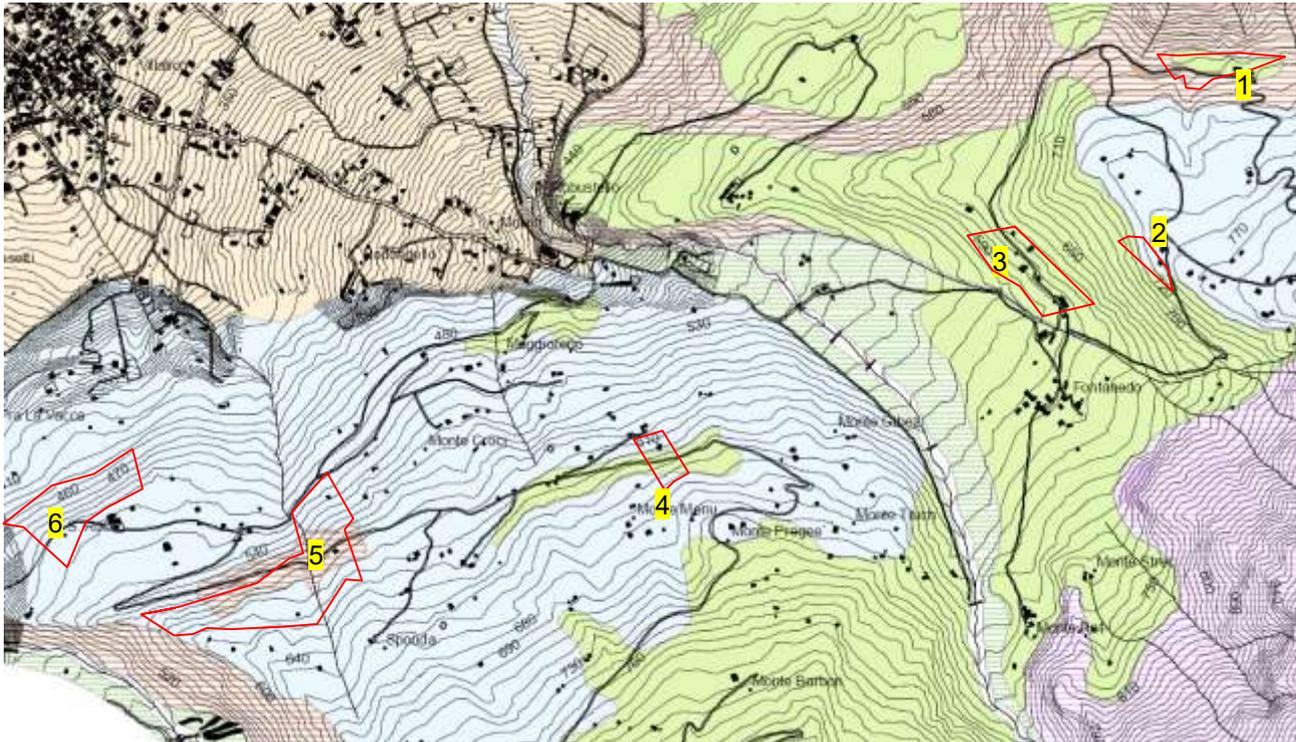
La zona afferente all'ambito n.6 si estende a est e a valle della chiesetta di San Rocco a quote comprese tra 460 – 500 m s.l.m.

L'ambito si sviluppa su un ripiano morfologico di origine verosimilmente glaciale mantellato da depositi glaciali – eluviali. Si trova una faggeta mista sul versante subpianeggiante che si apre in una radura a prato a monte del sentiero, a valle della radura il bosco copre un deposito detritico a blocchi monolitologici gneissici anche massicci stabilizzato dalla vegetazione, a valle del sentiero e della chiesa la pendenza aumenta a  $>30^\circ$  con bosco più fitto. Non si osservano nell'area caratteri geomorfologici attribuibili a dissesti in atto o recenti.



**Alcune viste dello stato di fatto.**

Per quel che concerne le caratteristiche geotecniche dei terreni in esame si è fatto riferimento alla tavola n.4 “Carta degli elementi geologico-tecnici”, nella quali sono indicati i parametri geotecnici medi. Questi parametri, uniti alle osservazioni dirette in sito, sono stati utilizzati per le verifiche di stabilità di versante.



<p> Sedimenti distali di conoide e/o lacustri Angolo d'attrito medio 26° Peso di volume saturo 1.8 t/mc</p>	<p> Sedimenti alluvionali antichi Angolo d'attrito medio 36° Peso di volume saturo 2.0 t/mc</p>	<p> Deposito di natura eluviale Angolo d'attrito medio 28° Peso di volume saturo 1.9 t/mc</p>
<p> Sedimenti alluvionali di conoide Angolo d'attrito medio 36° Peso di volume saturo 2.1 t/mc</p>	<p> Deposito detritico Angolo d'attrito medio 35° Peso di volume saturo 1.9 t/mc</p>	<p> Deposito di natura glaciale Angolo d'attrito medio 32° Peso di volume saturo 2.0 t/mc</p>

Carta degli elementi geologico-tecnici.

## 2.1 ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ AI SENSI DELLA DGR 2616/2011 - CAP. 2.2.2

Questa procedura viene applicata agli scivolamenti in terreno che possono evolvere in colate. Si tratta di fenomeni diffusi su ampie aree e generalmente di piccola volumetria (fino a 1000 m<sup>3</sup>), che interessano la parte superiore dei depositi superficiali (in generale fino a un massimo di 2 m di spessore).

Per valutare la probabilità di innesco, si devono individuare le aree coperte dai depositi superficiali che possono essere rimobilizzate in caso di forti piogge. Una volta individuate, queste aree devono essere suddivise in zone a pendenza e caratteristiche di resistenza al taglio (valutata in base alla litofacies omogenee).

Le classi di pendenza individuate sono le seguenti:

- <20°
- 20°-30°
- >30°

La sovrapposizione dei due tipi di aree sopra definite fornirà una serie di aree omogenee ciascuna caratterizzata da classi di valori di pendenza, angolo d'attrito e coesione. Questi valori vengono utilizzati per ricavare speditivamente il fattore di sicurezza (Fs) usando il metodo del **pendio indefinito**.

Le verifiche sono state condotte in assenza della sollecitazione sismica e con presenza di "falda idrica" a circa 50 cm di profondità dal p.c..



A questo punto è possibile procedere alla valutazione preliminare della pericolosità, che è funzione del fattore di sicurezza ricavato:

$F_s = 1.40 - 2.00$  - pericolosità preliminare = H2

$F_s = 1.20 - 1.40$  - pericolosità preliminare = H3

$F_s = 1.00 - 1.20$  - pericolosità preliminare = H4

Le litofacies individuate sono elencate nella seguente tabella. I parametri geotecnici sono stati inoltre fattorizzati alle NTC.

Materiale	$\gamma_d$ [t/m <sup>3</sup> ]	$C_u$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$C_u$ progetto [kN/m <sup>2</sup> ]	Angolo di attrito $\Phi$ [°]	Angolo di attrito di progetto $\Phi$ [°]
Deposito eluviale	1,9	10	8	28	23
Deposito glaciale	2.0	12.5	10	32	27
Substrato	2.5	200	30	45	32

La definizione della pericolosità preliminare è stata fatta interpolando per ogni area omogenea la litofacies e la classe di pendenza.

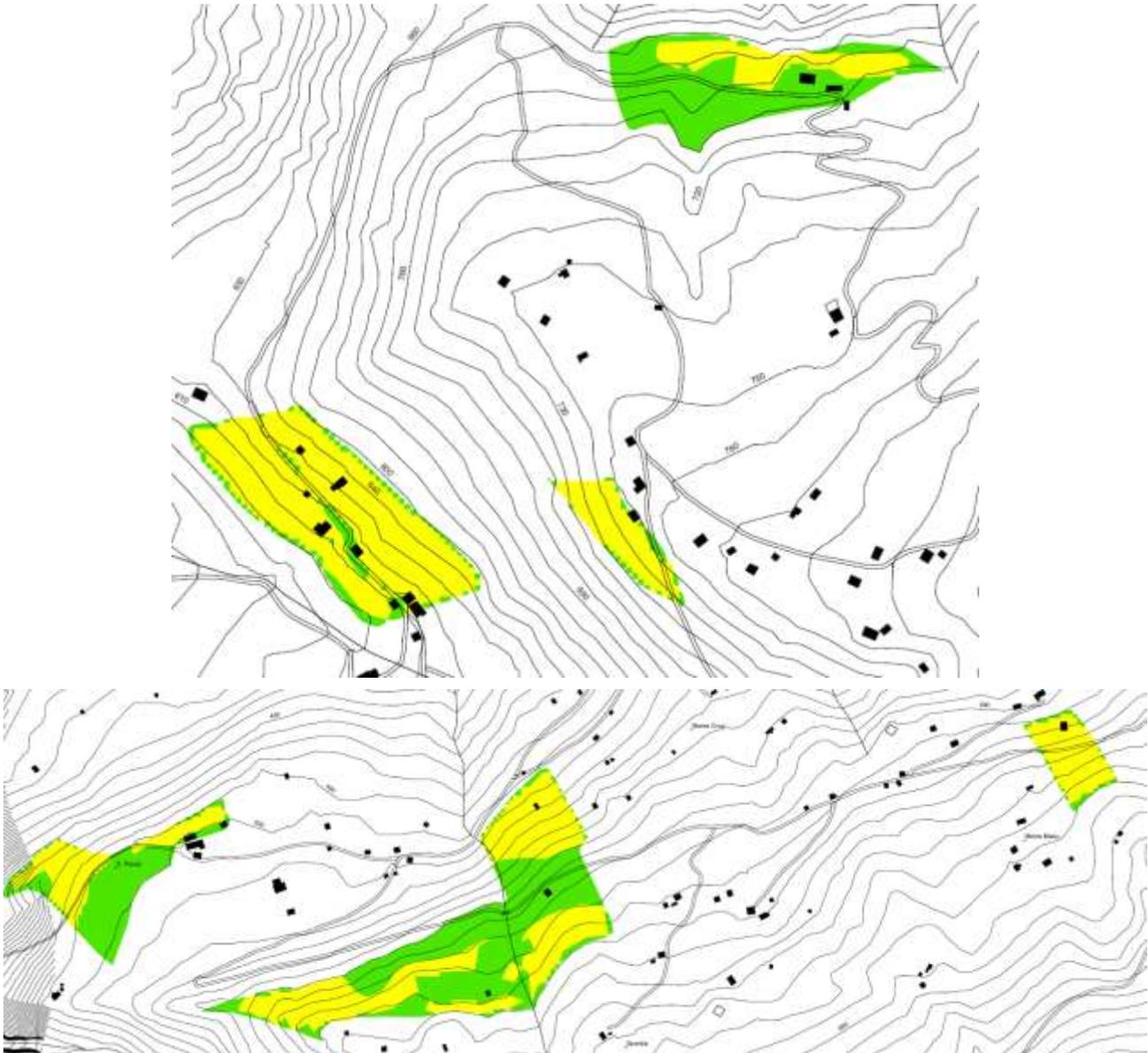
#### **DEPOSITO GLACIALE**

Pendenza (°)	Fattore di sicurezza (pendio indefinito)	Range fattore di sicurezza da normativa	Pericolosità preliminare
<20°	2.25	>2.00	H1 
20°-30°	1.82	1.40 - 2.00	H2 
>30°	1.42	1.40 - 2.00	H2 

#### **DEPOSITO ELUVIALE**

Pendenza (°)	Fattore di sicurezza (pendio indefinito)	Range fattore di sicurezza da normativa	Pericolosità preliminare
<20°	1.84	1.40 - 2.00	H2 
20°-30°	1.75	1.40 - 2.00	H2 
>30°	1.48	1.40 - 2.00	H2 

Le zone di versante ove prevale il substrato roccioso da affiorante a subaffiorante è stata comunque assegnata una classe di pericolosità H1.



Mappe relative alla pericolosità preliminare (non in scala).

Per valutare la pericolosità finale dell'area vanno presi in considerazione altri due parametri: possibili concentrazioni d'acqua e tipologia della vegetazione.

Per quanto riguarda le concentrazioni di acqua andrà verificata la presenza di:

- condizioni morfologiche sfavorevoli (es. piccoli impluvi, vallecole, ecc.) tenendo anche conto, ove possibile, della morfologia sepolta (forma del substrato roccioso, paleovalvei, ecc.)
- livelli argillosi o variazioni di permeabilità nel terreno;
- interventi antropici (muretti a secco, canalette, tornanti stradali, fossi, scarichi, etc.)

Per quanto riguarda la tipologia della vegetazione, la norma prevede la diversificazione della stessa in funzione della profondità degli apparati radicali della vegetazione d'alto fusto.

La Dgr 2616/2011 prevede che nel caso in cui siano presenti uno o più fattori di concentrazione delle acque, il valore della pericolosità preliminare viene aumentato di 1. Solo nel caso in cui si ritenga che la profondità



dell'apparato radicale della vegetazione presente sia superiore a quella delle potenziali superfici di scivolamento, è possibile diminuire di 1 il valore della pericolosità preliminare.

In questo caso considerato che tutte le aree esaminate sono solcati da valleciole più o meno marcate, la classe di pericolosità preliminare è stata aumentata di un punto.

Per quanto riguarda l'aspetto vegetazione, considerato che è estremamente difficile una discretizzazione precisa delle classi vegetazionali e della relativa estensione in profondità degli apparati radicali sui pendii in esame, non sono state apportate modifiche ai punteggi raggiunti.

Si rammenta che da un punto di vista meccanico la vegetazione può agire in diversi modi sui processi di dissesto. Innanzitutto, può avere un'azione di rinforzo meccanico legato alla mobilitazione della resistenza a trazione delle radici per mezzo dell'attrito che si genera tra suolo e radici stesse.

Nel caso di vegetazione arborea le piante, ancorandosi al substrato attraverso l'apparato radicale, possono generare un effetto contrafforte in grado di scaricare parte delle tensioni del terreno e al tempo stesso offrire un supporto alla parte del versante che grava direttamente su di esse. In altri casi la vegetazione arborea può costituire sovraccarico in grado di destabilizzare i versanti, effetto rilevante nel caso di boschi d'alto fusto. Esistono inoltre dimostrazioni in bibliografia che in particolari condizioni, quali bassa coesione e pendenza moderata, il sovraccarico abbia invece un effetto stabilizzante.

Controverse sono invece le opinioni sull'effetto leva del vento che agendo sulla chioma può trasferire, mediante il fusto, tensioni al terreno. Tale effetto è ritenuto stabilizzante in relazione alla direzione del vento ed all'inclinazione del versante, di contro nel caso di versanti rocciosi le radici possono creare delle fessurazioni e ridurre quindi la resistenza del substrato lapideo.

Per quanto riguarda la presenza di manto erboso può produrre effetti sia positivi sia negativi. Infatti, a seguito di piogge intense, può provocare la non infiltrazione delle piogge e il conseguente scorrimento e/o concentrazione delle acque in posizioni in cui si possono verificare escavazioni localizzate.

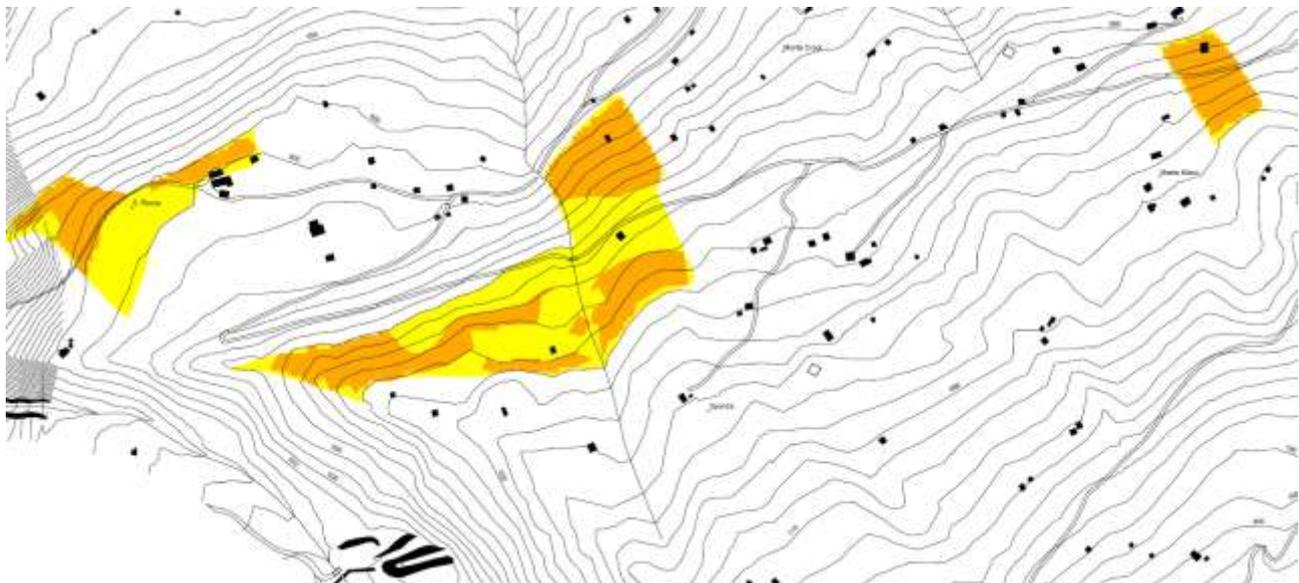
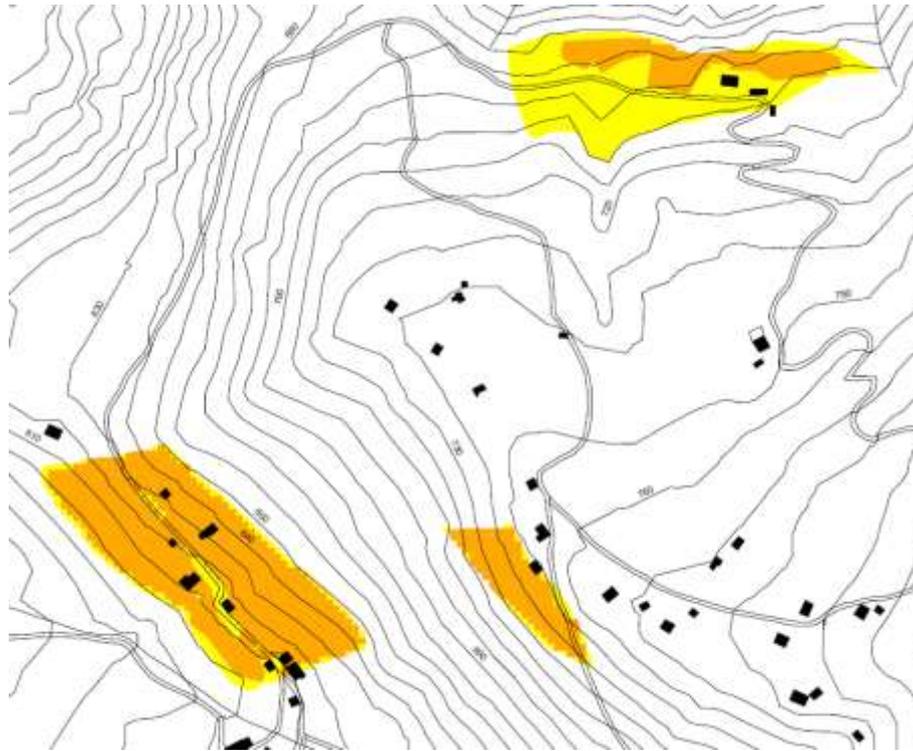
Di seguito si riportano le tabelle relative alla pericolosità definitiva determinata incrementando un'unità ogni singola classe

### **DEPOSITO GLACIALE**

Pendenza (°)	Fattore di sicurezza	Range Fs	Pericolosità preliminare		Pericolosità definitiva	
<20°	2.25	>2.00	H1		H1	
20°-30°	1.82	1.40 - 2.00	H2		H3	
>30°	1.42	1.40 - 2.00	H2		H3	

### **DEPOSITO ELUVIALE**

Pendenza (°)	Fattore di sicurezza	Range Fs	Pericolosità preliminare		Pericolosità definitiva	
<20°	1.84	1.40 - 2.00	H2		H3	
20°-30°	1.75	1.40 - 2.00	H2		H3	
>30°	1.48	1.40 - 2.00	H2		H3	



Mappe relative alla pericolosità definitiva (non in scala).

## 2.2 VERIFICHE DI STABILITÀ – METODO NUMERICI

Le Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018 definiscono i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni, nei riguardi delle prestazioni richieste in termini di requisiti essenziali di resistenza meccanica, stabilità e di durabilità.

Esso forniscono quindi i criteri generali di sicurezza, precisano le azioni che devono essere utilizzate nel progetto, definiscono le caratteristiche dei materiali e dei prodotti e, più in generale, trattano gli aspetti attinenti la sicurezza strutturale delle opere.

In particolar modo la normativa impone la valutazione di sicurezza e le prestazioni di un'opera (i di una parte di essa) in relazione agli stati limite che si possono verificare durante la vita nominale. Lo stato limite viene



definito come la condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per le quali è stata progettata. In particolare, le opere e le varie tipologie strutturali devono possedere i seguenti requisiti:

Sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU): capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, tali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone, ovvero comportare la perdita di beni, ovvero provocare gravi danni ambientali e sociali, ovvero mettere fuori servizio l'opera;

Sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE): capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio;

Robustezza nei confronti di azioni eccezionali: capacità di evitare danni sproporzionati rispetto all'entità delle cause innescanti quali incendio, esplosioni, urti.

Il superamento di uno stato limite ha carattere irreversibile e si definisce "collasso", mentre il superamento di uno stato limite di esercizio può avere carattere reversibile o irreversibile. La Normativa adotta il metodo semiprobabilistico agli stati limite, tramite il quale vengono introdotte incertezze sui valori di calcolo, applicando dei coefficienti parziali di sicurezza  $\gamma$  che operano su azioni e resistenze.

La resistenza di progetto  $f_d$  viene rapportata al valore di progetto  $E_d$  delle azioni. Le azioni, definite al valore caratteristico  $F_k$  sono moltiplicate per un coefficiente  $\gamma_f$  ottenendo il termine di progetto  $F_d$ : in questo modo le azioni di progetto impiegate nel calcolo hanno un'intensità maggiore, con lo scopo di incrementare il livello di sicurezza. Per lo stesso principio le resistenze caratteristiche vengono diminuite di un termine  $\gamma_M$ , per ottenere il termine  $f_d$ .

Le azioni vengono poi espresse in termini di prestazioni attese  $E_d$  (derivanti da analisi strutturali), mentre le resistenze in capacità di prestazione  $R_d$ . la verifica di sicurezza si basa sul principio per cui  $R_d \geq E_d$

La verifica della suddetta condizione è effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3):

- lo stato limite di equilibrio, EQU, considera la struttura, il terreno o l'insieme terreno-struttura come corpo rigido.
- lo stato limite di resistenza della struttura, STR, riguarda gli elementi di fondazione e di sostegno del terreno. Si utilizza per tutti i dimensionamenti strutturali.
- lo stato limite di resistenza del terreno, GEO, si utilizza per il dimensionamento geotecnico delle opere di fondazione e di sostegno e per tutte le strutture che interagiscono col terreno, ma anche per le verifiche di stabilità globale terreno-struttura.

Nell'Approccio 2 è utilizzata invece un'unica combinazione dei gruppi di coefficienti parziali A1+M1+R3: per le azioni si impiegano i coefficienti  $\gamma_f$  riportati nella colonna A1 tabella 6.2.I, i  $\gamma_M$  per i parametri geotecnici sono riportati sempre in tabella 6.2.II e i coefficienti  $\gamma_R$  che operano direttamente sulla resistenza globale di opere e sistemi geotecnici sono definiti specificatamente per ogni opera.

Nel primo approccio progettuale (Approccio 1) la prima combinazione è generalmente più severa nei confronti del dimensionamento strutturale delle opere a contatto con il terreno, mentre la seconda combinazione è generalmente più severa nei riguardi del dimensionamento geotecnico. Nel secondo approccio progettuale (Approccio 2) è prevista l'unica combinazione di gruppi di coefficienti è da adottare sia nelle verifiche strutturali sia nelle verifiche geotecniche.



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

	Effetto	Coefficiente Parziale $\gamma_r$ (o $\gamma_L$ )	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_Q$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

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

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_c$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{dk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma_V$	$\gamma_V$	1,0	1,0

Relativamente alla verifica di stabilità globale deve essere effettuata secondo l'Approccio 1, combinazione 2 (A2+M2+R2), tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici, e nella Tabella 6.8.I per le resistenze globali (NTC, 2018).

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

COEFFICIENTE	R2
$\gamma_R$	1,1

Le analisi di stabilità (e la definizione dei corrispondenti coefficienti di sicurezza) sono state eseguite mediante un programma di calcolo bidimensionale.

Tale codice di calcolo analizza la stabilità delle superfici di scorrimento usando la maggior parte dei metodi di calcolo all'equilibrio limite (in questo caso è stato utilizzato il metodo di Bishop). Possono essere analizzate singole superfici di scorrimento oppure possono essere applicati metodi per individuare la superficie di scivolamento critica per un dato pendio.

Il programma è in grado di fornire una soluzione generale al problema bidimensionale di stabilità del versante ricavando il coefficiente di sicurezza  $F_s$ .

Le verifiche di stabilità sono effettuate fornendo il coefficiente di sicurezza.

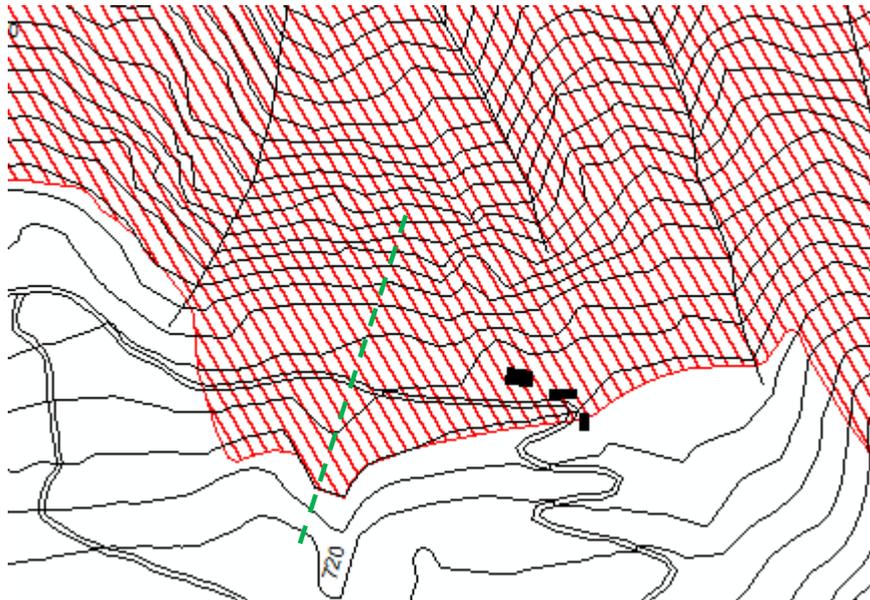
Le verifiche di stabilità di pendio sono state eseguite ai sensi del paragrafo 6.3.4. delle NTC 2018. Il metodo di calcolo utilizzato è stato quello di Bishop.

In corrispondenza di ogni singolo ambito è stata tracciata una sezione topografica disposta trasversalmente rispetto alla pendenza del versante.

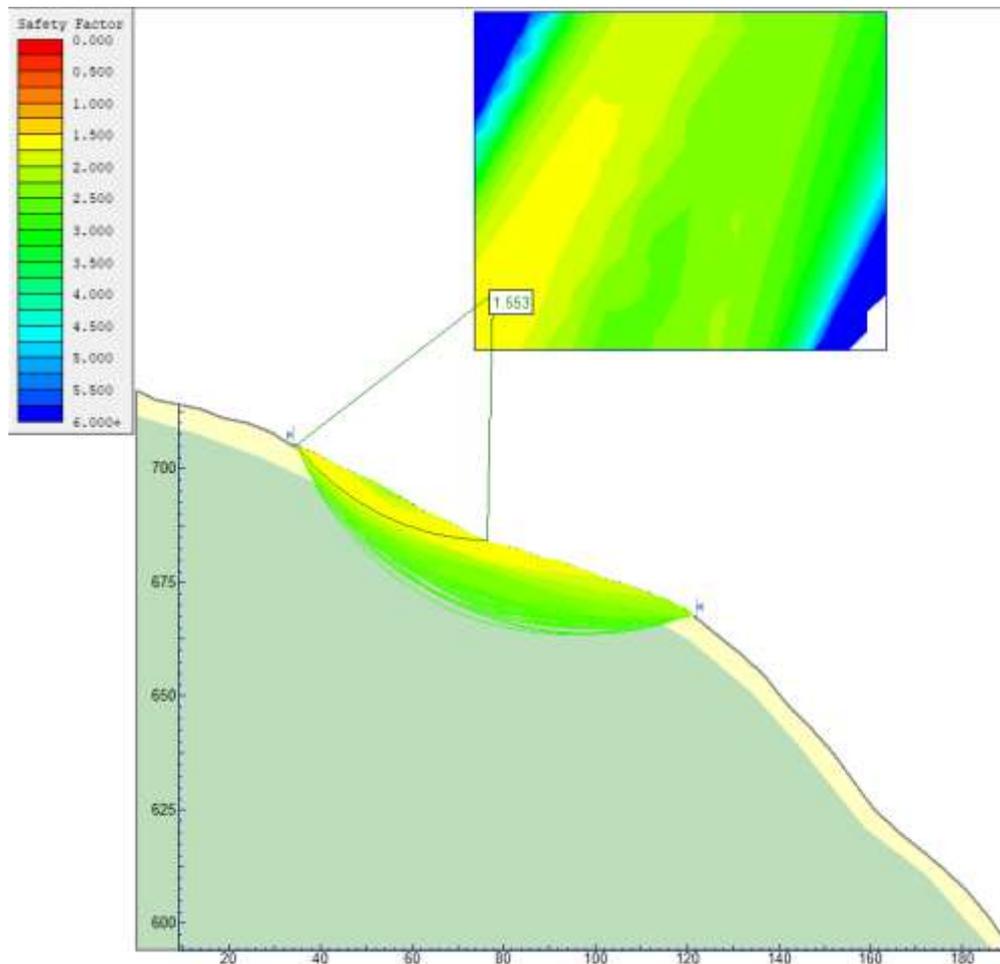
I parametri geotecnici medi utilizzati sono quelli espliciti nella "Carta degli elementi geologico-tecnici" allegata, cui sono stati applicati i coefficienti parziali per i parametri geotecnici definiti dalla normativa in vigore (colonna M2 della tabella 6.2.I. delle N.T.C. 2018) allo scopo di rendere l'analisi cautelativa nei confronti di questi valori. Tali parametri sono i medesimi di quelli indicati nel capitolo relativo alla verifica di stabilità mediante il metodo del "pendio indefinito".

Nelle seguenti immagini si riporta un estratto cartografico riferito alla porzione di pendio oggetto di verifica e il relativo profilo topografico entro il quale è stata condotta la verifica di stabilità

**Ambito n.1**



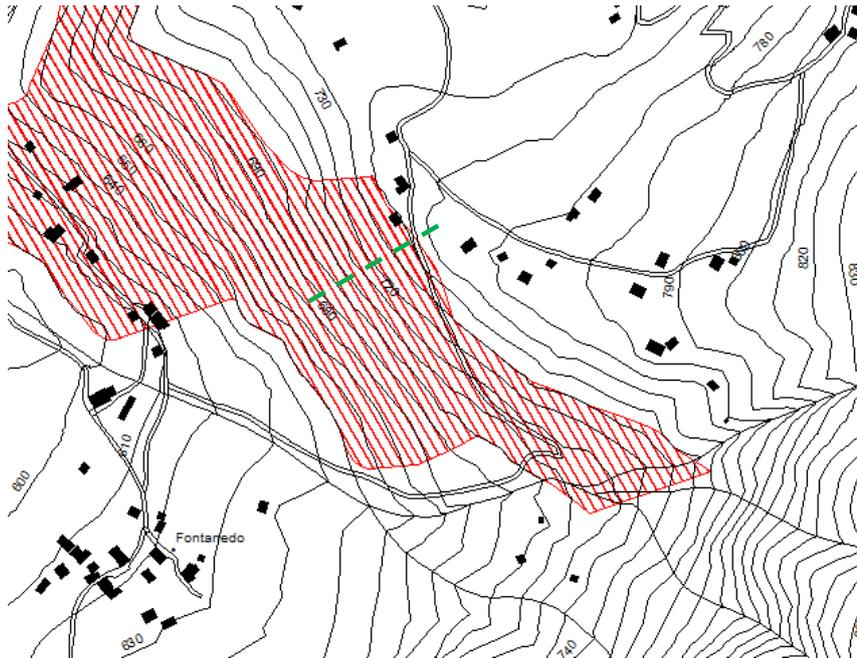
La linea verde tratteggiata indica la traccia della sezione topografica utilizzata per la verifica.



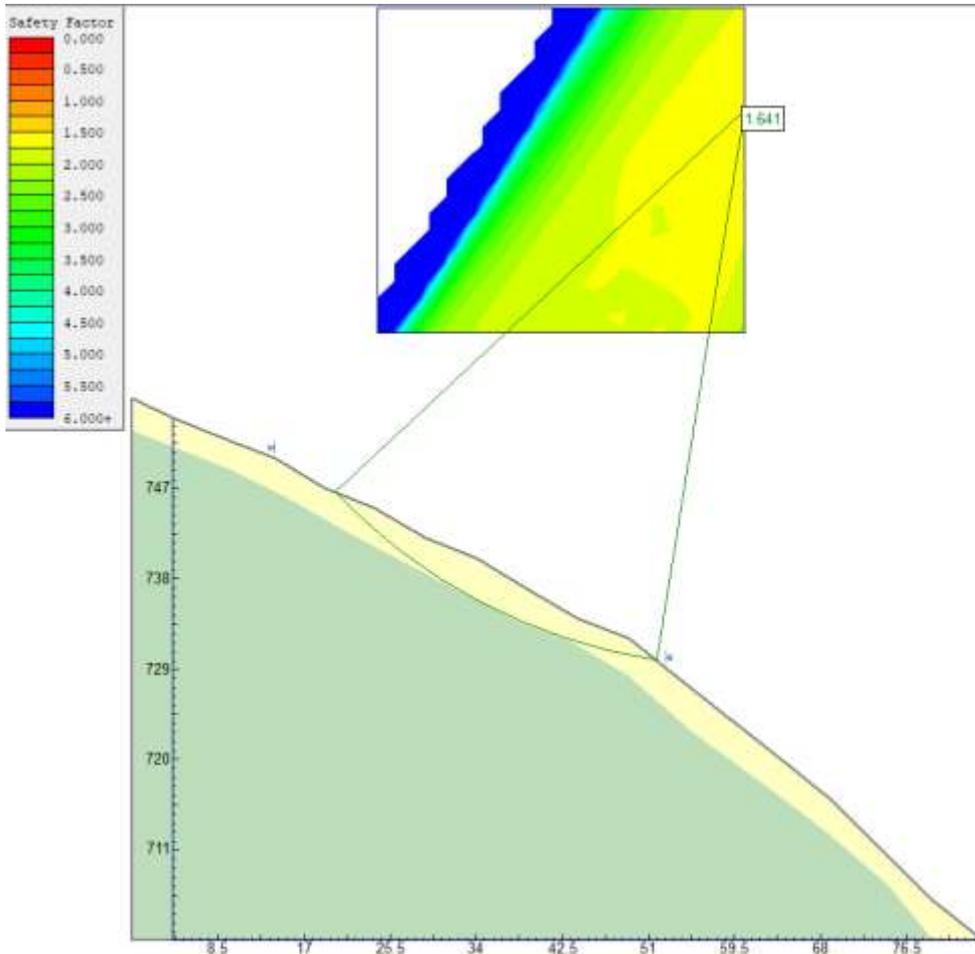
Verifica di stabilità con l'indicazione del fattore di sicurezza minimo calcolato (FS=1.5).



**Ambito 2**



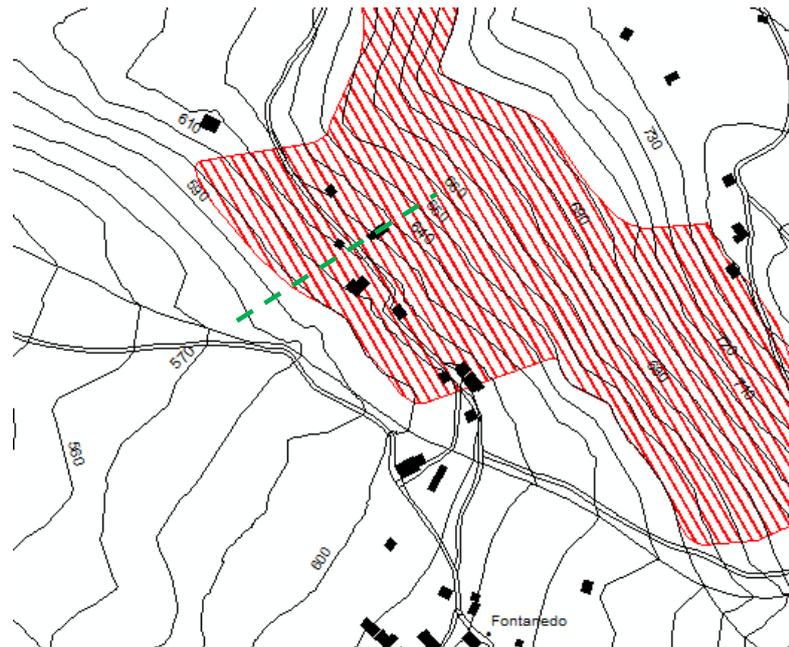
La linea verde tratteggiata indica la traccia della sezione topografica utilizzata per la verifica.



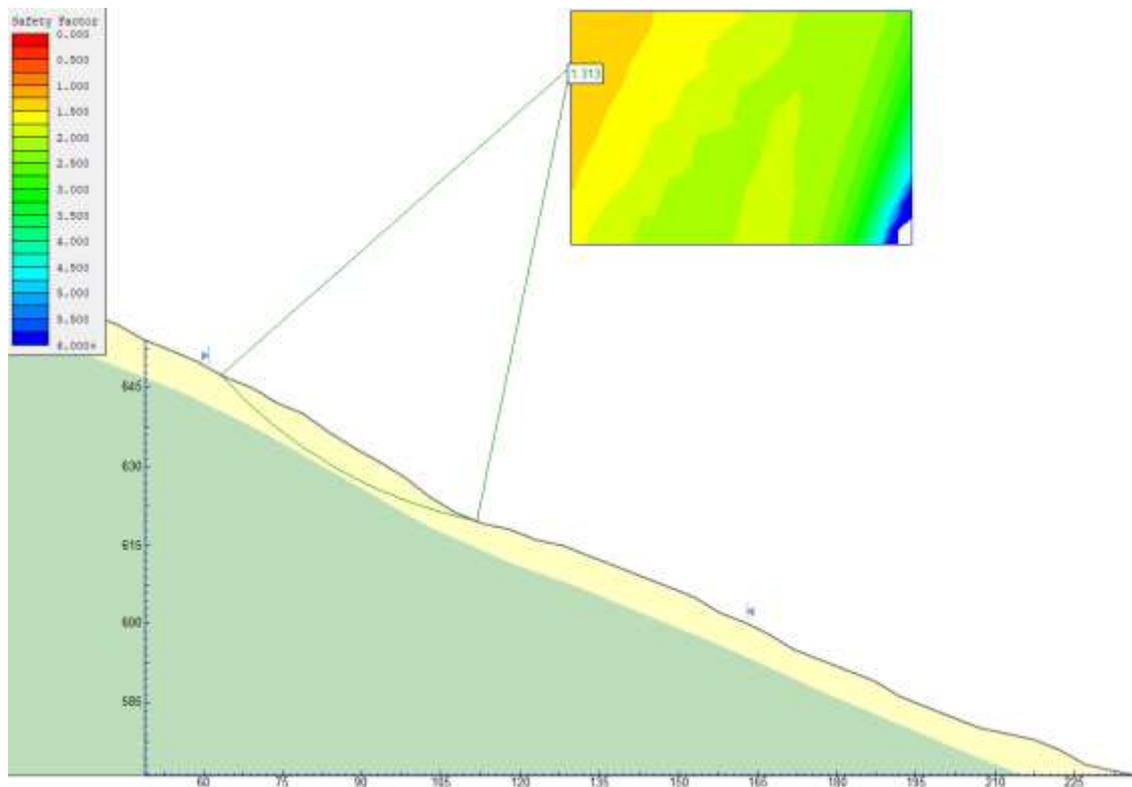
Verifica di stabilità con l'indicazione del fattore di sicurezza minimo calcolato (FS=1.6).



**Ambito 3**



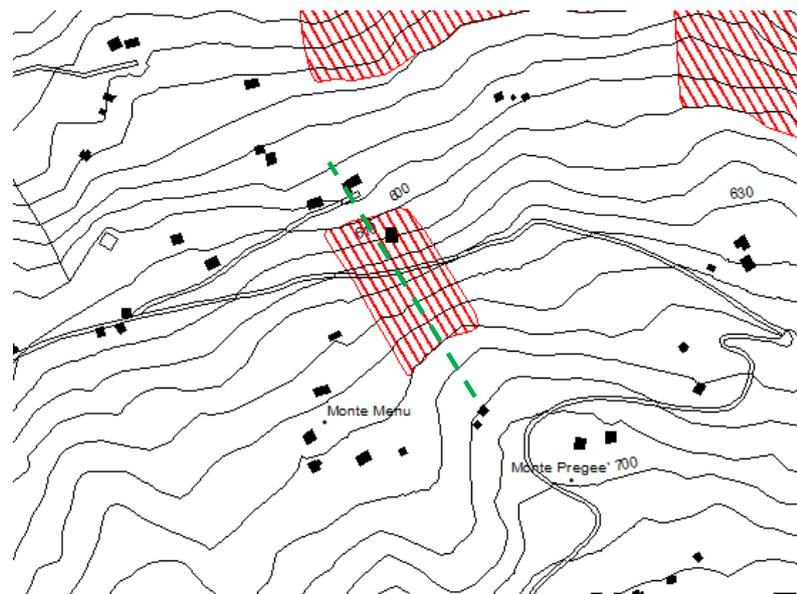
La linea verde tratteggiata indica la traccia della sezione topografica utilizzata per la verifica.



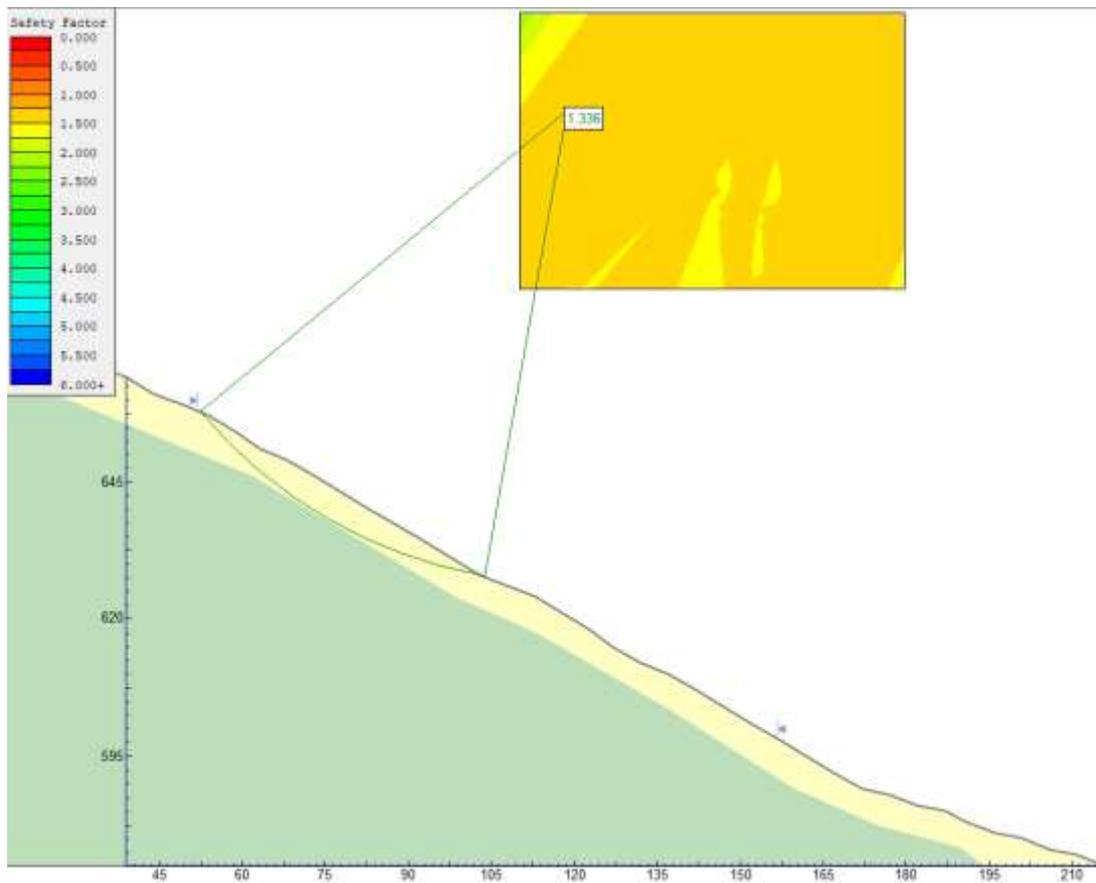
Verifica di stabilità con l'indicazione del fattore di sicurezza minimo calcolato (FS 1.3).



**Ambito 4**



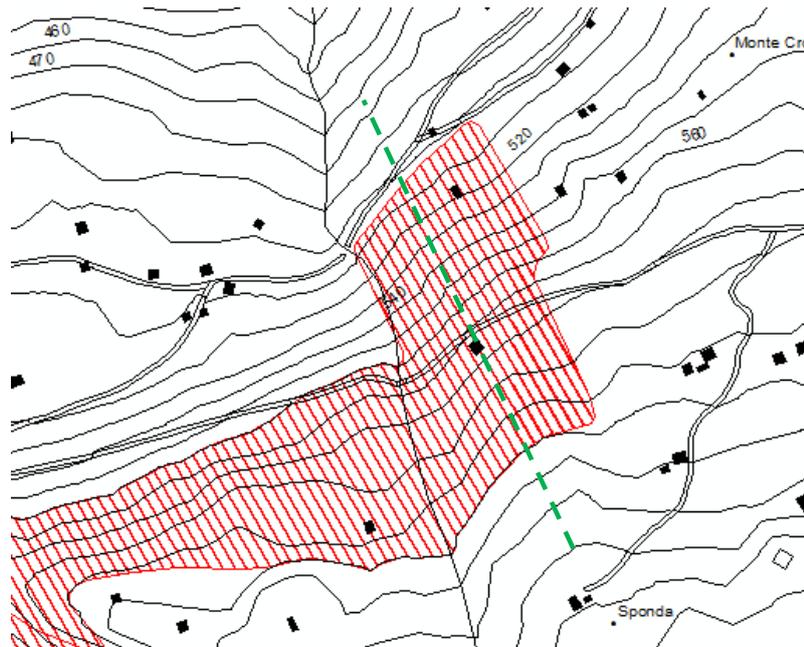
La linea verde tratteggiata indica la traccia della sezione topografica utilizzata per la verifica.



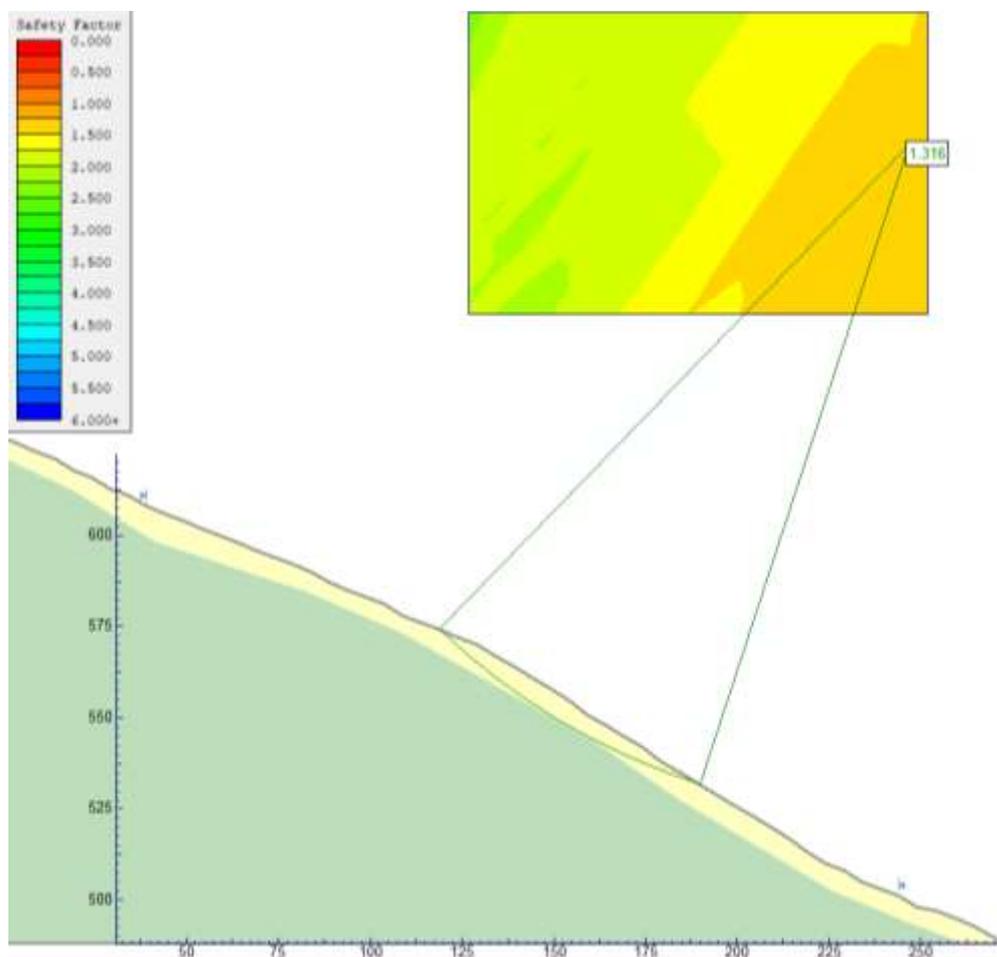
Verifica di stabilità con l'indicazione del fattore di sicurezza minimo calcolato (FS=1.3).



**Ambito 5**



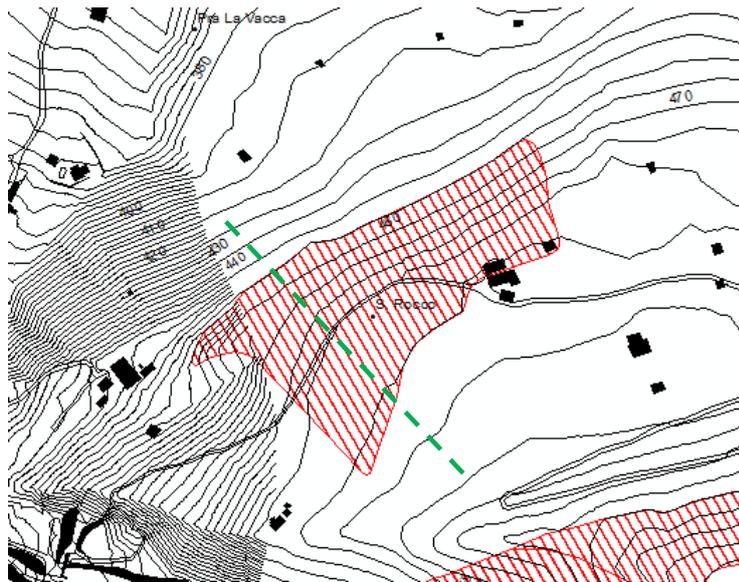
La linea verde tratteggiata indica la traccia della sezione topografica utilizzata per la verifica.



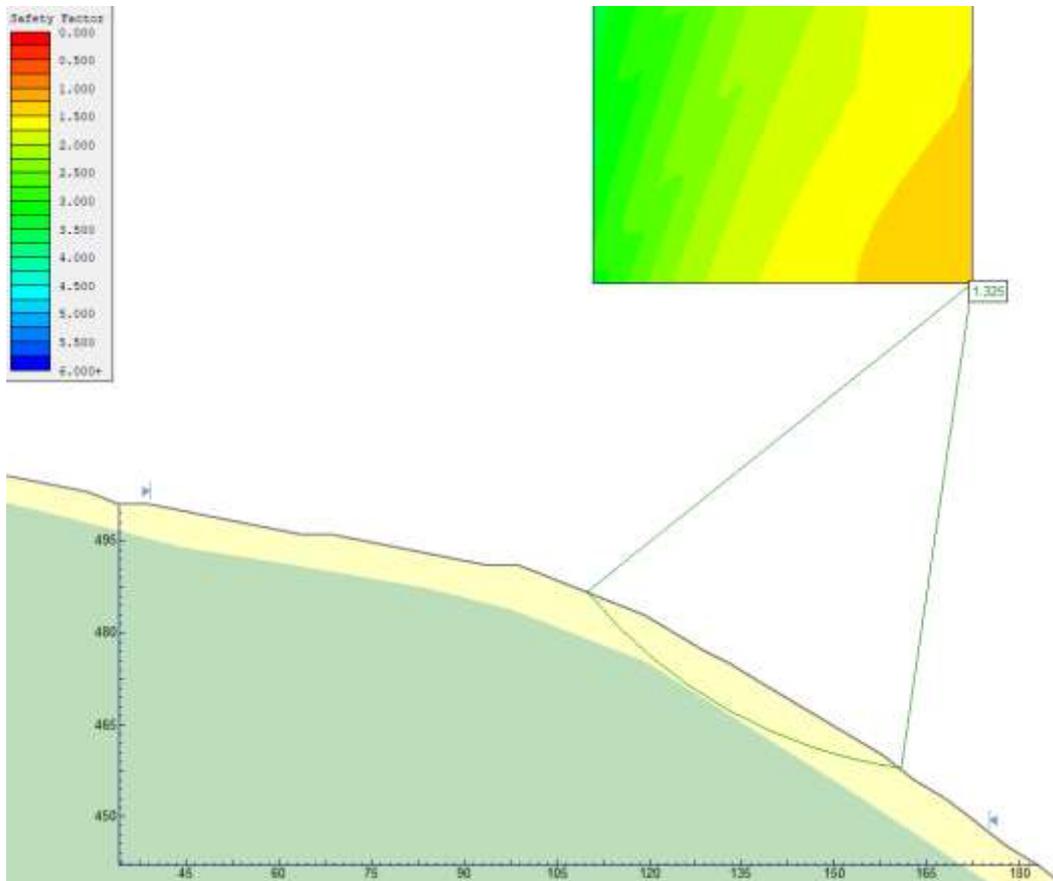
Verifica di stabilità con l'indicazione del fattore di sicurezza minimo calcolato (FS=1.3).



**Ambito 6**



La linea verde tratteggiata indica la traccia della sezione topografica utilizzata per la verifica.



Verifica di stabilità con l'indicazione del fattore di sicurezza minimo calcolato (FS=1.3).

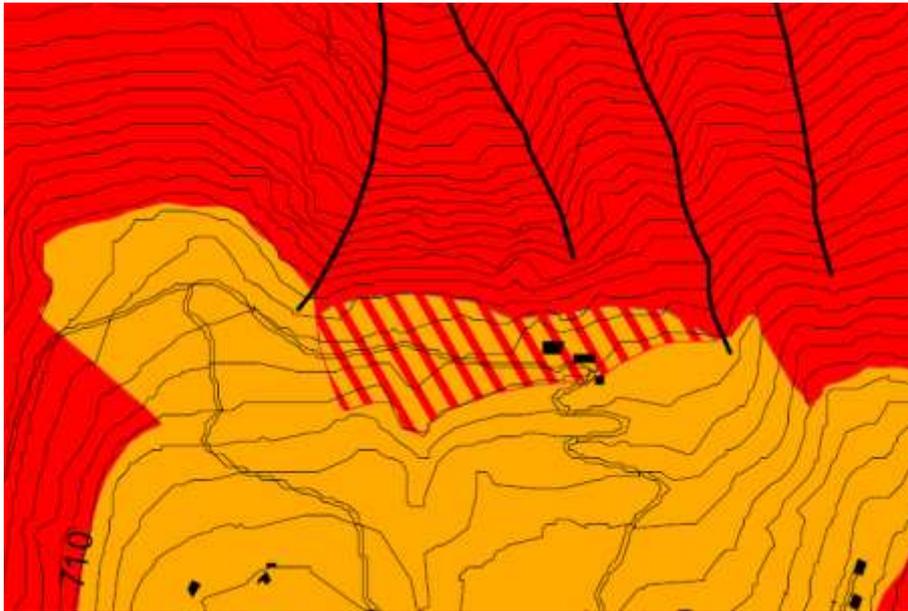


### 2.3 PROPOSTA DI DECLASSAZIONE FATTIBILITÀ GEOLOGICA

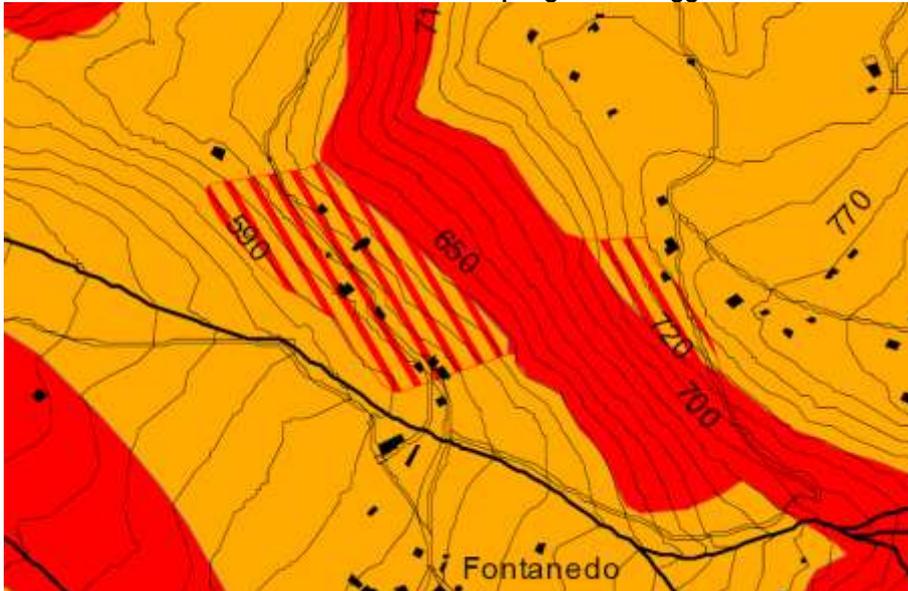
La zonazione della pericolosità ai sensi del cap.2.2.2 della Dgr2616/2011 ha permesso di identificare che le aree interessate dallo studio presentano di pericolosità una classe H2 e H3. I risultati delle verifiche di stabilità mediante metodi numerici hanno dimostrato come il fattore di sicurezza generale sia maggiore rispetto a quello previsto dalla normativa ( $\gamma_r=1.1$ ). Pertanto, sulla base dei rilievi eseguiti, che hanno confermato l'assenza segnali di criticità idrogeologiche dei siti, nonché dai risultati delle verifiche, si può affermare che tutti gli ambiti siano stabili dal punto di vista geomorfologico.

Per tali ragioni, si propone la declassazione dalla classe 4 alla 3 per i versanti analizzati.

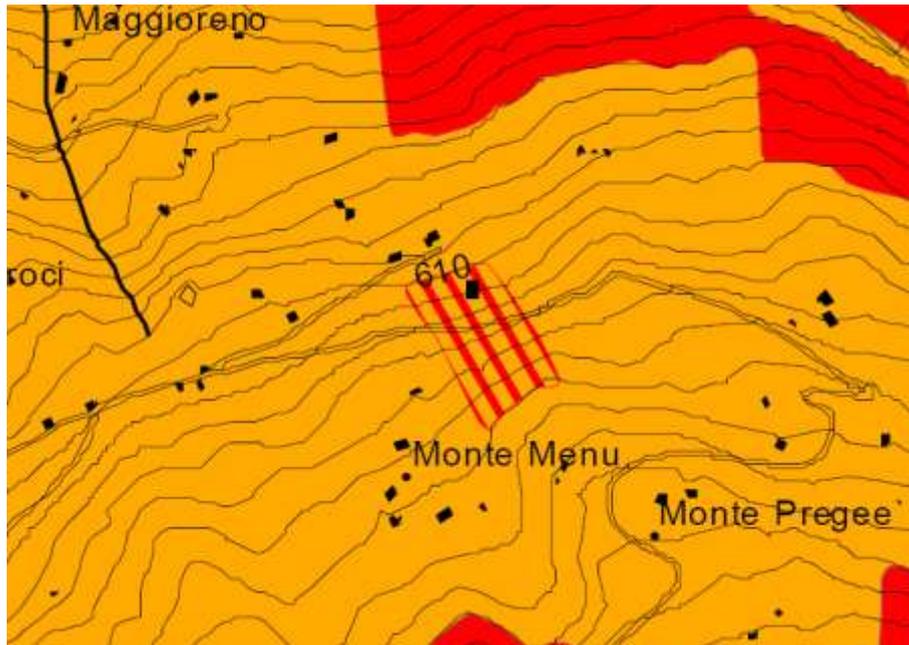
Nelle immagini seguenti viene riportata l'area oggetto di declassazione.



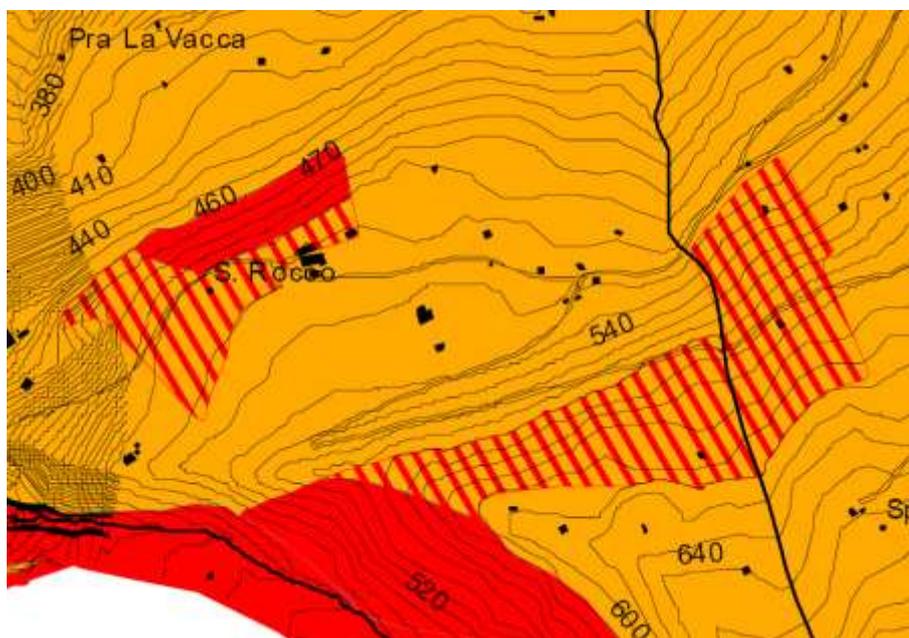
**Ambito n.1: area declassata indicata entro il poligono tratteggiato col color rosso.**



**Ambiti n.2 e n.3: aree declassate indicate entro il poligono tratteggiato col color rosso.**



Ambito n.4: area declassata indicata entro il poligono tratteggiato col color rosso.



Ambiti n.5 e n.6: aree declassate indicate entro il poligono tratteggiato col color rosso.



#### 4 SINTESI DELLE CONOSCENZE ACQUISITE

Gli elementi geo-ambientali riportati nella cartografia di analisi sono stati raggruppati secondo tematiche simili tenendo conto dei fattori prevalenti e significativi, sia in senso qualitativo sia quantitativo, al fine di fornire un quadro sintetico dello stato del territorio ai fini poi della fattibilità geologica.

Il recepimento delle mappe di pericolosità della Direttiva Alluvioni, costituiscono nuovo elemento di analisi utile all'aggiornamento della Carta di sintesi (Tavola 7) allegata al precedente studio della Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica.

Gli ambiti di Pericolosità e Vulnerabilità rinvenuti sul territorio sono di seguito elencati.

##### **Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico**

- **Aree PAI**
  - Fasce fluviali A, B e C del PAI;
  - Aree di conoidi attivi o potenzialmente attivi non protette da opere di difesa e di sistemazione a monte – pericolosità molto elevata (Ca);
  - Aree di conoidi non recentemente riattivate o completamente protette da opere di difesa – pericolosità media o moderata (Cn)
  - Aree potenzialmente coinvolte da fenomeni con pericolosità molto elevata o elevata (Ee);
- Aree potenzialmente coinvolte da fenomeni con pericolosità elevata, (Eb);
- Aree prossime a zone a rischio idrogeologico molto elevato.
- **Aree PGRA**
  - Aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti, relativamente al Reticolo Principale di pianura e fondovalle;
  - Aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti e rare, relativamente al Reticolo Principale di pianura e fondovalle;
  - Aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti, relativamente al Reticolo Secondario Collinare e Montano;
  - Aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti, relativamente al Reticolo Secondario Collinare e Montano;
  - Aree potenzialmente interessate da alluvioni rare, relativamente al Reticolo Secondario Collinare e Montano;
  - Aree soggette ad esondazioni lacuali per piena frequente ACL; Aree perimetrate interpolando i dati soglia di piena del lago di Como per tempo di ritorno di 15 anni, così come riportato in allegato 4 alla d.g.r. X/6738 del 2017;
  - Aree soggette ad esondazioni lacuali per piena poco frequente e rara (ACL) per tempo di ritorno di 100 anni (poco frequente) e catastrofica (rara), così come riportato in allegato 4 alla d.g.r. X/6738 del 2017.

##### **Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche**

Ricadono in questa categoria le tre aree che insistono sui sedimenti di conoide distale e/o lacustre.



### **Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti**

Appartengono a questa categoria di sintesi i settori di territorio comunale interessati da instabilità in atto e potenziale, delimitate considerando le conoscenze pregresse e le perimetrazioni del PAI.

#### **Aree di frana attiva**

A tale classe di sintesi corrispondono le aree interessate da frane attive Fa di cui all'art. 9 comma 1 delle N.d.A del PAI.

#### **Aree di frana quiescente**

A tale classe di sintesi corrispondono le aree interessate da frane quiescenti Fq di cui all'art. 9 comma 1 delle N.d.A del PAI.

### **Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico**

Ricadono in questa classe di sintesi

- le aree corrispondenti alle zone di salvaguardia delle captazioni idropotabili;
- le aree a caratterizzate da bassa soggiacenza della falda

## **5 FASE DI PROPOSTA**

### **5.1 FATTIBILITÀ GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO**

La Carta di Fattibilità geologica delle azioni di piano (Tavola n. 8) è l'elaborato che viene desunto dalla Carta di Sintesi e dalle considerazioni tecniche svolte nella fase di analisi, essendo di fatto una carta che fornisce indicazioni circa le limitazioni e destinazioni d'uso del territorio, le prescrizioni per gli interventi urbanistici, gli studi e le indagini necessarie per gli approfondimenti richiesti e gli interventi di ripristino e di mitigazione del rischio reale o potenziale.

Tutte le analisi condotte permettono la definizione di questo elaborato, redatto alla scala 1:10.000, che mediante la valutazione incrociata degli elementi cartografati, individua e formula una proposta di suddivisione dell'ambito territoriale d'interesse in differenti aree, che rappresentano una serie di "classi di fattibilità geologica".

Nella D.G.R. IX/2616 del novembre 2011 viene proposta una classificazione costituita da quattro differenti classi, in ordine alle possibili destinazioni d'uso del territorio; sono zone per le quali sono indicate sia informazioni e cautele generali da adottare per gli interventi, sia gli studi e le indagini di approfondimento eventuali.

In base alle valutazioni effettuate, considerando gli elementi geologici, geomorfologici, idrogeologici ed idraulici riconosciuti, nel territorio comunale di Colico sono state individuate le seguenti classi di idoneità all'utilizzazione urbanistica:

Classe 2 (giallo)	Fattibilità con modeste limitazioni
Classe 3 (arancione)	Fattibilità con consistenti limitazioni
Classe 4 (rosso)	Fattibilità con gravi limitazioni

Per quanto riguarda le fasce di rispetto di polizia idraulica, così come riportate nella carta dei vincoli geologici, non si ritiene necessario istituire una classe di fattibilità 4 di "rispetto fluviale" lungo i corsi d'acqua, in quanto su tali aree sussiste già uno specifico vincolo e norma di Polizia Idraulica.

La suddivisione territoriale in classi di fattibilità, trattandosi di una pianificazione generale, non sopperisce alla necessità di attuare le prescrizioni operative previste da leggi e decreti vigenti, così come



l'individuazione di una zona di possibile edificazione deve rispettare la necessità di redigere un progetto rispettoso delle norme di attuazione.

Si sottolinea che in presenza contemporanea di più scenari di pericolosità/vulnerabilità è stato attribuito il valore maggiormente cautelativo di classe di fattibilità. Sono comunque da rispettare le prescrizioni relative ad ogni singolo ambito di pericolosità/vulnerabilità come rappresentato nella carta di sintesi.

Nella tavola 9 - Carta della Fattibilità geologica con elementi di Pericolosità Sismica Locale- alle classi di fattibilità individuate sono inoltre sovrapposti gli ambiti soggetti ad amplificazione sismica locale, che però non concorrono a definire la classe di fattibilità, ma ai quali è associata una specifica normativa che si concretizza nelle fasi attuative delle previsioni del P.G.T.

## **5.2 CLASSE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA 2 – FATTIBILITÀ CON MODESTE LIMITAZIONI**

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni. Sono tuttavia indicate le specifiche costruttive degli interventi edificatori e gli eventuali approfondimenti per la mitigazione del rischio. Ricadono in questa classe le aree comprese nelle seguenti tipologie di pericolosità/vulnerabilità, con le relative unità di sintesi:

### **Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico**

- Aree soggette ad esondazioni lacuali per piena poco frequente e rara – ACL- P2/M e P1/L PGRA.
- Aree di conoidi non recentemente riattivatisi Cn PAI – RSCM P1/L

### **Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche**

- Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche e/o bassa soggiacenza della falda. Questa classe si sovrappone nella zona distale della conoide alle aree vulnerabili da punto di vista idraulico in ambito ACL P2/M e P1/L.

## **5.3 CLASSE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA 3 – FATTIBILITÀ CON CONSISTENTI LIMITAZIONI**

Questa classe comprende le zone nelle quali si sono riscontrate consistenti limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni, per l'entità e la natura delle condizioni di pericolosità nelle aree. Queste condizioni possono essere per lo più rimosse con interventi idonei alla eliminazione o minimizzazione del rischio, realizzabili nell'ambito del singolo lotto edificatorio o di un suo intorno significativo. L'utilizzo delle zone, ai fini urbanistici è subordinato alla realizzazione di supplementi d'indagine per acquisire una maggiore conoscenza geologico-tecnica dell'area e del suo intorno, per consentire di precisare le esatte volumetrie e ubicazioni, le idonee destinazioni d'uso, nonché le eventuali opere di difesa. Nel caso in esame sono state individuate una serie di aree in classe 3 che presentano problematiche geologiche variabili; si tratta in genere di ambiti, sia di pianura sia di versante, che coincidono con aree, caratterizzate da condizioni sfavorevoli, pericolose e/o vulnerabili definite nell'unità di sintesi.

Per queste zone è stata attribuita la classe 3 "generica".

Oltre alla classe generica sono state individuate altre cinque classi quali comprese nelle aree vulnerabili dal punto di vista idraulico, quali:

- Classe 3a – fascia B, C e ACL P3/H
- Classe 3b - aree comprese nella Zona 2 del PAI
- Classe 3c Aree prossime a zone a elevato rischio idrogeologico



- Classe 3d - Aree potenzialmente coinvolgibili da fenomeni con pericolosità media o moderata

#### **5.4 CLASSE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA 4 – FATTIBILITÀ CON GRAVI LIMITAZIONI**

In questa classe sono individuati i territori ove l'alta pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso.

Le aree a gravi limitazioni sono contraddistinte dalle seguenti tipologie di pericolosità/vulnerabilità e dalle relative classi di sintesi così come precedentemente descritte.

##### **Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti**

- Aree di frana attiva;
- Aree di frana quiescente;

##### **Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico**

- Aree comprese in fascia fluviale A del PAI e ambito RP (P3/H);
- Zona 1 del PAI;
- Aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità molto elevata, per esondazioni e dissesti morfologici di carattere torrentizio lungo le aste dei corsi d'acqua – Ee PAI;
- Aree potenzialmente interessate da flussi di detrito in corrispondenza dei conoidi pedemontani: conoide attivo non protetto a pericolosità molto elevata – Ca del PAI.

## **6 CARTA PAI-PGRA**

A seguito dell'entrata in vigore della D.G.R. n. X/6738 del 19 giugno 2017, relativa alle "disposizioni regionali concernenti l'attuazione del piano di gestione dei rischi alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza [...]", si è reso necessario predisporre una carta (tavola T10) nella quale sono stati tracciati tutti gli elementi che derivano dal recepimento dei contenuti del PAI e del PGRA.

Gli ambiti riportati nella carta PAI-PGRA del Comune di Colico riguardano in particolare:

- Aree interessate da fenomeni di dissesto presenti nella parte montana del territorio comunale, di cui all'Elaborato 2 del PAI;
- Aree interessate dalla delimitazione delle fasce fluviali del Fiume Adda, di cui all'Elaborato 8 del PAI;
- Aree potenzialmente allagabili su Reticolo Secondario Collinare e Montano, afferenti ai Torrenti Inganna, Perlino e Merla;
- Aree allagabili del Lago di Como.