

REGIONE LOMBARDIA

Provincia di BRESCIA

Comune di INCUDINE

## RELAZIONE GEOLOGICA

### A SUPPORTO DEL PROGETTO

*LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER IL  
RIPRISTINO DELLA FUNZIONALITA' IDRAULICA DEL  
TORRENTE VAL MORIANA, IN COMUNE DI INCUDINE (BS)*

*CODICE LAVORO: 2412173*

*Darfo B.T., febbraio 2025*

**Geologo**

Geol. Luca Maffeo Albertelli

**UFFICI SEDE OPER.:** Via Montegrappa, 41 –  
24060 Rogno (BG)

**SEDE LEGALE:** Via Manifattura 29/G  
25047 DARFO B.T.(BS)

Tel. Tel. 0354340011 fax. 0354340011

P.IVA 03480990989

e-mail:

[luca@cogeo.info](mailto:luca@cogeo.info) [landcogeosrl@legalmail.it](mailto:landcogeosrl@legalmail.it)

[www.cogeo.info](http://www.cogeo.info)

**GEOLOGY ENGINEERING ENVIRONMENT**

## INDICE

<b>PREMESSA</b> .....	<b>3</b>
<b>INQUADRAMENTO E DESCRIZIONE DELLE PROBLEMATICHE</b> .....	<b>4</b>
<b>FASE DI INDAGINE</b> .....	<b>6</b>
STUDI PREGRESSI .....	6
LINEAMENTI GEOLOGICI, GEOMORFOLOGICI E IDROLOGICI GENERALI .....	9
STATO DEI LUOGHI .....	13
<b>FASE DI ELABORAZIONE E INTERPRETAZIONE DATI</b> .....	<b>20</b>
VINCOLI GEOLOGICI .....	20
Fattibilità.....	20
PAI-PGRA (Piano Assetto Idrogeologico) .....	22
IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi d’Italia) .....	24
Carta di Localizzazione Probabile delle Valanghe (CLPV).....	25
CARATTERI SISMICI DEL SITO .....	27
CONSIDERAZIONI IN MERITO ALLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI .....	30
<b>FASE DI SINTESI</b> .....	<b>31</b>
RISCHI GEOLOGICI NATURALI E INDOTTI.....	31
SINTESI E INDICAZIONI OPERATIVE.....	31

## PREMESSA

La presente relazione GEOLOGICA è stata commissionata alla scrivente società, relativamente agli interventi di manutenzione straordinaria per il ripristino della funzionalità idraulica del Torrente Val Moriana, in Comune di Incudine. La presente relazione prende in considerazione gli aspetti geologici connessi alle aree in esame e fornisce indicazioni finalizzate ad eseguire l'intervento che di fatto è di tipo manutentivo ovvero teso a mantenere in efficienza le esistenti opere. L'importo del finanziamento, come previsto in progetto, non consente infatti di eseguire nuove opere ma, come detto, consente di addivenire alla pulizia dell'alveo oggi interessato da vegetazione infestante, allo svasso del fondo alveo e al ripristino di alcune situazioni di locale erosione delle opere esistenti. La previsione di nuove opere, per un contesto di bacino idrografico così complesso e pericoloso, sono possibili solo dopo un'attenta analisi delle condizioni idrauliche dell'intero bacino, dalla parte alta dello stesso, sino alla confluenza in Oglio.

Di fatto, non si ottiene, con il presente progetto, la riduzione della pericolosità definita nel Piano di Assetto Idrogeologico, quanto miglioramenti del deflusso delle acque e maggior stabilità delle esistenti opere idrauliche che potranno così durare di più nel tempo e mantenere la propria efficacia.

La presente relazione geologica ha lo scopo di definire i caratteri geologici, geomorfologici ed idrogeologici delle aree interessate dagli interventi, secondo quanto contenuto nella normativa vigente, con particolare riferimento a:

- O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".
- O.P.C.M. 28.04.2006 N°3519 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone"
- D.M. 18 gennaio 2018 Norme Tecniche per le costruzioni.
- Circolare n. 7/2019, Gazzetta Ufficiale n. 35 del 11 febbraio 2019 – Suppl. Ordinario n. 5: "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle NTC di cui al D.M. 17 gennaio 2018".
- D.G.R. 11 luglio 2014 n.2129 "aggiornamento delle zone sismiche di Regione Lombardia"

In riferimento alla normativa sopra richiamata, il presente documento analizza gli aspetti geologici finalizzati all'individuazione del modello geologico "semplificato" di sito, secondo quanto specificato nelle NTC 2018 § 6.2.1 e § 6.2.1 della Circolare esplicativa, non prendendo in considerazione gli aspetti geotecnici delle opere, che sono disciplinati dalla normativa di settore (D.M. 2018 § 6.2.2 e § 6.2.2 della Circolare) e non necessari per gli interventi previsti che non contemplano opere strutturali.

**In relazione alle caratteristiche morfologiche del bacino, l'alveo del Torrente Valle Moriana rappresenta un canale lungo il quale possono defluire delle colate detritico fangose che raggiungono i settori apicali e mediani della conoide.**

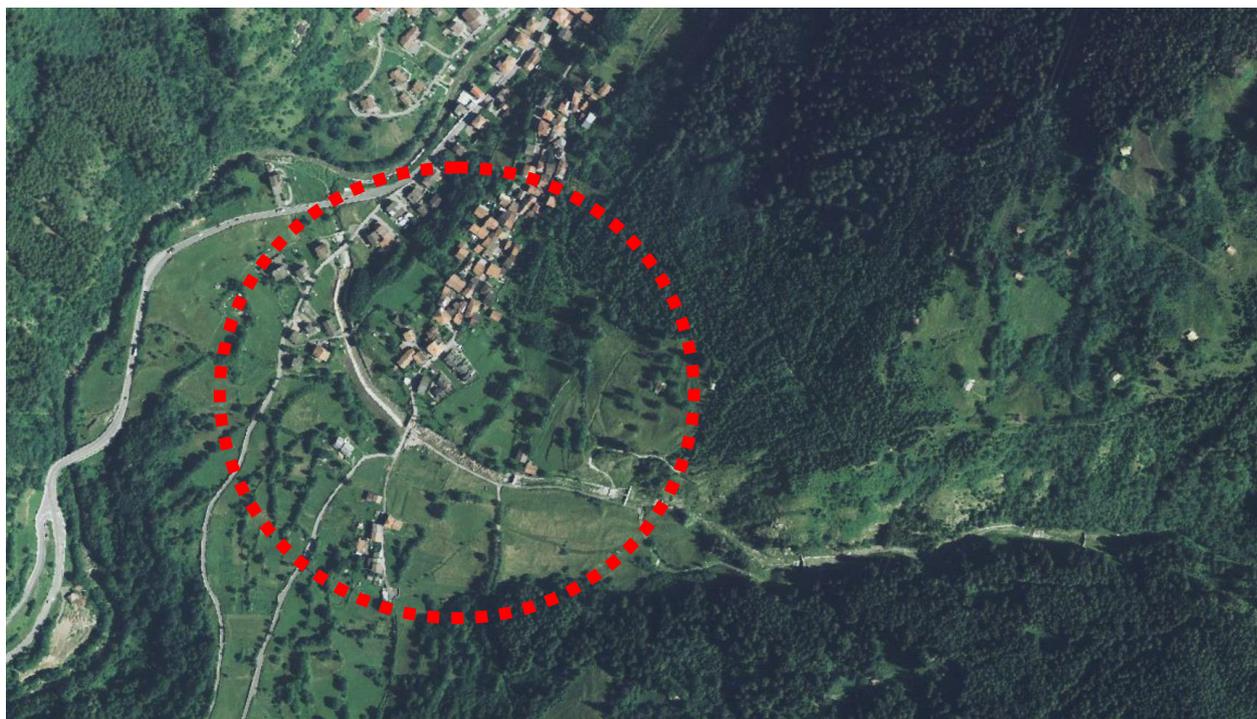
## INQUADRAMENTO E DESCRIZIONE DELLE PROBLEMATICHE

Il progetto è ubicato lungo il corso del Torrente Val Moriana, dall'abitato di Incudine in corrispondenza della SS42, sino all'opera di presa "ENEL". Il tratto di intervento presenta attualmente arginature eseguite in blocchi ciclopici, briglie, soglie e tratti di rivestimento del fondo, ad impedimento dell'erosione e per facilitare il trasporto solido del materiale proveniente da monte. Si tratta quindi di un tratto di asta completamente artificializzato e sistemato che ha ora necessità di manutenzione.

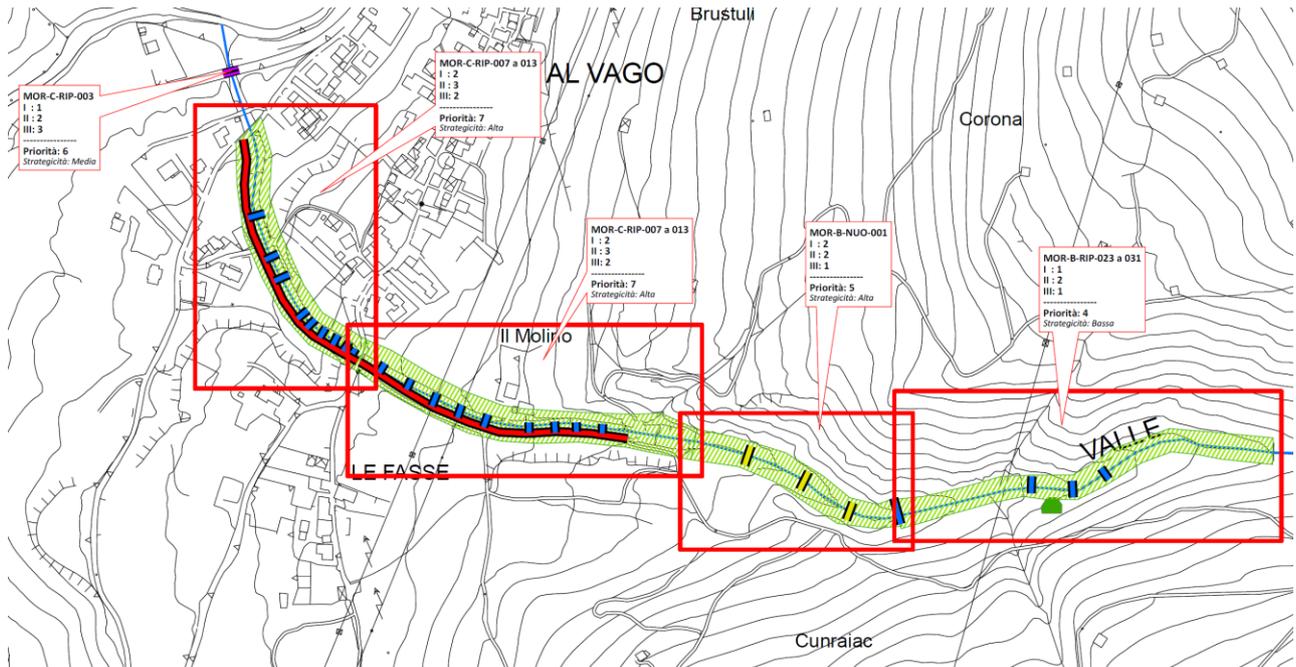
Nel corso degli anni si è infatti favorito l'accumulo di materiale a monte delle briglie/soglie esistenti e nell'area di deposito della briglia a fessura della parte alta di conoide, favorendo la crescita di vegetazione in alveo che impedisce il corretto deflusso delle acque e riduce l'efficacia delle opere presenti. Attualmente le briglie/soglie presenti lungo l'asta del torrente presentano un deficit di funzionalità per le quali sono state costruite; risultano infatti quasi completamente sommerse dal materiale solido trasportato e necessitano di manutenzione e ripristino. La compromissione di queste opere favorisce il verificarsi di ostruzioni, franamenti, divagazioni d'alveo, che comportano un incremento del rischio idrogeologico dell'ambito di conoide, aggravato dal fatto che la parte terminale del corso d'acqua, prima dell'immissione nel corpo idrico principale, attraversa proprio l'abitato di Incudine e la Strada Statale S.S.42.

Gli interventi previsti consistono pertanto nella riattivazione della funzionalità idraulica del torrente mediante opere di manutenzione straordinaria, con ripristino dei manufatti, pulizia della vegetazione e delle aree di deposito. Alcuni degli interventi riprendono di fatto quanto già proposto nello studio di dettaglio "III° Studio idrogeologico a scala di sottobacino idrografico della Valle Camonica" (Settembre 2014) a firma della scrivente società, che già rimarcava la necessità di manutenzione delle principali opere presenti per garantirne la funzionalità.

Segue stralcio di ubicazione del sito di progetto.



Tratto di Torrente Val Moriana interessato dagli interventi



**Legenda**

- Ripristino Ponti
- Ripristino Opere Trasversali
- Nuove Opere Trasversali
- Ripristino Opere Longitudinali
- Nuove Opere Longitudinali
- Studi e Approfondimenti Tecnici
- Manutenzione Svasso Sfalcio
- Ripristino Opere Versante-Dissesto
- Nuove Opere Versante-Dissesto

**LEGENDA ETICHETTE**

- MOR... = Identificativo Bacino
- B = Opera su bacino  
C = Opera su conoide
- NUO = Nuova Opera  
RIP = Ripristino Opera Esistente  
MAN = Svasso, Sfalcio/Taglio Vegetazione, Pulizia  
STU = Studi ed Approfondimenti tecnici
- I : = Grado di possibile danno arrecato a costruzioni  
- 3 = Distruzione totale  
- 2 = Danni consistenti  
- 1 = Danni lievi
- II : = Grado di protezione dato dall'opera alle costruzioni  
- 3 = Alto  
- 2 = Medio  
- 1 = Basso
- III : = Importanza delle infrastrutture viarie protette dall'intervento  
- 3 = Unica rete viaria o principale - Ferrovia  
- 2 = Strade secondarie o locali  
- 1 = Assenza di infrastrutture viarie
- PRIORITA' DELL'OPERA = I + II + III**  
- 8--9 = Alta  
- 5--7 = Media  
- 3--4 = Bassa

SCHEMA RIASSUNTIVO degli interventi di progetto							
<b>Nuove Opere</b>							
Codice	Tipologia	I	II	III	Priorità	Strategicità	Costo €
MOR-B-NUO-001	Soglie/Sfalcio-Svasso	2	2	1	5	Alta	€ 85.000,00
<b>Ripristini</b>							
Codice	Tipologia	I	II	III	Priorità	Strategicità	Costo €
MOR-C-RIP-003	Ponte	1	2	3	6	Media	€ 65.000,00
MOR-C-RIP-007 a 013	Scogliera/Soglie/Sfalcio-Svasso	2	3	2	7	Alta	€ 125.000,00
MOR-C-RIP-013 a 021	Scogliera/Soglie/Sfalcio-Svasso	2	3	2	7	Alta	€ 100.000,00
MOR-B-RIP-023 a 031	Scogliera/Soglie/Dissesto/Sfalcio-Svasso	1	2	1	4	Bassa	€ 205.000,00
<b>Manutenzioni</b>							
Codice	Tipologia	I	II	III	Priorità	Strategicità	Costo €
MOR-B-MAN-033	Sfalcio-Svasso	1	1	1	3	Bassa	€ 45.000,00
MOR-B-MAN-035	Sfalcio-Svasso	1	1	1	3	Bassa	€ 45.000,00
<b>TOTALE INVESTIMENTI PER LA SISTEMAZIONE DELLA VALLE MORIANA</b>							<b>€ 670.000,00</b>

Stralcio della planimetria degli interventi in progetto tratta dal III° Studio idrogeologico a scala di sottobacino idrografico della Valle Camonica" (Settembre 2014) – non in scala

## FASE DI INDAGINE

### Studi pregressi

Il Torrente Valle Moriana è stato a più riprese oggetto di studi di dettaglio e di interventi per la mitigazione del rischio. Di fatto, secondo quanto indicato dal PGT comunale di Incudine, il tratto d'alveo lungo la conoide alluvionale è interessato dagli interventi di regimazione previsti dalla LR 102/90 ed è stato oggetto d'indagine nell'ambito dello studio relativo alla *"VALUTAZIONE E ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL RISCHIO DA FRANA IN ADEMPIMENTO ALLA LEGGE 267/98"* secondo le indicazioni proposte dal Servizio Geologico della Regione Lombardia. Le aree di conoide sono comprese nel Piano Straordinario per le aree a rischio idrogeologico molto elevato ai sensi della L267/98 come definito dallo studio *"Perimetrazione e zonazione della pericolosità da colate di detrito e trasporto in massa lungo le conoidi alpine in adempimento alla legge 267/98"* redatto dal dott. geol. Carlo Leoni, ed indicate con il codice 027 LO BS. A seguito degli interventi di regimazione idraulica terminato nel 2005, in accordo con la normativa vigente, è stata effettuata una valutazione delle pericolosità residua: la *"PROPOSTA DI RIPERIMETRAZIONE DI AREA A RISCHIO IDROGEOLOGICO MOLTO ELEVATO 027 LO BS"* contenuta nello studio di dettaglio concluso nel maggio 2007, è stata ritenuta conforme ai criteri approvati con d.g.r. 8/1566/05 con parere della Giunta Regionale della Lombardia - Direzione Territorio ed Urbanistica protocollo Z1.2007.0013682 emesso in data 06 luglio 2007.

Si riporta ora di seguito una tabella riassuntiva dei progetti redatti nel tempo, finalizzati alla sistemazione idrogeologica delle aree critiche lungo il torrente.

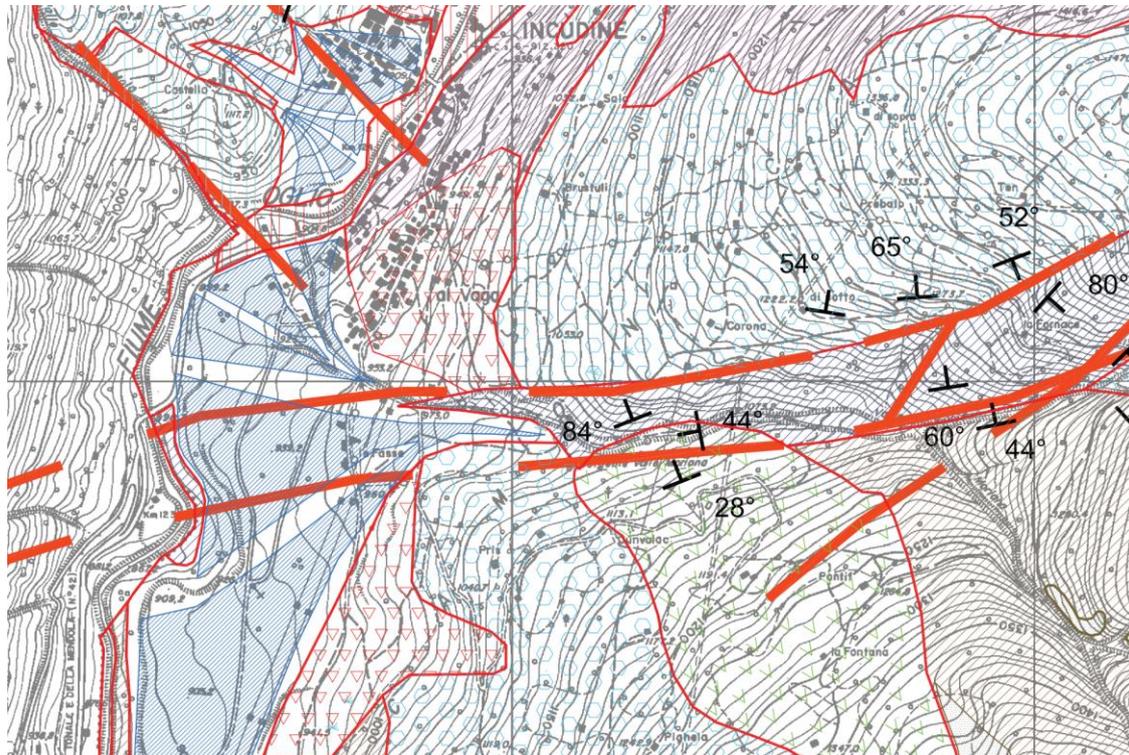
PROGETTO	ANNO	INTERVENTI PREVISTI
<p><i>PROGETTO ESECUTIVO: OPERE DI SISTEMAZIONE IDRAULICA LUNGO IL TORRENTE VAL MORANA</i></p> <p>Studio di Ingegneria Ingg. Calvi - Pasquini - Zanoni</p>	2003	<p>Interventi di riprofilature alveo, pulizia dell'invaso, manutenzione opere e realizzazione di nuove soglie e briglie.</p> <p>Nel dettaglio:</p> <p><u>Zona GUADO STRADA COMUNALE:</u> pulizia invaso a monte della briglia selettiva, realizzazione tratto scogliera intasata con cls realizzazione nuova soglia di fondo, uovo selciatone ammorsato nel cls</p> <p><u>Zona PONTE 1:</u> ricostruzione ponte</p> <p>Realizzazione tratti scogliera in pietrame parte intasata nel cls e parte a secco, muri d'ala in C.A. rivestiti in pietra, realizzazione nuova soglia di fondo, realizzazione briglia "A"</p> <p><u>Zona PONTE 2:</u> ricostruzione ponte, realizzazione tratti scogliera in pietrame parte intasata nel cls e parte a secco, realizzazione briglia "B", prolungamento soglia di fondo, nuovo selciatone ammorsato nel cls, muri d'ala in C.A. rivestiti in pietra, rifacimento griglia carrabile esistente, asfaltatura, spostamento palo ENEL</p>
<p><i>PROGETTO ESECUTIVO: SISTEMAZIONE IDROGEOLOGICA DELLA BASSA VAL MORIANA (COMPLETAMENTO ALLA CM/21/01)</i></p> <p>Studio tecnico Geom. Alberto Ghensi</p>	2005	<p><u>Zona GUADO STRADA COMUNALE:</u> pulizia invaso a monte della briglia selettiva, realizzazione scogliere in pietrame per formazione bacino d'accumulo, sovrizzo scogliera esistente per adeguamento sezione idraulica, rifacimento guado di attraversamento per abbassamento quota attuale, realizzazione staccionata in legno, realizzazione scogliere in pietrame per protezione spondale, realizzazione soglie di fondo</p> <p><u>Zona PONTE 1:</u> rivestimento spalle e muri d'ala in pietra locale, realizzazione guard-rail in acciaio rivestito in legno, realizzazione scogliere in pietrame per protezione spondale, realizzazione soglie di fondo</p> <p><u>Zona PONTE 2:</u> rivestimento spalle e muri d'ala in pietra locale, realizzazione guard-rail in acciaio rivestito in legno, completamento selciatone in masi ciclopici, prolungamento soglie e selciatone per modifica sezione idraulica, adeguamento sezione idraulica con rifacimento scogliera in pietrame, pulizia invaso</p> <p><u>Zona PONTE 3:</u> sovrizzo scogliera esistente per adeguamento sezione idraulica, pulizia invaso.</p>

<p>SISTEMAZIONE IDRAULICA DELLA VAL MORIANA (ECONOMIE ACCERTATE SUI FONDI EX L. 102/90)</p> <p>Geo.Te.C.</p>	<p>2008 2009</p>	<p><u>ZONA 1, compresa tra la strada comunale vecchia (o Via Valeriana) di Incudine ed il ponte della strada privata a quota 910.03 m s.l.m.:</u> Riprofilatura del fondo alveo mediante demolizione delle soglie in pietrame e malta esistenti, raccordando la quota dell'alveo a monte del ponte superiore a quelle a valle del ponte inferiore con unica livelletta in pietrame ammorsata nel betoncino, allo scopo di facilitare il deflusso della corrente. Sottomurazione delle pile del ponte di Via Valeriana allo scopo di evitare possibili escavazioni a seguito dell'asportazione della soglia immediatamente a valle.</p> <p><u>ZONA 2 accessibile percorrendo la strada comunale di Via Villa, all'intersezione con Via delle Fasce a quota 954.30 m s.l.m.:</u> Realizzazione di un muro lungo la strada comunale della Valle Moriana in continuità di quello esistente sino a raggiungere le aree prossime al ponte: tale costruzione è volta a favorire il deflusso controllato delle eventuali acque d'esondazione che possono raggiungere la sede stradale. Per evitare possibili divagazioni delle acque, all'intersezione di via Villa con la strada comunale della Valle Moriana, è previsto un sopralzo di circa 60 cm.</p>
<p>LEGGE VALTELLINA 102/90 (INTERVENTI FINANZIATI CON LE ECONOMIE DEL PIANO DI DIFESA DEL SUOLO) LAVORI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA DELLA VALLE MORIANA - OPERE DI COMPLETAMENTO SCHEDA CM/21/01</p> <p>Dott. Gel. Gilberto Zaina Geo.Te.C.</p>	<p>2009</p>	<p>QUADRO DI RIFERIMENTO PROGRAMMATICO ED AMBIENTALE: analisi degli aspetti ambientali (geologici, geomorfologici, idrografici, forestali e faunistici) ed illustrazione degli strumenti di programmazione dello sviluppo urbanistico e vincolistica;</p> <p>QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE: analisi delle attività ed opere previste (sintesi del progetto);</p> <p>VALUTAZIONE DEI POSSIBILI IMPATTI: valutazione delle possibili interferenze fra opere ed ambiente, con riferimento all'efficacia degli interventi contro i rischi supposti.</p>
<p>III° STUDIO IDROGEOLOGICO A SCALA DI SOTTOBACINO IDROGRAFICO DELLA VALLE CAMONICA</p> <p>Land &amp; Cogeo</p>	<p>2014</p>	<p><u>Interventi in progetto:</u> Ripristino ponti, ripristino opere trasversali, nuove opere trasversali, ripristino opere longitudinali, nuove opere longitudinali, studi e approfondimenti tecnici, manutenzione svasso sfalcio, ripristino opere versante-dissesto</p>
<p>REALIZZAZIONE DI NUOVA INTERSEZIONE A CIRCOLAZIONE ROTATORIA TRA LA VIA VALERIANA E LA STRADA STATALE N. 42 DEL TONALE E DELLA MENDOLA ALLA PROG.VA ANAS Km 123+770 NEL COMUNE DI INCUDINE (BS)</p> <p>Dott. Geol. Gilberto Zaina</p>	<p>2018</p>	<p>Adeguamento del tombotto della Val Moriana lungo la SS 42 con posizionamento di scatolare in calcestruzzo e regimazione idraulica del tratto di alveo della valle direttamente interessato dalle opere stradali: il tombotto verrà completamente rifatto abbassando la quota di fondo ed ampliando gli argini attuali a creare un canale di ampiezza costante fino ad oltrepassare la SS 42. Immediatamente a valle l'alveo verrà ampliato nuovamente verso ovest favorendo la diminuzione della corrente idrica e la confluenza della Valle in Oglio.</p>

## Lineamenti geologici, geomorfologici e idrologici generali

Le caratteristiche generali del sito sono derivate dalle cartografie ufficiali esistenti, costituite principalmente dalle carte tematiche allegatale al PGT Comunale, e dagli studi preesistenti riguardanti il torrente in esame o comunque le aree limitrofe, principalmente:

- “Legge Valtellina 102/90 - Interventi finanziati con le economie del piano di difesa del suolo. Lavori di sistemazione idraulica della Valle Moriana” di Geo.Te.C. (Luglio 2009)
- “Intersezione a circolazione rotatoria tra via Valeriana e la SS 42 del Tonale e della Mendola progressiva km 123+770” del Dott. Geol. Gilberto Zaina (Maggio 2018).



Stralcio della carta geologica del PGT di Incudine – non in scala

La Valle Moriana costituisce, se si esclude il Fiume Oglio, il corso d'acqua di maggior importanza presente nel territorio comunale di Incudine.

Dal punto di vista geologico, l'area in esame è ubicata in alta Val Camonica, e si pone nell'ambito della Linea del Tonale (Linea Insubrica), ovvero una linea tettonica regionale che mette in contatto rocce del Basamento Cristallino Sudalpino (a sud) e rocce del Dominio Austroalpino (a nord). La Linea del Tonale è costituita da un denso fascio di superfici di movimento subparalleli, presentanti una forte inclinazione verso nord e talora subverticali, che delimitano una zona ampia anche centinaia di metri, in cui le rocce hanno subito delle trasformazioni mineralogiche e composizionali in ragione dell'entità dei movimenti relativi indotti dai processi tettonici; in seguito all'elevata intensità degli sforzi sviluppatasi nelle masse rocciose nell'intorno dei piani di scorrimento, le rocce stesse hanno subito intensa fratturazione e talora fenomeni di milonitizzazione. Nel territorio di Incudine la Linea del Tonale risulta essere suddivisa in due linee parallele che se nel primo tratto assumono andamento quasi est ovest, parallelo allo sviluppo della Valle Moriana fra lo sbocco sul conoide alluvionale e la prima biforcazione, subiscono poi una sostanziale curvatura dirigendosi all'esterno dell'area rilevata con direzione sud ovest - nord est.

La Linea Insubrica nell'area presenta un evidente sdoppiamento e tra i due rami sono presenti le Migmatiti di Vernuga, entro cui, secondo la cartografia geologica del PGT di Incudine, scorre parte dell'alveo della Valle Moriana: si tratta di gneiss granitoidi biotitici compatti più o meno scistosi a muscovite prevalente. Il versante sinistro della Valle Moriana è invece contraddistinto dalla presenza delle litologie appartenenti alla formazione degli Scisti di Edolo: generalmente scisti grigio scuri cloritici e talora biotitici con letti e vene di quarzo.

Il versante si configura in modo tipico per una valle glaciale, la quale è caratterizzata da versanti acclivi che ospitano diffusi fenomeni d'instabilità per crollo e/o ribaltamento che interessano il substrato roccioso, mentre si associa ai depositi di copertura la presenza di processi di franamento superficiale. Entro il bacino della Valle Moriana prevalgono le forme ed i processi legati alla gravità, con forme attive, quiescenti ed inattive che hanno eliminato localmente le evidenze della dinamica erosiva del corso d'acqua principale: fenomeni di dissesto coinvolgono sia porzioni di copertura detritica che il substrato roccioso, generando sensibili apporti detritici in alveo, che vengono presi in carico e trascinati a valle sia dalla corrente idrica in occasione di eventi di piena, sia per effetto del trascinamento delle valanghe che si incanalano lungo l'asta torrentizia.

Altro meccanismo che ha il torrente per acquisire materiale solido è l'erosione diretta dell'alveo e delle sponde, specialmente dove queste sono impostate in materiali fini o dove suscettibili di instabilità a seguito di rimozione del supporto al piede. L'approfondimento lineare dell'alveo e l'erosione laterale hanno innescato dei processi gravitativi di versante, in corrispondenza di tratti particolarmente acclivi.

**In relazione alle caratteristiche morfologiche del bacino, l'alveo del Torrente Valle Moriana rappresenta un canale lungo il quale possono defluire delle colate detritico fangose che raggiungono i settori apicali e mediani della conoide.** In relazione alle caratteristiche di pericolosità, il tratto d'alveo lungo la conoide è stato oggetto d'indagine nell'ambito dello studio relativo alla "VALUTAZIONE E ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL RISCHIO DA FRANA IN ADEMPIMENTO ALLA LEGGE 267/98" secondo le indicazioni proposte dal Servizio Geologico della Regione Lombardia; di fatto, secondo la cartografia PAI, questo tratto è compreso in un'area a rischio idrogeologico molto elevato (RME).

Il tratto oggetto di intervento è ubicato entro la conoide alluvionale che il torrente genera allo sbocco sul fondovalle prima della confluenza con il Fiume Oglio. La conoide è costituita da depositi sciolti, con clasti generalmente arrotondati le cui dimensioni diminuiscono dall'apice della conoide verso la zona distale, in relazione alla progressiva diminuzione della velocità della corrente. Per il prevalente carattere torrentizio della Valle Moriana, questi depositi sono più legati ad episodi di trasporto in massa sotto forma di colate (debris flow), che ad un'azione trattiva della corrente. Gli orizzonti legati ai fenomeni di trasporto in massa sono generalmente costituiti da massi, ciottoli e ghiaia in matrice di sabbia e limo; la percentuale di matrice è variabile e, soprattutto nelle zone distali, può diventare prevalente rispetto ai clasti. La presenza di opere di trattenuta e di regimazione nel settore superiore della conoide, in ogni caso, fa sì che le porzioni più distali possano essere raggiunte dalle sole acque di rilascio a seguito del deposito del materiale detritico. Gli orizzonti dovuti ad un'azione trattiva della corrente sono invece a supporto clastico, costituiti in genere da ciottoli e ghiaia con sabbia.

A livello idrogeologico, questi materiali sono caratterizzati da una permeabilità variabile da bassa ad elevata in funzione degli aspetti granulometrici e tessiturali.

Lungo la conoide della Valle Moriana, in sinistra idrografica è presente una depressione allungata in direzione est-ovest collegabile ad un paleoalveo, ossia un vecchio tracciato percorso dalle acque della Valle Moriana ed ora abbandonato. Tale elemento è stato definito nella documentazione del PGT di Incudine come "potenzialmente riattivabile" a seguito di eventi di piena e fenomeni di esondazione all'altezza del ponte immediatamente a monte, posto lungo la strada che attraversa l'abitato al Vago. Tale condizione è possibile per le dimensioni della luce libera del ponte stesso.

**In sintesi, la conoide alluvionale della Valle Moriana può essere quindi considerata, DAGLI STUDI SINO AD ORA ESEGUITI E APPROFONDIMENTI approvati dagli enti, in gran parte inattiva; la porzione attiva si limita al solo alveo principale e ad una fascia nelle aree adiacenti l'alveo, delimitata dalle scarpate d'erosioni inattive in risalto morfologico, nel tratto apicale e medio distale. Il settore della conoide considerato "quiescente" coincide con l'avvallamento allungato in direzione est-ovest riconducibile ad un alveo abbandonato.**

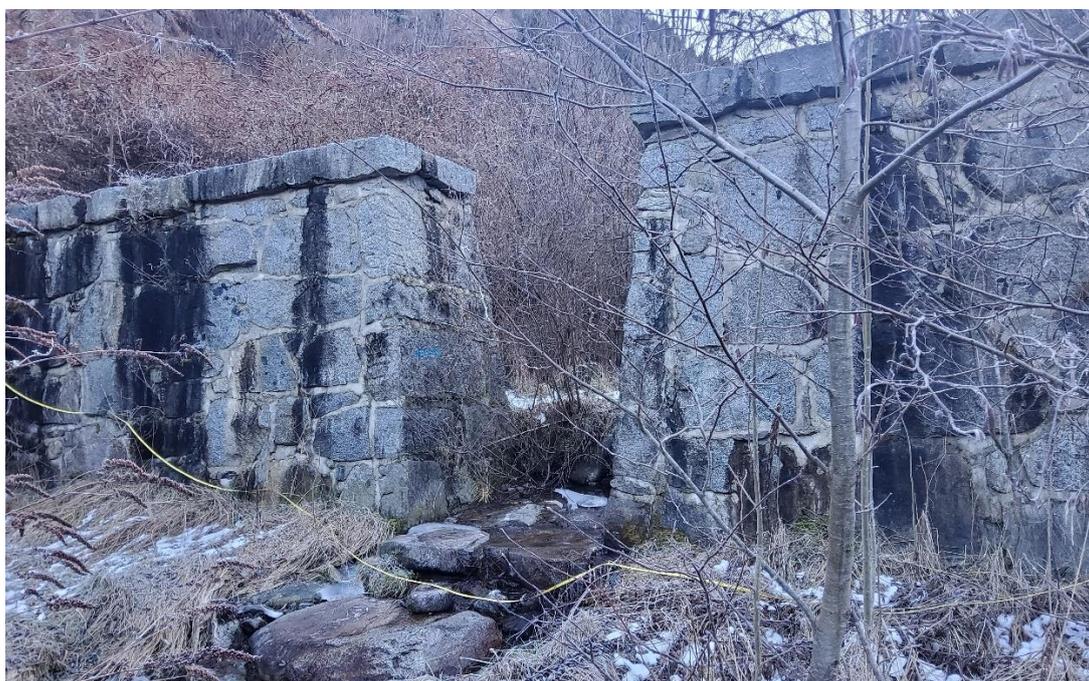
Dato il progressivo modificarsi del clima con eventi meteo sempre più intensi e pericolosi, che di fatto in Val Camonica stanno colpendo sia la parte alta del bacino che l'intero territorio montano, sarebbe opportuno rivedere uno studio generale del bacino idrografico e programmare ulteriori opere e, soprattutto, predisporre sistemi di allerta per il formarsi di colate detritiche. Tali sistemi sono oggi diffusamente ed efficacemente impiegati in bacini montani soggetti a colate detritiche come quello in esame e possono rappresentare delle valide azioni per mitigare il rischio, agendo attivamente sull'esposizione. La possibilità di segnalare l'insorgere di un evento di colata in alveo, con sirene, semafori e dispositivi di comunicazione, consente alle persone di allontanarsi dalla zona pericolosa ed evitare pertanto di essere coinvolti in eventi di dissesto. Si auspica pertanto che tali sistemi siano presto presi in considerazione ed installati per bacini come questo che presentano tali problematiche.

La presente relazione non prevede l'analisi delle condizioni di pericolosità della conoide poiché sarebbe necessario uno studio specifico di bacino, non necessario per l'intervento previsto che di fatto non comprende opere strutturali nuove ma attività di manutenzione finalizzata al miglioramento delle condizioni di deflusso della piena.

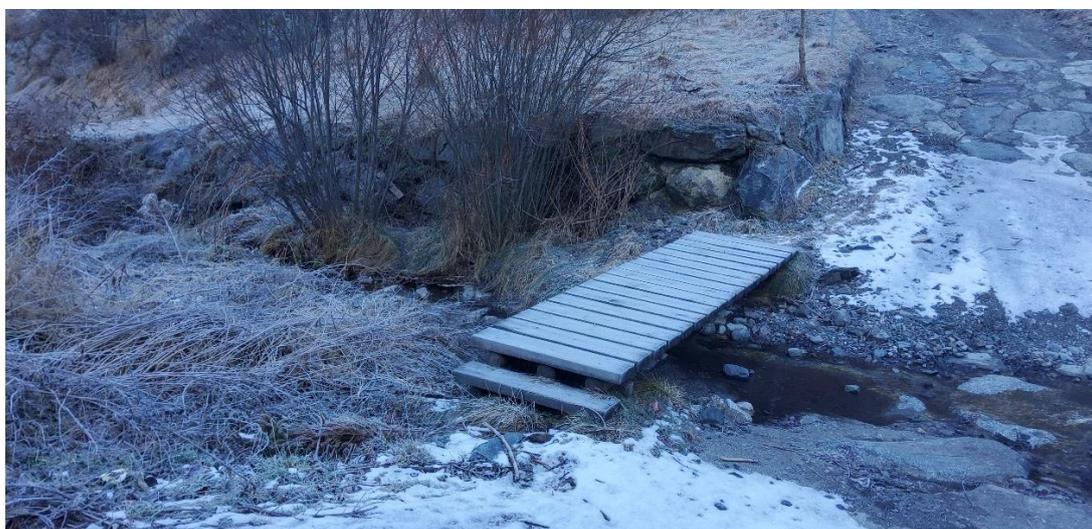
## Stato dei luoghi

Gli interventi in progetto si concentrano lungo il tratto di alveo che incide la conoide alluvionale, dall'abitato di Incudine in corrispondenza della SS42, sino al guado della strada comunale, che conduce all'attrazione della "panchina gigante 71". Attualmente l'intero tratto d'alveo impostato sulla conoide alluvionale, dall'apice sino alla confluenza nel Fiume Oglio, è stato oggetto di regimazione idraulica con la realizzazione di scogliere e muri d'argine e la stabilizzazione del fondo mediante soglie e briglie.

Nel dettaglio, a monte del guado lungo la strada comunale vecchia è presente una briglia selettiva in pietrame, con selciato e scogliera in blocchi intasati nel calcestruzzo a valle. In relazione alla ridotta acclività in questo tratto, prevalgono i fenomeni di deposizione rispetto a quelli di trasporto.



*Briglia selettiva a monte del guado, con gaveta di circa 13 m*



*Ponticello in legno lungo il guado*

Tutto il tratto compreso fra il ponte posto a quota circa 954 m, lungo via Villa e la briglia selettiva è stato oggetto di interventi che hanno previsto lo svasso e la riprofilatura dell'alveo, con formazione di una scogliera in grossi blocchi rocciosi al piede a configurazione pressoché regolare e la posa di diverse soglie lungo l'alveo. All'altezza delle abitazioni in destra idrografica è stato innalzato l'attraversamento costituito da un ponte in c.a. Le soglie di fondo presenti risultano attualmente completamente sommerse da materiale e hanno pertanto perso gran parte della loro funzione; per quanto possibile osservare tra i detriti e la vegetazione, alcune soglie appaiono anche parzialmente sottoescavate alla base a causa del salto idraulico che si genera, in particolare quelle a monte del ponte in c.a. che conduce alle abitazioni in destra idrografica. L'alveo è completamente infestato da vegetazione arbustiva e arborea che cresce sul fondo e lungo le sponde, rendendo poco visibili anche le difese di sponda presenti. Il corso d'acqua incide i depositi, rendendo perciò misurabile lo spessore dei detriti in alveo, che si attesta su valori variabili fra 30 e 50 cm.



*Soglie di fondo completamente infestate da vegetazione e sommerse da materiale accumulato*



*Soglia sottoescavata e con evidenti segni di ammaloramento*



*Vegetazione infestante l'alveo appena a valle dell'attraversamento a livello delle case in destra idrografica*



*Soglie sottoescavate e riempite da materiale, lungo il tratto a monte dell'attraversamento di via Villa*

A valle dell'attraversamento di via Villa la sezione di alveo si allarga e lo spessore dei depositi, ove misurabile, si attesta attorno ai 30-40 cm. Anche in questo caso le soglie di fondo presenti risultano intasate da materiale detritico e la vegetazione, per lo più arbustiva, infesta alveo e sponde.

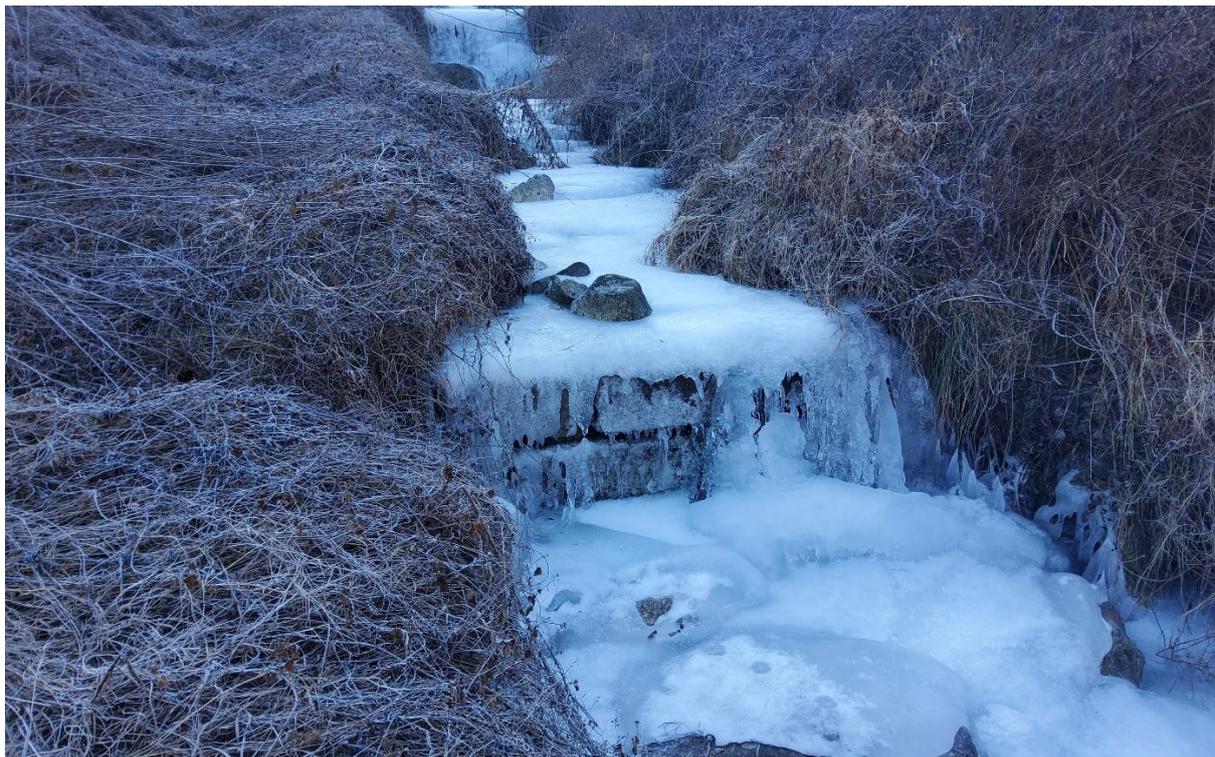
A monte di via Valeriana, che si raccorda alla SS42, è presente un'ulteriore briglia selettiva, a valle della quale lo spessore dei depositi diminuisce, restando attorno a valori di circa 20 cm.



*Vegetazione arbustiva infestante alveo e sponde a valle dell'attraversamento di via Villa*



*Briglia selettiva intasata da materiale e coperta da vegetazione infestante*



*Soglie intasate di materiale detritico e coperte da vegetazione infestante*

La SS42 attraversa il torrente mediante un tombotto in calcestruzzo con sezione idraulica rettangolare delle dimensioni massime pari a 3.0 x 1.3 m, con un impalcato di 1.6 m. Circa 20 m a valle della SS42, la Val Moriana confluisce in Oglio: il tratto inferiore dell'alveo è definito da argini in muratura che raggiungono altezza media dell'ordine di 2.0 m, raccordandosi agli argini artificiali del Fiume Oglio; l'alveo è sagomato a formare un imbuto che favorisce il deflusso verso ovest direttamente in Oglio.



*Attraversamento di via Valeriana*

A sud del ponte di via Villa, sino all'intersezione con via Valeriana, è presente un avvallamento allungato in direzione est-ovest in sinistra idrografica, che attraversa il settore mediano della conoide. L'avvallamento è riconducibile ad un alveo abbandonato e costituisce un vecchio tracciato percorso dalle acque della Valle Moriana: ad oggi il ramo risulta abbandonato per effetto dell'evoluzione naturale del corso d'acqua e delle attività antropiche. Tuttavia, sussiste la possibilità che lo stesso sia percorso dalle acque di esondazione che, a partire da punti critici, possono fuoriuscire dall'alveo principale: i punti critici corrispondono principalmente agli attraversamenti stradali ed in particolare al ponte di Via Villa, che costituisce una restrizione della sezione di deflusso ed in occasione di piene con trasporto solido non contenuto dalla briglia selettiva presente a monte, può determinare l'occlusione parziale della sezione con potenziale esondazione in sinistra idrografica.



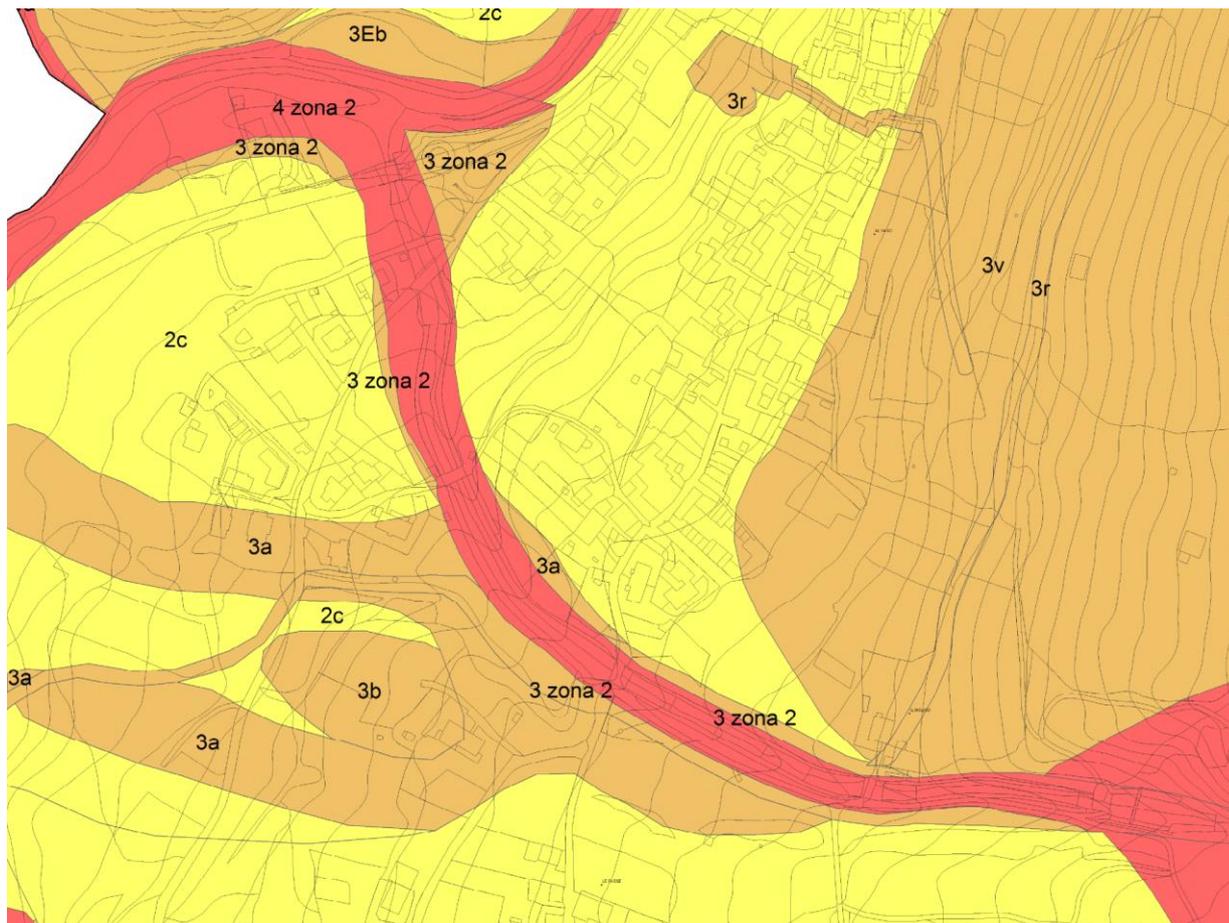
*Impluvio laterale riconducibile ad un paleoalveo della Val Moriana*

## FASE DI ELABORAZIONE E INTERPRETAZIONE DATI

### Vincoli geologici

#### **Fattibilità**

Gli interventi coinvolgono zone comprese nella classe 4 di fattibilità geologica, fattibilità con gravi limitazioni, essendo poste lungo l'alveo del torrente che, come precedentemente accennato, è inserito in un'area a rischio idrogeologico molto elevato del PAI (ex area PS 267).



**CLASSE DI FATTIBILITA' 4**  
AREE CON GRAVI LIMITAZIONI ALLA DESTINAZIONE D'USO DEI TERRENI

**4**

In questa classe ricadono le aree in cui l'alto rischio comporta gravi limitazioni alla destinazione d'uso dei terreni. Dovrà essere esclusa qualsiasi nuova edificazione se non tenuta al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica dei siti. Per gli edifici esistenti sono ammessi interventi così come definito dall'art. 27, lettera a,b,c, della L.R. 12/2005. Norme specifiche d'uso del suolo sono riportate per ogni sottoclasse nelle norme tecniche.

*Stralcio della carta di fattibilità geologica, tratta dal PGT comunale (non in scala)*

Le norme geologiche di piano riportano le seguenti prescrizioni:

#### CLASSE 4

#### FATTIBILITÀ CON GRAVI LIMITAZIONI

L'alta pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso.

Nelle aree in CLASSE 4 è esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti.

Per gli edifici esistenti sono consentite le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'art. 27, comma 1, lettera a), b), c) della L.R.12/05, senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo. Sono consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa sismica purché questi interventi non modifichino i rapporti struttura/terreno esistenti. In tal senso dovrà pertanto essere prodotta un'apposita dichiarazione del progettista.

Eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico possono essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili: dovranno comunque essere puntualmente e attentamente valutate in funzione della tipologia di dissesto e del grado di rischio che determinano l'ambito di pericolosità/vulnerabilità omogenea. A tal fine, alle istanze per l'approvazione da parte dell'autorità comunale, deve essere allegata apposita relazione geologica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico.

Strade d'accesso ad edifici esistenti, che si sviluppano in ambiti di CLASSE 4 della fattibilità geologica seguendo tracciati esistenti documentati in mappa (quali sentieri, mulattiere), qualora accertato che questi non possano essere altrimenti localizzabili, potranno essere concesse se il tracciato si sviluppa per lunghezze limitate con larghezze massime non superiori a 3.0 m e privi di copertura impermeabile; il progetto dovrà essere accompagnato da una relazione geologica che verifichi come l'intervento non aumenti le condizioni di dissesto riconosciuto ed individui le eventuali opere di messa in sicurezza tarate sulle condizioni di rischio atteso.

Per ogni intervento concesso, sarà cura del comune far sottoscrivere una dichiarazione di assunzione di piena responsabilità in merito ad eventuali danni connessi all'evoluzione del fenomeno atteso.

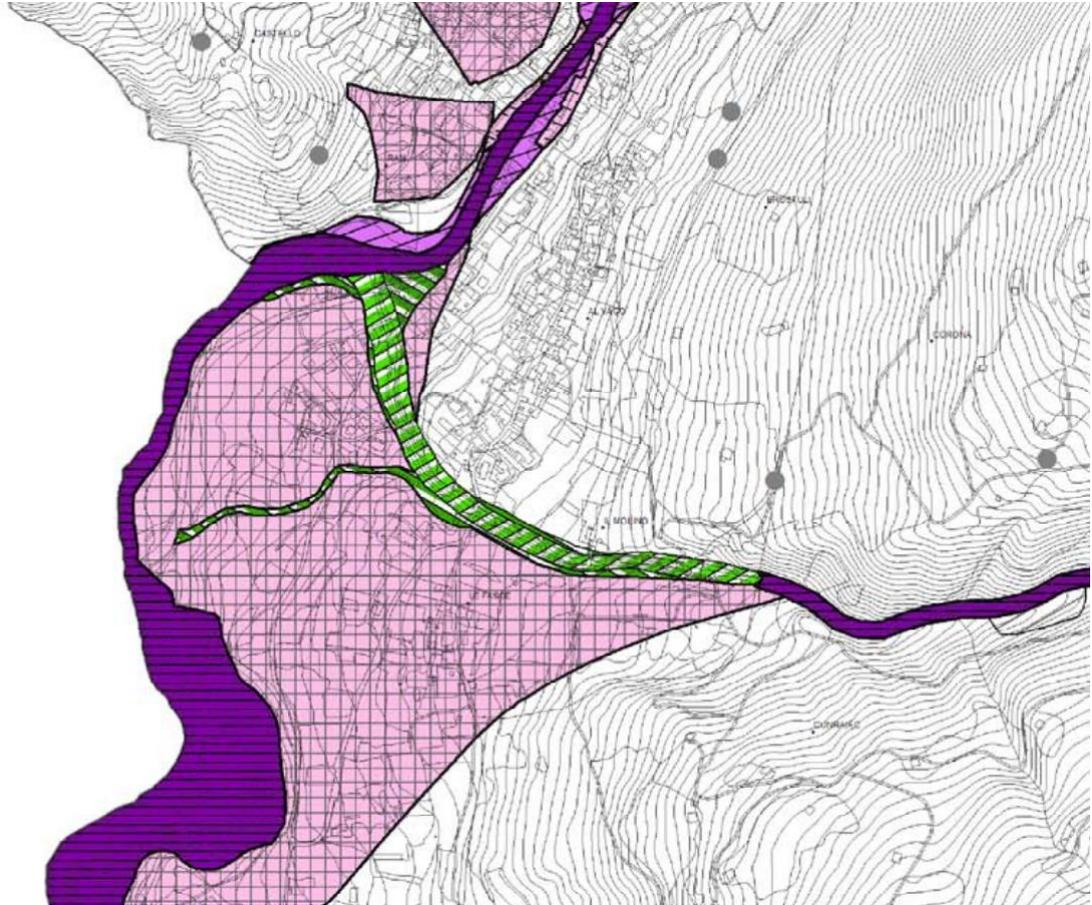
Modifiche alle perimetrazioni delle aree in CLASSE 4 riportate nella cartografia possono essere adottate a seguito della realizzazione di interventi di protezione e/o sistemazione del dissesto previa la verifica della pericolosità residua approvata dall'autorità competente.

Ricadono in tale classe quelle aree nelle quali sono state riconosciute condizioni limitanti al cambio di destinazione d'uso, riconosciute ai sensi del PAI (Piano di assetto idrogeologico: aree Ee, Fa, Ca o ZONA 1 Aree EX L267)).

Nelle aree perimetrale nella Carta dei Dissesti con Legenda PAI dell'Autorità di Bacino del Fiume Po vigono comunque le limitazioni d'uso introdotte dalle NTA del PAI – Piano di Assetto Idrogeologico per le quali si rimanda al paragrafo successivo.

**PAI-PGRA (Piano Assetto Idrogeologico)**

Compatibilmente a quanto riportato dalla fattibilità geologica, il tratto di alveo oggetto di intervento è compreso in una perimetrazione a rischio idrogeologico molto elevato (RME) del PAI (Zona 1).

**AREE 267****Area a rischio idrogeologico PAI**

(Ex area PS 267 zona 1)

**Area a rischio idrogeologico PAI**

(Ex area PS 267 zona 2)

*Stralcio della carta dei dissesti PAI e PGRA, tratta dal PGT comunale (non in scala)*

Le Norme di Attuazione del PAI riportano le seguenti prescrizioni:

**Art. 49. Aree a rischio idrogeologico molto elevato**

1. Le aree a rischio idrogeologico molto elevato sono individuate sulla base della valutazione dei fenomeni di dissesto idraulico e idrogeologico, della relativa pericolosità e del danno atteso. Esse tengono conto sia delle condizioni di rischio attuale sia delle condizioni di rischio potenziale anche conseguente alla realizzazione delle previsioni contenute negli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica.
2. Le aree a rischio idrogeologico molto elevato sono perimetrate secondo i seguenti criteri di zonizzazione:
 

ZONA 1: area instabile o che presenta un'elevata probabilità di coinvolgimento, in tempi brevi, direttamente dal fenomeno e dall'evoluzione dello stesso;

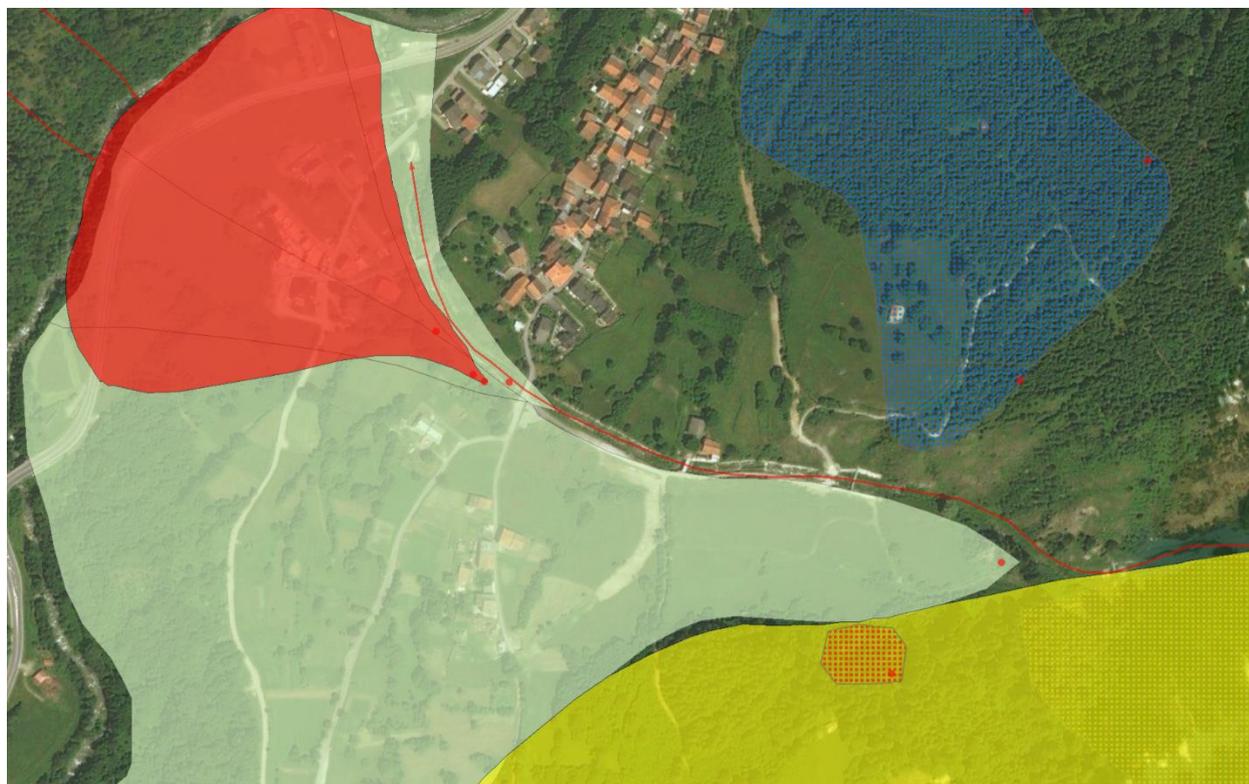
ZONA 2: area potenzialmente interessata dal manifestarsi di fenomeni di instabilità coinvolgenti settori più ampi di quelli attualmente riconosciuti o in cui l'intensità dei fenomeni è modesta in rapporto ai danni potenziali sui beni esposti.

**Art. 50. Aree a rischio molto elevato in ambiente collinare e montano**

1. Nella porzione contrassegnata come ZONA 1 delle aree di cui all'Allegato 4.1 all'Elaborato 2 di Piano, sono esclusivamente consentiti:
  - gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
  - gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, così come definiti alle lettere a), b), c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457, senza aumenti di superficie e volume, salvo gli adeguamenti necessari per il rispetto delle norme di legge;
  - le azioni volte a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità con riferimento alle caratteristiche del fenomeno atteso. Le sole opere consentite sono quelle rivolte al consolidamento statico dell'edificio o alla protezione dello stesso;
  - gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria relativi alle reti infrastrutturali;
  - gli interventi volti alla tutela e alla salvaguardia degli edifici e dei manufatti vincolati ai sensi del D.Lgs. 29 ottobre 1999 n. 490 e successive modifiche e integrazioni, nonché di quelli di valore storico-culturale così classificati in strumenti di pianificazione urbanistica e territoriale vigenti;
  - gli interventi per la mitigazione del rischio idrogeologico e idraulico presente e per il monitoraggio dei fenomeni;
  - la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto dello stato di dissesto in essere.
2. Per gli edifici ricadenti nella ZONA 1 già gravemente compromessi nella stabilità strutturale per effetto dei fenomeni di dissesto in atto sono esclusivamente consentiti gli interventi di demolizione senza ricostruzione e quelli temporanei volti alla tutela della pubblica incolumità.

**IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi d'Italia)**

Per il sito dell'intervento, la cartografia IFFI segnala la presenza di fenomeni di colamento rapido che si incanalano nell'alveo del torrente, e la presenza di conoidi detritico-alluvionali, in accordo con quanto espresso dalla cartografia PAI.



Frane lineari



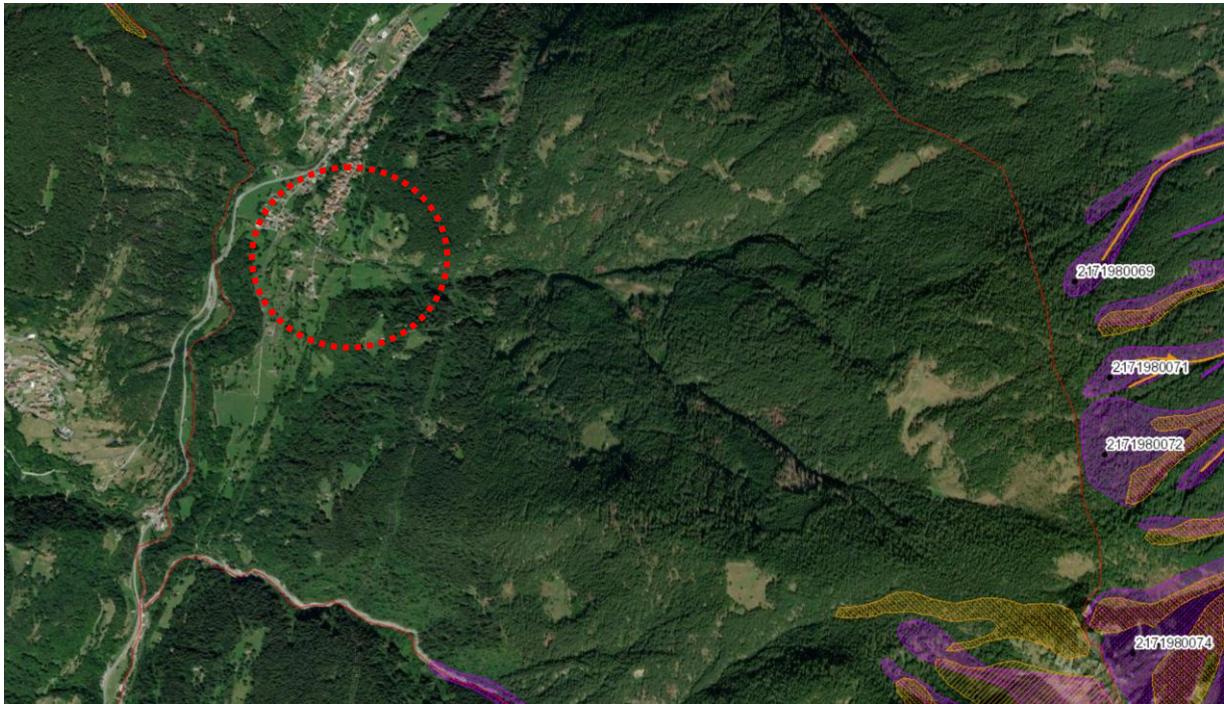
Conoidi detritico-alluvionali



Stralcio della carta IFFI per l'area di interesse, tratta dal Geoportale di Regione Lombardia (non in scala)

### Carta di Localizzazione Probabile delle Valanghe (CLPV)

La CLPV non riporta la presenza di fenomeni valanghivi in grado di raggiungere il sito di intervento.



- Valanghe (fotointerpr.)
- Valanghe
  - Zone Pericolose
  - Possibili continuazioni
  - Zone presunte pericolose
- Valanghe
- Valanghe
  - Zone pericolose
  - Possibili continuazioni
  - Zone presunte pericolose

Pericolo localizzato

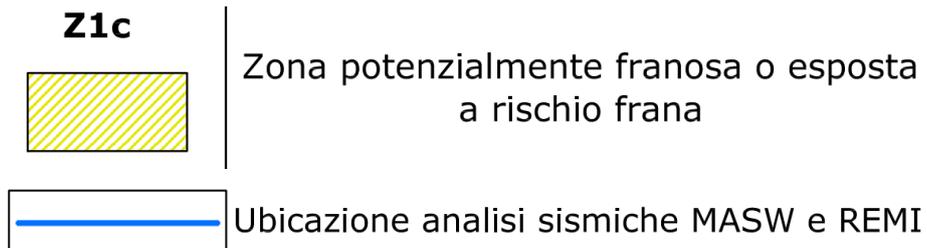
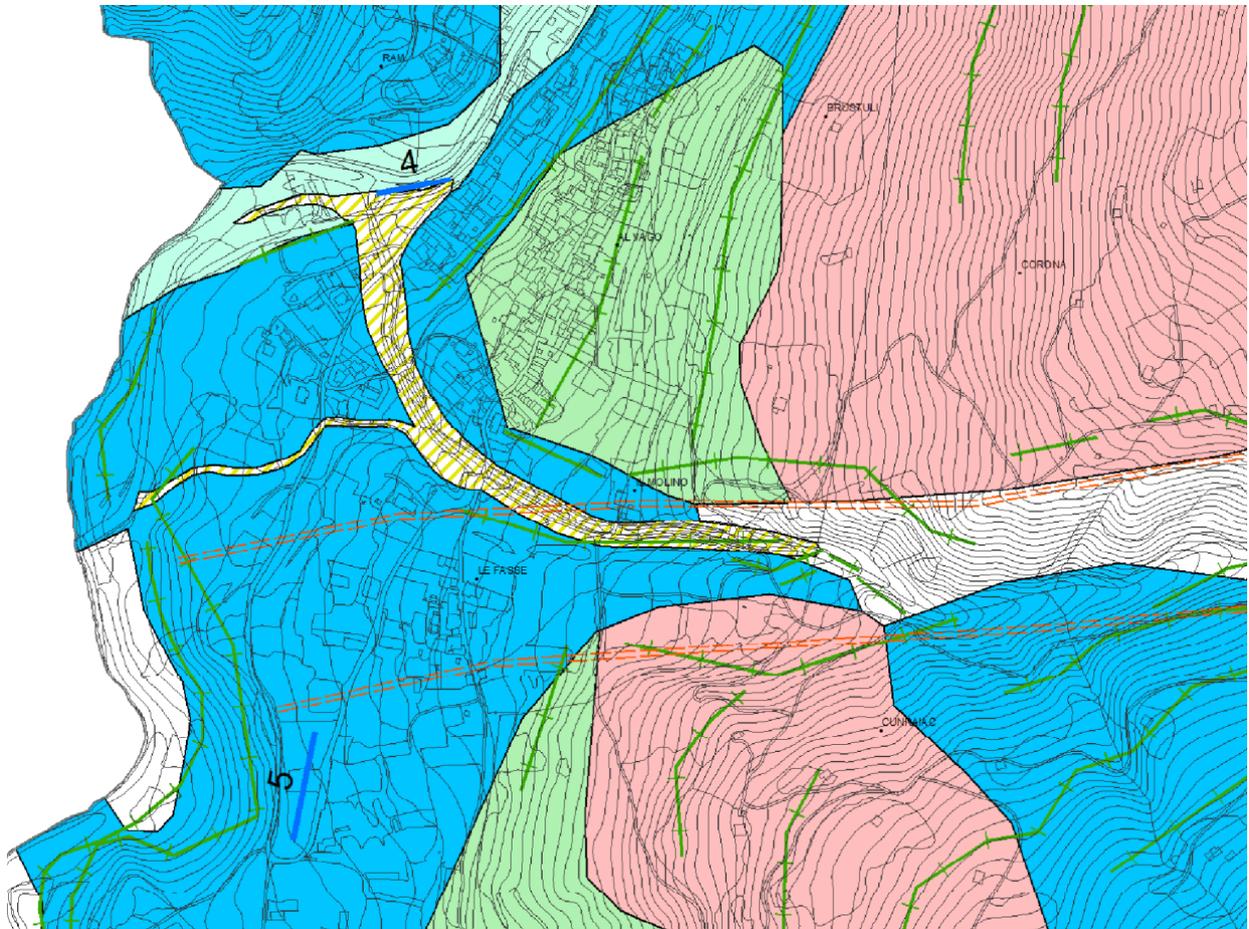


Stralcio della CLPV, tratta dal geoportale della Lombardia (non in scala)

Stralcio della CLPV, tratta dal geoportale della Regione Lombardia (non in scala)

**Pericolosità sismica locale (PSL)**

L'alveo del torrente per tutto il tratto in esame è perimetrato come zona potenzialmente franosa o esposta a rischio frana (Z1c).

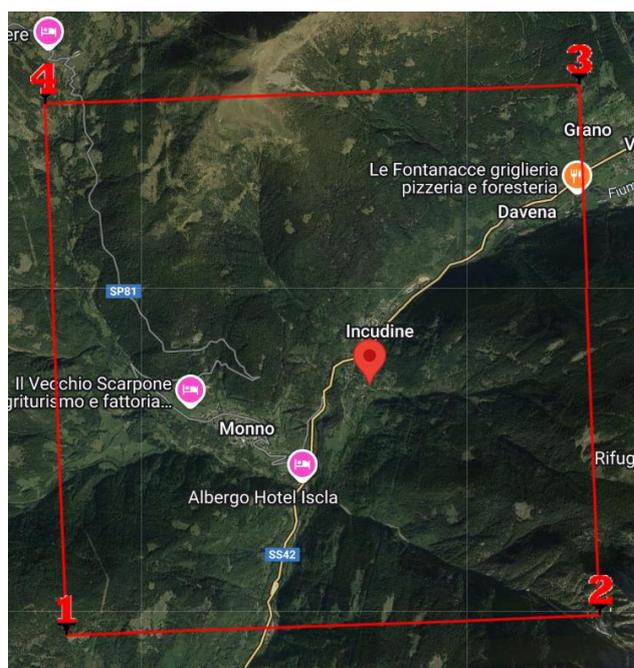


Stralcio della carta della PSL per l'area di intervento, tratta dal PGT comunale – non in scala.

## Caratteri sismici del sito

Recentemente Regione Lombardia, con D.g.r. 11 luglio 2014 – n.° X/2129 pubblicata sul BURL n° 29 Serie Ordinaria del 16 luglio 2014, ha aggiornato la classificazione sismica dei comuni lombardi: tale classificazione è in vigore, dopo alcune proroghe, dall'aprile 2016 e prevede ora, per il comune di Ceto, la zona sismica 3. Mediante un'estensione del Software GeoStru (*GeoStru PS*) è possibile avere i parametri sismici generali di una qualsiasi zona, con riferimento ad un substrato rigido orizzontale (classe di sottosuolo A). Il software si basa sulla posizione geografica dell'area per la definizione dell'accelerazione sismica prevista; questa a sua volta è definita in determinati punti che formano una maglia di valori di accelerazione estesa a tutto il territorio nazionale. Per la zona di interesse, i dati di accelerazione che si ottengono sono riportati nella figura seguente. Alla situazione semplificata così ottenuta, bisogna aggiungere le caratteristiche del sito, in particolare l'amplificazione stratigrafica causata dai depositi (dove presenti) e quella topografica. Per valutare questi due aspetti si sono utilizzati **un suolo di categoria "D" e una categoria topografica T2** (pendii con inclinazione media  $i > 15^\circ$ ).

La categoria D è stata scelta sulla base dell'indagine MASW n.4 riportata dal PGT comunale, con relativa analisi di secondo livello.



### Stati limite

Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...

Vita Nominale 50

Interpolazione Media ponderata

**CU = 1**

Stato Limite	Tr [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$	$T_c^*$ [s]
Operatività (SLO)	30	0.025	2.579	0.180
Danno (SLD)	50	0.031	2.603	0.199
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.061	2.725	0.290
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.075	2.776	0.305

Periodo di riferimento per l'azione sismica: 50

Sopra: ubicazione dell'area dell'intervento rispetto alle maglie di calcolo;

a destra: l'output del software GeoStru PS per un suolo di categoria A e classe topografica T1

### Coefficienti sismici

 Tipo Stabilità dei pendii e fondazioni

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m) us (m)  
 1 0.1

 Cat. Sottosuolo D

 Cat. Topografica T2

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,80	1,80	1,80	1,80
CC Coeff. funz categoria	2,95	2,80	2,32	2,26
ST Amplificazione topografica	1,20	1,20	1,20	1,20

Acc.ne massima attesa al sito [m/s<sup>2</sup>] 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.011	0.013	0.027	0.032
0.005	0.007	0.013	0.016	
Amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.527	0.650	1.300	1.580
Beta	0.200	0.200	0.200	0.200

### Parametri di calcolo per la verifica di stabilità di pendii e fondazioni

### Coefficienti sismici

 Tipo Fronti di scavo e rilevati

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m) us (m)  
 1 0.1

 Cat. Sottosuolo D

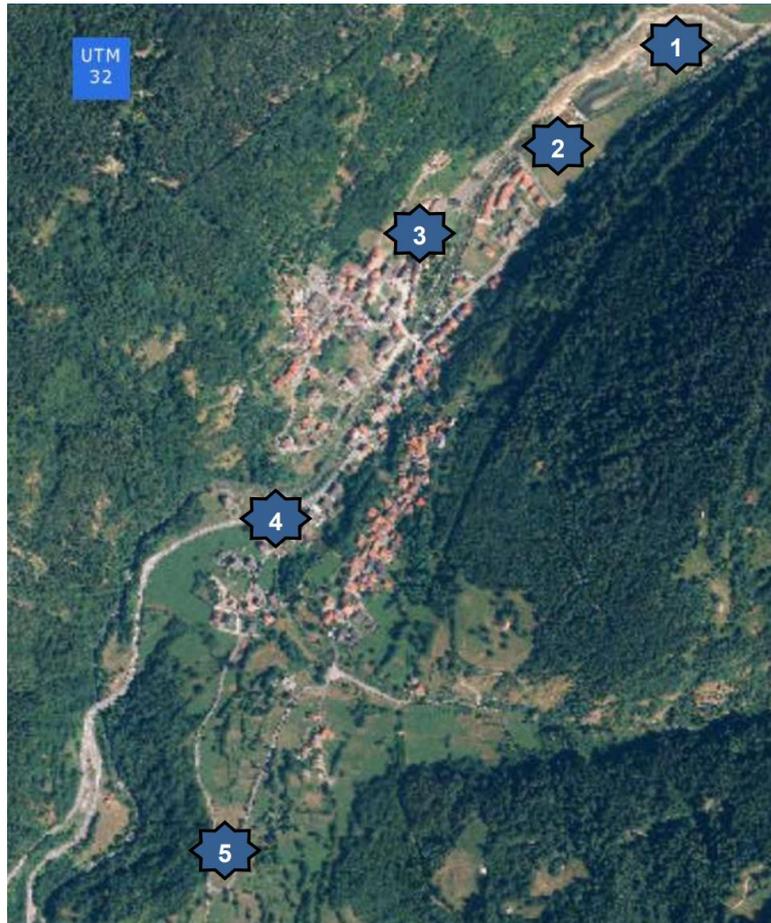
 Cat. Topografica T2

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,80	1,80	1,80	1,80
CC Coeff. funz categoria	2,95	2,80	2,32	2,26
ST Amplificazione topografica	1,20	1,20	1,20	1,20

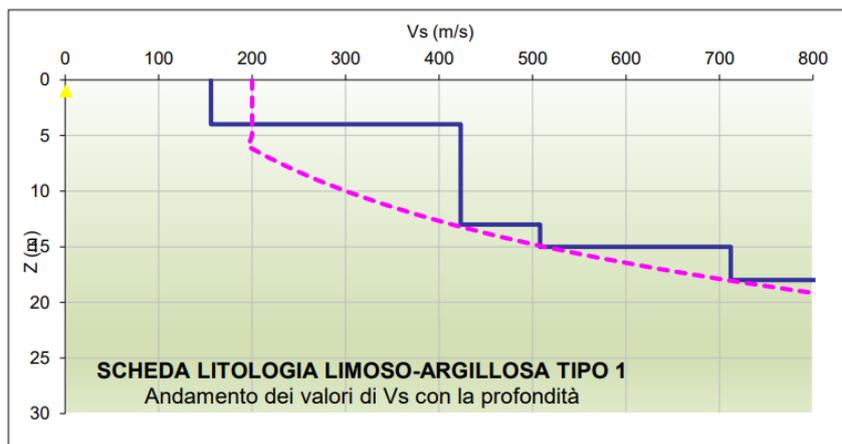
Acc.ne massima attesa al sito [m/s<sup>2</sup>] 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.000	0.031	0.050	0.000
kv	--	0.016	0.025	--
Amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.527	0.650	1.300	1.580
Beta	--	0.470	0.380	--

### Parametri di calcolo per la verifica di fronti di scavo e rilevati



Ubicazione delle indagini sismiche riportate dal PG comunale, per la presente relazione si è fatto riferimento all'indagine n.4



N	Località/Via	PSL	Suolo	Scheda	T (s)	Curva	Fa'	Fa <sub>reg</sub> (0.1-0.5s)
1	NE Al Solivo/Vasche deposito	Alluvioni di fondovalle	E	Limoso Sabbiosa - Tipo 1	0.13	3	1.8	1.9
2	NE Al Solivo/Fondovalle	Alluvioni di fondovalle	B	Limoso Ghialosa	0.15	3	1.3	1.4
3	Al Solivo/Area cimitero	Deposito di versante	E	Limoso Sabbiosa - Tipo 1	0.17	3	1.4	1.9
4	SS42/Conoide Val Moriana	Conoide inferiore	E	Limoso Argillosa - Tipo 1	0.17	3	1.4	1.9
5	Al Vago/Conoide Moriana	Conoide medio	B	Limoso Argillosa - Tipo 2	0.22	3	1.6	1.4

Profilo delle Vs ricavato dalla MASW n.4 e risultato delle analisi di secondo livello riportate dal PGT di Incudine

## Considerazioni in merito alla liquefazione dei terreni

Le Norme Tecniche per le costruzioni richiedono una verifica alla suscettibilità di liquefazione dei terreni su cui insiste il progetto: “Il sito presso il quale è ubicato il manufatto deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate. Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione” (art. 7.11.3.4.1 DM 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”).

Al capitolo 7.11.3.4.2 dello stesso decreto (*Esclusione alla verifica di liquefazione*) è riportato che:

“La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)60 > 30$  oppure  $qc1N > 180$  dove  $(N1)60$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc1N$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .”

**Nel caso in esame, i depositi osservati nel sito sono di natura ghiaiosa.** Questi fattori, uniti alle ridotte accelerazioni sismiche attese, porta a ritenere che l'aspetto di liquefazione dei terreni presenti una condizione di rischio bassa o nulla.

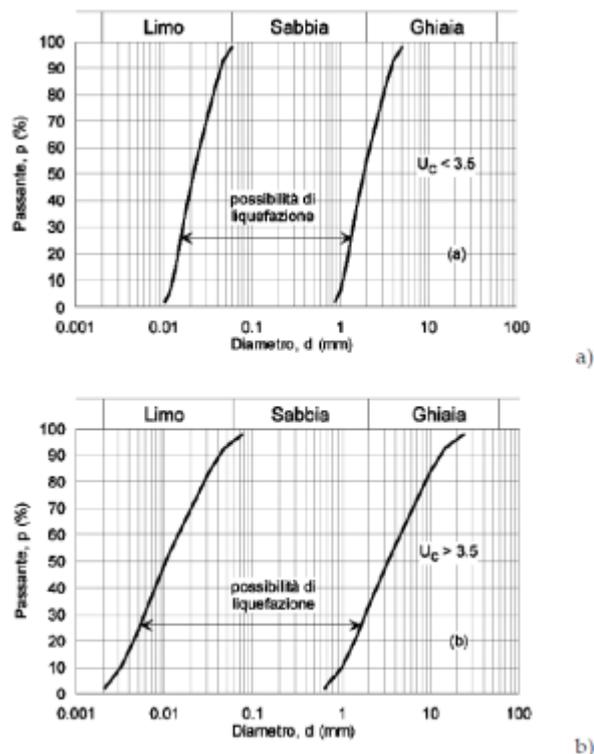


Fig. 7.11.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

## FASE DI SINTESI

### Rischi geologici naturali e indotti

Ogni opera dell'uomo determina delle variazioni alle condizioni naturali preesistenti.

Per un'analisi delle interferenze, si possono distinguere i rischi geologici naturali, connessi al sito e pertanto caratteristici di ogni zona, che ha avuto, nel tempo geologico, le sue trasformazioni e modifiche, e quelli indotti, connessi alla specifica attività dell'uomo.

Di fatto, per quanto attiene i rischi di **carattere geologico in senso stretto**, le opere sono inserite, per loro natura, in un contesto critico, segnalato anche nell'ambito del PAI, in cui è probabile il transito di onde di piena con elevata energia e ingente trasporto solido, in grado di incidere ed erodere sia l'alveo che le sponde. Il trasporto solido può essere di fondo o galleggiante: in ogni caso sono possibili danni dovuti all'impatto con i blocchi di maggior dimensione e con il materiale flottante (ramaglie, tronchi), nonché erosione del deposito di fondazione sia per le opere laterali che trasversali.

La presenza di vegetazione arbustiva e arborea, molto sviluppata soprattutto a monte dell'attraversamento di via Villa, e la presenza di materiale detritico accumulato entro l'alveo, comportano una diminuzione della sezione di flusso e dell'efficienza delle opere esistenti, favorendo pertanto la possibilità di eventuali fenomeni di tracimazione.

La presenza di un paleoalveo abbandonato in sinistra idrografica può in parte rappresentare una condizione di rischio, in quanto esso può costituire un percorso preferenziale che potrebbe essere ripreso a seguito di un'eventuale esondazione dovuta a fenomeni di piena e/o colata, con conseguente deviazione di parte della corrente.

I **rischi geologici indotti** sono sostanzialmente connessi alla possibile erosione del terreno di fondazione a valle delle strutture trasversali in caso il salto idraulico da esse prodotto sia troppo accentuato, oppure l'alveo a valle delle stesse non sia adeguatamente protetto. Analogamente, la presenza stessa dei ponti produce una modifica dell'assetto topografico e altimetrico locale dell'asta torrentizia, determinando una variazione del comportamento del trasporto sia liquido che solido. Si tratta tuttavia di opere già da tempo presenti, per cui il progetto non prevede variazioni in questo senso

### Sintesi e indicazioni operative

Quanto sotto riportato è stato dedotto da dati generali, riportati nelle cartografie ufficiali, dai dati di sito ricavati dai sopralluoghi effettuati e da quanto riportato negli studi preesistenti.

L'area in esame è ubicata entro l'alveo del Torrente Valle Moriana di Incudine, che incide la sua conoide alluvionale generata allo sbocco sul fondovalle prima della confluenza con il Fiume Oglio.

Entro l'alveo sono presenti depositi di natura alluvionale, torrentizi o associati a colate di detrito frutto dell'attività del torrente. Questi sono costituiti da depositi grossolani, ghiaie con matrice sabbiosa, con blocchi, localmente associati a materiale fine e coperti in superficie da un livello di suolo su cui cresce abbondante vegetazione; lungo la conoide alluvionale il grado di addensamento dei depositi migliora con la profondità come dimostrato dal progressivo aumento delle velocità di propagazione delle onde sismiche ottenute dalle indagini condotte negli ambiti degli studi preesistenti

precedentemente citati. I depositi di conoide poggiano direttamente sul substrato roccioso e a valle della SS42 i depositi di conoide possono essere interdigitali con le alluvioni del Fiume Oglio.

A livello tecnico, i materiali possono essere descritti dai seguenti parametri, come esplicitato nella relazione geologica per il lavoro “*Intersezione a circolazione rotatoria tra via Valeriana e la SS 42 del Tonale e della Mendola progressiva km 123+770*” del Dott. Geol. Gilberto Zaina (Maggio 2018):

UNITA	Descrizione	Angolo d'attrito (°)	Coesione kPa	Peso di volume	Modulo elastico (MPa)	Modulo dinamico (MPa)
1	Terreni di riporto	29.5	5	16.0 – 16.5	1000	400
2	Depositi di conoide/alluvioni	37	10	19.0	10000	3500
3	Substrato roccioso fratturato	30	20	21.0 – 22.0	30000	11000
4	Substrato roccioso compatto	34	30	21.0 – 22.0	55000	20000

Per quanto riguarda le caratteristiche sismiche di sito, l'area di intervento, essendo impostata su depositi alluvionali e di colata detritica, è pertanto soggetta a possibili effetti di amplificazione sismica di sito, per i quali, sulla base dell'indagine MASW riportata dal PGT di Incudine e della relativa analisi di secondo livello, si consiglia l'utilizzo della categoria di suolo D e della categoria topografica T2.

In relazione alle caratteristiche morfologiche del bacino, l'alveo del torrente rappresenta un canale lungo il quale possono defluire delle colate detritico fangose che raggiungono i settori apicali e mediani della conoide. L'intero tratto in esame del torrente, di fatto, dall'apice della conoide sino alla confluenza, è stato oggetto in passato, a più riprese, di interventi che hanno previsto la posa di diverse opere di difesa, sia di tipo trasversale (soglie di fondo e briglie selettive) che difese di sponda (scogliere in massi ciclopici), corredate da operazioni di riprofilatura, svaso e pulizia dell'alveo. Attualmente, gran parte di queste opere non risponde più alla funzione: l'alveo del torrente è infatti completamente infestato da vegetazione arbustiva e arborea, che ricopre anche le opere; inoltre esse risultano quasi completamente sommerse dal materiale solido trasportato e alcune di queste sono parzialmente scalzate al piede a causa dell'azione di erosione della corrente. Questo assetto inficia il corretto smaltimento delle portate liquide e solido-liquide, aumentando la possibilità di fenomeni di intasamento delle sezioni critiche, tracimazione ed esondazione.

Lungo l'alveo del torrente, per l'intero tratto esaminato, sono presenti depositi per uno spessore medio che oscilla tra 30 e 50 cm.

Si ritiene necessario intervenire con opere di pulizia e svaso dell'alveo in modo da ripristinare la totalità della luce di deflusso e l'efficienza delle opere esistenti; a valle della fase di svaso e pulizia sarà inoltre possibile valutare in modo più puntuale la condizione delle opere stesse, per le quali è stato possibile individuare puntuali segnali di degrado e ammaloramento che andrebbero compensati con interventi di manutenzione e ripristino. Per quanto è stato possibile osservare nelle condizioni attuali, le opere maggiormente lesionate paiono essere quelle poste nella parte più elevata del conoide.

Gli interventi previsti sono quindi atti al ripristino della corretta funzionalità idraulica del torrente e della corretta efficienza delle opere parzialmente compromesse presenti nel tratto in esame, al fine di permettere loro di svolgere a

pieno regime la funzione di mitigazione del rischio connesso alla dinamica del Torrente Valle Moriana, migliorando la stabilità idraulica dell'asta e della viabilità esistente.

In particolare, si rimarca la necessità di interventi di sistemazione dell'alveo con taglio della vegetazione arbustiva, arborea e di alto fusto che infesta completamente il canale e le opere presenti, seguito da operazioni di pulizia dal materiale depositato, in particolare a monte delle opere trasversali.

Le briglie e le soglie esistenti mostrano segni di ammaloramento che vanno compensati con mirate azioni di manutenzione e ripristino, che potranno essere meglio definite una volta eseguito lo svasso del materiale e liberate le opere nella loro interezza.

Lo scrivente resta a disposizione per eventuali approfondimenti e confronti.

Darfo B.T. (BS), febbraio 2025

Geol. Luca Maffeo Albertelli