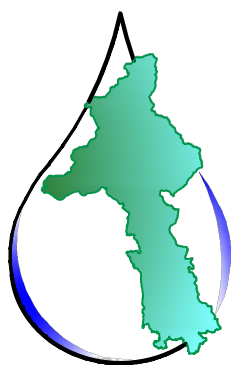


# COMUNE DI MASSIOLA (VB)



**ACQUA  
NOVARA.VCO**  
S.p.A.

Via Triggiani, 9 - 28100 NOVARA (NO)  
Tel. 0321 413111 - Fax. 0321 458729  
@mail: info@acquanovaravco.eu  
@pec: segreteria@pec.acquanovaravco.eu

TITOLO COMMESSA:

## **RIPRISTINO DELLA TRAVERSA SUL TORRENTE STRONA PER ALIMENTAZIONE POTABILIZZATORE SORELLA ACQUA COMUNE DI MASSIOLA (VB)**

OGGETTO:

### **RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA**

SCALA:

-

AVANZAMENTO PROGETTO:  
**DEFINITIVO**

Data Rev. N° 0:  
**DICEMBRE 2021**

Rev. N°	Modifiche	Data
1	AGGIORNAMENTO	06/2022
2	AGGIORNAMENTO EPU	07/2022
3	AGGIORNAMENTO	09/2022
4	-	-/-

Rif. N° Commessa:

**Y31M 10042202**

CUP:

**D37H20005870005**

RUP:

**Ing. Giuseppe Caranti**

**PROPRIETA' RISERVATA**  
QUESTO DISEGNO NON PUO' ESSERE RIPRODOTTO NE' COMUNICATO  
A TERZI SENZA AUTORIZZAZIONE DI ACQUA NOVARA.VCO s.p.a.

I Progettisti: **Ing. Giovanni Battista Peduzzi**

Mandataria

**ETATEC**  
STUDIO PAOLETTI



Mandanti

**STUDIO PAOLETTI**  
INGEGNERI ASSOCIATI

**FABRIZIO MONZA**  
ARCHITETTO



Dott.ssa SIL VANA CLERICI

Dott. MASSIMO SARTORELLI

Elaborato N°:

**A03.00**



## I N D I C E

1. PREMESSA.....	1
2. NORMATIVA.....	3
3. SINTESI DELLE ATTIVITA' SVOLTE E METODOLOGIA DI LAVORO.....	4
4. DESCRIZIONE DEI LUOGHI .....	6
5. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI IN PREVISIONE.....	9
6. VINCOLISTICA SOVRAORDINATA DI CARATTERE GEOLOGICO ED ANALISI DEL RISCHIO IDRAULICO E GEOMORFOLOGICO.....	11
6.1 PREMESSA .....	11
6.2 ANALISI DEL DISSESTO E DELLA PERICOLOSITÀ E RISCHIO IDRAULICO .....	11
6.3 ANALISI DEL DISSESTO E DELLA PERICOLOSITÀ E RISCHIO GEOMORFOLOGICO .....	14
6.4 CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA E DELL'UTILIZZAZIONE AI FINI URBANISTICI.....	17
7. INQUADRAMENTO GEOLOGICO - STRUTTURALE E GEOMORFOLOGICO.....	20
8. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E LITOLOGICO.....	22
9. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....	26
10. INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE PREGRESSE .....	27
11. MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO E PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE.....	28
11.1 PREMESSA .....	28
11.2 CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SITO .....	31
11.3 CATEGORIE DI PROFILO STRATIGRAFICO DEL SUOLO DI FONDAZIONE.....	32
11.4 AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA .....	34
11.5 AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA.....	35
11.6 ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA E DELLE AZIONI DI PROGETTO.....	35
11.7 STATI LIMITE DI RIFERIMENTO.....	36
11.8 PARAMETRI SISMICI DI RIFERIMENTO .....	38
11.9 STABILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE .....	41
12. MODELLO GEOLOGICO .....	44
12.1 MODELLO GEOLOGICO .....	44
13. MODELLO GEOTECNICO E PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA .....	45
13.1 PREMESSA .....	45
13.2 PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA .....	45
13.2.1 Premessa .....	45

13.2.2 Valori medi .....	45
14. PRIME INDICAZIONI SULLE OPERE DI FONDAZIONE E DI SOSTEGNO.....	47
14.1 PREMESSA .....	47
14.2 PRESCRIZIONI RELATIVE ALLE OPERE DI FONDAZIONE.....	48
14.3 PRESCRIZIONI RELATIVE ALLE OPERE DI SOSTEGNO PROVVISORIALI E DI CONTENIMENTO.....	49
14.3.1 Premessa .....	49
14.3.2 Sistemi ed opere di sostegno provvisoriali.....	50
14.3.3 Opere di contenimento definitive (solo se previste) .....	52
15. INDICAZIONI E PRESCRIZIONI DI CARATTERE GEOLOGICO.....	53
15.1 PROGETTAZIONE DEFINITIVA/ESECUTIVA .....	53
15.1.1 Scavi, opere provvisoriali, opere di sostegno ed opere di contenimento ..	53
15.1.2 Opere fondazionali.....	53
15.1.3 Prescrizioni generali .....	53
15.2 FASE DI CANTIERE ED ESECUZIONE LAVORI .....	54
15.2.1 Scavi, opere provvisoriali, opere di sostegno ed opere di contenimento ..	54
15.2.2 Opere fondazionali.....	55
16. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE .....	56
17. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI, CARTOGRAFICI E DOCUMENTALI .....	57
- SEZIONE STRATIGRAFICA E LITOTECNICA SCHEMATICA INTERPRETATIVA	

## **1. PREMESSA**

La presente relazione geologica e geotecnica è stata redatta, al fine di ottemperare a quanto previsto dal D.M. 17.01.2018 e dalle NTA del vigente P.R.G.C., a supporto del progetto definitivo relativo al seguente progetto: “Ripristino immediato della traversa sul torrente Strona per alimentazione potabilizzatore Sorella Acqua in Comune di Massiola (VB)”, nell’ambito dell’*“Accordo Quadro con due operatori per l’affidamento dei servizi tecnici di progettazione, assistenza al RUP, Direzione Lavori, assistenza lavori, collaudi, Coordinatore in fase di progettazione (CSP) e/o di coordinatore in fase di esecuzione (CSE) ad esclusione della parte depurazione acque reflue. 2020\_04 Rì”*.

Gli studi, i rilievi e le indagini, eseguite nell’ambito territoriale di possibile influenza degli interventi e delle opere in previsione, hanno avuto pertanto la finalità di illustrare il contesto geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico del sito di progetto, di individuare eventuali criticità e di fornire le indicazioni relative alle problematiche geologiche e geotecniche che dovranno essere affrontate nell’ambito della progettazione ed esecuzione delle future opere, valutando in base al quadro dissestivo, vincolistico e pianificatorio in ambito geologico, la fattibilità degli interventi.

Ai sensi del D.M. 17.01.2018 “*Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»*” (indicato nel seguito con la sigla NTC/18), il presente elaborato, in relazione ai contenuti ed alle indagini eseguite, ingloba in un unico elaborato le seguenti relazioni specialistiche previste dalla Circolare Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 (indicata nel seguito con la sigla Circ./19), ovvero: la relazione geologica sulle indagini, caratterizzazione e modellazione geologica del sito (par. 6.2.1 delle NTC/18 e par. 6.2.1 della Circ./19), relazione geotecnica sulle indagini, caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno (par. 6.2.2 delle NTC/18 e par. 6.2.2 della Circ./19) e la relazione sulla modellazione sismica concernente la “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione (par. 3.2 delle NTC/18 e par. 3.2 della Circ./19), contenente il riferimento a tutti i parametri ed i coefficienti in base ai quali sono state determinate le azioni sismiche da applicare.

La Relazione geologica ai sensi del par. 6.2.1 delle NTC/18 è ricompresa nei capitoli 3, 4, 5, 6, 7 e 8 del presente elaborato, la Relazione geotecnica e sismica ai sensi del par. 6.2.2 e del par. 3.2 delle NTC/18 è ricompresa nei capitoli 9, 10, 11, 12, 13, 14 e 15 del presente elaborato.



Al fine di permettere una caratterizzazione geologica e geotecnica del sito d'intervento sono stati definiti, sulla base delle analisi cartografiche e bibliografiche, sui rilievi eseguiti, il modello geologico ed il modello geotecnico di riferimento.

Il modello geologico di riferimento è la ricostruzione concettuale della storia evolutiva dell'area di studio, attraverso la descrizione delle peculiarità genetiche dei diversi terreni presenti, delle dinamiche dei diversi termini litologici, dei rapporti di giustapposizione reciproca, delle vicende tettoniche subite e dell'azione dei diversi agenti morfogenetici. In funzione della tipologia di opere e di interventi previsti all'interno del contesto geologico nel quale si inserisce l'opera, sono state eseguite una serie di specifiche indagini finalizzate alla ricostruzione del modello geologico. La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito ha, infatti, compreso la ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio, descritti e sintetizzati dal modello geologico di riferimento il quale è stato sviluppato in modo da costituire il punto di partenza al fine di inquadrare i problemi geotecnici e per definire il programma delle eventuali indagini geotecniche ritenute necessarie.

Il modello geotecnico di riferimento rappresenta, invece, uno schema rappresentativo del volume significativo di terreno, suddiviso in unità omogenee sotto il profilo fisico-meccanico, che devono essere caratterizzate con riferimento allo specifico problema geotecnico. Nel modello geotecnico di sottosuolo sono stati definiti i valori dei parametri geotecnici basati sui valori di letteratura.

## 2. NORMATIVA

Di seguito sono riportati i principali riferimenti normativi su cui si sono basati gli studi e le indagini eseguite.

- Circolare 617 C.S.LL.PP. del 2 febbraio 2009. Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008.
- Circolare 3/AMB del 31 agosto 2018 del Presidente della Giunta regionale. Legge regionale 9 agosto 1989, n. 45 (Nuove norme per gli interventi da eseguire in terreni sottoposti a vincolo per scopi idrogeologici). Note interpretative e indicazioni procedurali. Revoca della circolare 4/AMD/2012.
- Circolare 7 C.S.LL.PP del 21 gennaio 2019. Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- D.G.R. 65-7656 del 21 maggio 2014 - Aggiornamento e adeguamento delle procedure di controllo e gestione delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico (O.P.C.M. 3074/2003 - O.P.C.M. 3519/2006)".
- D.G.R. 4-3084 del 12 novembre 2011 - Approvazione della D.G.R. n. 11-13058 del 19 gennaio 2010.
- D.G.R. n. 6-887/2019. Presa d'atto e approvazione dell'aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte, di cui alla D.G.R. del 21 maggio 2014, n. 65- 7656
- D.M. 14 gennaio 2008 - Nuove norme tecniche per le costruzioni.
- D.M. 17 gennaio 2018 - Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni
- D.Lgs 152/2006 - Norme in materia ambientale.
- D.P.R. 380/2001 e s.m.i. - Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia - Norme Tecniche di Attuazione del P.R.G.C. e relativi elaborati tecnici.
- L.R. 45 del 09.08.1989 in materia di vincolo idrogeologico.
- Norme Tecniche di Attuazione del P.R.G.C. e relativi elaborati tecnici.
- OPCM 3274/2003 - Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zone sismiche.

### **3. SINTESI DELLE ATTIVITA' SVOLTE E METODOLOGIA DI LAVORO**

Ai fini dello svolgimento dell'incarico si è proceduto all'esecuzione di una serie di sopralluoghi, rilievi, indagini e prove geognostiche, geotecniche e sismiche in sito, finalizzate, oltre che alla ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio, alla ricostruzione del *modello geologico* e del *modello geotecnico* ricadenti nell'area d'intervento. Le attività svolte si sono basate in particolare su:

- Rilievi geologici e morfologici eseguiti in sito
- Analisi dei dati rilevati dallo scrivente durante i sopralluoghi effettuati sull'area di intervento e in un suo intorno significativo
- Consultazione di database scientifici
- Consultazione di cartografie geologiche specifiche
- Consultazione di pubblicazioni scientifiche
- Consultazione degli elaborati geologici allegati ai P.R.G.C.
- Consultazione di elaborati di carattere tecnico professionale
- Consultazione di Piani Territoriali
- In particolare, sono stati consultati in via preliminare i seguenti documenti:
  - "Tavole di delimitazione delle fasce fluviali" - Progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico – PAI predisposto dall'Autorità di Bacino del Fiume Po ai sensi dell'art. 17 della Legge n° 183/89
- Geoportale a cura dell'ARPA Piemonte: cartografia relativa ai conoidi alluvionali, Banca Dati Geotecnica (sondaggi geognostici e campioni di terreno), cartografia del SIFraP (Sistema Informativo Frane in Piemonte), cartografie relative agli eventi alluvionali, cartografia della Banca Dati Geologica (Carta delle aree inondabili, carta delle frane, carta dei tributari minori e delle conoidi, carta delle aree instabili, carta degli alveo tipi e portate, carta dei danni ai centri abitati, carta dei danni alla rete viaria)
- Geoportale Nazionale, a cura del Ministero dell'Ambiente, il quale permette la visualizzazione e l'utilizzo della cartografia di base nazionale, prodotta a seguito dell'accordo integrativo tra Stato e Regioni del 12 ottobre 2000 sul Sistema Cartografico di Riferimento
- Gis Browser relativo al Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni, Direttiva 2007/60/CE recepita nel diritto italiano con D.Lgs. 49/2010 – Scenari di alluvioni/Pericolosità e Scenari di Rischio
- Piano Regolatore Generale Comunale (tavole e relazioni)

Come previsto dalle NTC/18, la presente relazione geologica è stata sviluppata in modo tale da costituire un utile elemento di riferimento per il Progettista al fine di inquadrare le eventuali problematiche geologiche – geotecniche e per definire il programma delle eventuali ulteriori indagini sui terreni. Si elencano di seguito i contenuti principali del presente elaborato:

- Scopo del lavoro
- Aspetti normativi e pianificatori
- Descrizione degli interventi previsti da progetto
- Inquadramento geologico – strutturale del territorio
- Inquadramento geomorfologico
- Analisi dello stato vincolistico
- Analisi dello stato dissestivo
- Inquadramento geologico – litologico con individuazione delle formazioni principali caratterizzanti l'area in esame
- Inquadramento idrogeologico con individuazione e caratterizzazione degli acquiferi principali e valutazioni sulle caratteristiche di permeabilità dei terreni
- Risultanze delle eventuali prove ed indagini geognostiche e/o geotecniche e sismiche disponibili realizzate in passato in prossimità dell'area d'intervento
- Analisi della sismicità locale e modellizzazione sismica
- Creazione del modello geologico di riferimento
- Prime indicazioni sulle opere fondazionali e di sostegno
- Prescrizioni e raccomandazioni di carattere geologico e geotecnico da seguirsi in fase di progettazione ed in fase esecutiva
- Considerazioni conclusive e fattibilità degli interventi.



#### **4. DESCRIZIONE DEI LUOGHI**

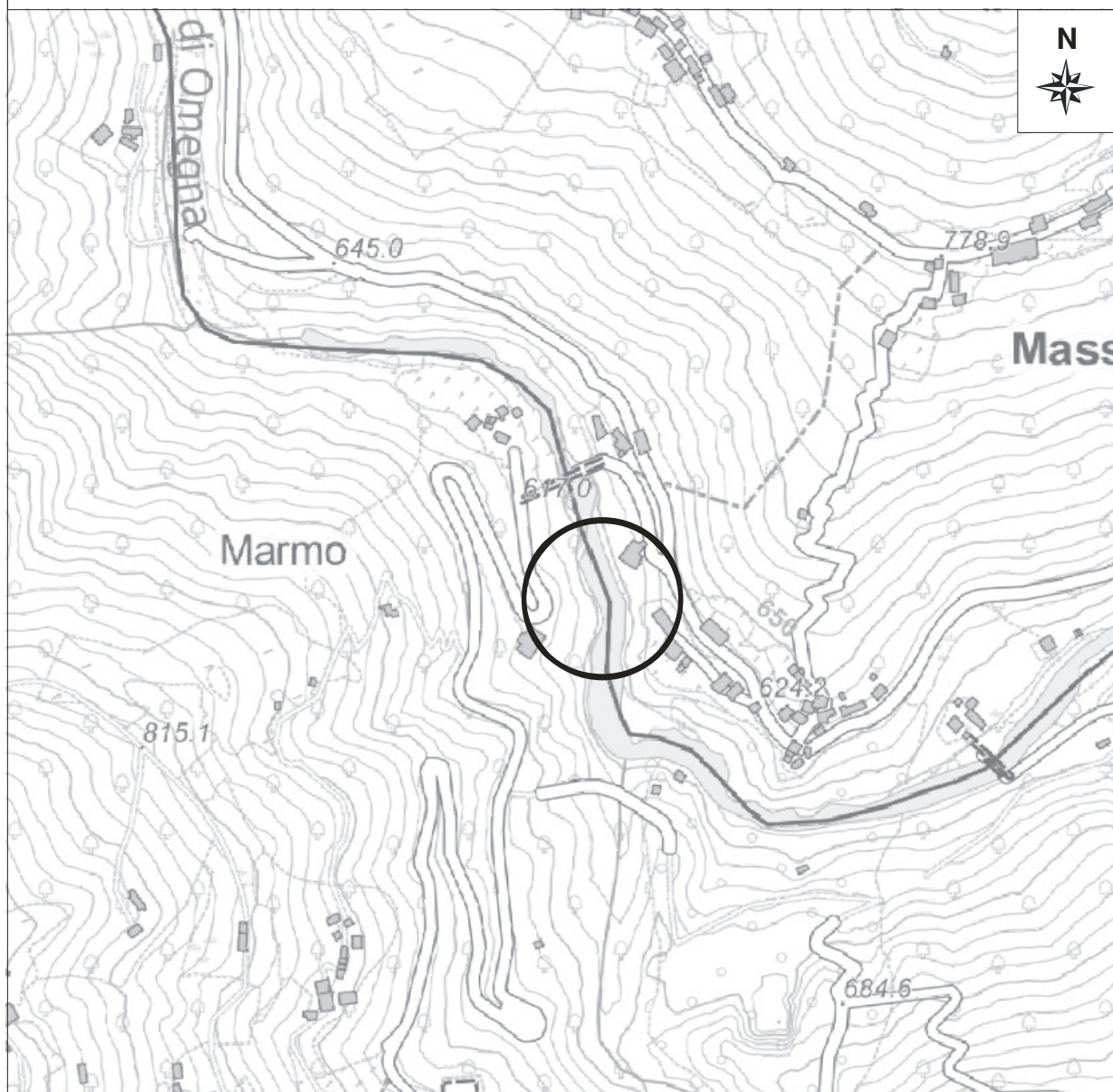
L'area in esame è ubicata a SW del concentrico di Massiola all'interno dell'alveo del torrente Strona, in corrispondenza di una stretta valle fluviale incisa tra ripide pareti rocciose. L'alveo risulta incassato di diversi metri rispetto alla sede stradale ed è caratterizzato da roccia da affiorante a subaffiorante.



**Fig. 4.1 – Vista dall'alto dell'alveo del torrente Strona nel settore in esame**



## CARTA DI INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO (BDTRE PIEMONTE)




Scala: 1:5.000  
Comune: Massiola  
Provincia: Verbano Cusio Ossola  
Estratto:  
BDTRE - Regione Piemonte

○ Ubicazione area d'indagine

## CARTA DI INQUADRAMENTO FOTOGRAFICO AEREO



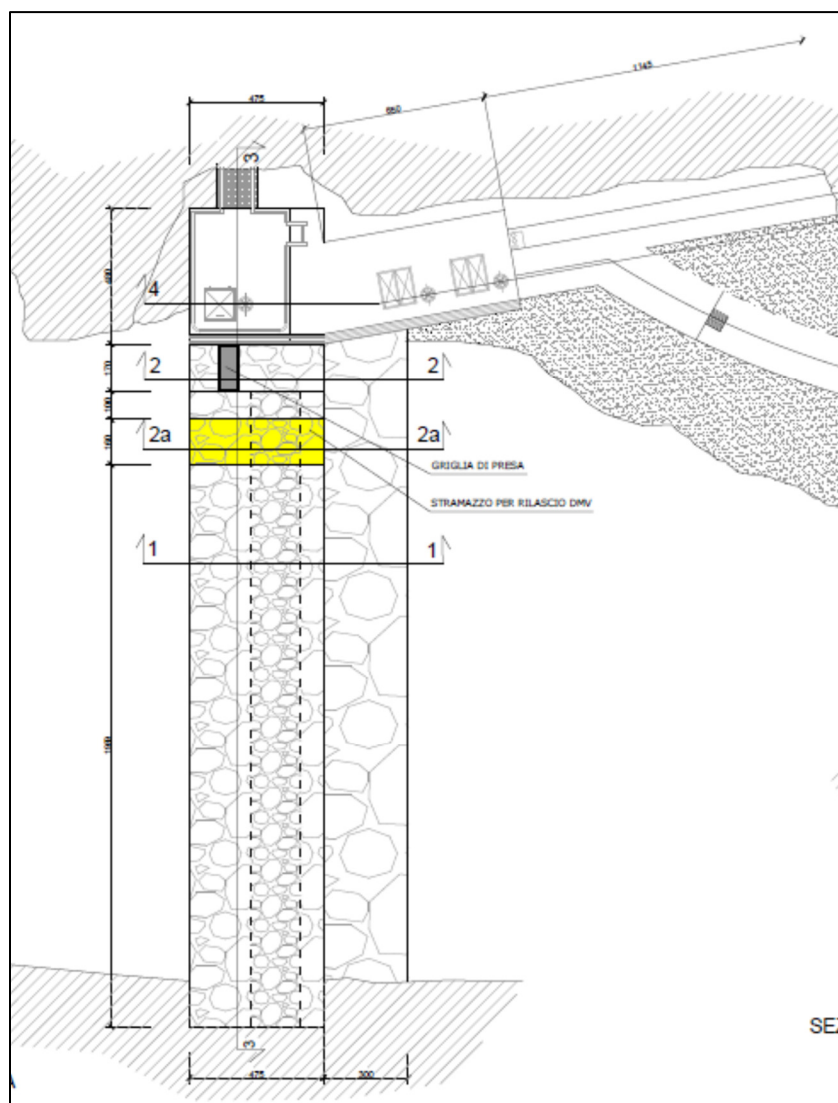
Scala: 1:5.000  
Comune: Massiola  
Provincia: Verbano Cusio Ossola  
Estratto:  
Ortofoto Regione Piemonte

 Ubicazione area d'indagine



## 5. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI IN PREVISIONE

Sulla base di quanto fornito dal progettista nonché dagli elaborati a disposizione emerge che le previsioni progettuali riguardano il ripristino della traversa che è stata in parte scalzata e danneggiata durante gli ultimi eventi di piena del torrente Strona. In particolare verrà ripristinata la copertura, la griglia di presa e lo stramazzo per il deflusso minimo vitale.

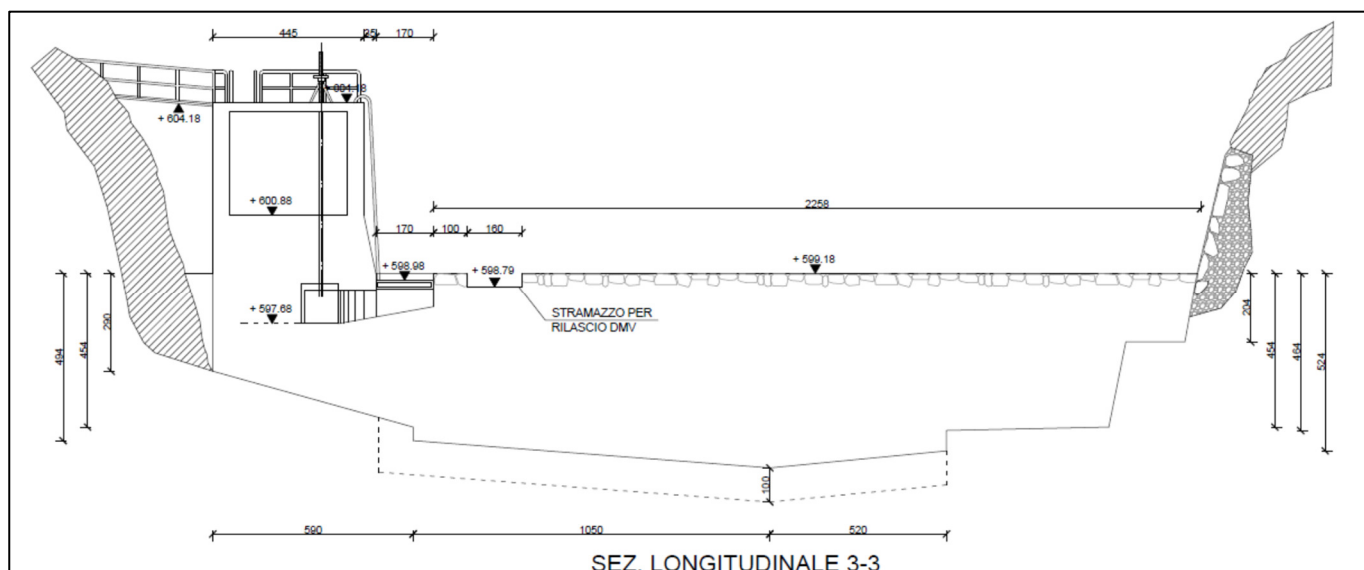


**Fig. 5.1 – Planimetria della traversa**

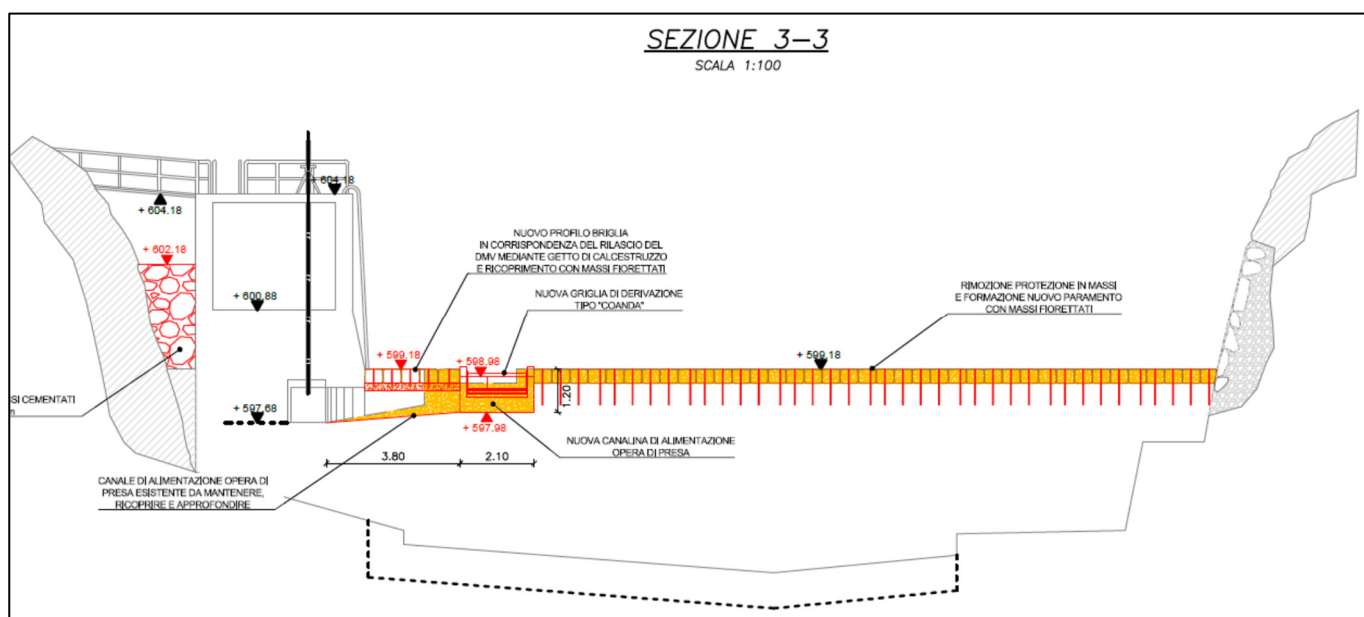


Comune di Massiola (VB)

**RIPRISTINO IMMEDIATO DELLA TRAVERSA SUL TORRENTE STRONA PER ALIMENTAZIONE POTABILIZZATORE SORELLA ACQUA  
PROGETTO DEFINITIVO**



**Fig. 5.2 – Sezione della traversa**



**Fig. 5.3 – Sezione della traversa**

Per quanto riguarda le specifiche di dettaglio degli interventi si rimanda agli elaborati progettuali.

Occorre precisare che, al momento della stesura del presente documento, non risultano ancora definite nel dettaglio le caratteristiche progettuali esecutive degli interventi ed in particolare delle opere e strutture di fondazione e di contenimento.

## **6. VINCOLISTICA SOVRAORDINATA DI CARATTERE GEOLOGICO ED ANALISI DEL RISCHIO IDRAULICO E GEOMORFOLOGICO**

### **6.1 PREMESSA**

L'analisi dello stato dissestivo legata al concetto di pericolosità e di rischio idraulico e geomorfologico del territorio in esame è stata effettuata, oltre che da un'indagine diretta anche mediante l'analisi della cartografia tematica allegata al P.G.R.A. (Piano di Gestione Rischio Alluvione), al P.A.I. (Piano di Assetto Idrogeologico del fiume Po), al P.R.G.C. (Piano Regolatore Generale Comunale), al Sistema SICOD (Catasto delle opere di difesa), al Progetto IFFI/SIFRAP – Sistema Informativo dei fenomeni FRAnosi in Piemonte e Rete Regionale di Controllo Movimenti Franosi (ReRCoMF) ed alla cartografia delle aree instabili di ARPA Piemonte, alla Carta Geologica d'Italia nonché sulla base delle informazioni storiche acquisite. Nel documento di seguito vengono riportati gli stralci cartografici ritenuti più significativi.

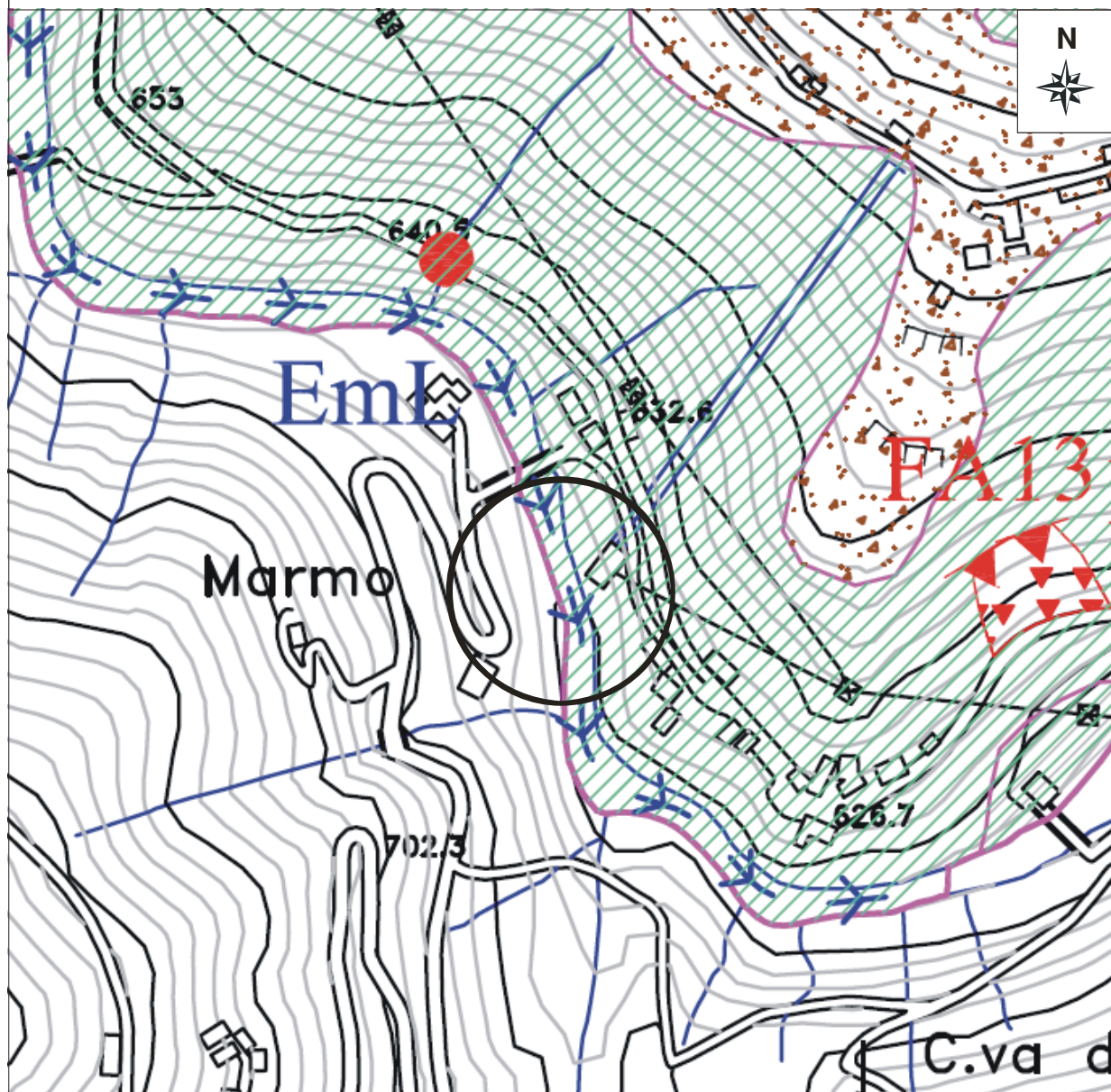
### **6.2 ANALISI DEL DISSESTO E DELLA PERICOLOSITÀ E RISCHIO IDRAULICO**

Ai fini della valutazione dello stato dissestivo e del rischio idraulico del settore in esame, sono state analizzate una serie di cartografie tematiche (vedasi Piani territoriali riportati in premessa) che permettono di individuare eventuali settori coinvolti o potenzialmente coinvolgibili da eventi alluvionali o fenomeni di esondazioni per piene ordinarie e straordinarie ad opera della rete idrografica principale e secondaria.

<b>Strumento di pianificazione</b>	<b>Tavola</b>	<b>Zona di rischio</b>	<b>Descrizione</b>
P.G.R.A. (Piano di Gestione Rischio Alluvione)	Carta della pericolosità da alluvione	-	-
P.A.I. (Piano di Assetto Idrogeologico del fiume Po)	Carta dei dissesti	EmL	Pericolosità media/moderata
P.R.G.C. (Piano Regolatore Generale Comunale)	Carta geomorfologica e dei dissesti	EmL	Pericolosità media/moderata

Di seguito si riportano le cartografie ritenute più significative.

## CARTA GEOMORFOLOGICA E DEI DISSESTI (P.R.G.C.)



Scala: 1:10.000	INDICI DI PERICOLOSITA'		
Comune: Massiola	CORSI D'ACQUA		
Provincia: Verbano Cusio Ossola	»»»»»»»»»»	EmL	Pericolosità media/moderata
Estratto: Carta geomorfologica e dei dissesti P.R.G.C.	»»»»»»»»»»	EbL	Pericolosità elevata
	»»»»»»»»»»	EeL	Pericolosità molto elevata
	FRANE		
		FA	Frana attiva
○ Ubicazione area d'indagine	Substrato roccioso indifferenziato		

Alla luce di tali analisi, supportate dai rilievi effettuati in sito, sono state individuate cartografie tematiche che evidenziano un elevato rischio idraulico diretto per il settore in esame interessato dall'intervento in quanto ricadente all'interno dell'alveo inciso del torrente Strona, soggetto a regime torrentizio con trasporto solido.

Il torrente Strona è caratterizzato, infatti, da un regime perenne, torrentizio, con piene improvvise e periodi di magra, in stretta relazione con l'apporto di precipitazioni della zona e dello scioglimento delle nevi.

I periodi di piena coincidono sostanzialmente con le mezze stagioni, mentre quelli di magra con l'inverno e l'estate. In occasione di eventi temporaleschi, prevalentemente estivi, si verificano piene significative, anche improvvise, che si manifestano alla sezione coincidente con il confine del territorio comunale con quello di Germagno, generalmente un'ora e mezza dopo l'evento piovoso.

Il tratto di competenza del territorio comunale di Massiola si sviluppa soprattutto in roccia, con localizzati depositi incoerenti. Pur essendo simile il valore della pendenza, nel tratto immediatamente a monte del territorio comunale, la pezzatura dei blocchi trasportati risulta essere rappresentata da elementi lapidei anche dell'ordine di qualche metro. Come riportato nella "Carta degli alvei tipo e delle portate", della Regione Piemonte, il Torrente Strona viene parzialmente individuato come corso d'acqua avente "tronchi di corso d'acqua con pendenze comprese tra 1% e 16%, sviluppati in fondovalle ristretti in roccia e/o depositi alluvionali, in cui sono presenti processi di abbondante trasporto solido al fondo; intensa erosione e disalveamenti con deposito di materiale grossolano su tutto il fondovalle".

Gli interventi in progetto (interventi di ripristino), all'interno di un contesto già antropizzato, non aumentano, in ogni caso il livello di rischio e non comportano significativo ostacolo o riduzione apprezzabile della capacità di invaso delle aree.

La presenza di rischi residuali, e comunque di incertezze che non possano essere esplicitamente introdotte nelle analisi degli studi propedeutici, sono legate alla presenza in alveo di blocchi ciclopici di dimensioni di diversi metri cubi, i quali, se movimentati danneggerebbero in ogni caso le opere presenti all'interno dell'alveo.





**Fig. 6.1 – Presenza di massi ciclopici in alveo**

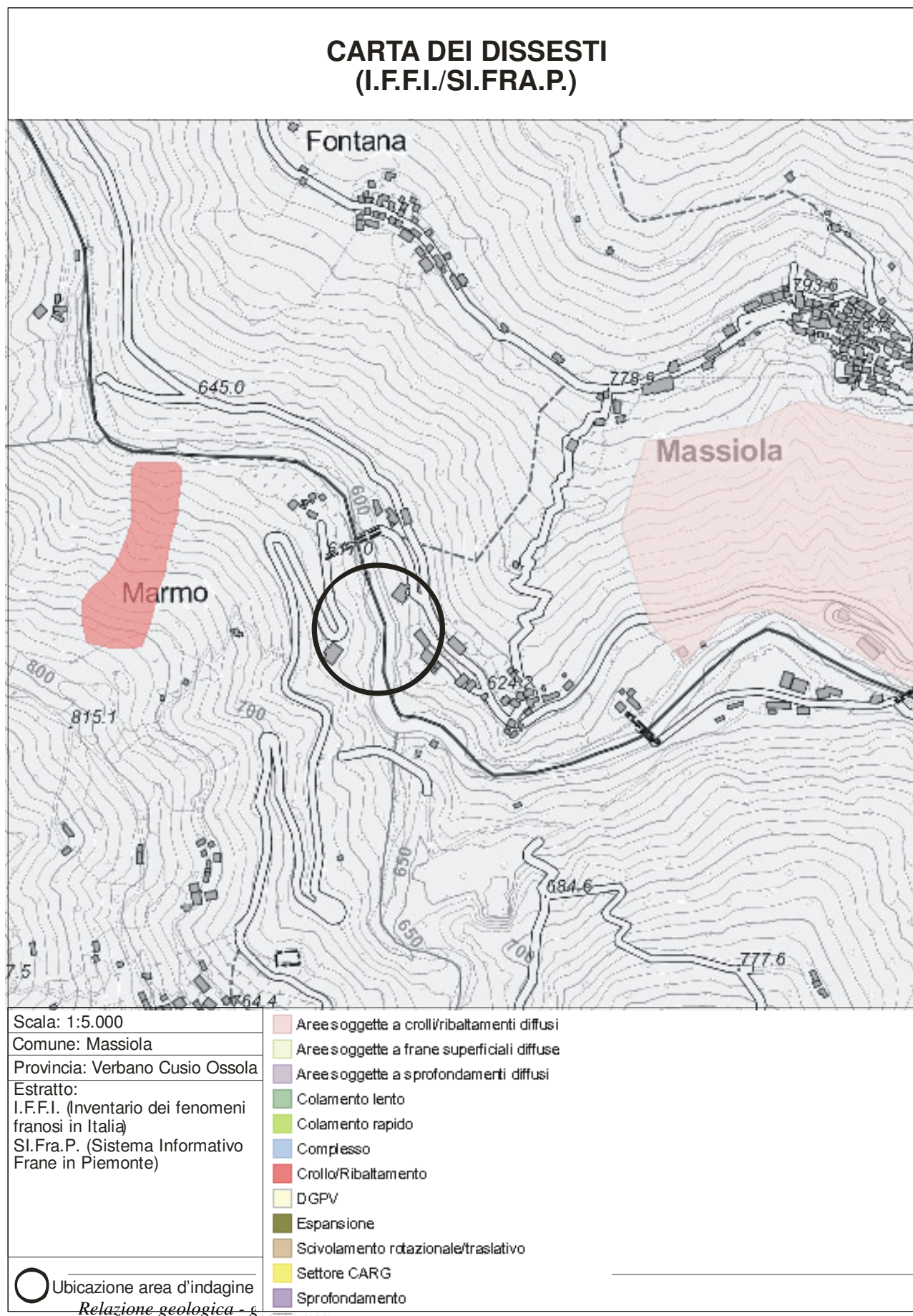
### **6.3 ANALISI DEL DISSESTO E DELLA PERICOLOSITÀ E RISCHIO GEOMORFOLOGICO**

Ai fini della valutazione dello stato dissestivo e del rischio geomorfologico del settore in esame, sono state analizzate una serie di cartografie tematiche quali il Sistema Informativo Frane in Piemonte (SiFraP) dell'ARPA Piemonte – Centro Regionale per le Ricerche Territoriali e Geologiche che rappresenta la banca dati sulle frane più completa e di dettaglio esistente in Italia, per la scala della cartografia adottata (1:10.000) e per il numero di parametri ad esse associati. E' stata inoltre analizzata la cartografia dei dissesti del Piano di Assetto Idrogeologico del fiume Po (PAI) dell'Autorità di Bacino Distrettuale del fiume Po, la cartografia delle aree instabili di ARPA Piemonte Piemonte e la carta geomorfologica e dei dissesti del vigente P.R.G.C.

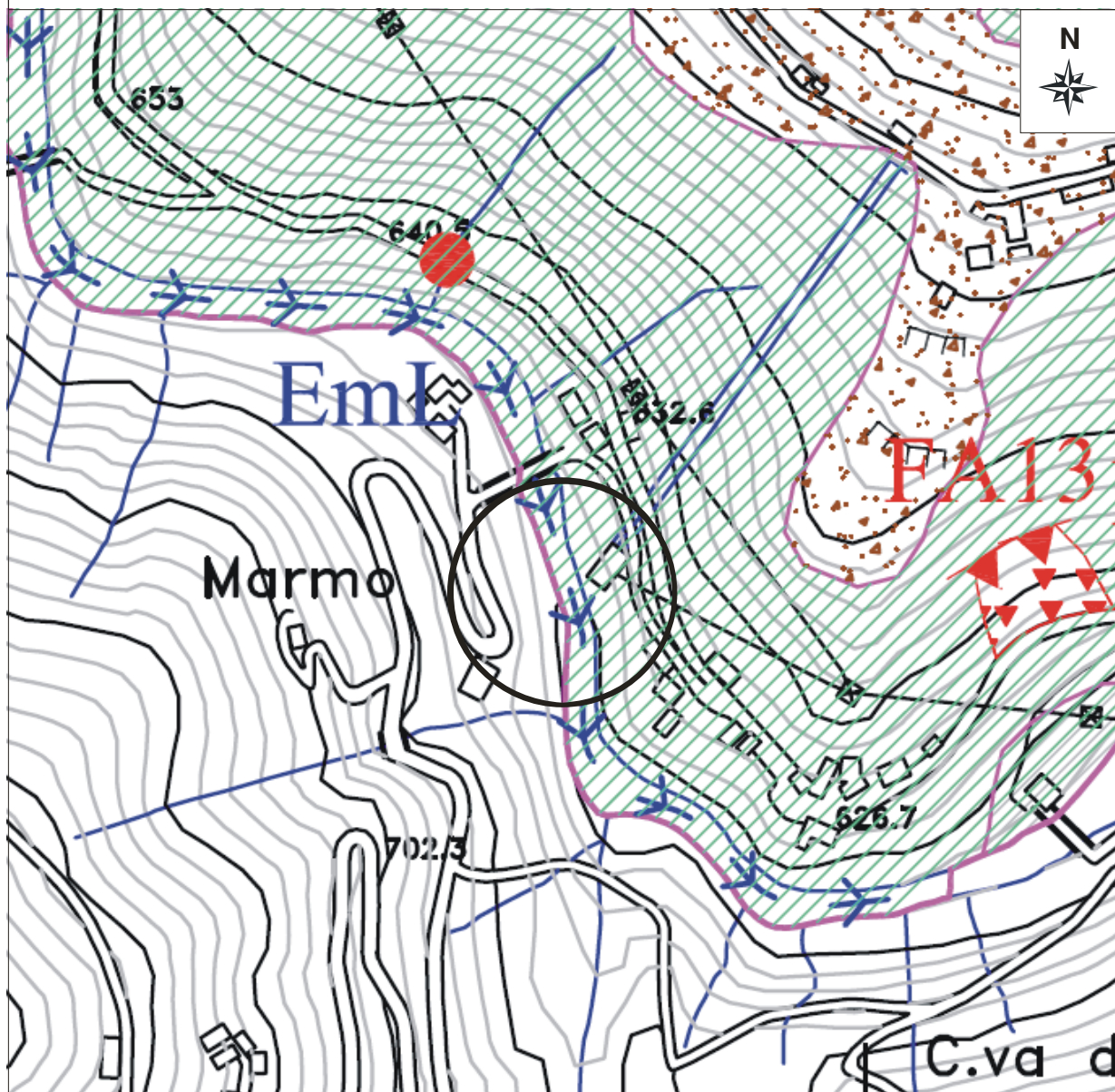



Comune di Massiola (VB)

**RIPRISTINO IMMEDIATO DELLA TRAVERSA SUL TORRENTE STRONA PER ALIMENTAZIONE POTABILIZZATORE SORELLA ACQUA  
PROGETTO DEFINITIVO**



## CARTA GEOMORFOLOGICA E DEI DISSESTI (P.R.G.C.)



Scala: 1:10.000	INDICI DI PERICOLOSITA'		
Comune: Massiola			
Provincia: Verbano Cusio Ossola	CORSI D'ACQUA		
Estratto: Carta geomorfologica e dei dissesti P.R.G.C.	➤➤➤➤➤➤➤➤	EmL	Pericolosità media/moderata
	➤➤➤➤➤➤➤➤	EbL	Pericolosità elevata
	➤➤➤➤➤➤➤➤	EeL	Pericolosità molto elevata
	FRANE		
		FA	Frana attiva
○ Ubicazione area d'indagine	 Substrato roccioso indifferenziato		



Tali cartografie permettono di individuare eventuali settori coinvolti o potenzialmente coinvolgibili da eventi dissestivi (frane).

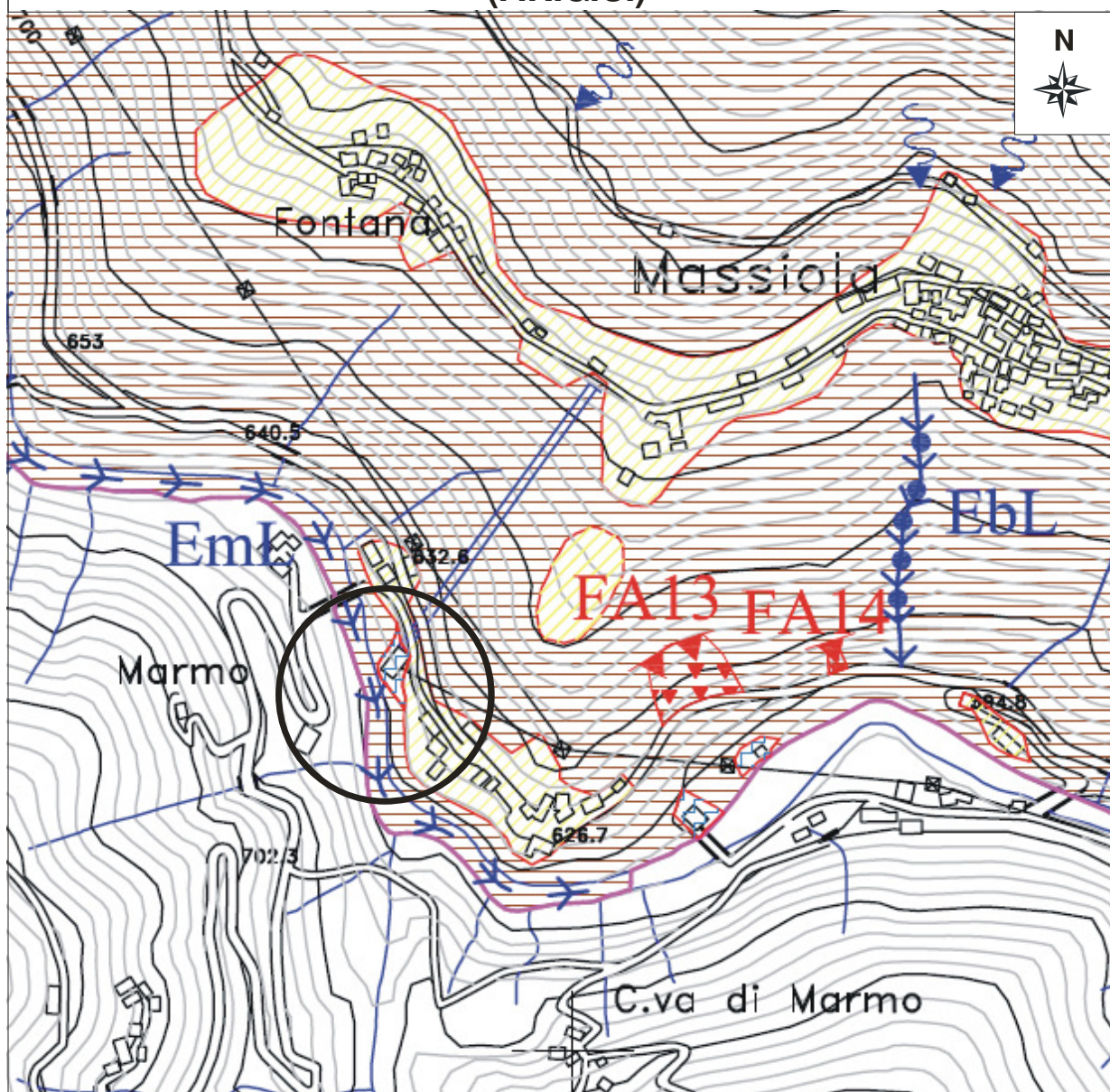
Alla luce di tali analisi, non sono state individuate cartografie tematiche che evidenzino frane o più in generale dissesti che riguardino direttamente il settore in esame interessato dall'intervento. Dai rilievi eseguiti in sito non emergerebbero inoltre particolari situazioni di dissesto (frane) significativo che interessino direttamente il sito. Possono essere presenti unicamente locali e circoscritti fenomeni di crollo che riguardano il distacco di blocchi di roccia dalle pareti subverticali che bordano l'alveo del fiume.

#### **6.4 CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA E DELL'UTILIZZAZIONE AI FINI URBANISTICI**

L'analisi di tutti gli elementi di carattere geolitologico, geomorfologico, idrogeologico, idrologico effettuata dai Tecnici redattori della componente geologica del P.R.G.C. ha consentito una valutazione oggettiva della propensione al dissesto nell'intero ambito comunale. Tale determinazione, sulla base dei dati acquisiti, degli eventi storici, delle risultanze di indagini geologiche a corredo di precedenti strumenti urbanistici, della bibliografia e cartografia della Regione Piemonte, ha permesso di effettuare una zonazione del territorio riportata nella "*Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'utilizzazione ai fini urbanistici*". Questa ultima ha consentito la definizione di aree omogenee dal punto di vista della pericolosità geomorfologica intrinseca in funzione all'uso urbanistico suddiviso in settori omogeneamente distinti.



## CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA E DELL'IDONEITA' ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA (P.R.G.C.)



Scala: 1:5.000

Comune: Massiola

Provincia: Verbano Cusio Ossola

Estratto:  
Carta di sintesi  
P.R.G.C.

Porzioni di territorio inedificate che presentano caratteri geomorfologici o idrogeologici che le rendono inadatte a nuovi insediamenti. (Per le opere infrastrutturali di interesse pubblico non altrimenti localizzabili vale quanto indicato all'art. 31 della L.R. 56/77).

IIIA

Alvei attivi di corsi d'acqua.  
Fasce spondali di corsi d'acqua soggetti a dinamica idraulica di media o alta energia o comunque necessarie per la laminazione delle piene.  
Versanti boscati in cui per l'elevata acclività e la natura dei terreni, il bosco assolve fondamentale funzione di difesa del suolo e protezione dal dissesto idrogeologico.

Pericolosità da media a molto elevata.

Il lotto oggetto d'intervento ricade nella *Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'utilizzazione ai fini urbanistici*", all'interno **classe IIIa**: "«Porzioni di territorio inedificate che presentano caratteri geomorfologici o idrogeologici che le rendono inidonee a nuovi insediamenti. In questa classe si annoverano aree dissestate, in frana, aree alluvionabili da acque ad elevata energia. Per le opere infrastrutturali di interesse pubblico non altrimenti localizzabili vale quanto indicato al paragrafo 7 della parte I dell'All. A alla D.G.R. n.64-7417/2014».

*In tale classe sono ammissibili:*

- *interventi, nuove costruzioni o movimenti terra, di interesse pubblico, non altrimenti localizzabili ai sensi del paragrafo 7 della parte I dell'All. A alla D.G.R. n.64-7417/2014 quali opere previste dal Piano Territoriale, opere dichiarate di pubblica utilità;*
- *derivazioni d'acqua, impianti di depurazione, elettrodotti, impianti di telecomunicazione;*
- *le sistemazioni idrogeologiche e di regimazione delle acque;*
- *gli interventi di consolidamento dei versanti e di stabilizzazione di fenomeni di dissesto;*
- *le attività estrattive, autorizzate ai sensi delle leggi di competenza;*
- *le strade e le piste di servizio di attività agro-silvo-pastorali, della larghezza massima di 3 m;*

*Possono essere, altresì, ammessi:*

- *la manutenzione e la ristrutturazione di rustici esistenti;*
- *la recinzione di terreni senza modificare le condizioni di stabilità del versante e di deflusso delle acque superficiali.*

Gli interventi previsti risultano pertanto compatibili con gli interventi individuati nelle NTA riferiti alla classe di pericolosità attribuita.

## **7. INQUADRAMENTO GEOLOGICO - STRUTTURALE E GEOMORFOLOGICO**

Relativamente all'assetto geologico – strutturale e geomorfologico ad ampia scala, l'area in oggetto rientra, all'interno di un contesto alpino, caratterizzato da una duplice vergenza, essendo costituito da falde nord-vergenti, rapportabili alla zolla europea, presente nella parte settentrionale delle Alpi e, sud-vergenti, nella parte meridionale, rapportabili alla zolla africana.

Tali sistemi sono demarcati dalla Linea Insubrica, che rappresenta una dislocazione di età alpina ad andamento NNE-SSW, caratterizzata da una fascia di miloniti in facies scisti verdi, che coinvolge le rocce di entrambe le unità adiacenti.

Per il particolare andamento della valle, perpendicolare alla disposizione delle strutture geologiche, la Val Strona risulta essere di pertinenza di entrambi i sistemi tettonici: nella sua porzione medio-inferiore, infatti, essi sono rappresentati dal Basamento Sudalpino, sud-vergente, mentre in quella superiore, dalle falde del sistema Austroalpino, nordvergenti. La Linea Insubrica è ravvisabile nella parte superiore della valle e, pertanto, la pertinenza Austroalpina rimane di minor incidenza rispetto al Basamento Sudalpino.

Il territorio comunale di Massiola, si inserisce, quindi, nel Basamento Sudalpino che viene, a sua volta, suddiviso in due unità geologico-strutturali distinte da due principali discontinuità tettoniche: le linee Cossato-Mergozzo-Brissago e Pogallo, nella Zona Ivrea-Verbano, situata nella porzione mediana della valle, e la Serie dei Laghi, nella parte inferiore della stessa.

La Ivrea-Verbano rappresenta un segmento di crosta continentale profonda, prossimo alla transizione crosta-mantello. La porzione più esterna, denominata complesso gabbrico stratificato, è costituita da rocce mafiche ed ultramafiche, la cui età di intrusione è ritenuta da sin a post-tettonica rispetto all'evento metamorfico principale. La parte più interna, a contatto con la Serie dei Laghi, è prevalentemente costituita da metapeliti di grado medio-alto, denominate qui "kinzigiti" per l'abbondante contenuto di miche. L'intera sequenza si presenta verticalizzata con un "trend" generale in direzione SW-NE. Il grado metamorfico cresce da SE a NW, perpendicolarmente, quindi, al "trend" della foliazione regionale, passando dalla facies anfibolitica a quella granulitica.

L'età del metamorfismo principale è Ercinica, mentre Caledoniano è l'evento termico connesso con il magmatismo Ordoviciano.

L'evoluzione metamorfica di questa unità si conclude con un evento retrogrado in facies scisti verdi, legato a deformazioni di età Alpina.

La morfologia del settore in esame della Val Strona è strettamente connessa all'attività glaciale wurmiana, dove un antico ghiacciaio originatosi nella stessa valle confluiva nel ghiacciaio ossolano in direzione del Lago d'Orta. Durante le ultime fasi di ritiro del ghiacciaio wurmiano, il Torrente Strona si gettava direttamente nel Lago d'Orta, il quale, allora, doveva apparire con un livello delle acque notevolmente superiore all'attuale, di circa 70-100 m. L'ulteriore arretramento e la scomparsa del ghiacciaio provocò il progressivo abbassamento del livello lacustre, la sua inversione idrografica, in precedenza verso S, e la cattura del Torrente Strona da parte del Fiume Toce. Ciò determinò, in età post-glaciale (Olocene) un'azione erosiva da parte del Torrente Strona che, incidendo profondamente il piano di scorrimento glaciale, ha modellato la valle facendole assumere la tipica sezione a "V"; tale azione è testimoniata anche dai frequenti salti in roccia delle acque dei ruscelli laterali nella parte terminale del loro percorso.

Successivamente al ritiro dei ghiacciai, i fenomeni di disfacimento determinarono una ulteriore fase di alterazione dei versanti, a causa del rilascio tensionale che determinò una ridistribuzione degli sforzi all'interno delle masse rocciose. Questo fattore, in funzione delle caratteristiche morfologiche e strutturali, può originare fenomeni gravitativi di piccola entità, ma anche accumuli che possono influire significativamente sulla morfologia.

A scala locale, il lotto oggetto di intervento risulta, infatti, ubicato nel settore di fondovalle di una valle fluviale fortemente incisa con profilo a "V" creato dal torrente Strona nel quale confluiscono tutti i corsi d'acqua della valle. In tale settore è caratterizzato da una fase più matura, quindi, con pendenza più modesta e con un particolare equilibrio tra erosione e deposizione. A causa della modesta attività e della presenza assidua del substrato roccioso non sono riscontrabili terrazzi fluviali lungo i corsi d'acqua.



## **8. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E LITOLOGICO**

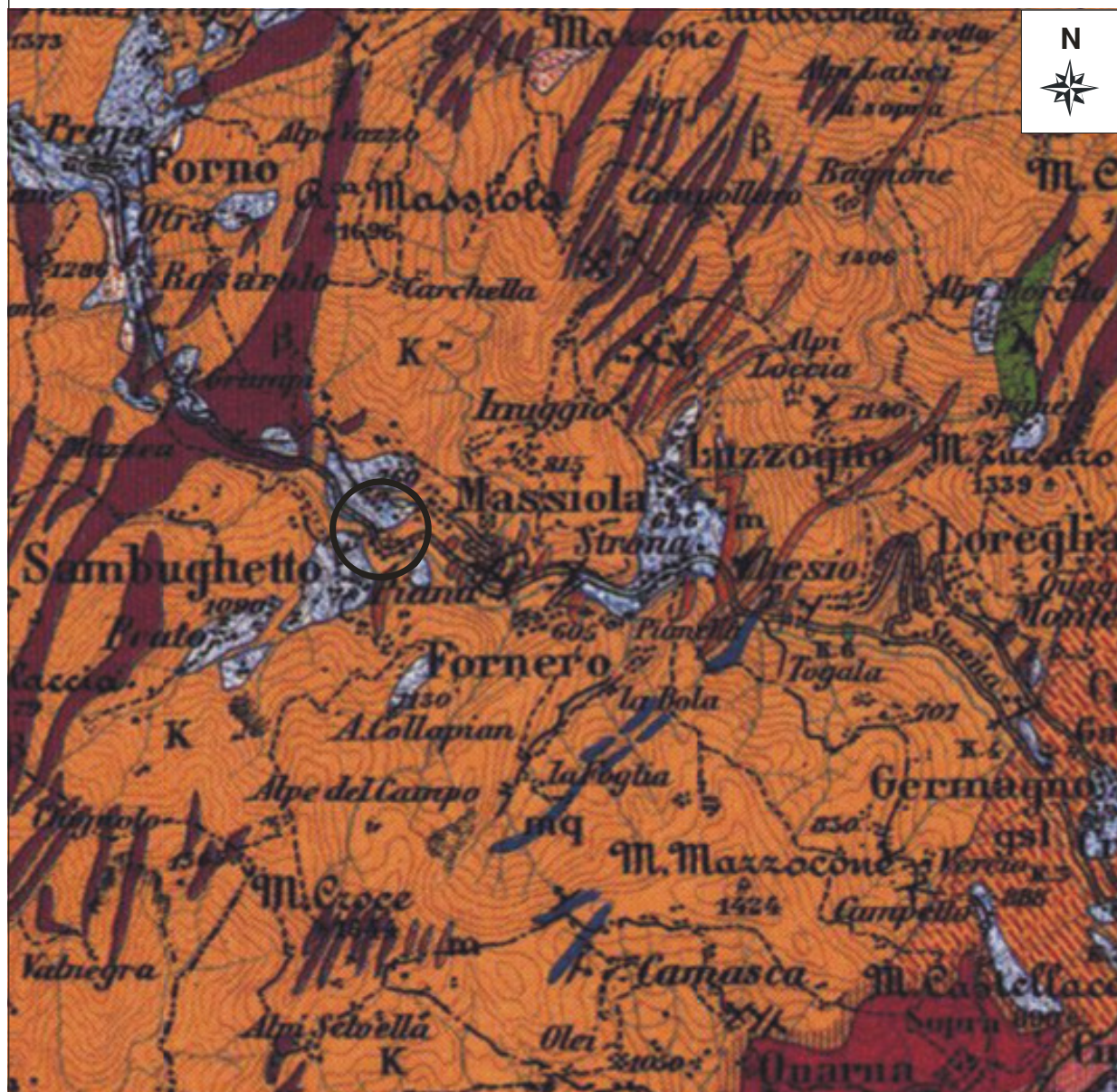
Per quanto riguarda gli aspetti geologici e litologici caratteristici dell'area in esame è stata analizzata la seguente cartografia ufficiale, ritenuta più completa ed esaustiva per il settore d'interesse:

- Carta Geologica d'Italia - Foglio n° 30 "Varallo" alla scala 1.100.000
- Carta geologica allegata al P.R.G.C. alla scala 1:10.000

Comune di Massiola (VB)

**RIPRISTINO IMMEDIATO DELLA TRAVERSA SUL TORRENTE STRONA PER ALIMENTAZIONE POTABILIZZATORE SORELLA ACQUA  
PROGETTO DEFINITIVO**

## CARTA GEOLOGICA D'ITALIA 1:100.000 (FOGLIO 30 - VARALLO)



Scala: 1:25.000

Comune: Massiola

Provincia: Verbano Cusio Ossola

Estratto:

Foglio 30 Varallo

Carta Geologica d'Italia

alla scala 1:100.000

K



K'



gy'

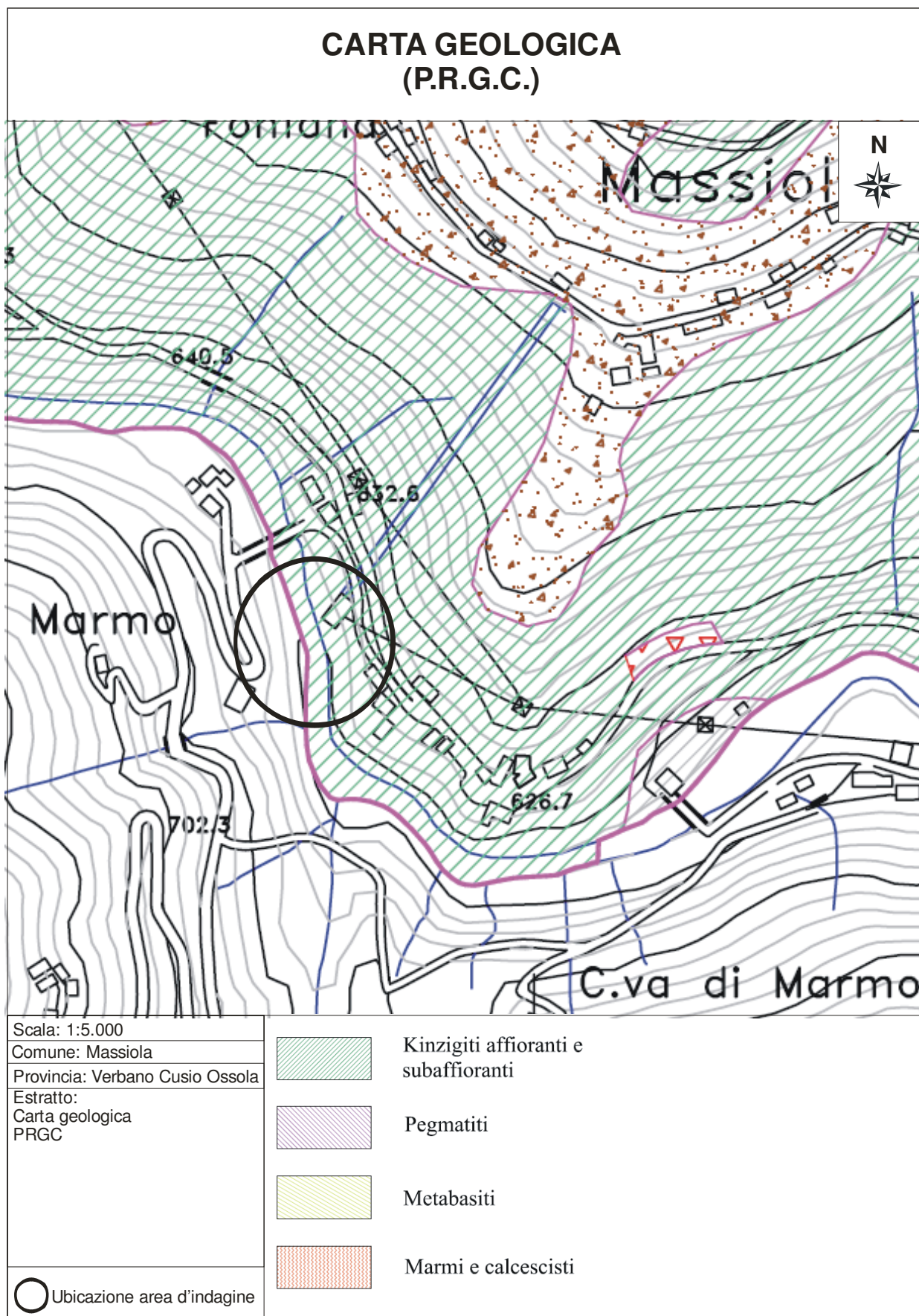


m

Kinzigiti, gneiss e micasisti muscovitici granatiferi e sillimanitici (stonaliti di Artini e Melzi), con grafite cristallina caratteristica, spesso abbondante (a luoghi coltivata), gneiss e micasisti biotitici associati, complesso includente in lenti le rocce basiche  $\beta$ ,  $\lambda$  e  $\sigma$ .  
Stonaliti in masse maggiori ( $K_1$ ), sfumanti colle dioriti e inserite negli gneiss e micasisti biotitici sillimanitici granatiferi.

Gneiss listati con alternanze di tipi leptinitici e banchi di scisti kinzigiti; di gneiss granitici e scisti cloritico-epidotici strettamente legati alle lenti dioritico-noritiche ed alle kinzigiti e stonaliti.





Nella Carta Geologica d'Italia - Foglio n° 30 “Varallo” alla scala 1.100.000 l’area d’indagine ricade nella formazione: Kinzigiti: gneiss e micascisti a granato e sillimanite della Serie dioritico – kinzigitica.

Nella Carta geologica allegata al P.R.G.C. alla scala 1:10.000 l’area d’indagine ricade nella formazione: Kinzigiti della Zona Ivrea –Verbano. Si tratta di metapeliti metamorfosate in facies anfibolitica superiore, costituite da abbondante biotite, disposta in letti continui e frammista a sillimanite (fibrolite), alternate a porzioni leucocrate a forma di lenti concordanti; presentano una marcata foliazione, con direzione generalmente NNE-SSW ed inclinazione subverticale. Sono tagliate in discordanza da parecchi filoni e lenti pegmatitiche di diversa potenza (fino a 2-3 m), che sembrano avere una origine anatettica. La foliazione, marcata nelle Kinzigiti, determina una riduzione dei valori di resistenza alla compressione monoassiale in direzioni perpendicolari alla foliazione stessa ed una debole riduzione dei valori di Rock Quality Designation.



## **9. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO**

L'assetto idrogeologico dell'area d'intervento è influenzato dalla presenza pressochè continua di un substrato roccioso in affioramento caratterizzato da una permeabilità di tipo secondario, che permette la percolazione delle acque esclusivamente lungo i piani di discontinuità della roccia rappresentati dalla foliazione, faglie e fratture.

Pertanto, il grado di permeabilità non dipende dalle caratteristiche intrinseche del litotipo, ma è quasi totalmente definita dall'entità della fratturazione presente e dalla struttura regionale.

In generale, la permeabilità delle formazioni lapidee presenta valori piuttosto ridotti ed uniformi; solo in quelle zone dove l'ammasso roccioso è interessato da disturbi tettonici importanti la permeabilità può essere significativa.

A conferma di ciò, la permeabilità è da nulla a molto bassa nelle kinzigiti caratteristiche dell'area d'intervento a causa della presenza di una foliazione.

I depositi fluviali incoerenti presenti scarsamente nell'alveo del torrente Strona presentano, invece, una permeabilità primaria, determinata dall'esistenza di vuoti intergranulari all'interno della massa clastica, quindi gradi di permeabilità molto variabili, in quanto fortemente legati ad una serie di parametri quali grado di addensamento, grado di cementazione, forma e dimensione dei granuli, presenza percentuale di matrice fine, etc. Questi terreni sono caratterizzati quindi da una permeabilità più elevata e consentono l'infiltrazione delle acque, sia meteoriche che superficiali, costituendo degli acquiferi, che si manifestano spesso con locali piccole sorgenti al contatto col substrato roccioso.

## **10. INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE PREGRESSE**

Non sono state individuate prove od indagini pregresse in corrispondenza ed in prossimità dell'area d'intervento.

## **11. MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO E PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE**

### **11.1 PREMESSA**

Dal punto di vista sismico il territorio regionale piemontese è sede di attività sismica, modesta come intensità, ma notevole come frequenza; i terremoti si manifestano principalmente lungo due direttrici che riflettono chiaramente l'assetto tettonico regionale essendo quasi coincidenti, entro un ragionevole margine di distribuzione, l'uno con il fronte Pennidico e l'altro con il limite fra le unità pennidiche e la pianura padana. Osservando infatti la localizzazione degli epicentri dei terremoti registrati dalla rete sismica si nota chiaramente una distribuzione dispersa lungo due direttrici principali:

- una segue la direzione dell'Arco Alpino occidentale nella sua parte interna in corrispondenza del massimo gradiente orizzontale della gravità;
- l'altra più dispersa segue l'allineamento dei massicci cristallini esterni in corrispondenza del minimo gravimetrico delle Alpi Occidentali francesi.

Le due direttrici convergono nella zona del Cuneese, per riaprirsi a ventaglio verso la costa, interessando il Nizzardo e l'Imperiese. Una terza direttrice, infine, interessa il fronte occidentale dell'Appennino sepolto ed il suo prolungamento nel Monferrato.

Il D.M. 14.01.2008 ed il successivo D.M. 17.01.2018 hanno introdotto un nuovo elemento metodologico nella stima della pericolosità sismica di base la quale non risulta più associata alla zona sismica di appartenenza (criterio “zona dipendente”) ma viene definita mediante un approccio “sito dipendente”. Pertanto essa è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa ag in condizioni di campo libero (free field) su sito di riferimento con superficie topografica orizzontale (di categoria A quale definita al § 3.2.2 delle NTC 2018), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento VR. In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

La normativa prevede che le azioni sismiche di progetto agenti su una costruzione si definiscano a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione, la quale è rappresentata dalla probabilità che in un fissato lasso di tempo (periodo di riferimento VR espresso in anni) nel sito si verifichi un evento

Comune di Massiola (VB)

**RIPRISTINO IMMEDIATO DELLA TRAVERSA SUL TORRENTE STRONA PER ALIMENTAZIONE POTABILIZZATORE SORELLA ACQUA  
PROGETTO DEFINITIVO**

---

sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato; tale probabilità è denominata “Probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento” (PVR).

Per la caratterizzazione della pericolosità sismica del settore in studio si può fare riferimento alle banche dati ufficiali dell’ARPA Piemonte e del INGV (Catalogo terremoti italiani 2015 – Database macrosismico italiano 2015).

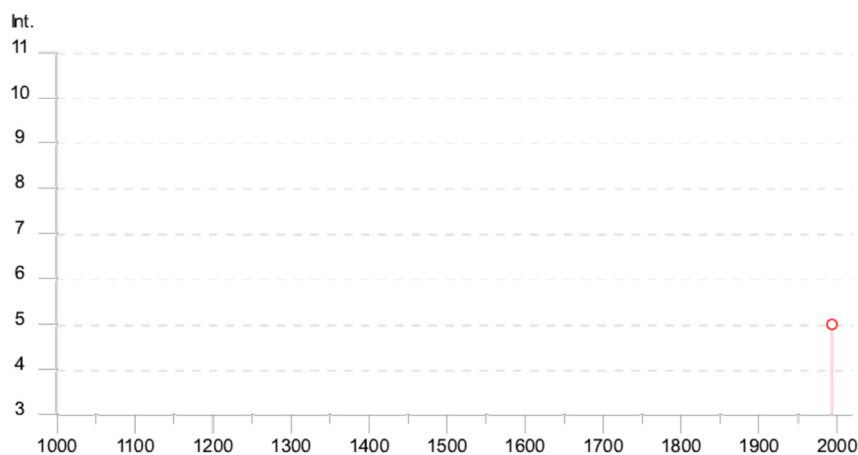
Di seguito si riporta la scheda di sintesi del Comune più prossimo a quello in esame presente nel database che nel caso di specie coincide con quello in esame.

Comune di Massiola (VB)

**RIPRISTINO IMMEDIATO DELLA TRAVERSA SUL TORRENTE STRONA PER ALIMENTAZIONE POTABILIZZATORE SORELLA ACQUA  
PROGETTO DEFINITIVO**

### Massiola

PlaceID IT\_04405  
Coordinate (lat, lon) 45.912, 8.320  
Comune (ISTAT 2015) Massiola  
Provincia Verbano-Cusio-Ossola  
Regione Piemonte  
Numero di eventi riportati 1



Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	1993	06	14	12	28	0	Val d'Ossola	139	5-6	4.34

#### Località vicine (entro 10km)

Località	EQs	Distanza (km)
Valstrona (Strona)	2	2
Forno	1	4
Loreglia	1	4
Quarna Sotto	3	6
Quarna Sopra	3	6
Campello Monti	2	7
Omegna	8	8
Camasco	2	8
Nonio	2	9
Anzola d'Ossola	1	9
Gravellona Toce	1	9
Sabbia	4	9
Cesara	2	9
Ornavasso	8	10

**Fig. 11.1 – Terremoti storici (tratto da <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>)**

## 11.2 CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SITO

Per classificazione sismica si intende un sistema di normative che determina in che modo e dove gli edifici di nuova costruzione vanno costruiti secondo criteri antisismici, in modo cioè da resistere senza crollare alle forze sismiche. Il rischio sismico è definibile come l'incrocio tra dati di pericolosità (definizione delle strutture sismogenetiche e capacità di caratterizzazione dell'eccitazione sismica ad esse associata), di vulnerabilità (capacità degli oggetti esposti di resistere alle sollecitazioni) e di esposizione (presenza sul territorio di manufatti a rischio). Il sistema della classificazione sismica (e le mappe da esso previste) è finalizzato a fornire a chi costruisce un edificio nuovo un livello di riferimento convenzionale delle forze sismiche rispetto al quale gli edifici vanno progettati per poter rispondere alle sollecitazioni senza crollare. Un edificio antisismico può quindi danneggiarsi in caso di terremoto (anzi, nel caso di certe tipologie edilizie l'edificio "deve" danneggiarsi, poiché tale danneggiamento aiuta a scaricare l'energia sismica ed a impedire il crollo).

Il Comune interessato dall'intervento in progetto, in base alla Deliberazione della Giunta Regionale 30 dicembre 2019, n. 6-887 ed all'ordinanza OPCM 3519/2006. Presa d'atto e approvazione dell'aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte, di cui alla D.G.R. del 21 maggio 2014, n. 65- 7656, è inserito nella classificazione sismica dei Comuni italiani in **zona 4**.

Nel seguito si riportano indicazioni tratte dalle linee guida dell'Associazione Geotecnica Italiana e dal D.M. 17/01/2018 *“Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”*.

Le condizioni del sito di riferimento rigido non corrispondono, in generale, alle condizioni reali. E' necessario, pertanto, tenere conto delle condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera ed anche delle condizioni topografiche, poiché entrambi questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale. Tali modifiche, in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, sono il risultato della risposta sismica locale.

Si denomina *“risposta sismica locale”* l'azione sismica che emerge in *“superficie”* a seguito delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza subite trasmettendosi dal substrato rigido. Per individuare in modo univoco la risposta sismica si assume come *“superficie”* il *“piano di riferimento”*

così come definito, per le diverse tipologie strutturali, al § 3.2.2 delle NTC/2018. Le modifiche sopra citate corrispondono a:

- *effetti stratigrafici*, legati alla successione stratigrafica, alle proprietà meccaniche dei terreni, alla geometria del contatto tra il substrato rigido e i terreni sovrastanti ed alla geometria dei contatti tra gli strati di terreno;
- *effetti topografici*, legati alla configurazione topografica del piano campagna. La modifica delle caratteristiche del moto sismico per effetto della geometria superficiale del terreno è dovuta alla focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta dei rilievi a seguito dei fenomeni di riflessione delle onde sismiche ed all'interazione tra il campo d'onda incidente e quello diffratto. I fenomeni di amplificazione cresta-base aumentano in proporzione al rapporto tra l'altezza del rilievo e la sua larghezza.

### **11.3 CATEGORIE DI PROFILO STRATIGRAFICO DEL SUOLO DI FONDAZIONE**

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3 delle NTC/2018. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio,  $V_s$ . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità  $V_s$  per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2 delle NTC/2018.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{S,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

Dove:

- $h_i$  spessore dell' $i$ -esimo strato;
- $V_{S,i}$  velocità delle onde di taglio nell' $i$ -esimo strato;
- $N$  numero di strati;
- $H$  profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_S$  non inferiore a 800 m/s.

Si tratta in pratica di una variazione sul tema rispetto al parametro  $V_{S30}$  (in quel caso il valore di  $H$  era ed è fissato a 30 m). Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{Seq}$  è definita dal parametro  $V_{S30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Con il nuovo D.M. delle Infrastrutture 17.01.2018, punto 3.2.2 "Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche", vengono definite le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione.

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.



D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

Il terreno indagato, sulla base della litologia, è classificabile, secondo lo schema presente nel D.M. 17.01.2018, come suolo appartenente alla **categoria A**.

#### 11.4 AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA

Ai sensi del nel § 3.2.3.2.1 “Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali delle NTC/2018”, per sottosuolo di categoria A i coefficienti  $S_s$  e  $C_c$  valgono 1. Per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E i coefficienti  $S_s$  e  $C_c$  possono essere calcolati, in funzione dei valori di  $F_0$  e  $T_c^*$  relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.IV delle NTC/2018, nelle quali  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  è l’accelerazione di gravità e  $T_c^*$  è espresso in secondi.

**Tab. 3.2.IV – Espressioni di  $S_s$  e di  $C_c$**

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

## 11.5 AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico ST riportati nella Tab. 3.2.V delle NTC/2018, in funzione delle categorie topografiche definite nel § 3.2.2 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
<b>T1</b>	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
<b>T2</b>	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
<b>T3</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
<b>T4</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o del rilievo, dalla sommità o dalla cresta, dove ST assume il valore massimo riportato nella Tab. 3.2.V, fino alla base, dove ST assume valore unitario.

L'area oggetto d'indagine ricade nella Categoria **T1**.

## 11.6 ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA E DELLE AZIONI DI PROGETTO

La “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo (“Periodo di riferimento” VR espresso in anni), in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato. Questa probabilità è denominata “probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento” Pvr. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa ag in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido, con superficie topografica orizzontale e, in un sito generico, deve essere descritta sia in termini geografici che in termini temporali fornendo i risultati dello studio di pericolosità:

- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima ag e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC (nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale sopra definite).

- in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km).
- per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno TR.

Secondo quanto previsto dalle NTC/2018 gli stati limite (SL) per i quali l'opera viene progettata sono definiti, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento Pvr, a partire dai seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- ag accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T\*c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Nelle NTC/2018 la stima della pericolosità sismica è basata su una griglia di 10751 punti ove viene fornita la terna di valori ag, Fo e T\*C per nove distinti periodi.

## **11.7 STATI LIMITE DI RIFERIMENTO**

Ai sensi del par. 3.2.1. delle NTC/2018, gli stati limite di riferimento nei confronti delle azioni sismiche, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti. Gli stati limite di esercizio sono:

- Stato Limite di Operatività (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- Stato Limite di Danno (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromette significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono invece:

- Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali, cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC): a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali. Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_vR$ , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella Tab. 3.2.I delle NTC:

Stati Limite		Pvr; Probabilità di superamento nel periodo di riferimento
Stati limite di esercizio	SL	81%
	SL	63%
Stati limite ultimi	SL	10%
	SLC	5%

Sono stati dunque portati a due gli Stati Limite di Esercizio (SLE), facendo precedere lo Stato Limite di Danno (SLD) - ridefinito come stato limite da rispettare per garantire inagibilità solo temporanee nelle condizioni postsismiche - dallo Stato Limite di immediata Operatività (SLO), particolarmente utile come riferimento progettuale per le opere che debbono restare operative durante e subito dopo il terremoto (ospedali, caserme, centri della protezione civile, etc.), in tal modo articolando meglio le prestazioni della struttura in termini di esercizio. In modo analogo, sono stati portati a due gli Stati Limite Ultimi (SLU) facendo seguire allo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV), individuato definendo puntualmente lo stato limite ultimo, lo Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC), particolarmente utile come riferimento progettuale per alcune tipologie strutturali (strutture con isolamento e dissipazione di energia) e, più in generale, nel quadro complessivo della progettazione antisismica.

I quattro stati limite così definiti, consentono di individuare quattro situazioni diverse che, al crescere progressivo dell'azione sismica, ed al conseguente progressivo superamento dei quattro stati limite



ordinati per azione sismica crescente (SLO, SLD, SLV, SLC), fanno corrispondere una progressiva crescita del danneggiamento all'insieme di struttura, elementi non strutturali ed impianti, per individuare così univocamente ed in modo quasi "continuo" le caratteristiche prestazionali richieste alla generica costruzione.

Ai quattro stati limite sono stati attribuiti (Cfr.: Tabella 3.2.I delle NTC) valori della probabilità di superamento  $P_vR$  pari rispettivamente a 81%, 63%, 10% e 5%, valori che restano immutati qualunque sia la classe d'uso della costruzione considerata; tali probabilità, valutate nel periodo di riferimento VR proprio della costruzione considerata, consentono di individuare, per ciascuno stato limite, l'azione sismica di progetto corrispondente.

## 11.8 PARAMETRI SISMICI DI RIFERIMENTO

Di seguito vengono riportati i parametri ed i coefficienti sismici di riferimento (ed in particolare la terna di valori  $ag$ ,  $F_0$  e  $T^*C$ ) ottenuti dalla stima della pericolosità sismica basata sulla griglia di riferimento.

Sito in esame.

latitudine:	45,910632
longitudine:	8,315635
Classe:	2
Vita nominale:	50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 10028	Lat: 45,9222	Lon: 8,2498	Distanza: 5249,377
Sito 2 ID: 10029	Lat: 45,9252	Lon: 8,3214	Distanza: 1682,792
Sito 3 ID: 10251	Lat: 45,8753	Lon: 8,3258	Distanza: 4005,455
Sito 4 ID: 10250	Lat: 45,8723	Lon: 8,2543	Distanza: 6384,541

Parametri sismici

Categoria sottosuolo:	A
Categoria topografica:	T1
Periodo di riferimento:	50anni
Coefficiente $c_u$ :	1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento:	81	%
Tr:	30	[anni]
ag:	0,019	g
Fo:	2,559	
Tc*:	0,154	[s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento:	63	%
Tr:	50	[anni]
ag:	0,024	g
Fo:	2,522	
Tc*:	0,187	[s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento:	10	%
Tr:	475	[anni]
ag:	0,053	g
Fo:	2,639	
Tc*:	0,287	[s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento:	5	%
Tr:	975	[anni]
ag:	0,064	g
Fo:	2,717	
Tc*:	0,308	[s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:

Ss: 1,000

Comune di Massiola (VB)

**RIPRISTINO IMMEDIATO DELLA TRAVERSA SUL TORRENTE STRONA PER ALIMENTAZIONE POTABILIZZATORE SORELLA ACQUA  
PROGETTO DEFINITIVO**

---

Cc: 1,000  
St: 1,000  
Kh: 0,004  
Kv: 0,002  
Amax: 0,184  
Beta: 0,200

**SLD:**

Ss: 1,000  
Cc: 1,000  
St: 1,000  
Kh: 0,005  
Kv: 0,002  
Amax: 0,239  
Beta: 0,200

**SLV:**

Ss: 1,000  
Cc: 1,000  
St: 1,000  
Kh: 0,011  
Kv: 0,005  
Amax: 0,519  
Beta: 0,200

**SLC:**

Ss: 1,000  
Cc: 1,000  
St: 1,000  
Kh: 0,013  
Kv: 0,006  
Amax: 0,626  
Beta: 0,200

## **11.9 STABILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE**

L'entità delle deformazioni che subisce il terreno dipende dal grado di addensamento. Se la sabbia è sciolta la pressione dei pori aumenterà molto velocemente, se la sabbia è densa le deformazioni avvengono più lentamente e sono associate ad un aumento di volume (dilatanza).

Per effetto della dilatazione la pressione interstiziale subisce una caduta ed il terreno riesce a sviluppare una resistenza al taglio sufficiente a sostenere le sollecitazioni indotte dai carichi ciclici. A tale proposito Casagrande afferma che sabbie sciolte con densità relative minori del 40% possono essere soggette a liquefazioni; nelle sabbie fortemente dilatanti, con densità relative maggiori del 70 % è invece normalmente impossibile che le pressioni neutre raggiungano quelle di confinamento, per cui si possono attendere solo assestamenti di lieve entità.

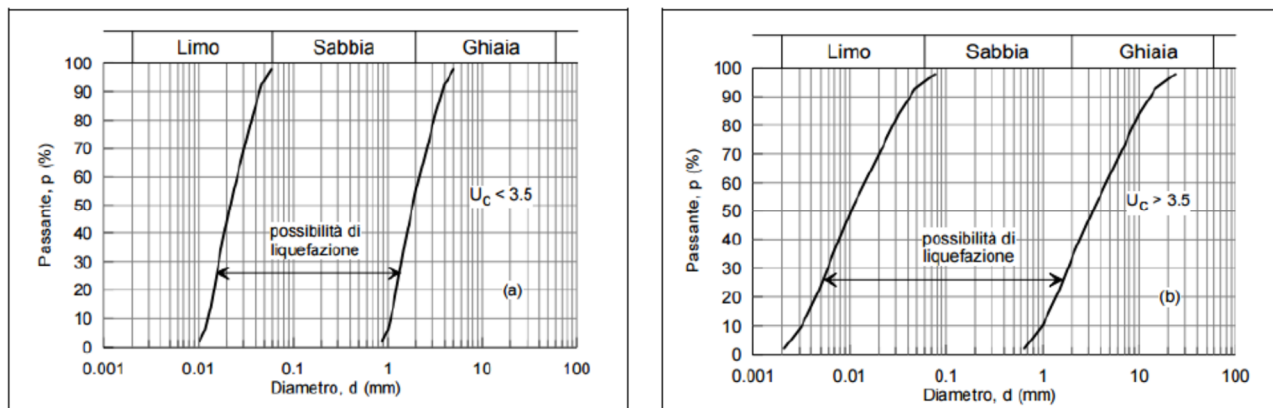
Secondo la normativa vigente la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti cinque circostanze:

- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g;
- profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna suborizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata\*  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $qc_{1N} > 180$  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  $qc_{1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) delle NTC/2018 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  ed in Figura 7.11.1(b) delle NTC/2018 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .



Comune di Massiola (VB)

**RIPRISTINO IMMEDIATO DELLA TRAVERSA SUL TORRENTE STRONA PER ALIMENTAZIONE POTABILIZZATORE SORELLA ACQUA  
PROGETTO DEFINITIVO**

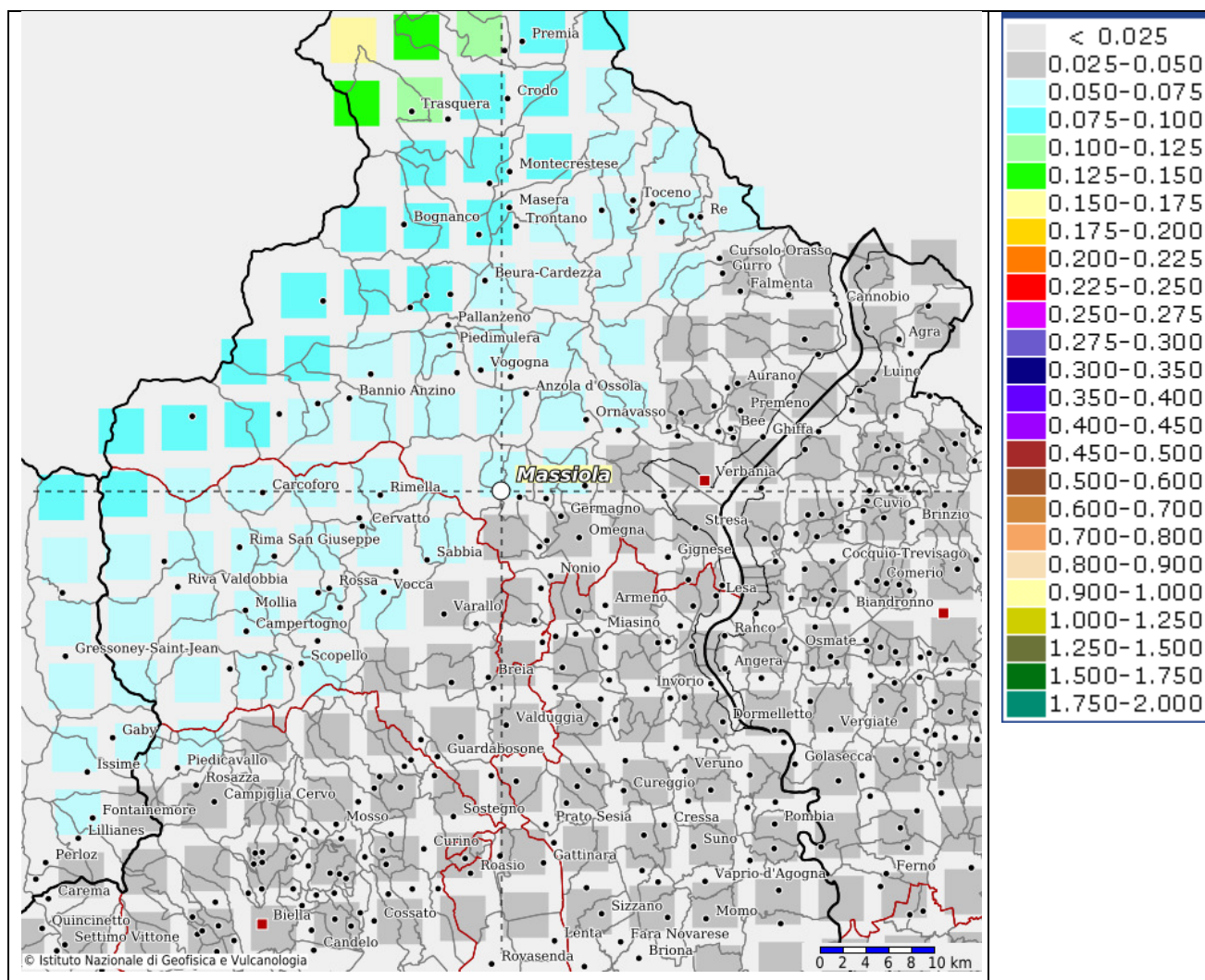


**Fig. 11.2 - Fusi granulometrici di terreni suscettibili a liquefazione**

Nel caso specifico le accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) risultano  $< 0,1$  g.

Comune di Massiola (VB)

**RIPRISTINO IMMEDIATO DELLA TRAVERSA SUL TORRENTE STRONA PER ALIMENTAZIONE POTABILIZZATORE SORELLA ACQUA  
PROGETTO DEFINITIVO**



**Fig. 11.3 - Mappa interattiva di pericolosità sismica INGV (tratto da: <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>)**

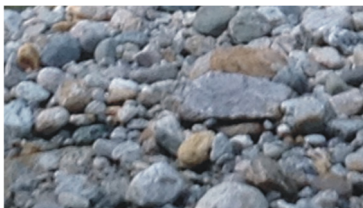

Stante la composizione dei terreni di fondazione (substrato litoide), il loro addensamento ed in particolare le accelerazioni massime previste, si ritiene che rispetto alle magnitudo attese i fenomeni di liquefazione siano improbabili.

## 12. MODELLO GEOLOGICO

### 12.1 MODELLO GEOLOGICO

Sulla base di quanto emerso dalle indagini eseguite all'interno del lotto d'intervento, supportate da una verifica della cartografia tematica, è stato possibile ipotizzare la seguente sequenza stratigrafica - litotecnica schematica interpretativa, costituita dalle seguenti Unità Litologiche, dedotte per omogeneità delle caratteristiche litologiche e geotecniche.

Si rappresenta che, trattandosi di un'interpretazione indiretta, non è possibile definire con certezza l'esatta stratigrafia locale la quale può essere dedotta in modo preciso unicamente in seguito all'esecuzione di sondaggi geognostici.

Unità litologica	Descrizione interpretativa	Spessore medio (m)	Aspetto	Stato di addensamento e consistenza
<b>UL1</b>	Depositi fluviali costituiti da massi e ciottoli	1,0/3,0		Sciolto
<b>UL2</b>	Substrato litoide costituito da kinzigiti	> 50,0		Litoide

## 13. MODELLO GEOTECNICO E PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA

### 13.1 PREMESSA

Mentre il modello geologico di riferimento è la ricostruzione concettuale della storia evolutiva dell'area di studio, attraverso la descrizione delle peculiarità genetiche dei diversi terreni presenti, delle dinamiche dei diversi termini litologici, dei rapporti di giustapposizione reciproca, delle vicende tettoniche subite e dell'azione dei diversi agenti morfogenetici, il modello geotecnico di riferimento rappresenta, invece, uno schema rappresentativo del volume significativo di terreno, suddiviso in unità omogenee sotto il profilo fisico-meccanico, che devono essere caratterizzate con riferimento allo specifico problema geotecnico.

### 13.2 PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA

#### 13.2.1 Premessa

Nelle valutazioni che il progettista deve svolgere per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno (es. platea o trave di fondazione), con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti.

#### 13.2.2 Valori medi

Nella tabella seguente sono stati riportati i valori medi ai sensi delle NTC/2018.

Unità litologica	Stato di addensamento e consistenza	$\gamma_{dm}$	$\gamma_{satm}$	$\Phi'_m$	$C'_m$	E	V
		t/m <sup>3</sup>	t/m <sup>3</sup>	°	KPa	MPa	-
UL1	Sciolto	1,9	1,9	30	0	-	0,32
UL2	Litoide	2,5	2,5	35	100	30000	0,25

dove:



Comune di Massiola (VB)

**RIPRISTINO IMMEDIATO DELLA TRAVERSA SUL TORRENTE STRONA PER ALIMENTAZIONE POTABILIZZATORE SORELLA ACQUA  
PROGETTO DEFINITIVO**

---

- $\gamma_{d_m}$ : peso di volume secco
- $\gamma_{sat_m}$ : peso di volume saturo
- $\phi'_m$ : angolo di attrito interno efficace
- $C'_m$ : coesione efficace
- E: Modulo elastico di Young
- V: Coefficiente di Poisson

## 14. PRIME INDICAZIONI SULLE OPERE DI FONDAZIONE E DI SOSTEGNO

### 14.1 PREMESSA

Nel pieno rispetto del § 2.1. “*Principi fondamentali*” delle NTC/2018, le opere e le componenti strutturali devono essere progettate, eseguite, collaudate e soggette a manutenzione in modo tale da consentirne la prevista utilizzazione, in forma economicamente sostenibile e con il livello di sicurezza previsto dalle norme vigenti.

Disponendo dei carichi indotti dalle opere e dalle strutture, nonché dei parametri caratteristici e di progetto forniti, allo stato attuale non ancora definiti, dovranno essere effettuate dal Progettista le verifiche ai diversi stati limite del sistema geotecnico per le diverse combinazioni. Le NTC/18 prevedono, infatti, che le verifiche di sicurezza nei confronti degli stati limite ultimi per le opere e i sistemi geotecnici, possano essere eseguite utilizzando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3). I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell’ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi (Approccio 1 e Approccio 2).

Per una fondazione superficiale vi è una sola verifica geotecnica agli stati limite ultimi da eseguire cioè la verifica di capacità portante, ovvero la verifica dello stato limite di collasso per raggiungimento del carico limite della fondazione. Pertanto deve essere rispettata la condizione sotto riportata dove  $E_d$  è il valore di progetto dell’azione nelle varie combinazioni di carico e  $R_d$  è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico sopra indicato  $R_d \geq E_d$

Le verifiche allo SLU di tipo geotecnico (GEO) nei confronti del collasso per carico limite dell’insieme fondazione-terreno dovranno quindi essere eseguite utilizzando i valori dei coefficienti parziali riportati nelle seguenti tabelle delle NTC/2018:

- Tab. 6.2.I-Coefficienti parziali per le azioni o per l’effetto delle azioni
- Tab. 6.2.II-Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno
- Tab. 6.4.I-Coefficienti parziali R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

## 14.2 PRESCRIZIONI RELATIVE ALLE OPERE DI FONDAZIONE

In riferimento a quanto emerso dalle indagini e verifiche eseguite, nonché al modello geologico e geotecnico di riferimento individuato, è possibile individuare i seguenti strati, riportati in tabella, in funzione dell'idoneità all'utilizzo come piano di appoggio ad opere fondazionali.

Unità litologica	Descrizione interpretativa	Idoneità all'utilizzo come piano di appoggio e/o immorsamento ad opere fondazionali
<b>UL1</b>	Depositi fluviali costituiti da massi e ciottoli	Inidoneo ad essere utilizzato in alcun caso come piano di appoggio ad opere fondazionali e/o di contenimento. Può essere utilizzato solo come piano di appoggio ad immorsamento ad opere secondarie
<b>UL2</b>	Substrato litoide costituito da kinzigiti	Idoneo ad essere utilizzato come piano di appoggio ad opere fondazionali di tipo diretto e continuo del tipo trave/platea ed opere di tipo indiretto del tipo micropali/barre di ancoraggio

**Tab. 14.1 – Tipologia di fondazioni in funzione delle caratteristiche geotecniche dei terreni**

In base alle caratteristiche dei terreni presenti in sito, ipotizzando opere fondazionali correttamente dimensionate, la rottura del terreno è ampiamente verificata; per questo motivo la capacità portante ammissibile risulterà governata dai cedimenti indotti dai carichi previsti che, per eventuali livelli di pressione, possono risultare incompatibili per le strutture portanti, inducendo distorsioni non trascurabili dal punto di vista statico. Pertanto, una volta definiti, da parte del Progettista delle strutture, i valori di capacità portante ammissibile nei confronti della rottura del terreno, occorrerà procedere ad un'attenta verifica circa la compatibilità tra i cedimenti associati a tali valori di pressione e l'integrità della struttura, sebbene questi risultino molto probabilmente trascurabili in quanto si è in presenza di roccia.

Non disponendo, allo stato attuale, dei valori dei carichi ed azioni indotti dalle strutture, nonché delle esatte caratteristiche delle opere fondazionali, per le verifiche di tali opere si rimanda alla *Relazione sulle opere fondazionali* a firma del Progettista delle strutture.

Il Progettista delle strutture, relativamente alle opere fondazionali, dovrà eseguire tutte le verifiche nei confronti dei diversi Stati Limite strutturali (STR) e geotecnici (GEO) utilizzando gli approcci previsti dalla vigente normativa in materia (NTC/2018).

### **14.3 PRESCRIZIONI RELATIVE ALLE OPERE DI SOSTEGNO PROVVISORIALI E DI CONTENIMENTO**

#### **14.3.1 Premessa**

In base alla tipologia di opere previste (opere di fondazioni ed opere di contenimento), si individuano le seguenti tecniche possibili di realizzazione dello scavo:

- utilizzo dello scavo manuale, la cui esecuzione deve essere ricondotta ad interventi di estensione limitata e comunque per profondità non superiore a mezzo metro, sia quando venga effettuato in superficie che sul fondo dello scavo;
- utilizzo di macchine movimento terra per l'effettuazione di scavi tradizionali a cielo aperto;
- utilizzo con martelli demolitori idraulici per lo scavo in roccia.

Con il termine movimento terra si intendono tutte quelle attività riguardanti la modifica superficiale del terreno: esse sono costituite da una serie di fasi che necessitano di attente valutazioni al fine di evitare l'insorgere di situazioni a rischio.

I movimenti terra si distinguono in riporti di terreno e scavi; gli scavi si differenziano in quelli a cielo aperto e in quelli sotterranei. Gli scavi previsti dagli interventi in progetto sono a cielo aperto e comprendono:

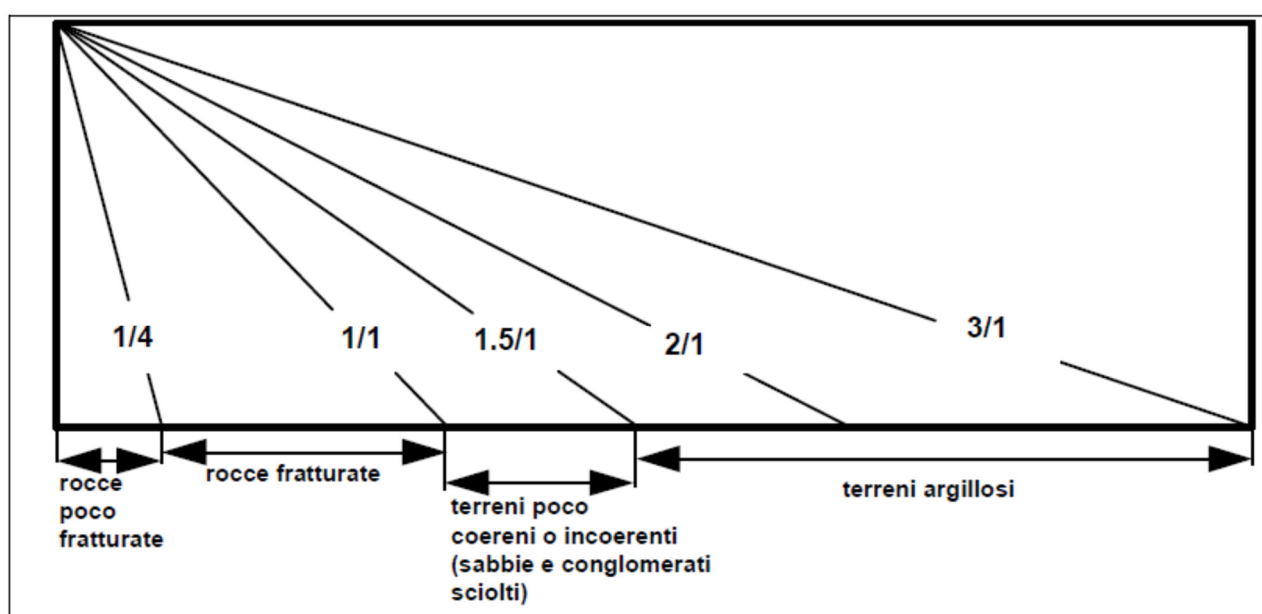
- scavi in aree non antropizzate: scavi di splateamento e/o sbancamento;
- scavi in aree antropizzate (aree urbane e/o in presenza di sottoservizi): scavi a sezione obbligata per trincee, sottomurazioni o fondazioni.

Negli scavi di splateamento e di sbancamento possono verificarsi problemi di stabilità, dovuti alla variabilità delle caratteristiche strutturali e di composizione dei terreni presenti in sito.



Negli scavi a sezione obbligata per la realizzazione di trincee, pozzi, sottomurazioni e fondazioni, dove la sezione dello scavo è vincolata allo stato dei luoghi e/o alla presenza di strutture o servizi, e i fronti si presentano verticali o subverticali, la sezione ristretta è fonte di pericolo per il distacco di blocchi di terreno dalle pareti, per la limitatezza della via di fuga e per la bassa velocità di scampo consentita agli operatori, in caso di pericolo, per raggiungere un luogo sicuro.

Per quanto riguarda l'inclinazione indicativa delle pareti di scavo la figura seguente, individua i rapporti con le caratteristiche litologiche



**Fig. 14.2 - Schema rapporti inclinazione/litologia**

Negli scavi di sbancamento in roccia si possono utilizzare fronti di scavo con inclinazione compresa tra 1/4 e 1/1 mentre negli scavi di sbancamento in depositi fluviali sciolti si possono utilizzare fronti di scavo con inclinazione compresa tra 1/1 e 1,5/1.

### 14.3.2 Sistemi ed opere di sostegno provvisionali

In base alle caratteristiche geologiche e geotecniche dei terreni presenti, nonché alle condizioni morfologiche del sito, alla luce degli interventi previsti, si dispone che per ogni fronte di scavo e/o sbancamento in previsione, nonché per ogni riporto antropico, con altezza superiore a 1,5 m, si provveda alla realizzazione di sistemi ed opere di sostegno provvisionali, in grado di opporsi alle spinte dei terreni, adeguatamente dimensionate e verificate ai sensi della vigente normativa in materia. I fronti di scavo ed

i riporti in materiale sciolto con altezza inferiore a m 1,5, se non contrastati, dovranno presentare un'inclinazione pari all'angolo di attrito interno del terreno costituente il fronte di scavo.

I sistemi provvisori di sostegno e di protezione devono garantire la resistenza alle sollecitazioni provocate da:

- pressione del terreno;
- strutture adiacenti lo scavo;
- carichi aggiuntivi e vibrazioni (materiale in deposito, traffico di automezzi, ecc.).

Le strutture di sostegno devono essere installate a contatto diretto con la superficie di scavo e lo spazio tra l'armatura e la parete del terreno deve essere riempito con materiale di rincalzo tale da garantire il contrasto. La scelta del tipo di armatura e del materiale da utilizzare dipende principalmente:

- dalla natura del terreno;
- dal contesto ambientale;
- dalla tipologia di scavo da eseguire.

L'armatura deve comunque possedere le seguenti caratteristiche:

- essere realizzata in modo da evitare il rischio di seppellimento;
- in un terreno incoerente la procedura deve consentire di disporre armature parziali tali da permettere di raggiungere in sicurezza la profondità richiesta nel terreno;
- in un terreno dotato di coesione, in cui lo scavo può essere realizzato in avanzamento continuo fino alla profondità desiderata, la procedura deve prevedere la collocazione di un sistema di protezione prima che i lavoratori addetti accedano allo scavo;
- essere sufficientemente resistente da opporsi, senza deformarsi o rompersi, alla pressione esercitata dal terreno sulle pareti dello scavo;
- essere realizzata in modo da poter sopportare, senza deformarsi, anche carichi asimmetrici del terreno.

Il soddisfacimento di queste condizioni permette di realizzare dei moduli di protezione simili ad una gabbia di sicurezza.

La protezione dello scavo a cielo aperto, in presenza di pareti verticali, deve essere effettuata con sistemi di armatura e di puntellazione delle stesse con elementi di sostegno realizzati in legno o in acciaio. L'utilizzo di sistemi metallici prefabbricati modulari e testati secondo normativa tecnica, consente vantaggi maggiori rispetto a quelli realizzati in legno in cantiere che si concretizzano in: facilità di posa, recupero dopo posa, profili di notevole inerzia, differenti forme geometriche, moduli di larghezza diversa, scelta delle caratteristiche di resistenza in base alla distanza del puntello di base e della larghezza interna di puntellazione, ambienti di diversa natura con o senza presenza di acqua.

Ai fini di evitare dissesti o crolli localizzati, i lavori di scavo e sbancamento dovranno interessare fronti di scavo di lunghezza limitata (4-5 m).

#### **14.3.3 Opere di contenimento definitive (solo se previste)**

Le eventuali opere di contenimento definitive dovranno essere dimensionate e verificate dal Progettista utilizzando i diversi stati limite previsti dalle NTC/18; dovrà inoltre essere attentamente verificata la stabilità dell'opera di sostegno e del complesso opera – terreno nelle condizioni corrispondenti alle diverse fasi costruttive ed al termine della costruzione. Le verifiche di sicurezza nei confronti degli stati limite ultimi per le opere e i sistemi geotecnici, dovranno quindi essere eseguite utilizzando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3). I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi (Approccio 1 e Approccio 2).

Tali opere dovranno essere immorsate all'interno del substrato roccioso.

Le strutture ed opere di contenimento sono soggette a spinte orizzontali dovute oltre che dal terreno circostante, anche dalle pressioni interstiziali dovute alla presenza di acqua connessa alla circolazione fluviale.

Il Progettista delle opere, relativamente alle opere di contenimento, dovrà eseguire tutte le verifiche nei confronti dei diversi Stati Limite strutturali (STR) e geotecnici (GEO) utilizzando gli approcci previsti dalla vigente normativa in materia (NTC/2018).

## **15. INDICAZIONI E PRESCRIZIONI DI CARATTERE GEOLOGICO**

Alla luce delle indagini e verifiche eseguite, si riportano alcune indicazioni e prescrizioni ai fini della salvaguardia del territorio e dell'area d'intervento nonché delle opere esistenti ed in previsione, da ottemperare nelle diverse fasi progettuali e durante l'esecuzione dei lavori.

### **15.1 PROGETTAZIONE DEFINITIVA/ESECUTIVA**

#### **15.1.1 Scavi, opere provvisori, opere di sostegno ed opere di contenimento**

- Il Progettista degli interventi e delle strutture, sulla base del modello geotecnico del sottosuolo, dovrà realizzare delle soluzioni progettuali, nel pieno rispetto della normativa in materia (NTC/2018), che comprendano la previsione quantitativa degli effetti direttamente indotti dagli scavi al contorno dello scavo ed in superficie, con riferimento anche agli scavi poco profondi in ambienti urbanizzati, da cui deve derivare la scelta del metodo e delle tecniche di scavo e degli eventuali interventi di miglioramento e rinforzo in fase di avanzamento.
- Il Progettista degli interventi e delle strutture dovrà provvedere alla progettazione, nel pieno rispetto della normativa in materia (NTC/2018), di tutte le opere di contenimento e di sostegno in modo tale che rispettino gli standard di sicurezza previsti dalla normativa.

#### **15.1.2 Opere fondazionali**

- Il Progettista degli interventi e delle strutture, relativamente alle opere fondazionali, dovrà eseguire tutte le verifiche ai fini della valutazione delle prestazioni attese nei confronti dei diversi Stati Limite strutturali (STR) e geotecnici (GEO) utilizzando gli approcci previsti dalla vigente normativa in materia (NTC/2018).

#### **15.1.3 Prescrizioni generali**

- Il Progettista degli interventi e delle strutture dovrà seguire quanto prescritto nella presente relazione, avendo cura, una volta redatto il progetto esecutivo delle strutture, di provvedere all'esecuzione di tutte le verifiche delle prestazioni attese nei confronti dei diversi Stati Limite strutturali (STR) e geotecnici (GEO) utilizzando gli approcci previsti dalla vigente normativa in materia (NTC/2018)



relativamente alle opere fondazionali e di contenimento, tenendo conto dell'interazione tra strutture e terreni.

- Il Progettista degli interventi e delle strutture dovrà valutare i possibili effetti negativi che si potrebbero creare a seguito della realizzazione delle opere e degli interventi previsti sui manufatti attigui e sull'ambiente circostante.

## **15.2 FASE DI CANTIERE ED ESECUZIONE LAVORI**

### **15.2.1 Scavi, opere provvisionali, opere di sostegno ed opere di contenimento**

- Per evitare fenomeni di dissesto e scoscendimento dei terreni, per quanto concerne la stabilità dei fronti di scavo o sbancamento in materiale sciolto con altezza inferiore a 1,5 m, se non contrastati, dovranno presentare un'inclinazione pari a quelle riportate nel capitolo 14. Tutti i fronti con altezza superiore a 1,5 m dovranno invece essere sostenuti preliminarmente da opere di sostegno provvisionali in grado di sostenere lo scavo per l'intera durata del cantiere.
- Idonee armature e precauzioni devono essere adottate nelle sottomurazioni e quando in vicinanza dei relativi scavi vi siano fabbricati e/o manufatti le cui fondazioni possano essere scoperte o indebolite dagli scavi.
- Gli scavi e gli sbancamenti fuori alveo dovranno essere eseguiti in periodi asciutti e di magra del fiume, avendo cura di proteggere a fine giornata i fronti di scavo ancora aperti con teli impermeabili adeguatamente picchettati nel terreno, in modo da evitare fenomeni di ruscellamento ad opera delle acque meteoriche che potrebbero innescare scoscendimenti e franamenti.
- Nei lavori di escavazione con mezzi meccanici deve essere vietata la presenza degli operai nel campo di azione dell'escavatore e sul ciglio del fronte di attacco.
- I mezzi di scavo e di trasporto del materiale non dovranno sostare in prossimità dei fronti di scavo al fine di evitare vibrazioni dannose per la stabilità ed evitare il rischio di crolli.
- Nella infissione di pali, barre e tiranti devono essere adottate misure e precauzioni per evitare che gli scuotimenti del terreno producano lesioni o danni alle opere vicine con pericolo per i lavoratori.

### 15.2.2 Opere fondazionali

- In seguito all'apertura degli scavi e/o alle operazioni di splanteamento preliminari alla realizzazione del piano di appoggio delle opere fondazionali, occorrerà verificare con cura le caratteristiche litologiche, fisico-meccaniche e geotecniche dei terreni che costituiscono il piano fondazionale, se necessario mediante prove in sito, valutando, in caso di disomogeneità o anomalie, il ricorso ad indagini supplementari.
- Il piano di posa degli elementi strutturali di fondazione dovrà essere dapprima regolarizzato mediante asportazione della porzione più superficiale soggetta a gelivazione o comunque mediante asportazione dello spessore di terreno previsto da progetto, e successivamente regolarizzato fino ad ottenere le caratteristiche geotecniche di progetto, su cui verrà appoggiata la fondazione in previsione.
- I terreni utilizzati come piano di appoggio delle opere fondazionali dovranno presentare caratteristiche litologiche e geotecniche omogenee anche in termini di resistenza. Infatti, in caso di eccessiva disomogeneità dei terreni (specie in corrispondenza di settori non pianeggianti) potranno crearsi fenomeni di assestamento con l'innescò di cedimenti di tipo differenziale che porterebbero a ripercussioni sulla struttura.

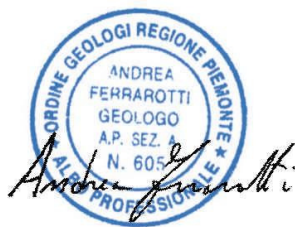
## **16. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE**

La presente relazione geologica e geotecnica è stata redatta, al fine di ottemperare a quanto previsto dal D.M. 17.01.2018 e dalle NTA del vigente P.R.G.C., a supporto del progetto definitivo relativo al seguente progetto: “Ripristino immediato della traversa sul torrente Strona per alimentazione potabilizzatore Sorella Acqua in Comune di Massiola (VCO)”, nell’ambito dell’*“Accordo Quadro con due operatori per l’affidamento dei servizi tecnici di progettazione, assistenza al RUP, Direzione Lavori, assistenza lavori, collaudi, Coordinatore in fase di progettazione (CSP) e/o di coordinatore in fase di esecuzione (CSE) ad esclusione della parte depurazione acque reflue. 2020\_04 Rr”*.

Gli studi, i rilievi e le indagini, eseguite nell’ambito territoriale di possibile influenza degli interventi e delle opere in previsione hanno avuto pertanto la finalità di illustrare il contesto geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico del sito di progetto, di individuare eventuali criticità e di fornire le indicazioni relative alle problematiche geologiche e geotecniche che dovranno essere affrontate nell’ambito della progettazione ed esecuzione delle future opere, valutando in base al quadro dissestivo, vincolistico e pianificatorio in ambito geologico, la fattibilità degli interventi.

Sulla base dei rilievi, delle indagini e verifiche eseguite, tenendo conto delle caratteristiche geomorfologiche, idrogeologiche, geotecniche e di rischio idraulico e geomorfologico dei luoghi, in funzione della tipologia di opere previste, si può attestare la compatibilità e fattibilità degli interventi, nel pieno rispetto delle indicazioni e prescrizioni fornite, finalizzate alla tutela e salvaguardia del territorio.

Dott. Geol. Andrea FERRAROTTI



## **17. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI, CARTOGRAFICI E DOCUMENTALI**

- AdPo, P.A.I. Piano di Assetto Idrogeologico del fiume Po
- Arpa Piemonte, Regione Piemonte. Gli eventi alluvionali in Piemonte
- Arpa Piemonte, 2018. ReRCoMF. Rete Regionale di Controllo Movimenti Franosi
- Arpa Piemonte - Studi e ricerche geologiche, Sistema Informativo Prevenzione rischi, 2003. Eventi alluvionali in Piemonte 2000 - 2002: 13-16 ottobre 2000
- Biella, G., Polino, R., deFranco, R., Rossi, P.M., Clari, P., Corsi, A., & Gelati, R. (1997).
- The crustal structure of the western Po plain: Reconstruction from the integrated geological and seismic data. *Terra Nova*, 9, 28–31. doi: 10.1046/j.1365-3121.1997.d01-5.x
- “Carta geologica d’Italia” e “Note illustrative della Carta Geologica d’Italia”. Servizio Geologico d’Italia, Roma
- d’Atri, A., Piana, F., Barale, L., Bertok, C., & Martire, L. (2016). Geological setting of the southern termination of Western Alps. *International Journal of Earth Sciences*, 105, 1831–1858. doi: 10.1007/s00531-015-1277-9
- CNR IGG, Arpa Piemonte - Carta geologica (GeoPiemonte Map) DelaPierre, F., Piana, F., Fioraso, G., Boano, P., Bicchi, E., Forno, M.G., Polino, R. (2003).
- Elter, P., & Pertusati, P. (1973). Considerazioni sul limite Alpi-Appennino e sulle relazioni con l’arco delle Alpi Occidentali. *Memorie della Società Geologica Italiana*, 12, 359–375
- Gruppo di Lavoro MPS, 2004. Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall’Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.
- INGV, 2015. Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani
- ISPRA, 2018. Progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia)
- Irace, A., Clemente, P., Natalicchio, M., Ossella, L., Trenkwalder, S., DeLuca, D.A., Violant, D. (2009). *Geologia e idrostratigrafia profonda della Pianura Padana occidentale* (135 pp.). Firenze: Edizioni La Nuova Lito
- Lombardo, V., Piana, F., Fioraso, G., Irace, A., Mimmo, D., Mosca, P., ... Giardino, M. (2016). The Classification Scheme of the Piemonte Geological Map and the “OntoGeonous” initiative. *Rendiconti Online della Società Geologica Italiana*, 39( ... ), 117–120. doi: 10.3301/ROL.2016.61
- Perrone, G., Morelli, M., Piana, F., Fioraso, G., Nicolò, G., Mallen, G., & Tallone, S. (2013).



- Current tectonic activity and differential uplift along the Cottian Alps/Po Plain boundary (NW Italy) as derived by PS-InSAR data. Journal of Geodynamics, 66, 65–78. doi: 10.1016/j.jog.2013.02.004
- Regione Piemonte - Settore Prevenzione del Rischio Geologico, Meteorologico e Sismico, 1990. Banca Dati Geologica
- Regione Piemonte, 2018 – Piano Tutela delle Acque
- Spallarossa D., Barani S., 2007. Disaggregazione della pericolosità sismica in termini di M-R-ε. Progetto DPC-INGV S1, Deliverable D14.

Comune di Massiola (VB)

**RIPRISTINO IMMEDIATO DELLA TRAVERSA SUL TORRENTE STRONA PER ALIMENTAZIONE POTABILIZZATORE SORELLA ACQUA  
PROGETTO DEFINITIVO**

---

## **18. REPORT ED ALLEGATI**

SEZIONE STRATIGRAFICA E LITOTECNICA SCHEMATICA INTERPRETATIVA

LEGENDA

- UL1 - Depositi fluviali costituiti da massi e ciottoli
- UL2 - Substrato litoide costituito da kinzigiti
- Opere in cls e massi esistenti

Scala verticale : 1:100  
Scala orizzontale : 1:100

