STUDIO PROTEA ASSOCIATI
DOTT. GEOL. CRISTIAN ADAMOLI
Via Matteotti, 66- 23824 Dervio (LC)
☎ 0341.851176 - info@proteaingegneria.it
P.iva/C.F: 03388100137

PROTEA INGEGNERIA

LARIO RETI HOLDING
la tua acqua, la nostra passione

Comuni di Bellano e Vendrogno (LC)

Collettamento a depurazione della frazione Noceno

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

Dervio (LC), dicembre 2019

Dott. Geol. Cristian Adamoli

ORDINE DEI GEOLOGI della LOMBARDIA
CRISTIAN ADAMOLI
geologo specialista
Albo n. 1109 AP
sezione A

1 PREMESSA 2
2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE 2
2.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO 3
2.2 IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA 9
2.3 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DI SITO 9
3 ANALISI DELLA COMPONENTE GEOLOGICA E SISMICA 10
3.1 VINCOLI PAI 10
3.2 VINCOLO IDROGEOLOGICO 13
3.3 FATTIBILITÀ GEOLOGICA 14
3.4 COMPONENTE SISMICA 16
4 ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DEL SITO 17
4.1 CLASSIFICAZIONE SISMICA DELL'AREA IN OGGETTO 17
4.2 DEFINIZIONE DEI PARAMETRI SISMICI PER L'AREA IN OGGETTO 21
4.3 LIQUEFAZIONE – CONDIZIONI LIMITE 23
5 CONCLUSIONI 24

1 PREMESSA

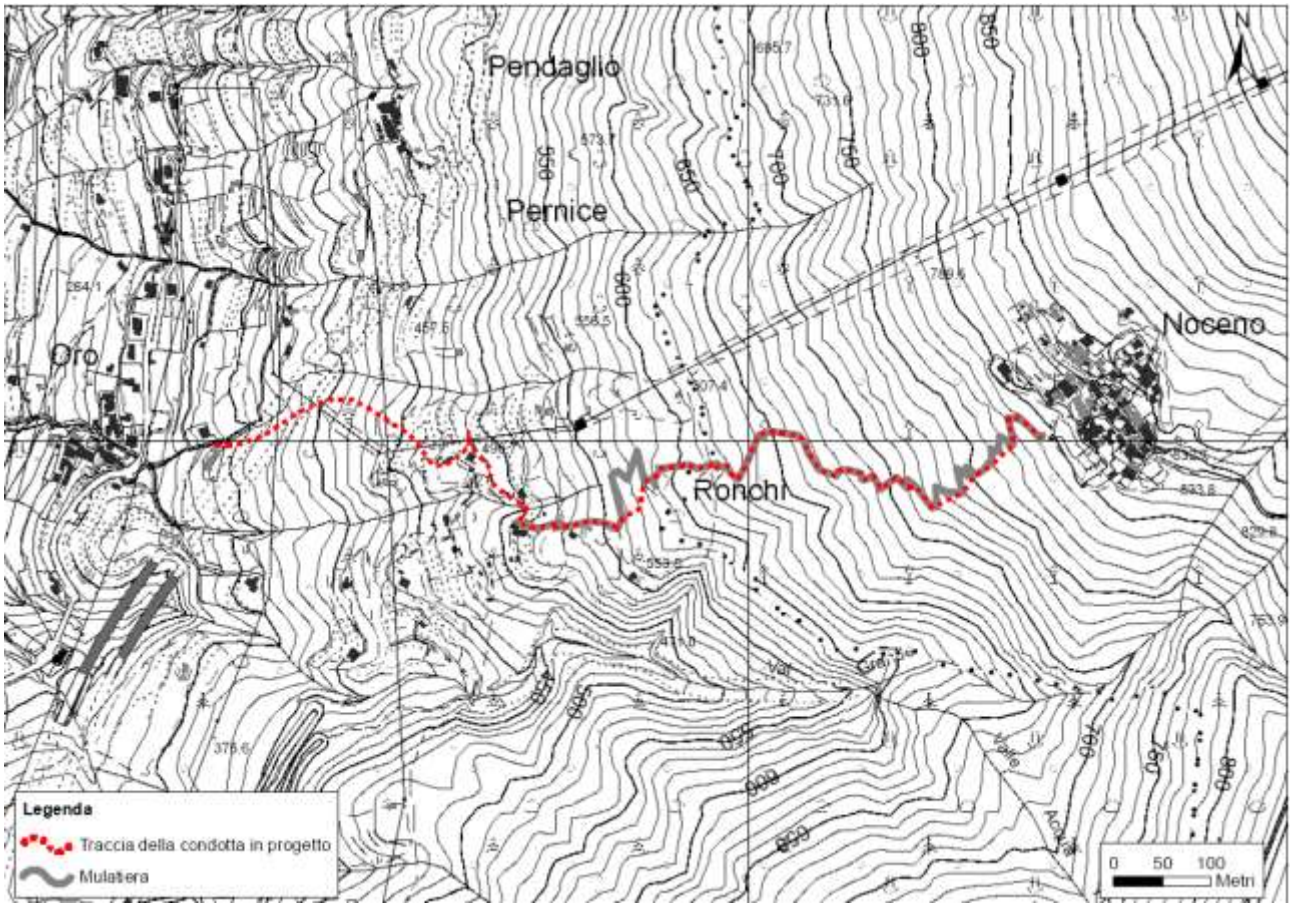
A seguito dell'incarico ricevuto dalla società Lario Reti Holding SpA, è stato redatto uno studio preliminare finalizzato alla caratterizzazione geologica, geotecnica e sismica dei terreni, su cui è previsto il collettamento a depurazione della frazione Noceno, tra i comuni di Bellano e Vendrogno.

Il progetto integrale, a di Lario Reti Holding, è descritto nella relazione tecnica e nelle tavole alle quali si rimanda.

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area oggetto d'intervento è situata all'interno dei territori comunale di Bellano e Vendrogno (LC) lungo il versante occidentale del Monte Muggio tra quota 300 m s.l.m. e quota 800 m s.l.m., tra le località Oro (comune di Bellano) e Noceno (comune di Vendrogno).

È cartografata sulla Carta Tecnica Regionale della Lombardia in scala 1:10.000, nella sezione B3d4 e B3d5, della quale viene di seguito riportato uno stralcio con l'indicazione della traccia della condotta di progetto.



Estratto Carta Tecnica Regionale.

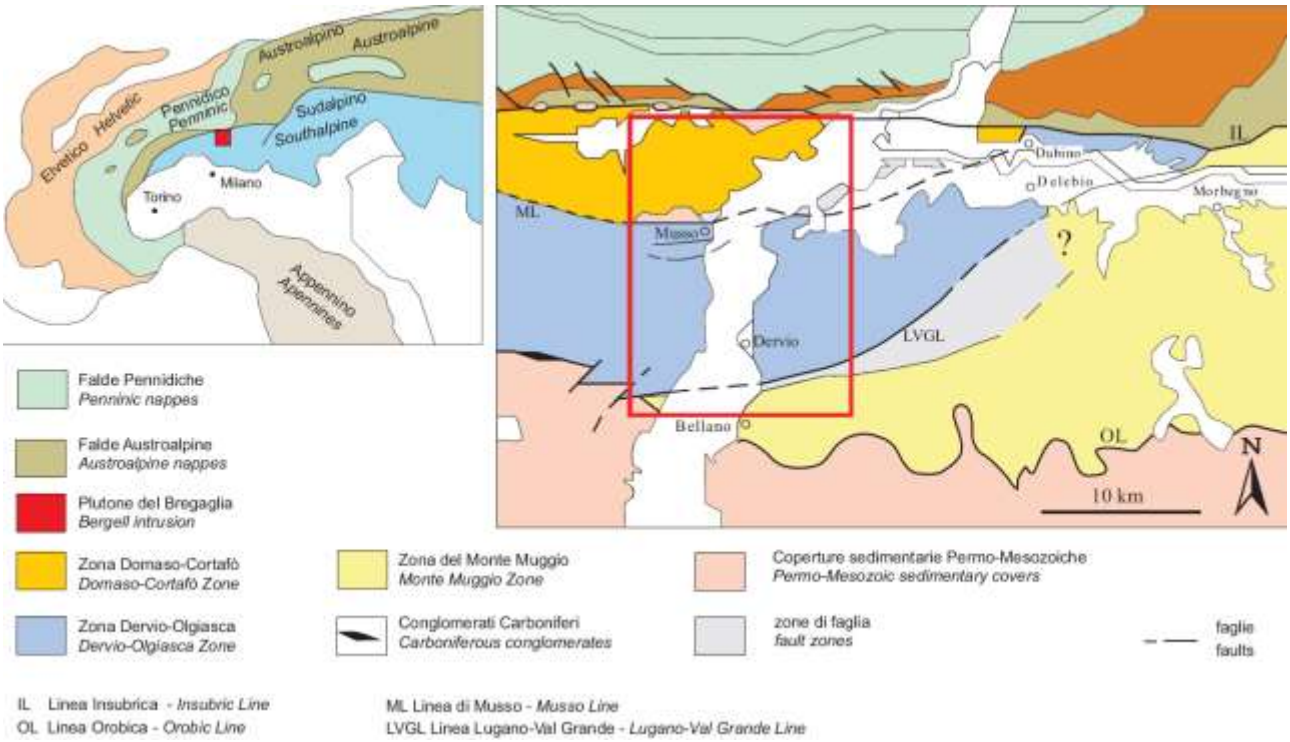
2.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Da un punto di vista geologico strutturale i territori comunali di Bellano e Vendrogno sono situati nella provincia tettonica delle Alpi e Prealpi Orobiche, a loro volte comprese nelle Alpi Meridionali. Quest'ultime sono caratterizzate da uno stile tettonico a pieghe e sovrascorrimenti differente da quello dell'edificio alpino vero e proprio in quanto ha interessato unità appartenenti allo stesso dominio paleogeografico e non ha determinato significativi episodi di metamorfismo. Il settore è caratterizzato da un basamento cristallino sudalpino, affiorante nell'Alto Lario in una fascia di larghezza prossima ai 15 km, e da coperture sedimentarie Permo – Mesozoiche limitate dalla Linea Orobica (sponda orientale del lago di Como) e dalla Linea della Grona (sponda occidentale del lago di Como).

Spalla et al., 2002, ha suddiviso, utilizzando dati strutturali e petrologici, il basamento sudalpino in tre unità tettono - metamorfiche: Domaso Cortafò (DCZ), Dervio Olgiasca (DOZ), Monte Muggio (MMZ). Queste unità sono separate da limiti tettonici: faglia di Musso e Lugano - Val Grande.

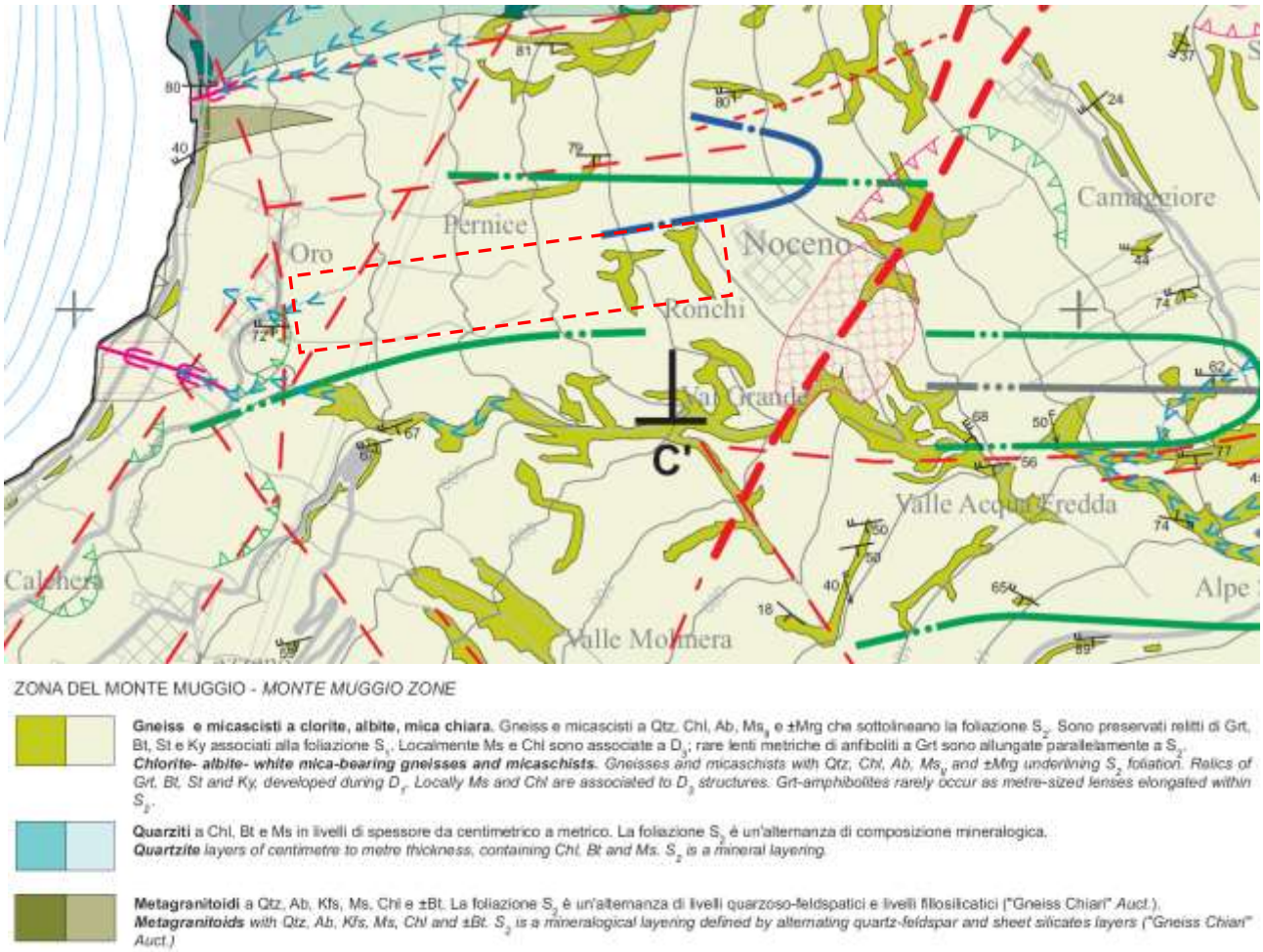
In particolare, il territorio di Bellano s'inserisce basamento cristallino sudalpino - zona del Monte Muggio.

La zona del Monte Muggio è costituita da gneiss a clorite ed albite, metagranitoidi leucocrati (Gneiss Chiari) e da subordinate quarziti. Negli gneiss a clorite e albite sono conservati granato relitto, biotite, staurolite e raramente cianite. Lenti metriche di anfiboliti a granato a grana fine sono contenute entro gli gneiss. Livelli di quarziti di potenza metrica contengono ridotte quantità di clorite, biotite e mica chiara (*Spalla et al., 2002*).



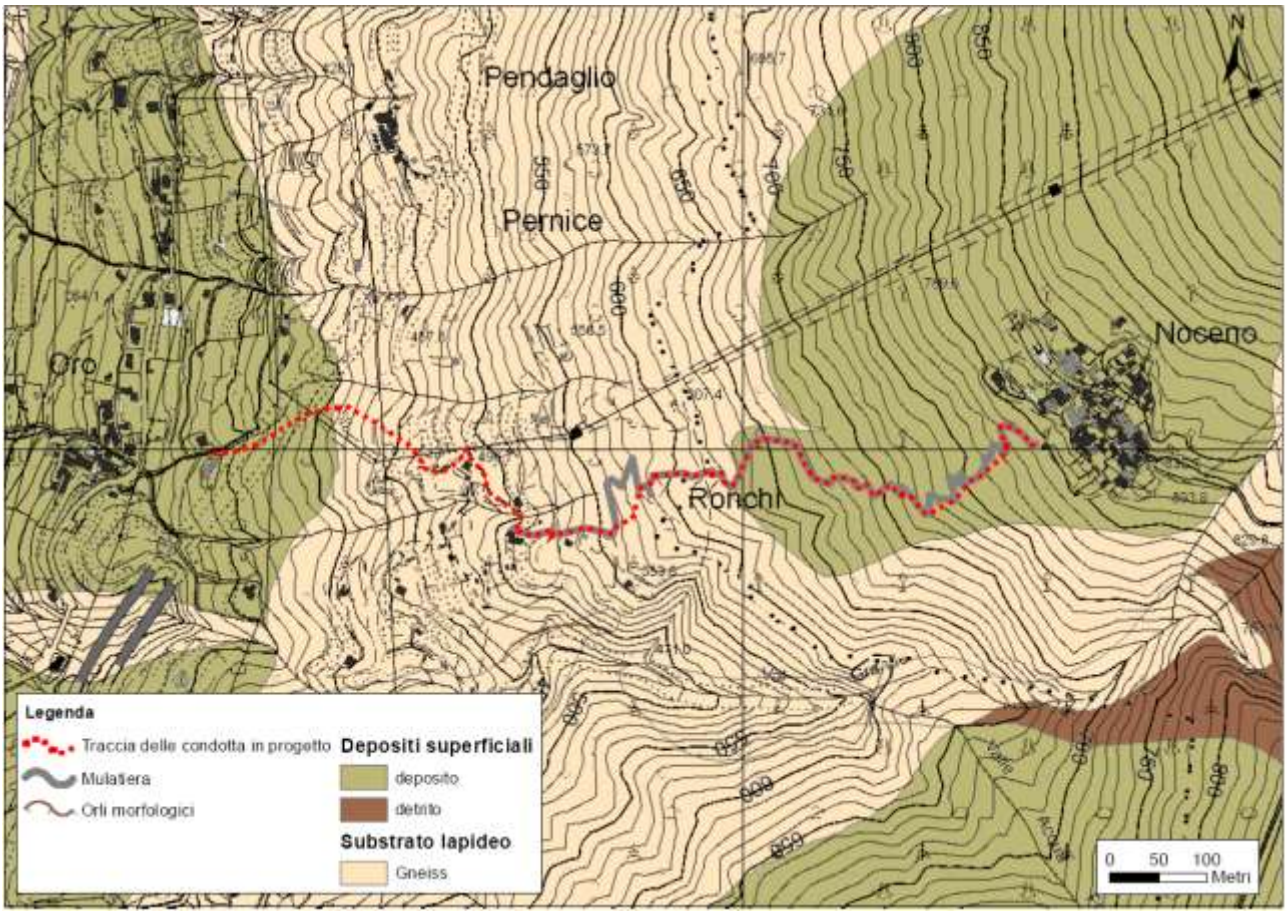
Schema strutturale del basamento sudalpino del Lago di Como.

Il substrato affiorante è costituito da metagranitoidi appartenenti agli Gneiss Chiari. Trattasi di rocce appartenenti al Basamento Cristallino, costituiti da quarzo, feldspato, mica chiara e più raramente biotite. La tessitura è scistosa, con alternanza di livelli micacei ed orizzonti quarzosi. Nelle zone meno pendenti, il substrato è ricoperto da una sottile coltre di depositi eluviali misti a glaciali, di spessore variabile da 1 m a 2 m.



Estratto della carta geologico strutturale del basamento sudalpino del Lago di Como con elementi sul dissesto idrogeologico (mapping tectono-metamorphic). Area in esame nel riquadro.

La “carta geologica con elementi geomorfologici” redatta appositamente per questo studio sulla base degli shape file disponibili dal Geoportale Regione Lombardia, indica che il tratto di condotta in comune di Vendrogno, e il tratto poco a monte della località Oro di Bellano insisterà su depositi terrigeni superficiali. Il tratto centrale della condotta insisterà su substrato subaaffiorante.



Carta geologica con elementi geomorfologici.

La complessa morfologia del settore è il risultato della combinazione dei processi di natura endogena ed esogena e come tale è quindi influenzata dalla struttura geologica, intesa, sia come caratteristiche mineralogico – petrografiche delle rocce, sia come giacitura e diversa competenza, in relazione alla resistenza che esse oppongono agli egenti del modellamento esogeno.

Il paesaggio che ne deriva è comunque particolarmente movimentato e caratterizzato da elevate acclività, incisioni vallive che nel complesso conferiscono singolarità alla natura selvaggia e solitaria del complesso orografico che sicuramente presenza un’estrema rilevanza paesaggistica ed ambientale.

L’area è ben rappresentativa dell’ambiente alpino come territorio a morfologia giovanile, sensibile ai processi legati all’evoluzione geologica recente e quaternaria. Tra questi predominano quelli determinati dalla tettonica gravitativa e in parte alla neotettonica.

Ne consegue una forte erosione, concentrata soprattutto in alcuni bacini minori. Il modellamento ha disegnato forme dolci, con prevalenza di substrato subaffiorante rispetto ai depositi quaternari ed evidente controllo strutturale (scistosità regionale e discontinuità litologiche, ma soprattutto fratturazione) sul disegno del reticolo idrografico.

Particolare importanza riveste, ai fini della caratterizzazione del bacino è la rappresentazione di una serie di fenomeni di evoluzione delle forme del paesaggio, a seguito del disfacimento degli elementi morfologicamente rilevanti e della rielaborazione di questi da parte dell'azione degli agenti morfodinamici.

Si tratta di processi esogeni, legati all'azione delle acque delle acque, del gelo e disgelo, neve, gravità e dell'uomo, alcuni dei quali agiscono arealmente sui versanti. La corretta valutazione di tali processi consente di chiarire il quadro degli eventuali dissesti presenti nell'area e ipotizzare l'evoluzione potenziale.

Il versante è infatti attualmente sede di processi morfodinamici caratterizzati da intensa degradazione fisica per l'azione specifica e/o concomitante esercitata dalle acque superficiali della gravità e per processi crionivali e di gelo e disgelo.

L'evoluzione morfologica dello stesso è inoltre condizionata da diversi fattori quali la litologia, giacitura e grado di fratturazione del substrato roccioso, che risulta per lo più subaffiorante, dall'orientazione del versante stesso e dalle caratteristiche climatiche dell'area.

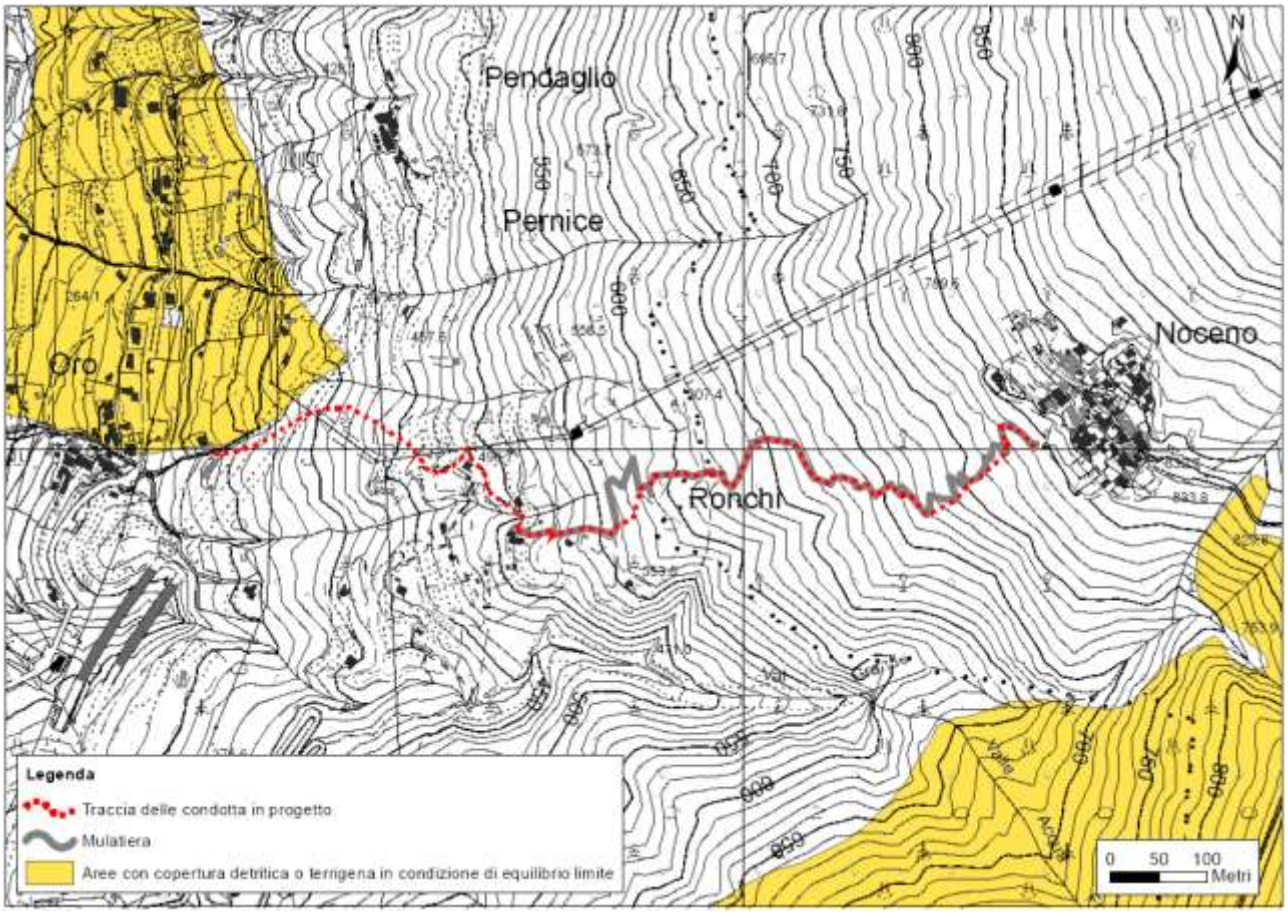
I processi morfodinamici in atto sono essenzialmente erosivi, ovviamente legati dall'azione della gravità e delle acque superficiali incanalate che agiscono su di un paesaggio precedentemente modellato dall'azione glaciale, come testimoniato dalla presenza di terrazzi morfologici.

Localmente i versanti sono caratterizzati da scarpate acclivi, comunque di limitato sviluppo verticale, eccetto lungo i versanti dei principali impluvi torrentizi, soggetti a degradazione accelerata. In queste zone i processi erosivi possono interessare i depositi superficiali determinando, in occasione elevati apporti meteorici (specie quelli intensi), la potenziale instabilità degli stessi con rischio di scollamenti e franamenti in alveo e instaurazione di dinamiche di trasporto solido.

L'azione morfodinamica prevalente risulta essere quella esercitata delle acque incanalate. Tutti i torrenti, sia di regime perenne che a carattere stagionale, incidono profondamente i pendii e sono caratterizzati da alvei in continuo approfondimento.

Gli ammassi rocciosi sono ricoperti da coltri di diverso spessore di materiali incoerenti, tra i quali i depositi di natura morenica. Tali depositi, formati da accumuli di materiale eterogeneo aventi granulometrie molto variabili, sono rappresentati da blocchi, massi, ciottoli e ghiaie sparse, immersi in una matrice prevalentemente sabbioso limosa. Questi depositi sono stati depositati dai ghiacciai quaternati responsabili del modellamento dell'area.

La carta seguente, redatta appositamente per questo studio, ricavata dagli shape file disponibili sul geoportale Regione Lombardia, indica che la condotta in progetto non interferisce zone con aree con copertura detritica o terrigena in condizione di equilibrio limite.



Carta della dissesto.

Il principale elemento di dinamica geomorfologica è rappresentato dalla frana di Noceno. Infatti, il versante sui sorgono i nuclei urbani di Noceno, Camaggiore e stalle di Camaggiore è interessato da alcune frane di scivolamento rotazionale quiescenti che interessano la copertura e probabilmente anche il substrato roccioso. Tali dissesti si riattivano periodicamente in seguito ad eventi pluviometrici estremi, provocando scivolamenti superficiali, colate di fango incanalate negli impluvi e movimenti gravitativi centimetrici in alcuni settori del versante evidenziati da sviluppo di fratture nei terreni.

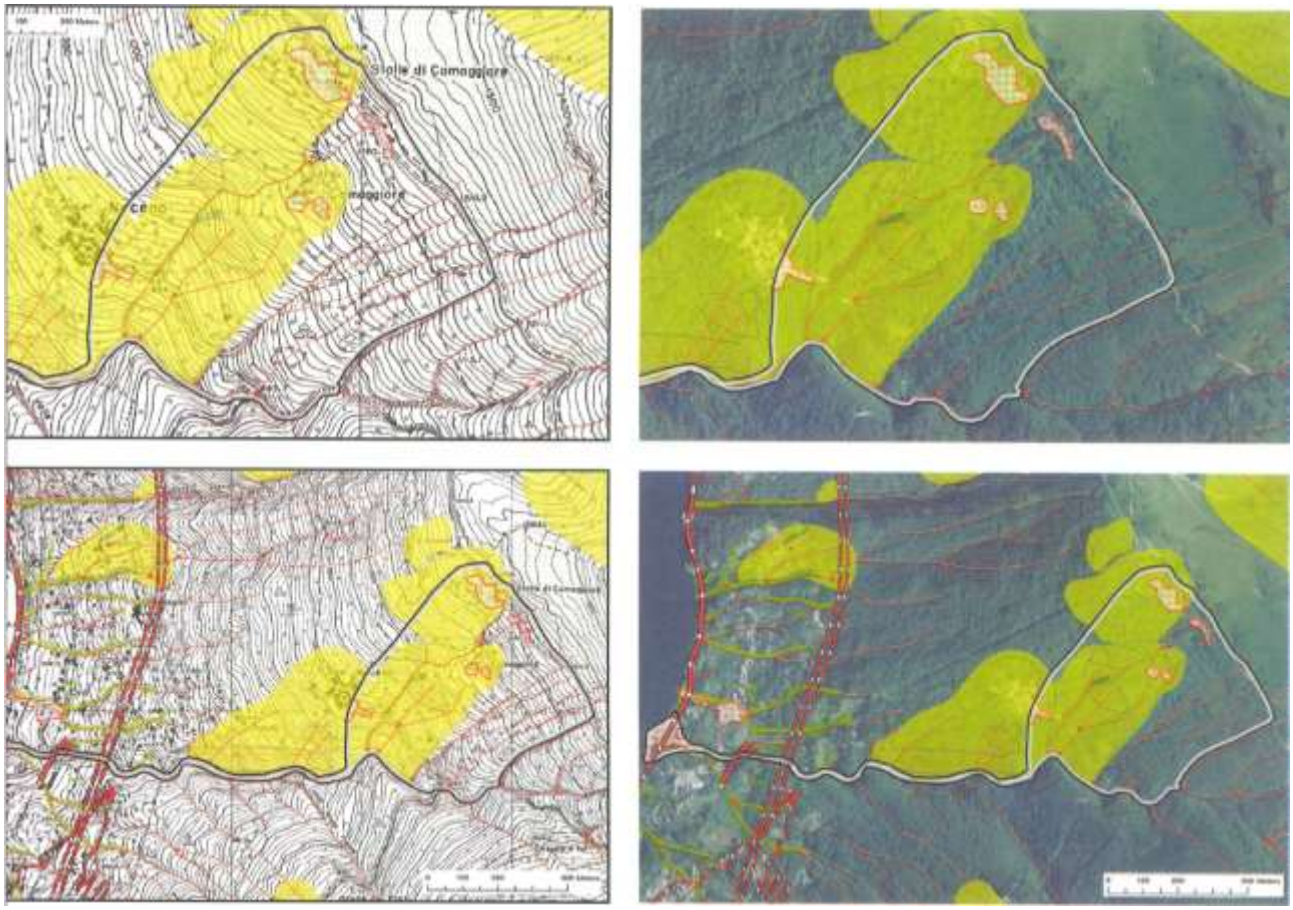
Un collasso totale o parziale dell'area franosa può comportare l'occlusione o il restringimento della Valle Grande, con sviluppo di colate detritiche che possono mettere a rischio l'area urbanizzata di Bellano a Sud della località Oro, nella zona di foce lungo la costa lacustre.

I dati interferometrici derivati dalle immagini del satellite RSAT discendenti (periodo di osservazione 2002-2009) indicano abbassamenti in corrispondenza di alcuni edifici in località Stalle di Camaggiore con valori fino a 5,72 mm/anno.

Il fenomeno è segnalato fin dal 1800: nel 1996 sono state danneggiate delle tombinature sottostanti la strada di accesso. Nel Novembre 2002 un ulteriore evento ha provocato lo sviluppo di fratture nei terreni e il danneggiamento di alcuni manufatti. (fonte pubblicazione Frane di Lombardia)

Il fenomeno quindi interagirebbe con il tratto di condotta prossimo alla località Noceno.

Vista 3D della località (fonte pubblicazione Frane di Lombardia).



Carta del dissesto (fonte pubblicazione Frane di Lombardia).

2.2 IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA

Il reticolo idrografico sui pendii del settore è poco sviluppato e può essere definito di tipo parallelo con valli incise; il regime dei corsi d'acqua è a carattere torrentizio ed è sede di deflusso idrico temporaneo in corrispondenza dei periodi caratterizzati da rilevanti precipitazioni.

Considerata la tipologia del bacino idrografico montano non si escludono fenomeni di trasporto in massa di detriti lungo i principali impluvi in occasione di fenomeni pluviometrici brevi ed intensi.

La morfologia superficiale gioca un ruolo fondamentale nelle modalità di infiltrazione delle acque superficiali, sia per quanto riguarda i processi attuali che per le situazioni del passato.

L'ambito di studio è caratterizzato dalla presenza di aree a diverso grado di permeabilità in funzione dei litotipi presenti, distinti in lapidei e terrigeni. Questi ultimi mantellano, con spessori limitati, il substrato roccioso, il quale affiora lungo gli alvei delle incisioni torrentizie.

Dal punto di vista idrogeologico in ammassi rocciosi particolarmente fessurati, come quelli in esame, le modalità di infiltrazione, circolazione profonda e restituzione delle acque sono improntate dalle caratteristiche fisiche e dalla geometria del mezzo.

Le proprietà geomeccaniche e idrogeologiche delle rocce, come deformabilità e permeabilità, sono dipendenti più dalla configurazione fisica e geometrica del fabric strutturale che dalle proprietà stesse. Lo stato di fratturazione, permette, quindi, l'identificazione dei vari eventi di deformazione rigida che hanno interessato l'intero ammasso.

La circolazione delle acque nello stesso si può impostare lungo i piani di scistosità (permeabilità primaria) o lungo le superfici di discontinuità (permeabilità secondaria); la permeabilità dipende pertanto dalla natura del litotipo e dal suo assetto geologico strutturale. La permeabilità degli ammassi rocciosi diminuisce con la profondità dove il grado di fratturazione potrebbe risultare inferiore.

Tale situazione è dovuta principalmente al forte controllo tettonico presente nella zona, che si esplica con la presenza di numerose dislocazioni che hanno contribuito ad aumentare il grado di fratturazione delle rocce. Relativamente ai depositi terrigeni superficiali, risultano eterogenei litologicamente e molto diffusi nel settore, generalmente hanno gradi di permeabilità superiori a quelli delle rocce del substrato.

Trattasi di terreni sciolti la cui permeabilità è legata alla porosità degli stessi; in termini generali il comportamento idrogeologico dei terreni di copertura è quello di costituire un serbatoio quando essi poggiano su rocce a permeabilità da media a ridotta.

2.3 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DI SITO

I parametri geotecnici di progetto sono stati ricavati dalle informazioni desunte dallo studio geologico a supporto del PGT, nonché dalle delle conoscenze dello scrivente per l'area in esame.

Nel caso progettuale specifico in esame si ritiene che le condizioni generali opera-terreno ricadano nelle ipotesi per le quali, secondo la normativa vigente, è possibile assumere i valori dei parametri geotecnici caratteristici pari ai "valori medi ".

Nello specifico i depositi terrigeni superficiali presentano i seguenti parametri geotecnici medi:

- angolo di attrito "ϕ"=30°- 35°; peso di volume "γ" =1.8 t/m^3.

Il substrato roccioso metamorfico, presenta ottime caratteristiche meccaniche, con angolo d'attrito pari a 40° e peso di volume pari 2.65 t/mc.

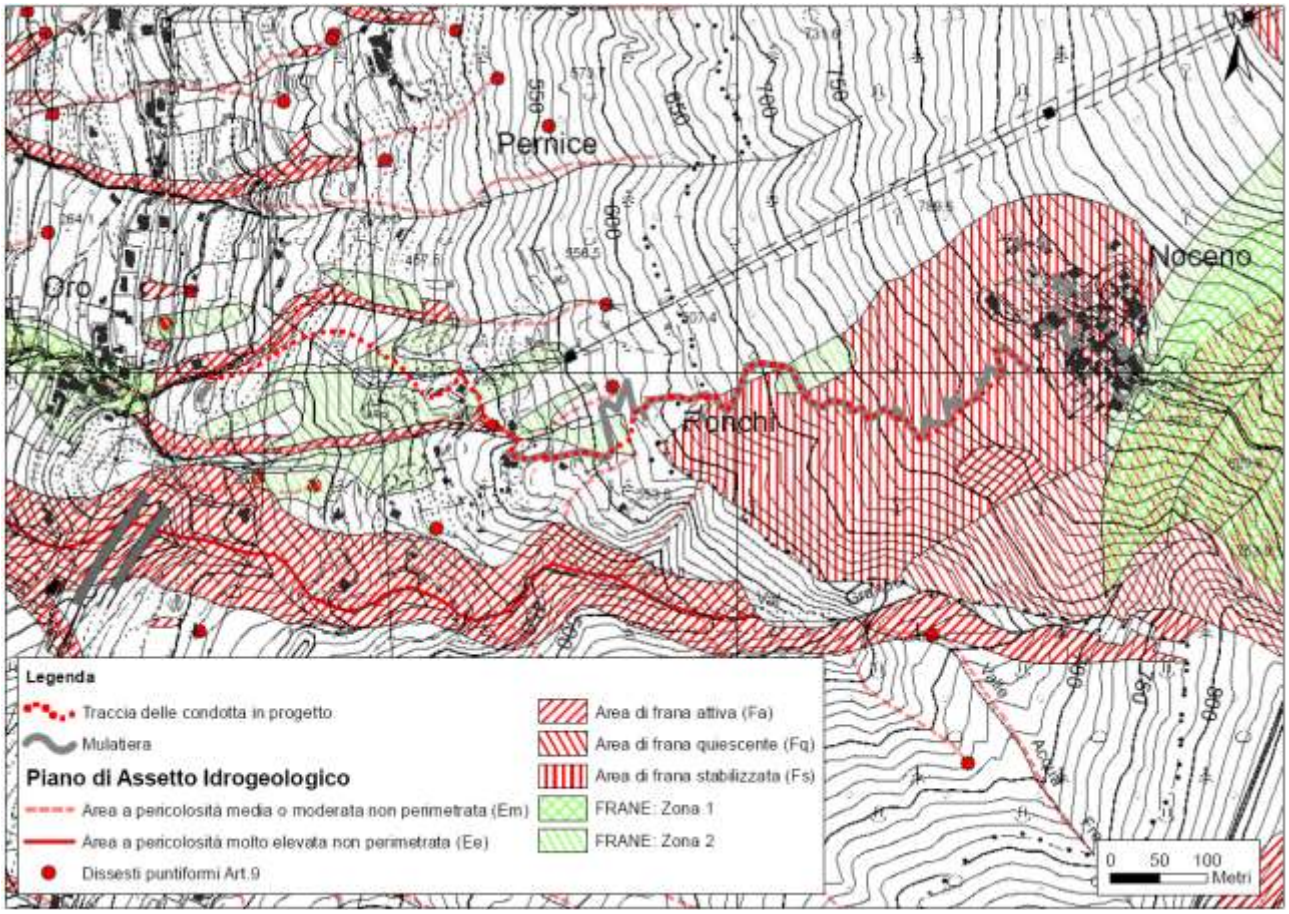
3 ANALISI DELLA COMPONENTE GEOLOGICA E SISMICA

La valutazione ai sensi della d.g.r. IX 2616/2011 della presenza di vincoli o di particolari condizioni di rischio, l'analisi della pericolosità sismica locale e della fattibilità degli interventi con le relative prescrizioni da seguire durante la fase esecutiva delle opere è stata effettuata basandosi su quanto disponibile presso gli uffici comunali e su quanto riportato dalla componente geologica a supporto del P.G.T. attualmente in vigore per i comuni di Bellano e Vendrogno (Lc) e dalle relative Norme di Piano.

Per l'analisi sono stati utilizzati gli shape file disponibili sul Geoportale della Regione Lombardia riguardanti il Piano di Assetto Idrogeologico, la fattibilità geologica e la pericolosità sismica locale.

3.1 VINCOLI PAI

La carta dei vincoli del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) indica che il tratto di condotta ricade in area di frana stabilizzata (Fs). Proseguendo verso valle, la condotta in progetto intercetta aree classificate dal PAI come "aree a rischio idrogeologico molto elevato (Zona 2) e aree in di frana attiva (in corrispondenza degli impluvi).



Carta dei vincoli PAI.

La Zona 2 è regolamentata dagli art. 49 e 50 delle Norme di attuazione del PAI, di seguito riportati.

Norme per le aree a rischio idrogeologico molto elevato (Titolo IV)

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.

Nelle aree di cui ai commi precedenti deve essere predisposto un sistema di monitoraggio finalizzato ad una puntuale definizione e valutazione della pericolosità dei fenomeni di dissesto, all'individuazione dei precursori di evento e dei livelli di allerta al fine della predisposizione dei piani di emergenza, di cui all'art. 1, comma 4, della L. 267/1998, alla verifica dell'efficacia e dell'efficienza delle opere eventualmente realizzate.

Le limitazioni d'uso del suolo attualmente operanti ai sensi della L. 9 luglio 1908, n. 445 e della L. 30 marzo 1998, n. 61, relative alle aree a rischio Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico 61 idrogeologico molto elevato, rimangono in vigore e non sono soggette alle misure di salvaguardia di cui al presente Piano.

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 delle 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.
3. Nella porzione contrassegnata come ZONA 2 delle aree di cui all'Allegato 4.1 all'Elaborato 2 di Piano sono esclusivamente consentiti, oltre agli interventi di cui ai precedenti commi:
   - gli interventi di ristrutturazione edilizia, così come definiti alla lettera d) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457;
   - gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti unicamente per motivate necessità di adeguamento igienico - funzionale, ove necessario, per il rispetto della legislazione in vigore anche in materia di sicurezza del lavoro connessi ad esigenze delle attività e degli usi in atto;
   - la realizzazione di nuove attrezzature e infrastrutture rurali compatibili con le condizioni di dissesto presente; sono comunque escluse le nuove residenze rurali;
   - gli interventi di adeguamento e ristrutturazione delle reti infrastrutturali.

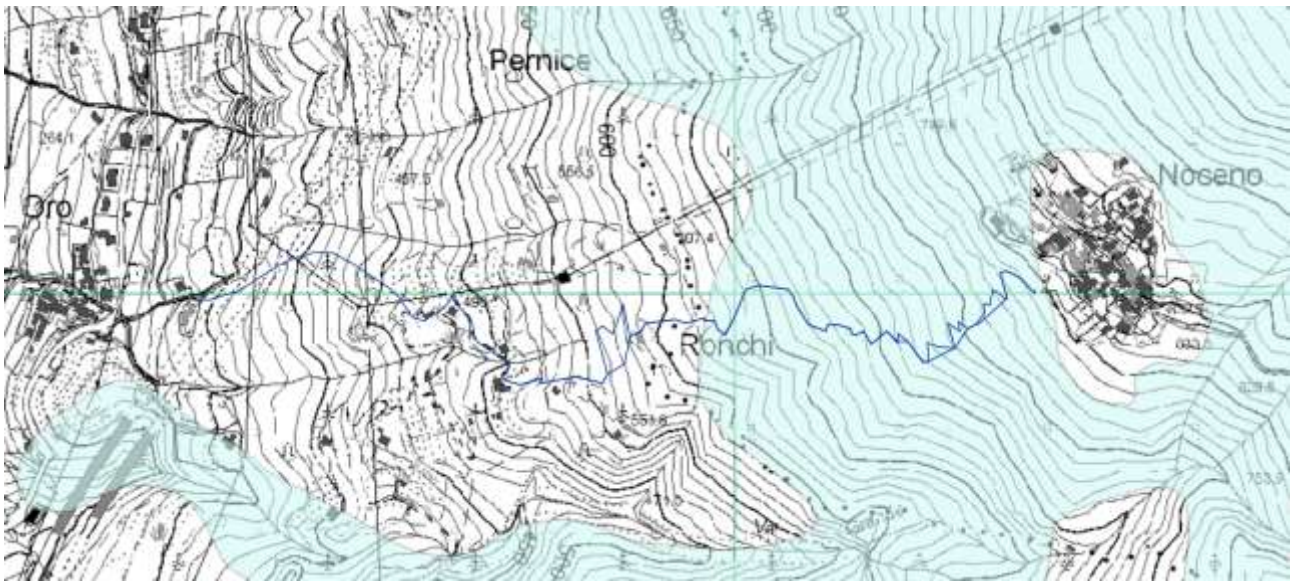
Fatto salvo quanto previsto dall'art. 3 ter del D.L. 12 ottobre 2000, n. 279, convertito in L. 11 dicembre 2000, n. 365, nelle aree Fa (art. 9 comma 1 delle NdA del PAI) sono esclusivamente consentiti:

- gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
- gli interventi di manutenzione ordinaria degli edifici, così come definiti alla lettera a) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457;
- gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;
- gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche o di interesse pubblico e gli interventi di consolidamento e restauro conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
- le opere di bonifica, di sistemazione e di monitoraggio dei movimenti franosi;
- le opere di regimazione delle acque superficiali e sotterranee;
- 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.

Nelle aree Fs, invece, l'art. 9 comma 4 delle Norme di attuazione del PAI, esplica che compete alle Regioni e agli Enti locali, attraverso gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti, tenuto anche conto delle indicazioni dei
programmi di previsione e prevenzione ai sensi della L. 24 febbraio 1992, n. 225. Gli interventi ammissibili devono in ogni caso essere soggetti ad uno studio di compatibilità con le condizioni del dissesto validato dall'Autorità competente.
Inoltre si precisa che nei tratti in cui la condotta interseca il Reticolo Idrico Minore (RIM) è soggetta verifica di compatibilità idraulica.

3.2 VINCOLO IDROGEOLOGICO

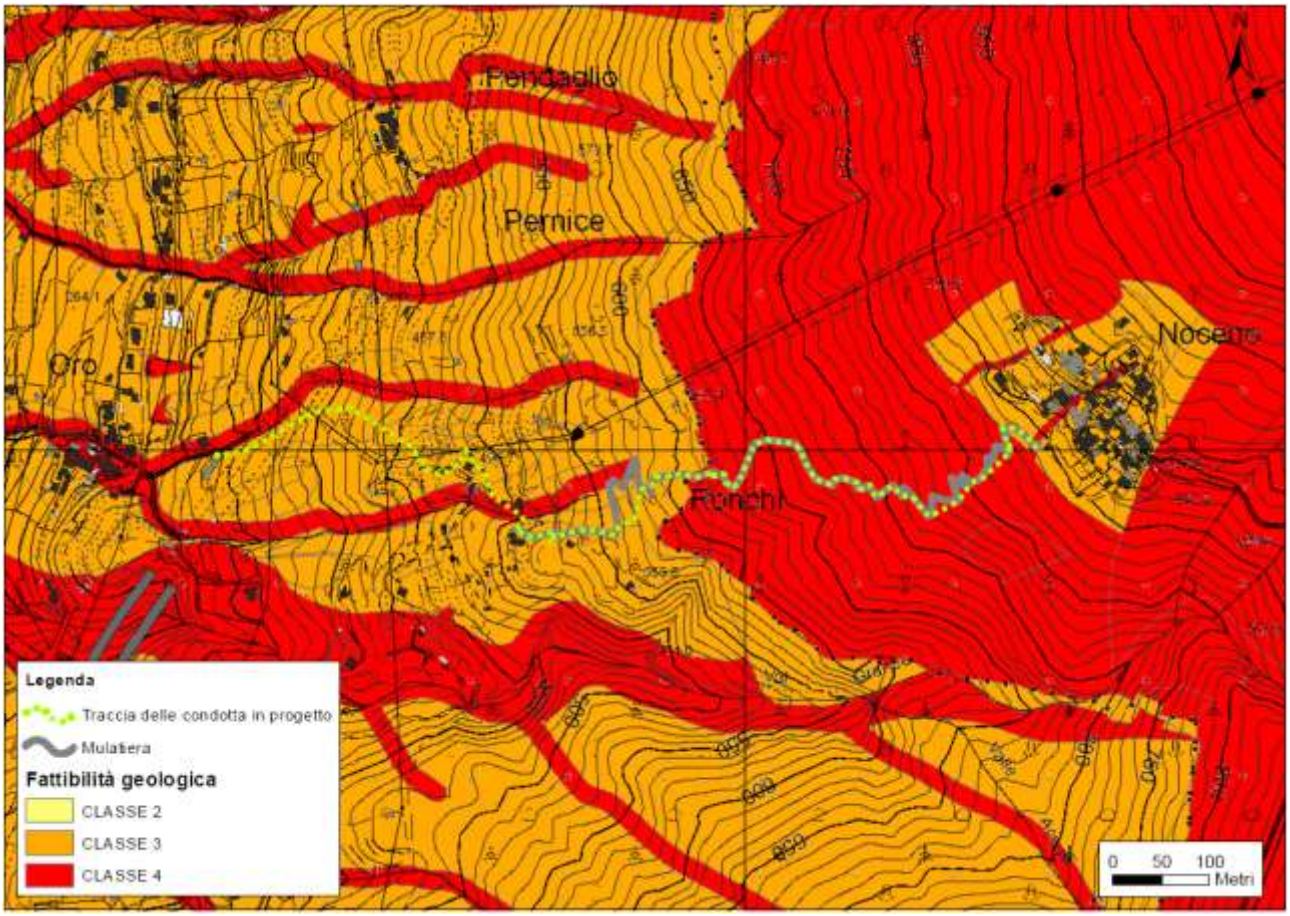
L'area d'intervento, in comune di Vendrogno, è inoltre interessata da Vincolo idrogeologico (vincolo ambientale) ai sensi del R.D. Lgs. 30 dicembre 1923 n. 3267.



Carta vincolo idrogeologico (campitura azzurra) su C.T.R. (fonte Geoportale Regione Lombardia); traccia della condotta in progetto indicata da color blu.

3.3 FATTIBILITÀ GEOLOGICA

La carta della fattibilità geologica elaborata per questo studio, tramite gli shape file disponibili sul Geoportale Regione Lombardia, indica che il tratto di condotta in progetto in comune di Vendrogno ricade nella classe di fattibilità 4 – fattibilità con gravi limitazioni. Invece, la restante parte, ricade prevalentemente nella classe 3 – fattibilità con consistenti limitazioni, eccetto un tratto, in corrispondenza di un impluvio, ove insiste nella classe 4.



Carta della fattibilità geologica.

Prescrizioni fattibilità geologica Comune di Vendrogno

L'alta pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso. Deve essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere tese al consolidamento e alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Per edifici esistenti sono consentite esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro risanamento conservativo, come definiti dall'articolo 24 comma 1 lettere a,b,c della L.R. 12/05 e s.m.i. senza aumento di superficie e volume e senza aumento del carico insediativo.

Sono consentire le lavorazioni necessarie per l'adeguamento della normativa antisismica. Per i nuclei abitati esistenti, quando non strettamente necessario prevedere al loro trasferimento, dovranno essere predisposti idonei piani di protezione civile ed inoltre deve essere valutata la necessità di predisporre sistemi di monitoraggio geologico che permetteranno di tenere sotto controllo l'evoluzione dei fenomeni in atto.

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

Prescrizioni fattibilità geologica Comune di Bellano

Prescrizioni classe 4

L'alta pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso. È esclusa qualsiasi edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti.
Per gli edifici esistenti sono consentire esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'art. 27, comma 1, lettere a), b), c) della L.R. 12/05, senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo. Sono consentite le innovazioni per l'adeguamento alla normativa antisismica.

Prescrizioni classe 3

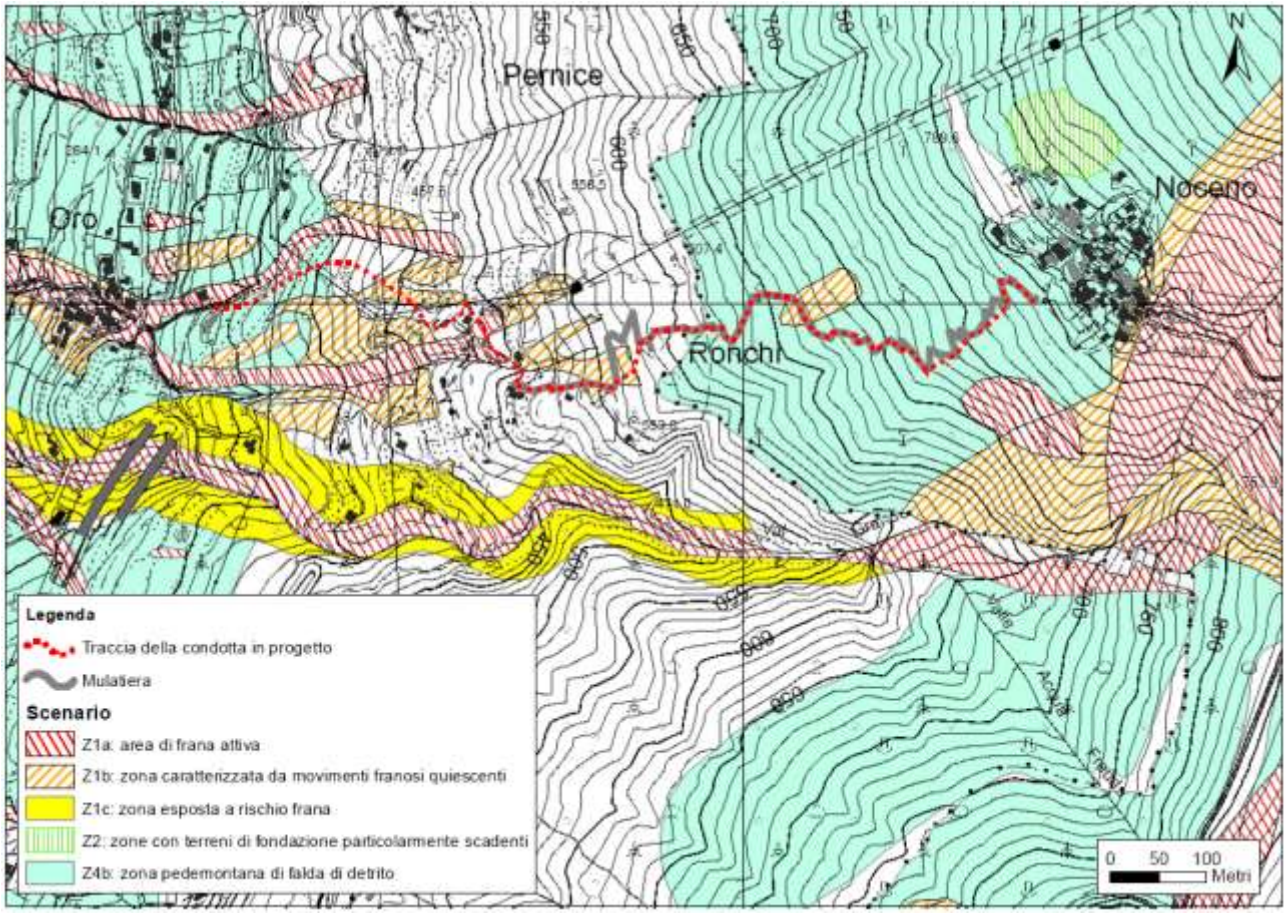
L'alta pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso. È esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti sono consentite esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'art. 27, comma 1, lettere 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 antisismica.
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 e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico.

3.4 COMPONENTE SISMICA

La Carta della Pericolosità Sismica Locale rielaborata mediante gli shape file disponibili sul Geoportale della Regione Lombardia mostra come il tratto di condotta nel territorio comunale di Vendrogno attraversa prevalentemente aree classificate come Z4b – zona pedemontana di falda di detrito. In questo tratto attraversa una zona Z1b – zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti.

Per quel che concerne il tratto di condotta in comune di Bellano, dalla carta della pericolosità sismica si può notare come essa attraversa aree classificate come Z1b e Z1a – area di frana attiva. Inoltre, la stessa, nel tratto finale ricade in Z4. Sono presenti zone ove non sono previsti scenari di pericolosità sismica.

I territori comunali di Bellano e Vendrogno sono ricompresi nella **classe 4** della zonizzazione sismica nazionale (Aggiornamento secondo O.P.C.M. n. 3519/2006). L'applicazione del 2° livello di approfondimento (App. 5 – ai sensi della d.g.r. IX 2616 del 30.11.2011) così come descritto della d.g.r. X/5001 del 30.03.2016 non è pertanto obbligatorio per tutte le strutture o edifici di nuova progettazione.



Carta della pericolosità sismica locale.

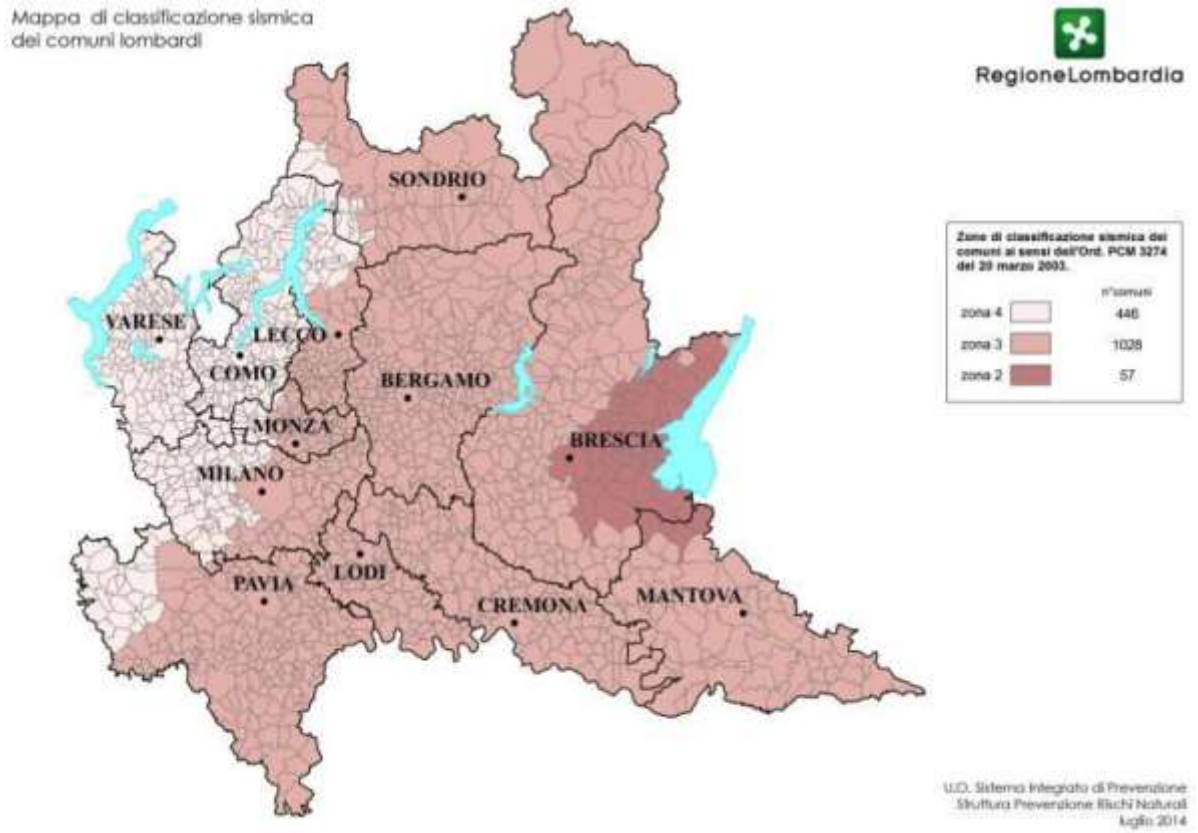
4 ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DEL SITO

Un parametro fondamentale dal quale non è possibile prescindere nelle verifiche geotecniche è l'azione sismica di progetto che si definisce a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito interessato dall'intervento, così come prescritto dal D.M.17 gennaio 2018 "Norme tecniche per le costruzioni".

4.1 CLASSIFICAZIONE SISMICA DELL'AREA IN OGGETTO

La classificazione sismica del territorio italiano è stata definita con l'ordinanza n. 3274 della Presidenza del Consiglio dei Ministri "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", pubblicata sul supplemento ordinario 72 alla Gazzetta Ufficiale n° 105 del 8 maggio 2003, con la quale sono stati approvati i "Criteri per l'individuazione delle zone sismiche - individuazione, formazione ed aggiornamento degli elenchi nelle medesime zone" (allegato 1) e le connesse norme tecniche (allegati 2, 3, 4)". Tale Ordinanza è stata recepita Regione Lombardia con DGR 11/7/14, n. X/2129.

I comuni di **Bellano** e **Vendrogno** sono classificati come come Zona 4, ovvero è caratterizzati da un livello di pericolosità sismica molto bassa.



Mappa della classificazione sismica della Regione Lombardia.

Generalità

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente S_e (T), con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR}, nel periodo di riferimento V_R. In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

Per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR}, la normativa definisce le forme spettrali a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g accelerazione orizzontale massima al sito

F_o 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.

Questi parametri sono calcolati a partire dal "reticolo di riferimento" (cfr. Allegato B del DM 14/01/2008) ricostruito, sull'intero territorio italiano, adottando una maglia di circa 10 km di lato ed associando a ciascun nodo la definizione di tali parametri.

Partendo dai valori definiti nei nodi, per ogni punto individuato sul territorio mediante le sue coordinate geografiche (longitudine e latitudine) ed attraverso l'interpolazione, è possibile individuare i parametri di pericolosità sismica per un periodo di ritorno T_R assegnato.

Periodo di ritorno TR

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di ritorno assegnato TR, che, per ciascun tipo di costruzione, si determina in funzione del periodo di riferimento VR, e della probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR a seconda dello stato limite considerato, mediante la relazione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln\left(1 - P_{V_R}\right)}$$

Il periodo di riferimento VR è funzione della vita nominale NV e del coefficiente d'uso CU caratteristici dell'opera:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Se $V_R \leq 35$ anni si pone comunque $V_R = 35$ anni.

Vita nominale

La normativa definisce che la vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata.

Di seguito si riporta la vita nominale dei diversi tipi di opere specificati nella normativa:

- Opere provvisorie - opere provvisionali - strutture in fase costruttiva (≤ 10 anni)
- Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute e importanza normale (≥ 50 anni)
- Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica (≥ 100 anni)

Classi d'uso

In presenza di azioni sismiche, la normativa suddivide le costruzioni in quattro classi d'uso, in riferimento alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso.

Le quattro classi d'uso individuate dalla normativa sono definite in base al livello di affollamento degli edifici e/o al loro interesse strategico e sono le seguenti:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso dell'opera, come riportato di seguito:

1. Classe uso I $C_U = 0.7$
2. Classe uso II $C_U = 1.0$
3. Classe uso III $C_U = 1.5$
4. Classe uso IV $C_U = 2.0$

Categorie di sottosuolo

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:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_i}}$$

Le cinque categorie di sottosuolo di riferimento sono le seguenti:

A *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione con spessore massimo pari a 3 m;

B *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30}$ > 50 nei terreni a grana grossa e $c_{u,30}$ > 250 kPa nei terreni a grana fina);

C *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < $N_{SPT,30}$ < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < $c_{u,30}$ < 250 kPa nei terreni a grana fina);

D *Depostiti 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 equivalenti compresi tra 100 e 180 m/s;

E *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 30m.*

Categorie topografiche

Nel caso in cui il sito sia caratterizzato da condizioni topografiche complesse la normativa indica la necessità di predisporre analisi di risposta sismica locale, mentre, qualora le configurazioni superficiali siano semplici, si possono adottare le seguenti categorie topografiche, alle quali sono associati dei coefficienti di amplificazione topografica S_T:

T1 Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15° (S_T = 1.0)

T2 Pendii con inclinazione media i > 15° (S_T = 1.2)

T3 Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15° ≤ i ≤ 30° (S_T = 1.2)

T4 Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30° (S_T = 1.4).

4.2 DEFINIZIONE DEI PARAMETRI SISMICI PER L'AREA IN OGGETTO

In funzione delle caratteristiche stratigrafiche (ipotizzate dalla bibliografia) e geotecniche dei terreni, della tipologia delle opere in progetto, della pericolosità sismica di base del sito, è quindi possibile definire l'azione sismica da considerare nelle verifiche geotecniche del sito per ciascuno degli stati limite considerati. La valutazione dell'azione sismica viene effettuata a partire dai dati sismici tabulati che caratterizzano il sito in oggetto (Ag = accelerazione orizzontale massima attesa al sito, F0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale, TC* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale) oltre al tempo di ritorno dell'azione sismica (TR). In base a tali parametri, in funzione della categoria di suolo, della categoria topografica e della tipologia e classe d'uso dell'opera in progetto, si procede con il calcolo dei coefficienti sismici per ciascun stato limite di riferimento:

a_{max}: accelerazione massima orizzontale attesa al sito in funzione degli effetti di amplificazione stratigrafica e topografica

beta: coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito. Nel caso di opere di sostegno o stabilità dei pendii esso è funzione della categoria del sottosuolo e del valore di a_g, mentre nel caso di paratie è funzione dello spostamento massimo ammissibile U_s

Kh: coefficiente di intensità sismica orizzontale

Kv: coefficiente di intensità sismica verticale.

A partire dalle coordinate dell'area del progetto, può essere individuata la pericolosità sismica di base del sito. La pericolosità di base è ricavabile dalla media pesata dei valori corrispondenti ai quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contente il punto in esame, adottando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in esame e i vertici considerati.

Le coordinate del sito in esame sono le seguenti:

WGS84: Lat 46.053427 - Lng 9.322289 ED50: Lat 46.054345 - Lng 9.323357

L'azione sismica è identificata dai coefficienti sismici riportati nella tabella relativi alla alla categoria topografica **T1**:

1. **Categoria sottosuolo A (roccia) e B (deposito)**
2. **Tipologia di opere Fondazioni**
3. **Classe d'uso I**
4. **Vita nominale 50 anni**

Vertici della maglia del reticolo di riferimento.

Valori dei parametri ag, Fo, Tc* per i periodi di ritorno TR associati a ciascun Stato Limite:

Stato limite	Tr [anni]	Ag [g]	Fo	Tc[s]
Operatività SLO	30	0.017	2.628	0.159
Danno SLD	35	0.018	2.624	0.161
Salvaguardia vita SLV	332	0.039	2.687	0.257
Prevenzione collasso SLC	682	0.047	2.710	0.289
Perido di rieferimento per l'azione sismica	35			

Coefficienti sismici categoria sottosuolo A

SL	a_{max} [m/s^2]	Beta	kh	kv	Ss	Cc	St
SLO	0.202	0.200	0.004	0.002	1.0	1.0	1.2
SLD	0.215	0.200	0.004	0.002	1.0	1.0	1.2
SLV	0.456	0.200	0.009	0.005	1.0	1.0	1.2
SLC	0.551	0.200	0.011	0.006	1.0	1.0	1.2

Coefficienti sismici categoria sottosuolo B

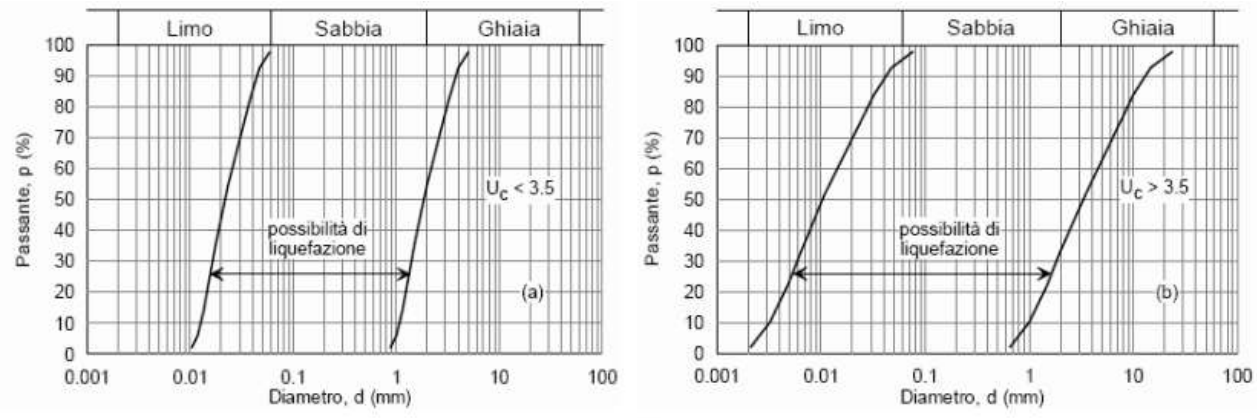
SL	a_{max} [m/s^2]	Beta	kh	kv	Ss	Cc	St
SLO	0.242	0.200	0.005	0.002	1.2	1.59	1.2
SLD	0.258	0.200	0.005	0.003	1.2	1.58	1.2
SLV	0.548	0.200	0.011	0.006	1.2	1.44	1.2
SLC	0.661	0.200	0.013	0.007	1.2	1.41	1.2

4.3 LIQUEFAZIONE – CONDIZIONI LIMITE

Le NTC prevedono che il sito sul quale è ubicato il manufatto deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intesa come 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.

La liquefazione consiste quindi in una diminuzione della resistenza del terreno, a seguito del raggiungimento della condizione di fluidità. La perdita totale della resistenza viene raggiunta quando la pressione dell'acqua che riempie gli interstizi arriva ad uguagliare la pressione di confinamento, rendendo nulle le tensioni efficaci trasmesse attraverso le particelle solide. Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione si dovrà procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o a trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione. 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 0,1 g
2. Profondità media stagionale della falda superiore a 15,00 m. dal p.c. – per piano campagna sub orizzontale e fondazioni superficiali
3. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata N60 > 30 oppure qc1N > 180 dove N60 è il valore della resistenza determinata da prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 Kpa mentre qc1N e quella delle prove statiche
4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nelle seguenti figure



In considerazione al punto 1 di cui sopra i terreni di fondazione del comparto in esame risultano essere non liquefabili e non necessitano di verifica a liquefazione.

Condizione media dei terreni **NON LIQUEFABILI**.

5 CONCLUSIONI

In relazione alle verifiche geologiche preliminari di cui al presente documento si ritiene l'intervento fattibile in relazione agli aspetti idrogeologici evidenziati. Considerato comunque che la condotta in progetto attraversa diverse zone classificate dal Piano di Assetto Idrogeologico come Zona 2, aree di frana attiva (Fa), oltre all'area di frana stabilizzata in Noceno, come da Norme del PAI, così come previsto dalle Norme tecniche d'attuazione è necessario dar corso ad uno studio di compatibilità dell'intervento con lo stato del dissesto esistente (così come previsto dalle Norme PAI). Tale approfondimento potrà essere eseguito in sede di redazione del progetto definitivo-esecutivo in modo da analizzare nel dettaglio agli aspetti legati all'evoluzione morfodinamica del settore di intervento e definire gli eventuali interventi di protezione a mitigazione del rischio.

Dervio (LC), dicembre 2019

Dott. Geol.Cristian Adamoli

ORDINE DEI GEOLOGI della LOMBARDIA
CRISTIAN ADAMOLI
geologo specialista
Albo n. 1109 AP
sezione A