

MESSA IN SICUREZZA E SMALTIMENTO ACQUE TRA EX SS.42-VIA NAZIONALE E VIA G.PAGLIA
CUP: C69J22002440004 - CIG: ZA637C708C



COMUNE DI LOVERE
PROVINCIA DI BERGAMO

Fase Progettuale

PROGETTO DEFINITIVO

Oggetto

Relazione geologica e geotecnica

Ing. P. Cancelli
Ing. G. Bragonzi

SCA
STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: sca@sca.fastwebnet.it



Collaborazione

Elaborato

B02

Codice 285D018T14

Scala -

Data	n°	Descrizione	Approvato
Maggio 2023	0	Emissione per consegna	FB

FABIO BAIIO * *geologo*

Via Roma, 6

24030 CAPRINO BERGAMASCO (BG)

Tel./fax: 035.784850 - Cell.: 348.4077470

E-mail.: fabio.baio@geologico.191.it

AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI LOVERE PROVINCIA DI BERGAMO



**RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA PER IL PROGETTO
DEFINITIVO DI UN TRATTO DI CANALIZZAZIONE DELLE
ACQUE METEORICHE TRA LA BASE DELLA VIA
NAZIONALE E IL LAGO D'ISEO ATTRAVERSO VIA PAGLIA
E VIA BARACCHE A LOVERE - (Provincia di BERGAMO).**



DATA	Aprile 2023
OGGETTO	Relazione geologica e sismica
REDAZIONE GENERALE	<i>dott. geol. Fabio BAIIO</i> <i>dott. geol. Simone BAIIO</i>
APPROVAZIONE	<i>dott. geol. Fabio BAIIO</i>

SOMMARIO

- PREMESSA
- NORMATIVA
- INQUADRAMENTO GEOLOGICO e GEOMORFOLOGICO
- INQUADRAENTO IDROLOGICO e IDROGEOLOGICO
- PGT e CLASSE di FATTIBILITA'
- SISMICITA' DELL'AREA
- CATEGORIA SISMICA DEI TERRENI
 - Definizione dei parametri e dei coefficienti sismici
 - Determinazione dell'azione di progetto
- VERIFICHE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI
- FONDAZIONI SUPERFICIALI
 - Considerazioni generali
 - Verifica agli stati limite ultimi e di esercizio (N.T.C. 2008)
 - Stima dei cedimenti
- SOSTEGNO DELLE PARETI DI SCAVO E OPERE DI SOSTEGNO
- DISPERSIONE DELLE ACQUE BIANCHE METEORICHE
- CONCLUSIONI

Allegati-Certificati (nel testo):

- Corografia (3)
- Estratto carta geologica 1:100.000 e legenda (2+2)
- Carta idrogeologica e legenda (2)
- Estratto PGT comunale e legenda (2)
- Stralcio del progetto e particolare della sezione
- Documentazione sismica

W: [LovereCollettoreCancelliRelazione_969](#)

PREMESSA

Su incarico dell'ing. Paolo CANCELLI dell'omonimo studio di progettazione SCA – CANCELLI & ASSOCIATI per conto dell'AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI LOVERE ho eseguito la presente relazione per descrivere ed evidenziare le caratteristiche stratigrafiche, geologiche e idrogeologiche e sismiche dei terreni sui quali è prevista la realizzazione del breve tratto di collettore di scarico acque tra la base della via Nazionale attraverso la via Paglia e la via Baracche (via del cantiere) e fino a lago in comune di LOVERE.

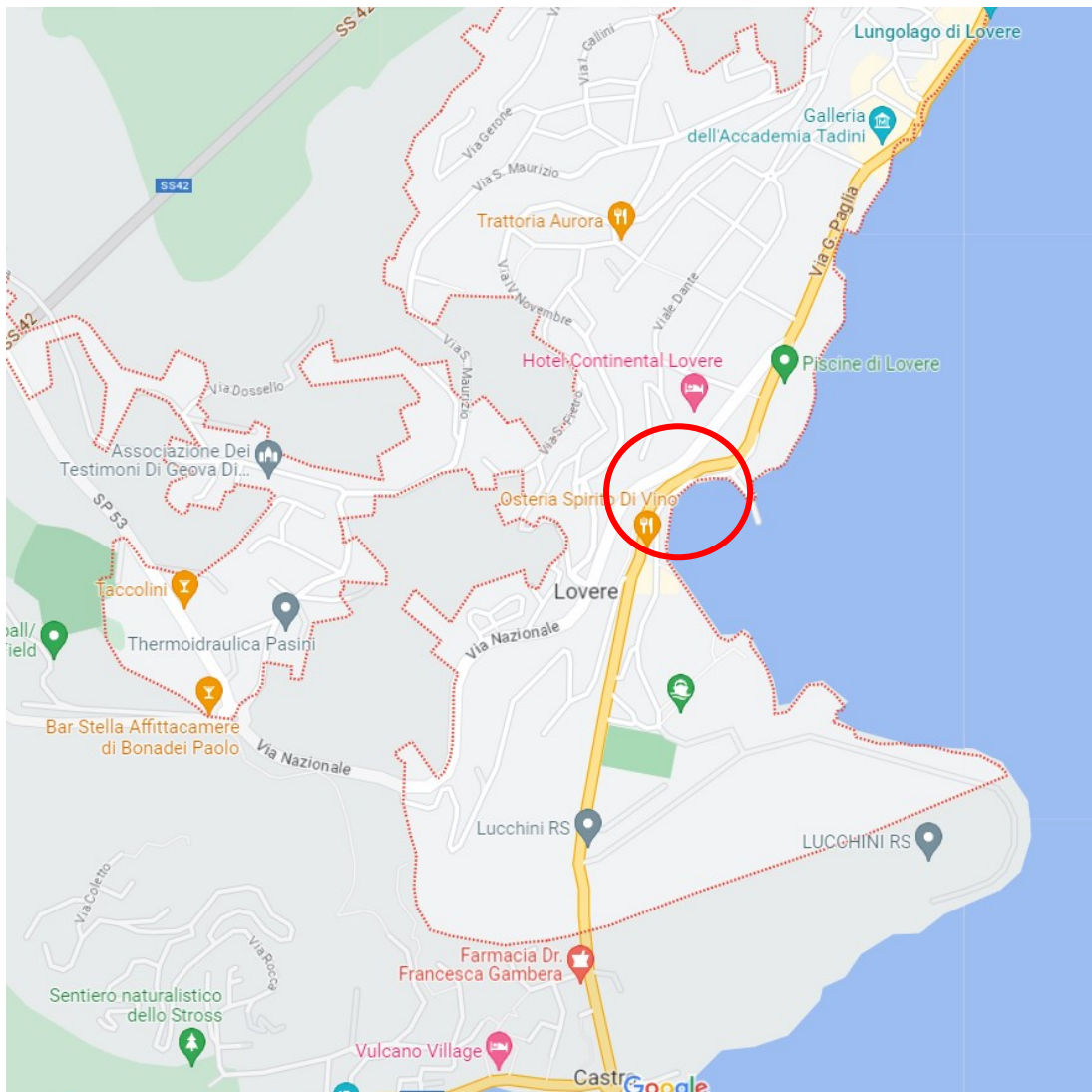
Per definire le caratteristiche geologico-stratigrafiche ho utilizzato il materiale stratigrafico raccolto per il progetto dell'adiacente frana della Cornasola.

Considerato che quanto contenuto nella presente relazione, si riferisce all'interpretazione di prove e sondaggi stratigrafici e geotecnici indirette "puntuali", analizzate dalla documentazione del sopra descritto progetto della frana della Cornasola, qualora in fase esecutiva si riscontrassero significative difformità, siamo disponibili a un sopralluoghi per verificare la situazione reale.

NORMATIVA

Il presente elaborato si rende necessario in accordo alle seguenti normative.

- L.r. 33/2015** Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche”
- D.g.r. N° X/5001** “Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l’esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica”.
- Decreto Ministeriale 14.01.2008.** Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni.
- D.g.r. N° IX/ 2616** “Aggiornamento criteri e indirizzi per la definizione della componente sismica del P.G.T.”
- Decreto Ministeriale 14.01.2008.** Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni.
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.** Istruzioni per l’applicazione delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009.
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.** Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007
- Eurocodice 8 (1998).** Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003).
- Eurocodice 7.1 (1997).** Progettazione geotecnica – Parte I : Regole Generali – UNI.
- Eurocodice 7.2 (2002).** Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002) – UNI.
- Eurocodice 7.3 (2002).** Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita con prove in sito (2002) – UNI.
- L.R. 11 marzo 2005 n. 12.** E rispettivi criteri attuativi definiti con D.G.R. 22/12/05, n. 8/1566 “Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell’art. 57 della L.R. 11 marzo 2005, n. 12” e s.m.i.
- D.L. n° 152** “TESTO UNICO DELL’AMBIENTE” del 03/04/2006
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274** del 20 Marzo 2003 relativa alla normativa sismica
- Decreto Ministeriale 14.01.2018.** aggiornamento del Testo Unico - Norme Tecniche per le Costruzioni.
- Regolamento Regionale** recante criteri e metodi per il principio dell’**INVARIANZA IDRAULICA** : R.R. n° 7 del 23/11/2007 e **RETTIFICA** con R.R. n° 8 del 19 aprile 2019.



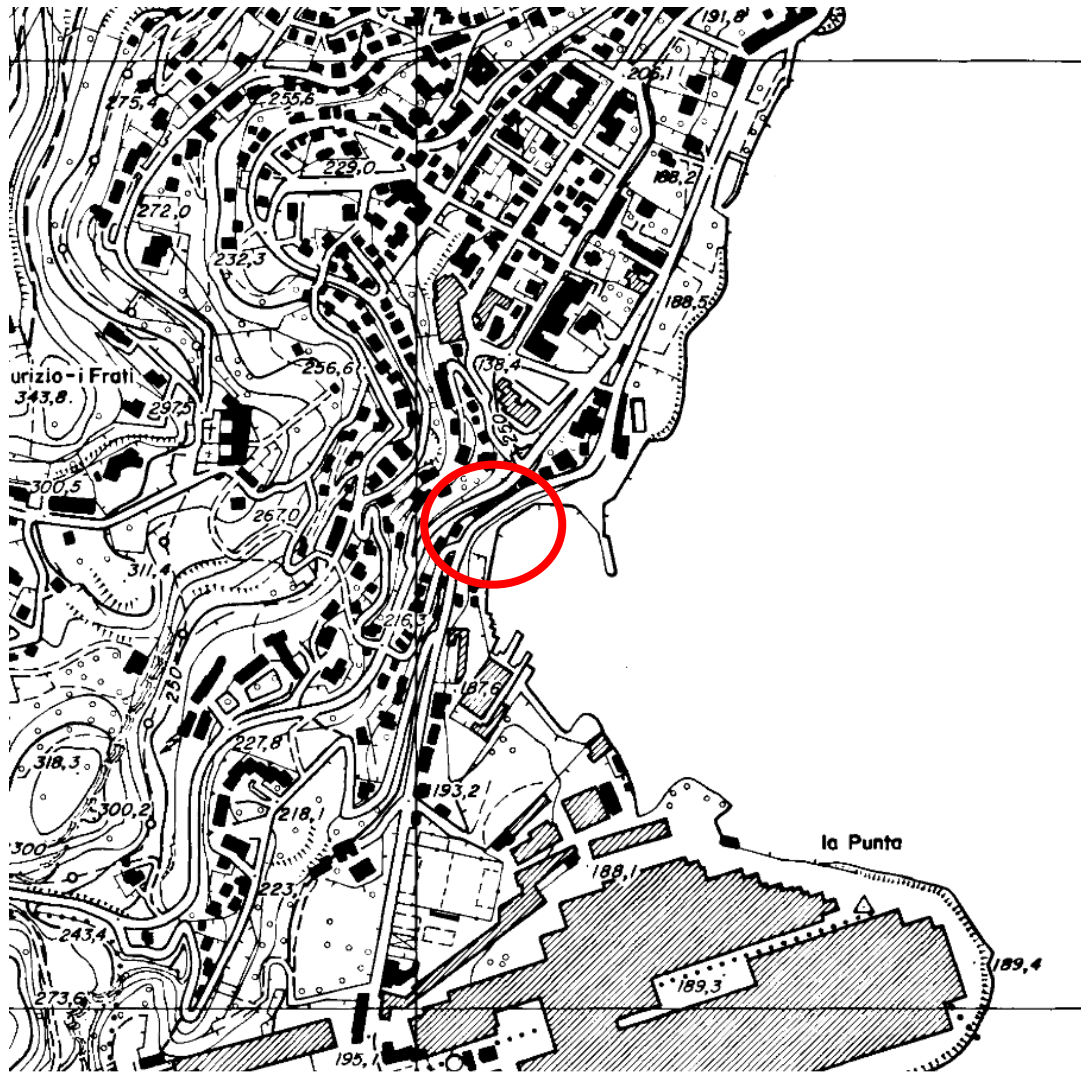
Corografia (sopra carta stradale in scala GOOGLE e di seguito foto satellitare, di seguito carta topografica aerofotogrammetrica CTR regionale Lombardia D4A5 in scala originaria 1:10.000)

AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI LOVERE

Via Nazionale / Via Paglia / Via delle baracche (via del cantiere) - LOVERE (BG)

Relazione geologica tecnica per il progetto di realizzazione di una breve canalizzazione





INQUADRAMENTO GEOLOGICO e GEOMORFOLOGICO

L'area interessata dall'intervento è posta nella fascia orientale della provincia di Bergamo, all'apice settentrionale del bacino lacustre del lago d'Iseo a quote variabili tra 190 e 200 m in comune di Lovere.

Il Comune di Lovere ricade all'interno Dominio Sudalpino, in particolare nell'area dove affiora la sequenza vulcano – sedimentaria triassica delle Alpi Meridionali. Il substrato è composto da formazioni depositatesi in ambiente marino notevolmente diversificato in termini paleo – ambientali. Infatti, sono presenti calcari di piattaforma, argilliti bituminose e fossilifere, arenarie vulcaniche, potenti strati di dolomie lenti evaporitiche.

Il territorio comunale di Lovere è occupato da unità del substrato di età triassica compresa tra l'Anisico ed il Carnico e da unità della copertura quaternaria comprendenti depositi sciolti di varia genesi e da conglomerati, più o meno cementati, identificati in letteratura come "Ceppo di San Maurizio" – Unità di Poltragno.

Le unità del substrato sono interessate da due piani di sovrascorrimento che immergono verso NNO con inclinazione circa 35°-45°, situati alla base meridionale della culminazione di Monte Cala e al Passo delle Croci. I due sovrascorrimenti hanno comportato la duplicazione della serie Carnica con raddoppio della Formazione di Castro e con la formazione di un cuneo strutturale tra i due lineamenti di sovrascorrimento. I due piani di sovrascorrimento si estendono verso ONO sino alla zona di Bossico e verso NNE alla zona di Ceratella dove vengono troncati da una faglia subverticale che coincide col T. Rescudio e che si sviluppa in direzione NNO-SSE; una faglia subparallela alla precedente permette di isolare un corpo prismatico costituito dalle evaporiti (gessi ed anidriti) della formazione di san Giovanni Bianco (SGB) con giacitura subverticale.

Nella zona Sud-Occidentale del territorio comunale affiorano le unità della Dolomia Principale e della Formazione di Castro; la giacitura media della stratificazione presenta immersione circa Ovest con inclinazione di 45° - 65°.

Nell'area Cornasola - Trello sono probabilmente presenti altre dislocazioni minori, subparallele alle due faglie principali, che giustificano la presenza, accertata nella zona Trello, via Dante, anche in questa zona di singoli copri prismatici o cuneiformi delle evaporiti della formazione di SGB al di sotto dei depositi di copertura. Lo spessore elevato dei corpi evaporitici è probabilmente legato a raddoppi tettonici.

Unità del Substrato Roccioso

Nell'area Cornasola, via Nazionale, via Dante, ossia nell'intorno dell'area oggetto dell'intervento in progetto sono presenti le seguenti unità:

Lenti evaporitiche della FORMAZIONE DI S. GIOVANNI BIANCO (Carnico Superiore)

I litotipi appartenenti a questa unità testimoniano un ambiente sedimentario, collocato nella zona più interna di una piattaforma carbonatica oppure in una laguna, caratterizzato da un certo apporto terrigeno e dal raggiungimento di condizioni evaporitiche. Lo spessore elevato che si riscontra nei corpi evaporitici è probabilmente dovuto a raddoppi tettonici. Le lenti evaporitiche sono costituite, in prevalenza, da gessi fittamente laminati con intercalazioni di livelli dolomitici scuri con laminazioni stromatolitiche. I livelli dolomitici, di spessore fino a circa 50 cm, si presentano spesso boudinati, a causa della diversa competenza dei livelli evaporitici (più plastici) rispetto alle dolomie (più rigide). Inoltre è presente un fitto reticolo di fratture e di cavità che attraversano gli strati carbonatici scuri riempite da anidrite cristallina bianca.

La presenza di queste lenti di gesso ha causato e causa tuttora problemi di stabilità delle infrastrutture e degli edifici della zona interessata a causa della dissoluzione connessa alla circolazione idrica con sviluppo di cavità e cedimenti.

La presenza di gessi è stata accertata solo nella zona di via Dante, mentre nella zona di Cornasola- via Nazionale non è stata rinvenuta in nessuna dei sondaggi eseguiti.

FORMAZIONE DI CASTRO (Carnico Superiore)

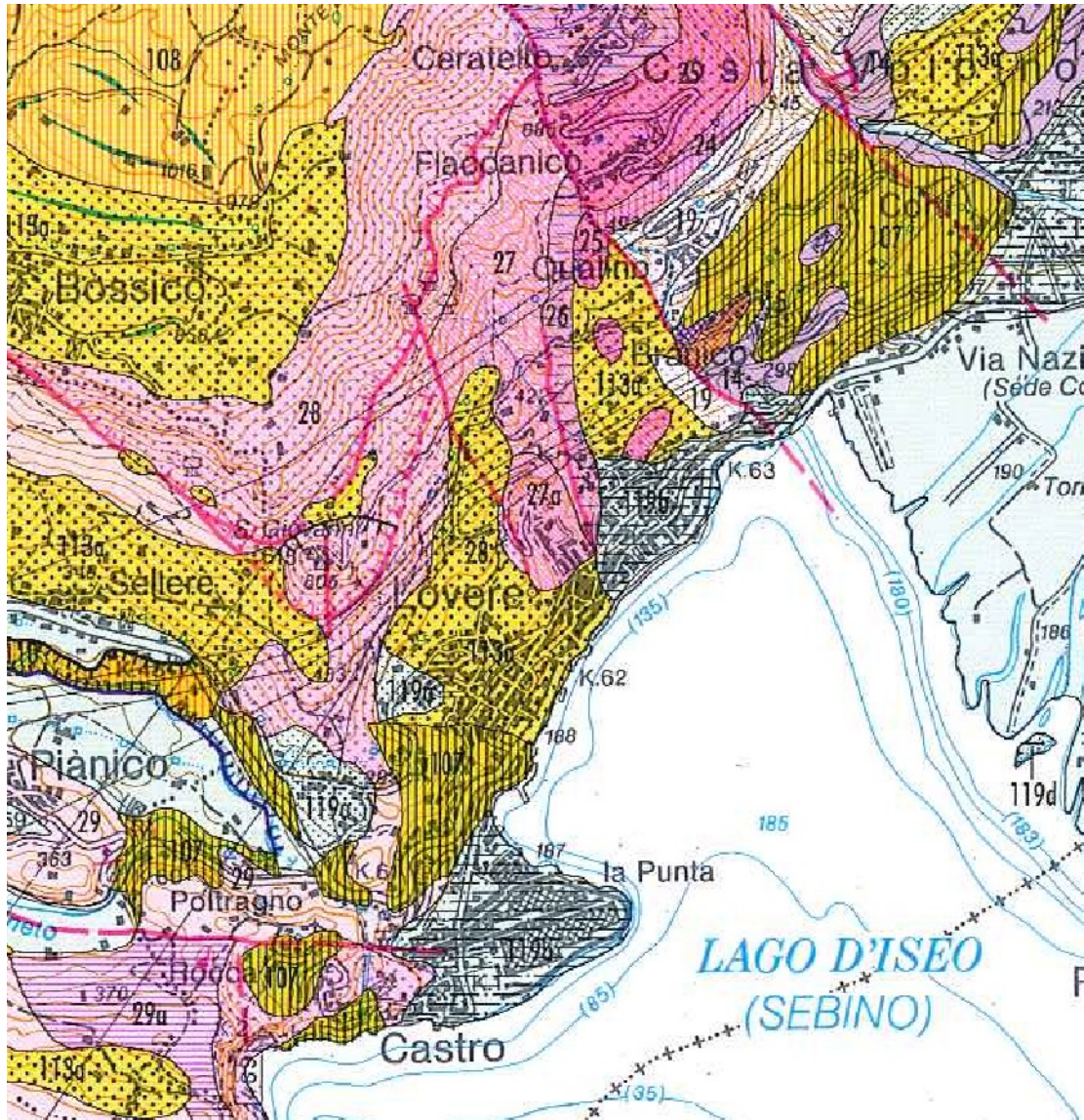
L'unità è costituita da breccie carbonatiche intraformazionali a clasti centimetrici calcarei e calcareo dolomitici; localmente sono presenti facies pedogenizzate calcareo-marnose a cemento calcareo di colore giallastro. La formazione si presenta frequentemente tettonizzata. Le rocce appartenenti alla Formazione di Castro affiorano lungo tutta la fascia al di sopra di q. 310 m s.m. nella zona di S. Maurizio.

DOLOMIA PRINCIPALE (Carnico Superiore - Norico Inferiore)

La formazione della Dolomia Principale è costituita da dolomie e calcari dolomitici, di colore grigio chiaro sino a grigio scuro o nero. La stratificazione è indistinta o in grossi banchi di spessore plurimetrico. Si tratta di rocce in facies di piattaforma, con intercalazioni di breccie intraformazionali. In corrispondenza della zona basale della formazione si trovano dolomie grigio scure laminate.

La Formazione della Dolomia Principale affiora, nella zona d'interesse, lungo una ristretta fascia che si estende al di sotto di via San Maurizio sino alla via Nazionale nella trincea di q. 250 m s.m. circa al confine con il territorio del comune di Castro.

Nella zona di Cornasola-Via Nazionale, dove sono previsti gli interventi per il consolidamento della frana non è mai stata rinvenuta sino alla massima profondità dei sondaggi: -50 m da p.c.



Carta geologica della provincia di BERGAMO (scala originaria 1:50.000 anno 2000)

AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI LOVERE

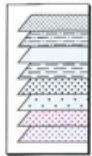
Via Nazionale / Via Paglia / Via delle baracche (via del cantiere) - LOVERE (BG)

Relazione geologica tecnica per il progetto di realizzazione di una breve canalizzazione

LEGENDA DEI DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI E NEOGENICI

UNITÀ UBIQUITARIE

UNITÀ POSTGLACIALE (119)



- 119a) depositi di versante.
- 119b) depositi di conoide.
- 119c) depositi alluvionali.
- 119d) depositi lacustri, palustri e di torbiera.
- 119e) depositi glaciali.
- 119cf) depositi alluvionali in pianura con superficie limite superiore caratterizzata da Entisuoli.
- 119cg) depositi alluvionali in pianura con superficie limite superiore caratterizzata da Inceptisuoli.
- 119ch) depositi alluvionali in pianura con superficie limite superiore caratterizzata da Inceptisuoli rubefatti o da Alfisuoli poco espressi. Morfologie ancora in evoluzione. *PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE*



UNITÀ DI FOPPOLO (118)
 118 Depositì glaciali, alluvionali, di conoide e di versante. Superficie limite superiore: alterazione assente, morfologie ben conservate. *PLEISTOCENE SUPERIORE*



COMPLESSO DI PALAZZAGO (117)
 117 Depositì di versante, di frana, alluvionali, lacustri, di conoide e colluviali. Clasti carbonatici e terrigeni delle formazioni locali, matrice derivante anche dal rimaneggiamento di suoli preesistenti. I clasti presentano alterazione estremamente variabile. Pedogenesi variabile, colore tra 7.5YR e 2.5Y. Morfologie in erosione. *PLEISTOCENE MEDIO - SUPERIORE*



COMPLESSO ALTERITICO (116)
 116 Paleosuoli su substrato terrigeno, depositi colluviali ?. Pedogenesi fortemente sviluppata con colori da 2.5YR a 7.5YR. Morfologie terrazzate. *NEOGENE ? - PLEISTOCENE INFERIORE*

BACINO DELL'OGLIO



UNITÀ DI CERETE (115)
 115a) depositi alluvionali.
 115b) depositi lacustri.
 115c) depositi di versante.
 Clasti carbonatici di provenienza locale. Superficie limite superiore: morfologie ben conservate, talora in erosione e alterazione nulla. Età geocronometrica (¹⁴C) compresa tra 13700 e 3635 a BP. *PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE*



UNITÀ DELLA VALLE DI TEDE (114)
 114 Depositì alluvionali e di versante. Clasti carbonatici di provenienza locale. Superficie limite superiore: morfologie ben conservate, talora in erosione, alterazione nulla. Età geocronometrica (¹⁴C) > 10300 a BP. *PLEISTOCENE SUPERIORE*



COMPLESSO DELL'OGLIO (113)
 a) depositi glaciali.
 b) depositi fluvioglaciali.
 c) depositi alluvionali e di conoide.
 Inoltre, non distinti: depositi lacustri, deltizi e di versante. Superficie limite superiore: morfologie ben conservate, suoli di spessore massimo 1.1 m, colore tra 7.5YR e 10YR, copertura loessica assente. Comprensivo di: **Unità di Songavazzo, Unità di Vigolo, Unità di Val Borlezza, Unità di Bossico, Unità di Solto Collina, Unità di Scalve, Unità della Presolana, Unità di Palosco, Unità di Spinone.** *PLEISTOCENE MEDIO - SUPERIORE*



COMPLESSO DI VILLONGO (112)
 112 Depositì glaciali, fluvioglaciali, lacustri e di conoide. Superficie limite superiore: morfologie da ben conservate a mal conservate, suoli a vario grado di evoluzione, colore tra 7.5YR e 10YR, copertura loessica assente. Comprensivo di: **Unità di Prada, Unità di Viadanica, Unità di Celatica Tolari.** *PLEISTOCENE MEDIO ?*



UNITÀ DI GRUMELLO DEL MONTE (111)
 111 Depositì fluvioglaciali e di conoide. Superficie limite superiore: suoli di spessore > 4 m, colore tra 5YR e 10YR, copertura loessica sempre presente. *PLEISTOCENE MEDIO*



COMPLESSO DI PIANICO (110)
 110 Depositì lacustri, alluvionali, di versante, glaciali e di contatto glaciale. Comprensivo di: **Unità di Sovere e Unità di Sellere.** *PLEISTOCENE MEDIO*

Unità della copertura quaternaria

I depositi superficiali rilevanti ai fini del modello geologico di riferimento (RGM) dell'area di Cornasola – Via Nazionale sono rappresentati da due unità principali:

Unità di Poltragno, “Ceppo di San Maurizio”. Si tratta di letti di ciottoli e ghiaia a supporto clastico con sabbia e rari blocchi, da poco a fortemente cementati. Localmente ghiaie sciolte con lenti cementate di modesto spessore.

Nelle zone a cementazione più forte e diffusa sono sovente presenti fratture a giacitura subverticale e direzione varia, talvolta subparallela alla massima pendenza del versante, che si estendo in profondità anche sino alla base del piastrone conglomeratico. Si tratta di diaclasi dovute a processi d'espansione laterale per la presenza alla base di unità di terreni sciolti, con componente fine abbondante e con caratteristiche di rigidità molto inferiori a quelle del corpo conglomeratico sovrastante.

Il corpo conglomeratico principale costituisce un esteso piastrone di spessore variabile tra 10 e 20 m che, nella zona di Cornasola, poggia su un deposito alluvionale sciolto. Il conglomerato affiora solo localmente in quanto è spesso ricoperto da terreni di riporto.

Depositi sciolti (fluvioglaciali, alluvionali e di conoide alluvionale)

I sondaggi eseguiti nel 2016 e successivamente nel 2021 a supporto ed integrazione delle conoscenze nell'ambito del progetto di consolidamento della frana di Cornasola hanno rivelato la presenza di complesse intercalazioni di quattro tipologie di depositi sciolti prevalenti:

- ghiaie con sabbie limose debolmente argillose
- limi sabbiosi debolmente argillosi in lenti
- sabbie limose in lenti o livelli
- ghiaia e sabbia con limo

Il modello geologico di riferimento per l'area Cornasola-via Nazionale è schematizzabile in una sezione tracciata circa in asse alla zona interessata dalle deformazioni gravitative oggetto degli interventi di mitigazione del rischio idrogeologico del presente progetto.

Il modello geologico di riferimento per la zona di via Dante è significativamente differente rispetto a quello della vicina zona di Cornasola, in quanto il substrato roccioso, costituito da gessi della Formazione di San Giovanni Bianco, si trova a profondità modesta, inferiore di 10 metri dal p.c.

Anche in quest'area il substrato è ricoperto da depositi sciolti costituiti da due livelli granulometricamente differenti tra loro: uno a contatto con il tetto della formazione gessosa costituito da limi e argille di alterazione; questo è ricoperto a sua volta da un livello ghiaioso-sabbioso, in genere di origine antropica o fortemente rimaneggiato. I due livelli di depositi sciolti sono analoghi per caratteristiche granulometriche a quelli presenti nell'area Cornasola, ma con spessori nettamente minori, anche in conseguenza delle modificazioni antropiche.

Caratteristiche geomorfologiche

Aspetti generali

Il Comune di Lovere è situato in sponda nord - occidentale del Lago d'Iseo e in prossimità dell'imbocco della Val Camonica. Il territorio comunale è inserito nel contesto di bassa montagna e nella fascia di raccordo con il Lago, sviluppandosi a partire dalla riva, a circa 190 m s.m., verso la dorsale orografica che si allinea tra il Monte Cala (600 m s.m.) e i rilievi quotati 1100 m s.m. che bordano l'altopiano di Bossico.

Il territorio presenta una forte variabilità geomorfologica suddivisibile in settoridistinti:

Morfologie dolci nel settore nord occidentale (Altopiano di Bossico) legate ai processi glaciali sovrainposta a morfologia carsica con campi di doline di soffusione.

Morfologie aspre nel settore compreso tra il Monte Cala (600 m s.m.) e le rive lacustre legate ai processi erosivi di origine carsica e depressioni/avvallamenti allineate secondo strutture tettoniche e forme attribuibili a processi di DGPV;

Continuità dei declivi interrotti nella porzione meridionale dell'abitato legati a sprofondamenti degli ammassi rocciosi e delle coperture detritiche originarie del versante per effetto del carsismo in rocce calcaree e evaporitiche;

Interruzione delle continuità dei versanti ad opera di espandimenti laterali verso la riva lacustre in loc. Cornasola.

Morfologie antropiche di vario tipo, quali i gradonamenti nella di cava di gesso, le depressioni legate agli sfornellamenti durante lo scavo della Galleria "Lovere" della variante della Strada Statale 42 del Tonale e della Mendola", nonché scavi e riporti conseguenti l'espansione del centro abitato.

Nelle aree di Loc. Cornasola e di Loc. Trello sono ben noti i processi di deformazione gravitativa e di instabilità del substrato che interessano gli edifici esistenti. In queste aree sono attivi rilasci tensionali nel substrato che danno origine a trincee e fessure di trazione: nel territorio di Lovere, queste sono conosciute come "lache" se impostate nel substrato conglomerato, altrimenti "gane" quelle nella dolomia.

Queste strutture si presentano sotto forma di evidenti avvallamenti del terreno con andamento prevalentemente rettilineo e sub-parallelo alla direzione del versante, ma talvolta disposte parallelamente alla linea di massima pendenza. Queste strutture sono da ritenersi attive e in lenta evoluzione, secondo un processo di tipo viscoso come testimoniano le lesioni degli edifici, nelle opere murarie e nelle infrastrutture viarie (via Bragadino e via Nazionale), sebbene alcune delle lesioni più rilevanti negli edifici siano da far risalire a processi di cedimento e deformazione indotti dalla realizzazione di opere e interventi antropici eseguite in carenza di adeguate conoscenze sulle caratteristiche del sottosuolo. Lo sviluppo urbano ha contribuito a obliterare parzialmente l'originaria morfologia e i processi in atto ad opera di scavi, riporti e profilature del pendio, rendendo più complicata l'osservazione diretta dei processi di dissesto in atto.

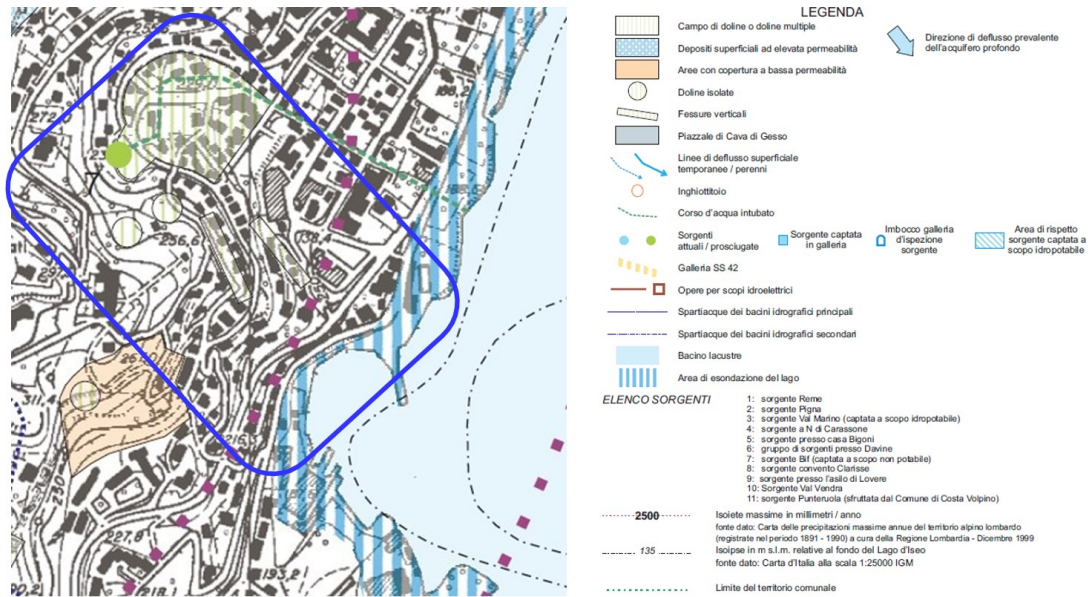
Altrettanto noti sono i dissesti dovuti agli sprofondamenti del suolo e sfornellamenti legati al processi di dissoluzione delle evaporiti presenti al tetto della Formazione di SanGiovanni Bianco. Questi fenomeni non sono identificabili nell'area di Cornasola, mentre sono accertate ed evidenti in via Dante, Via Papa Giovanni (Palestra), via Adamello e in località Trello.

Nella zona a monte di San Maurizio, verso l'altopiano di Bossico, sono presenti trincee evidenti che isolano dossi ribassati attribuiti (A. Bini, 2006) a processi di deformazione gravitativa di versante (DGPV); tra questi particolarmente evidenti quelli di Monte Cala e di San Maurizio-I Frati

Caratteristiche idrografiche e idrologiche

Il territorio comunale di Lovere è caratterizzato dalla presenza di un reticolo idrografico fortemente controllato dalle caratteristiche geo-strutturali del substrato, in particolare nella porzione di monte dove le modificazioni antropiche hanno avuto un minore impatto sul territorio.

Nel territorio comunale si individuano una serie di bacini imbriferi principali con asse disposto all'incirca in direzione NNO-SSE: a partire dal confine con il territorio di Costa Volpino, si riconoscono: bacino di Val Rescudio, bacini di Val Marino est di Val Marino Ovest, bacino di Val Vendra, l'interbacino di versante del Lago d'iseo; quest'ultimo è quello che include l'area e di Cornasola, via Nazionale e via Dante



Stralcio della carta idrogeologica e idrografica dal PGT del comune di LOVERE

L'interbacino di versante del Lago d'Iseo (per semplicità: *Interbacino di Versante*) non presenta un vero e proprio reticolo di drenaggio se non nella parte di monte dove sono presenti alcuni piccoli impluvi minori che tuttavia non arrivano direttamente a Lago se non in maniera indiretta, attraverso opere artificiali o infiltrandosi in profondità attraverso inghiottitoio o doline dai quali, talvolta, ricompaiono in superficie con sorgenti perenni o effimere.

Il sistema idrogeologico dell'*Interbacino di Versante*, nelle sue linee essenziali può essere distinto in:

Acquifero superiore: un parte di monte dove la circolazione ipogea avviene all'interno dell'ammasso roccioso carbonatico (Formazione di Castro). L'acquifero è di tipo carsico con infiltrazione nella zona sommitale (Altipiano di Bossico, Monti di Lovere) dove sono presenti estesi campi di doline di soffusione, localizzate nei depositi glaciali non carsificabili per processi di dissoluzione carsica nelle sottostanti rocce carbonatiche della formazione di Castro; l'infiltrazione avviene attraverso condotti prevalentemente subverticali che si ampliano progressivamente sino a raggiungere il livello di base impermeabile costituito dal sovrascorrimento.

Almeno inizialmente le acque sono dolci, ma lungo il loro percorso ipogeo si arricchiscono progressivamente in carbonato (CaCO_3 o Ca-MgCO_3).

Prima dello scavo della Galleria “Lovere” della S.S. 42 realizzata tra il 1985 e il 1991, il livello piezometrico dell’acquifero “di monte” dava luogo a numerose sorgenti nella zona di monte dell’area urbanizzata; lo scavo della galleria ha avuto numerose problematiche per sfornellamenti e copiose venute d’acqua, che hanno causato la modifica del modello di circolazione idrica profonda con l’inaridimento delle sorgenti. In particolare alla progressiva 1+666 km dall’imbocco lato Costa Volpino che “Lovere” dove si sono avute venute d’acqua istantanee massime di circa 1000 l/s, stabilizzatesi in seguito a 150÷200 l/s. Altre importanti venute d’acqua sono state registrate all’progressiva 0+400 km dall’imbocco lato ovest con 80÷100 l/s e alle progressive 1+000, 1+139 e 1+413 km dall’imbocco est. La venuta d’acqua incontrata in galleria nella zona della cava di gesso è stata captata in e collegato all’acquedotto comunale.

Acquifero inferiore: si sviluppa al contatto tra le unità carbonatiche (Formazione di Castro e Dolomia Principale) e quelle evaporitiche della Formazione di San Giovanni Bianco. Le acque di questo acquifero “di base” sono mineralizzate e ricche in solfati e solfuri proprio in conseguenza della circolazione che avviene al contatto con le evaporiti.

Le acque dell’acquifero inferiore si infiltrano nei depositi sciolti della copertura quaternaria che ricoprono i versanti della zona urbanizzata di Lovere vanno a realizzare una falda libera che defluisce verso il lago.

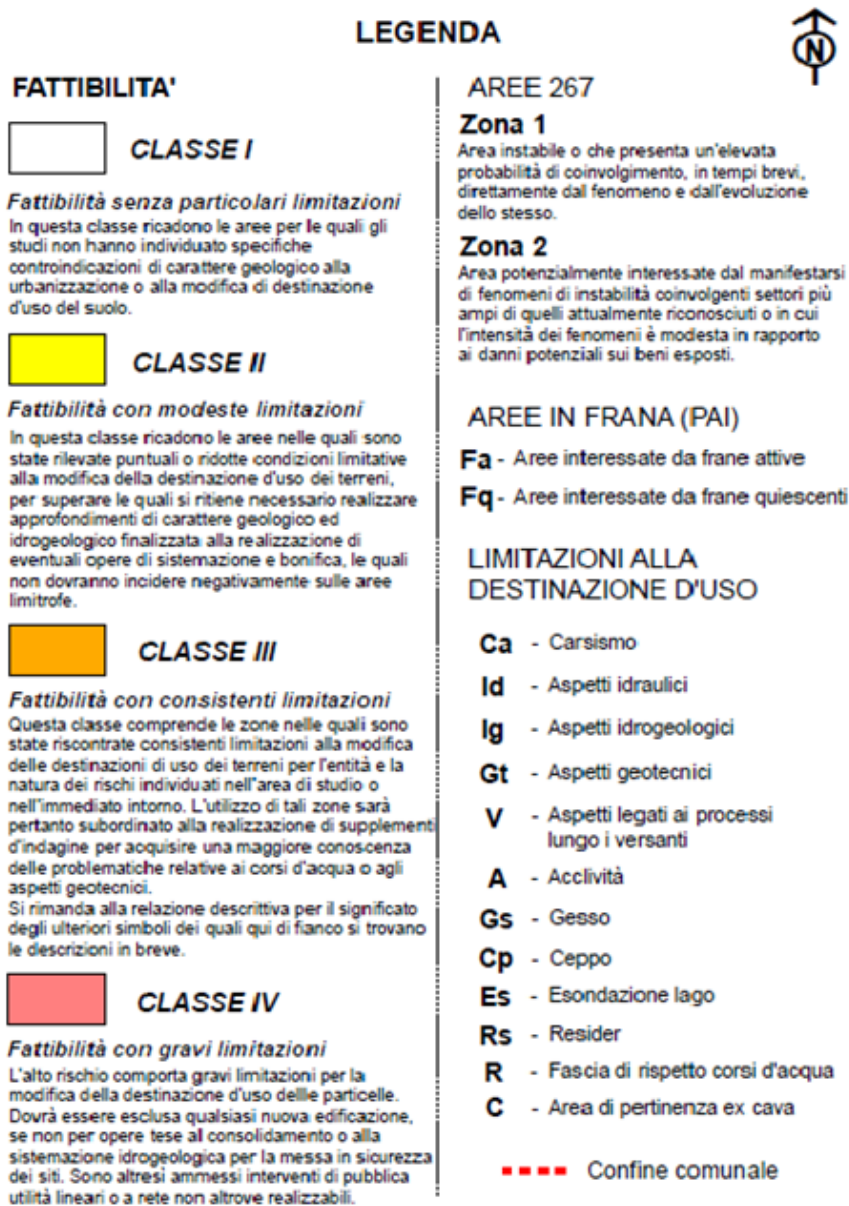
Nell’ambito delle campagne d’indagine del 2016 e del 2021 in Loc. Cornasola e Trello sono state misurate le soggiacenze piezometriche nei fori di sondaggio. La superficie di falda individuata nella parte a monte della Loc. Cornasola è situata a circa 27/28 m di profondità dal p.c., è inclinata parallelamente alla superficie topografica e sostenuta dai livelli limosi – argillosi. La stessa tende poi avvicinarsi alla superficie nella parte a valle, per poi raccordarsi con il livello lacustre. Infine, viene riportato un innalzamento anomalo della soggiacenza che supporta l’ipotesi della morfologia sepolta che convoglia le acque profonde entro l’incisione valliva.

L’acquifero inferiore alimenta, tra l’altro anche la sorgente “Biff”, ubicata sulla strada di Trello a quota 235 m s.m. Questa sorgente *era connessa all’acquedotto comunale; ma anch’essa, dopo l’apertura della Galleria Lovere, soprattutto in conseguenza delle venute d’acqua che si sono verificate nei primi 400 m dall’imbocco ovest, ha subito una sensibile riduzione della portata.*

Attualmente la sorgente è captata ma con il solo scopo di ridurre la circolazione idrica al contatto con i gessi nella zona di Trello convogliando parte delle acque della sorgente in un condotto artificiale che le porta direttamente a lago; ciò con lo scopo di mitigare gli effetti della dissoluzione dei depositi evaporitici che hanno provocato ingenti danni agli edifici esistenti

L'aspetto delle caratteristiche geologico tecniche dei terreni oggetto della realizzazione delle strutture del nuovo collettore è analizzato nella presente relazione, l'intervento è mirato a razionalizzare la gestione delle acque sull'area e quindi è compatibile con le limitazioni imposte dal PGT, in quanto opera di sistemazione idraulica mirata a razionalizzare le acque superficiali.

Il progetto è quindi compatibile con le direttive del PGT.



SISMICITA' DELL'AREA

Ai fini e per l'applicazione della nuova normativa tecnica per le costruzioni in zona sismica (ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20 Marzo 2003 e Norme Tecniche per le Costruzioni) l'intero territorio nazionale è stato suddiviso in zone sismiche con grado di pericolosità crescente da 4 a 1; poiché l'area in esame ricade nel comune di LOVERE (BG), questo è stato inserito nella zona "3".

Sulla base della suddivisione zonale prevista dalla normativa e considerando che l'area in esame ricade nel territorio comunale di LOVERE (BG), la zona di pertinenza è quella a grado "3" e il parametro di pericolosità (accelerazione orizzontale massima al suolo $A_{g,475} - A_{gMax}$) della zona 3 conformemente alla D.G.R. dell'11 luglio 2014 – n. X/2129 pubblicato sulla serie ordinaria del BURL mercoledì 16 luglio 2014) è pari a $A_{gmax475} = 0.111621$ g.

TR (anni)	Ag (g)	F0(-)	TC*(s)
30	0,034	2,458	0,201
50	0,043	2,477	0,219
475	0,109	2,460	0,279
975	0,141	2,486	0,289

Scelta della strategia di progettazione

Vita nominale della costruzione (anni): VN: 50 Classe d'uso della costruzione: 2: c_U : 1.0

Periodo di riferimento per la costruzione (anni): VR: 50

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (anni): TR

Stati limite di esercizio – SLE – SLO-PVR=81%: TR = 30

SLD-PVR=63%: TR = 50

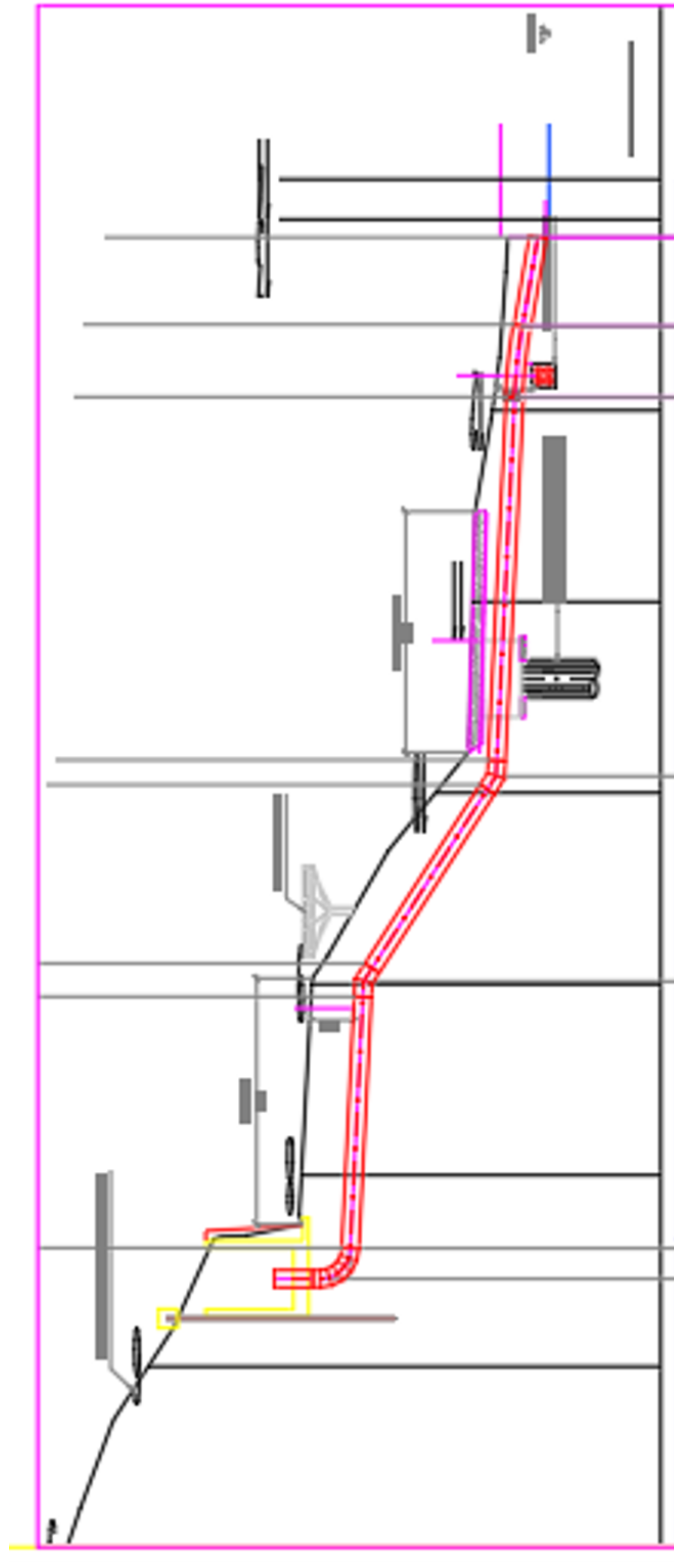
Stati limite ultimi – SLU – SLV-PVR=10%: TR = 475

SLC-PVR=5%: TR = 975

Stato Limite	TR (anni)	Ag (g)	F0(-)	TC*(s)
SLO	30	0,034	2,458	0,201
SLD	50	0,043	2,477	0,219
SLV	475	0,109	2,460	0,279
SLC	975	0,141	2,486	0,289



Planimetria generale dell'intervento in progetto



Sezione-profilo di progetto

CONSIDERAZIONI STRATIGRAFICHE

La ricostruzione stratigrafica qui riportata nasce dal sondaggio eseguito sulla via Nazionale per il progetto di intervento sulla frana di Cornasola e da sondaggi eseguiti in passato sulla strada a lago per gli studi preliminari.

In base ai risultati è stata ricostruita la successione dei Livelli Stratigrafici o Livelli Geotecnici: le descrizioni stratigrafiche sono da ritenere indicative in quanto dedotte in modo indiretto durante l'esecuzione delle prove.

LIVELLO STRATIGRAFICO [1]: sulla quota della vasca sommitale in vicinanza dell'edificio dell'Ostello.

Si tratta presumibilmente di un terreno sabbioso ghiaioso non cementato frutto della deposizione glaciale e fluvioglaciale e dallo smantellamento delle formazioni conglomeratiche soprastanti.

Si tratta di un terreno “buono” dal punto di vista granulometrico, ma non molto addensato che sicuramente in questa porzione inferiore del versante, mostrerà anche una componente più fine limosa, per contributo colluviale.

Sicuramente il materiale è scarsamente coesivo, e si dovrà valutare con attenzione lo scavo della vasca, soprattutto a confine e adiacenza delle strutture di fondazione dell'Ostello.

Dal punto di vista della caratterizzazione geotecnica si ricorda che:

Densità Relativa:	correlazione tra N_{SCPT} e Densità relativa (%) di Terzaghi-Peck
Peso di volume:	stima valutata in relazione a N_{SCPT}
Coesione non drenata:	(o resistenza al taglio non drenata), correlazione empirica secondo Terzaghi & Peck e secondo le indicazioni D.M. 7 Nav. Fac. 1982
Angolo di attrito:	correlazione tra N_{SCPT} e ϕ di Meyerhoff per terreni con una percentuale di sabbia fine e limo superiore a 5
Modulo elastico:	valutato da correlazioni empiriche tra N_{SCPT} e il tipo di terreno

Relativamente ai “*valori caratteristici, V_k* ” della coesione non drenata e dell'angolo d'attrito interno, si è optato per considerarli pari a quelli medi ricavati dall'indagine, mentre i “*valori di progetto V_p* ” sono stati determinati utilizzando i coefficienti riduttivi parziali, indicati nelle *Norme Tecniche per le Costruzioni*).

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

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
<i>Coesione efficace</i>	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
<i>Resistenza non drenata</i>	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	γ	γ_r	1,0	1,0

*per le rocce ed i materiali lapidei non fratturati la resistenza può essere rappresentata dalla resistenza a compressione uniassiale q_u con un coefficiente parziale $\gamma_{qu}=1.6$.

LIVELLO STRATIGRAFICO [2] in prossimità della quota della via delle baracche (o via del cantiere) prossimo al lago.

Si tratta di un contesto completamente diverso : la stratigrafia di un sondaggio eseguito nel passato mostra e descrive materiali di riporto e la fotografia mostra terreni limoso sabbiosi fini.

Sono terreno scarsamente competenti e prevedibilmente di scadenti caratteristiche geotecniche che in fase di scavo andranno considerati con grande prudenza.

Per poter caratterizzare i terreni sopra sommariamente descritti, sarebbe auspicabile eseguire 4 prove penetrometriche (anche leggere DL030/DP30 vista la logistica).

CATEGORIA SISMICA DEI TERRENI

Analisi sismica: zona sismica

A partire dal 2003 sono stati emanati i criteri della nuova classificazione sismica del territorio nazionale, basati sugli studi e le elaborazioni più recenti relative alla pericolosità sismica del territorio, ossia sull'analisi della probabilità che il territorio in analisi venga interessato, in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni), da un evento che superi una determinata soglia di intensità o magnitudo.

Il territorio italiano è stato diviso in 4 zone a pericolosità sismica decrescente.

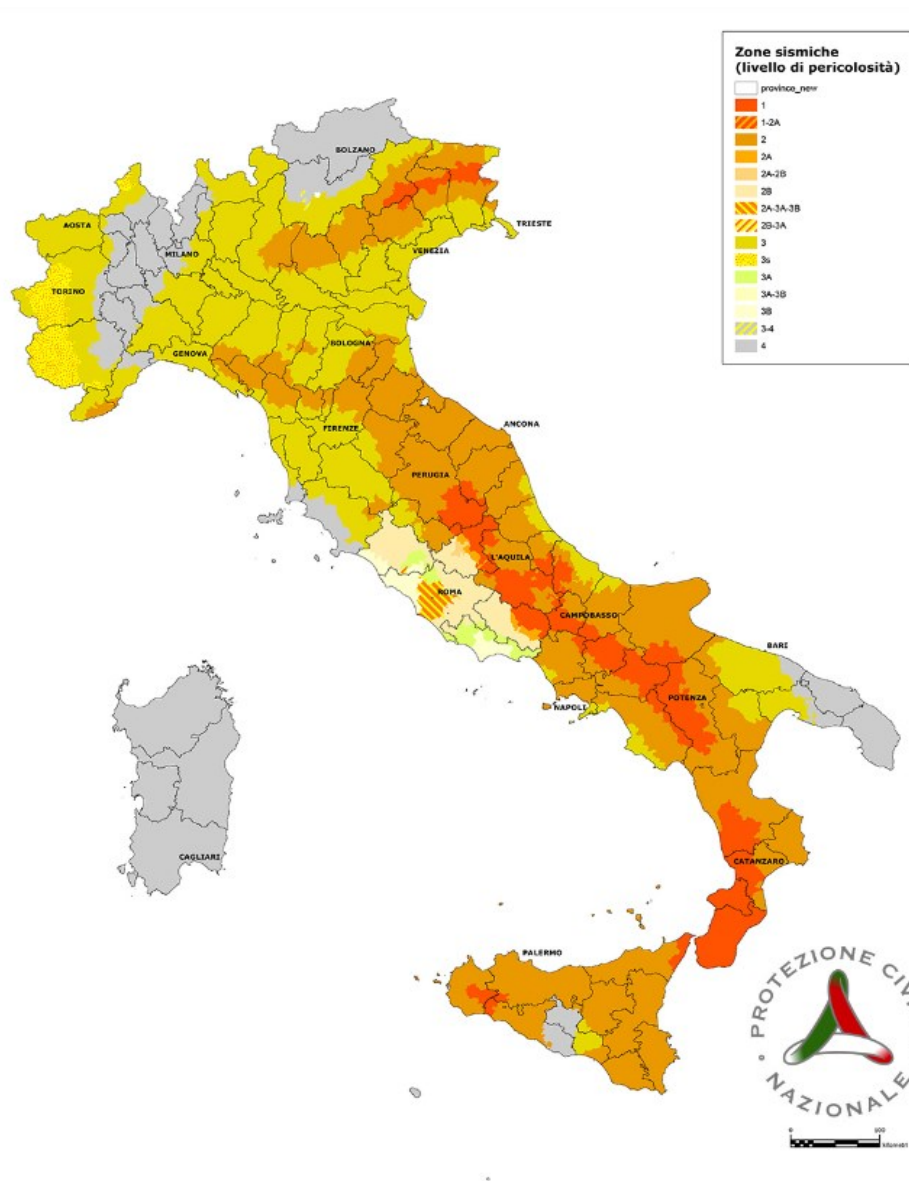
Zona sismica - Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag)

Zona	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni	Accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico
1	$0,25 < ag \leq 0,35g$	0,35g
2	$0,15 < ag \leq 0,25g$	0,25g
3	$0,05 < ag \leq 0,15g$	0,15g
4	$\leq 0,05g$	0,05g

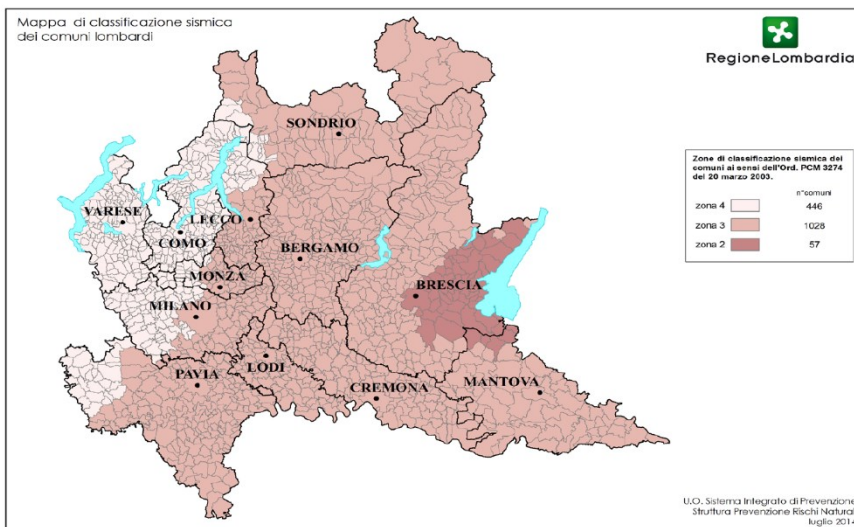
Zona sismica	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag)
1	$ag > 0.25$
2	$0.15 < ag \leq 0.25$
3	$0.05 < ag \leq 0.15$
4	$ag \leq 0.05$

Zone sismiche e relativi valori di accelerazione (O.P.C.M. 3519 del 28 aprile 2006).

Zona 1	Rischio ALTO
Zona 2	Rischio MEDIO ALTO
Zona 3	Rischio MEDIO BASSO
Zona 4	Rischio BASSO



lassificazione sismica in Italia (Fonte: Presidenza del Consiglio dei Ministri – Dipartimento della Protezione Civile)



Il comune di **LOVERE (BG)** ricade nella “**Zona sismica 3**” (**Sismicità medio bassa**) a cui corrisponde una accelerazione orizzontale con probabilità di superamento del 10% in 50 anni compresa tra di 0,015 e 0,020 (ag/g), che si traduce in una accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico di 0,04 (ag/g) riferita a suoli molto rigidi.

ISTAT	Provincia	Comune	Zona Sismica	AgMax
03016128	BG	LOVERE	3	0,111621

Zona sismica (d.g.r. 11 luglio 2014, n. 2129).

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE
10,07

LATITUDINE
45,8126

Ricerca per comune

REGIONE
Lombardia

PROVINCIA
Bergamo

COMUNE
Lovere

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta >>>

Variabilità dei parametri >>>

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri >>>

Reticolo di riferimento

Sito esterno al reticolo
 Interpolazione su 3 nodi
 Interpolazione corretta

Interpolazione

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

Nodi del reticolo intorno al sito

Sulla scorta di indagini effettuate in aree adiacenti e di quelle note in bibliografia si può ipotizzare che i terreni investigati hanno caratteristiche di addensamento tali da appartenere alla categoria “C”, ma non avendo eseguito indagini dirette e sperimentali specifiche (MASW) sul sito, valutata la modesta importanza “strutturale” delle opere in progetto, lo propongo declassato alla categoria “D”.

Valutazione del rischio sismico: classificazione del sito

Per quanto riguarda la classificazione di base del sito, il Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018, riprendendo quanto definito dall’ Eurocodice 8, distingue 5 classi, facendo riferimento sia alla velocità delle onde S nel substrato sia allo spessore dello stesso.

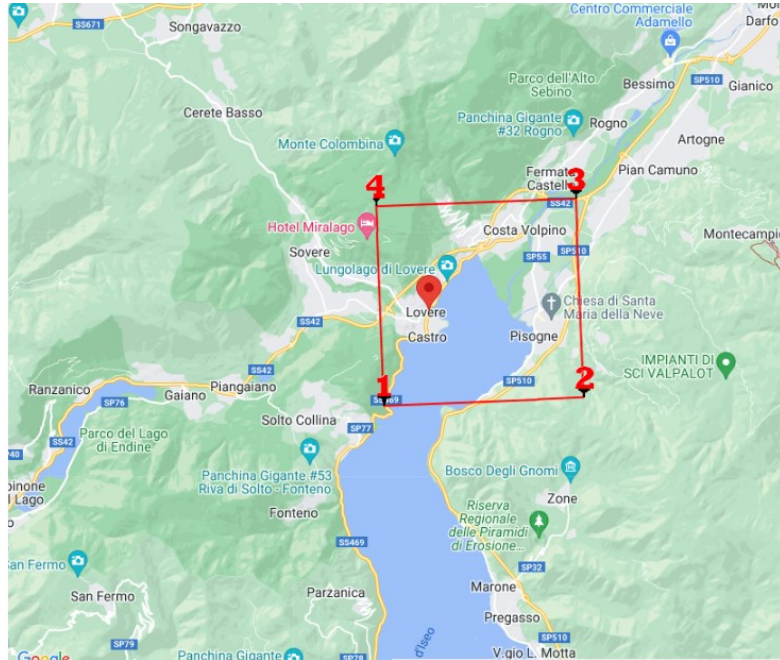
A ogni classe è associato uno spettro di risposta elastico. Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è riportato alla pagina seguente.

A seguito delle considerazioni sopra riportate, la valutazione di stima consente di attribuire al sito una **categoria di sottosuolo D**, secondo le NTC, 2018, definita come *“Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine 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 m/s e 180 m/s.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi 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.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, 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.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente 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 180 m/s e 360 m/s.</i>
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>

Definizione delle categorie di sottosuolo secondo le NTC (2018).

Parametri sismici del sito



Stati limite



Classe Edificio

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



Vita Nominale

50



Interpolazione

Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	30	0.034	2.458	0.201
Danno (SLD)	50	0.043	2.477	0.219
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.109	2.460	0.279
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.141	2.486	0.289
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Stati limite (da Geo Stru PS)



Coefficienti sismici

Tipo Stabilità dei pendii e fondazioni

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

H (m) us (m)

1 0.1

Cat. Sottosuolo D

Cat. Topografica T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,80	1,80	1,80	1,80
CC Coeff. funz categoria	2,79	2,67	2,36	2,33
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]

0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.012	0.015	0.047	0.061
0.006	0.008	0.024	0.030	
Amax [m/s ²]	0.592	0.750	1.929	2.480
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

Coefficienti sismici per “stabilità di pendii e fondazioni” (da Geo Stru PS)

Ai fine della definizione dell'azione sismica di progetto si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale; in assenza di specifiche analisi si può fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento:

Per determinare i parametri dello spettro di risposta elastico delle componenti orizzontali si potrà fare riferimento alla tabella:

Categoria suolo	S	T_B	T_C	T_D
A	1.00	0.15	0.40	2.00
B-C-E	1.25	0.15	0.50	2.00
D	1.35	0.20	0.80	2.00

Mentre per quelli della componente verticale:

Categoria suolo	S	T_B	T_C	T_D
A-B-C-D-E	1.00	0.05	0.15	1.00

Definizione dei parametri e dei coefficienti sismici

Parametri sismici

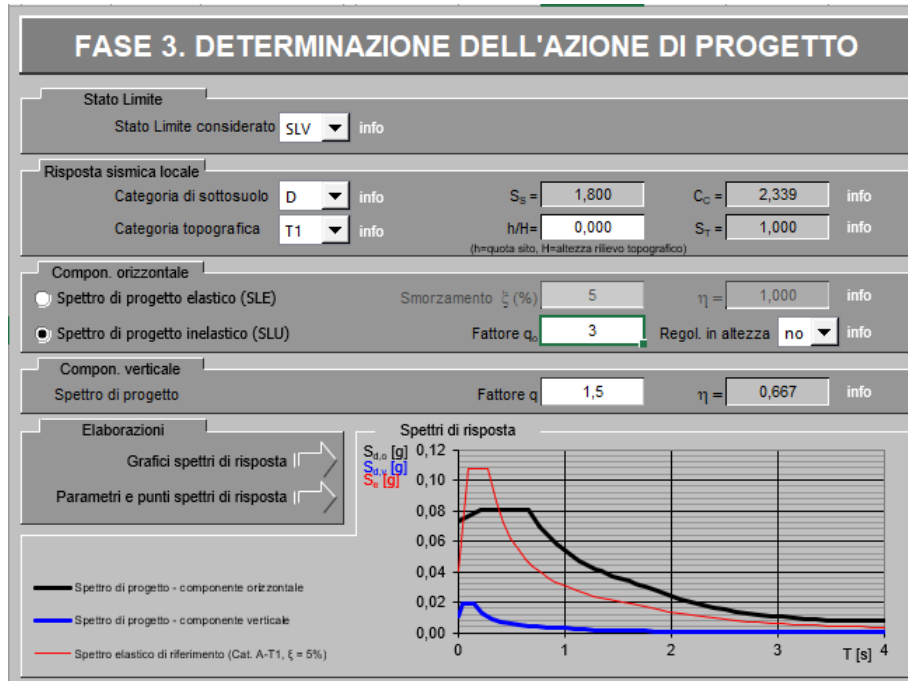
Categoria sottosuolo: D
 Categoria topografica: T1
 Periodo di riferimento: 50 anni
 Coefficiente cu: 1

	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss* (ampl. stratigrafica)	1,80	1,80	1,80	1,80
Cc* (coeff.funz. categ.)	2.79	2.67	2.36	2.33
St* (amplificazione topografica)	1,00	1,00	1,00	1,00

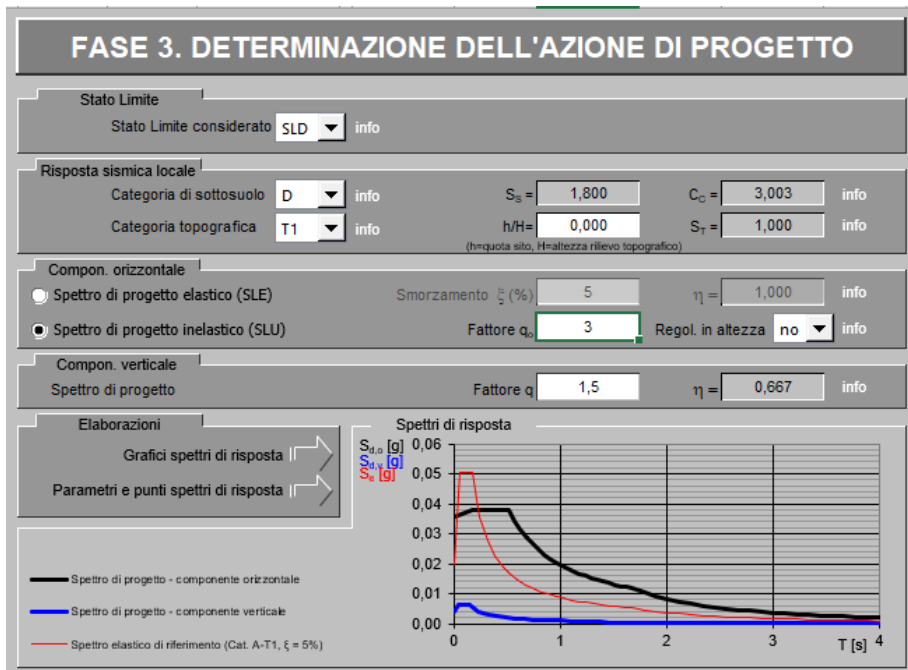
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,012	0,015	0,047	0,061
<b(kv< b=""></b(kv<>	0,006	0,008	0,024	0,030
Amax [m/s ²]	0,592	0,750	1,929	2.480
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

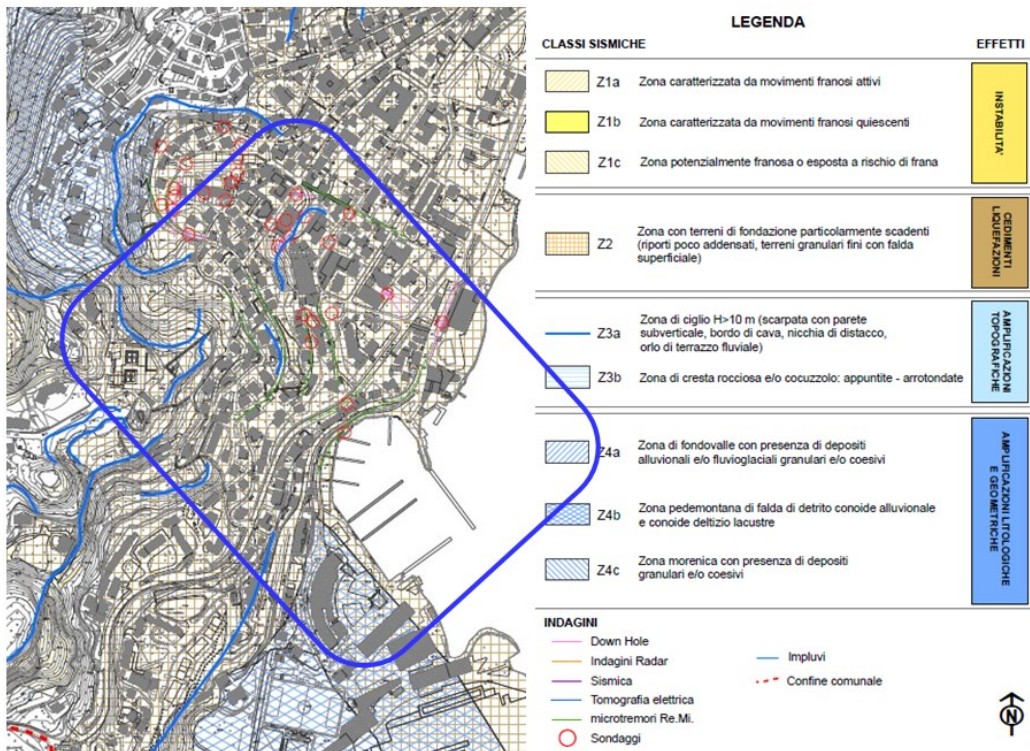
- Determinazione dell'azione di progetto

SLU



SLE





Stralcio della carta di PSL del PGT comunale

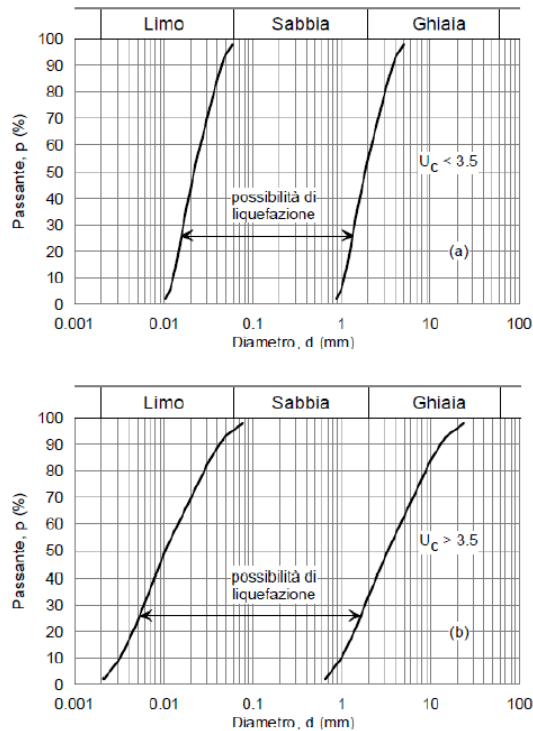
Stabilità nei confronti della liquefazione

Il sito sul quale è ubicato il manufatto deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione.

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

1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub - orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. 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 a una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata a una tensione efficace verticale di 100 kPa;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nelle figure seguenti (dove con U_c è indicato il coefficiente di uniformità).



Fusi granulometrici suscettibili di liquefazione (D.M. 14 gennaio 2008)

Quando le condizioni 1 e 2 non risultino soddisfatte, le indagini geotecniche devono essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 3, 4 e 5.

Nel caso in oggetto non vi sono le condizioni affinché si verifichi la liquefazione; risultano infatti soddisfatte le condizioni 1, 2 e 4.

CONCLUSIONI

Su incarico dell'ing. Paolo CANCELLI dell'omonimo studio di progettazione SCA – CANCELLI & ASSOCIATI per conto dell'AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI LOVERE ho eseguito la presente relazione per descrivere ed evidenziare le caratteristiche stratigrafiche, geologiche, idrogeologiche e sismiche dei terreni sui quali è prevista la realizzazione del breve tratto di collettore di scarico acque tra la base della via Nazionale attraverso la via Paglia e la via Baracche (via del cantiere) e fino a lago in comune di LOVERE.

Per definire le caratteristiche geologico-stratigrafiche ho utilizzato il materiale stratigrafico raccolto per il progetto dell'adiacente frana della Cornasola.

Oltre alla descrizione geologica generale e alla ricostruzione geomorfologica e idrogeologica, ho fornito una descrizione stratigrafica dei terreni che prevedibilmente si incontreranno con lo scavo.

Per la caratterizzazione geotecnica sarà opportuno prevedere l'esecuzione di qualche prova penetrometrica dinamica, anche con penetrometro leggero (DL030 – DPM30) vista la logistica complessa.

E' stata fornita la caratterizzazione sismologica con definizione della classe di suolo.

Tutto quanto esposto è stato valutato e calcolato conformemente a quanto previsto:

- nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20 Marzo 2003 relativa alla normativa sismica
- nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, 2008) e che prevedono un approccio agli stati limite

Certi di aver fornito tutte le indicazioni necessarie, restiamo comunque a disposizione per qualsiasi chiarimento.

