

Comune di Brienz

Via Regina Teodolinda 70, 22010 Brienz (CO)

**RELAZIONE GEOLOGICA
- Stazioni di pompaggio P2 S2 S3 -
- Comune di Brienz (CO) -**



Giugno 2014

Paladini Dott. Geologo Alessandro	Ordine Geologi Lombardia Matr. 1638
Via Messina 19 22063 Cantù (CO)	Cell: 3337443966 email: geo.paladini@alice.it
P.IVA: 03433290131	Cod. Fisc: PLDLSN85H27B639B

1. PREMESSA E SCOPO DEL LAVORO	3
Normativa di riferimento.....	4
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	5
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO- GEOMORFOLOGICO - IDROGEOLOGICO	7
4. VINCOLI.....	13
5. RILIEVI TECNICI E GEOMECCANICI	16
SITO DI INTERVENTO S3.....	18
SITO DI INTERVENTO P2	23
SITO DI INTERVENTO S2.....	24
6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA	29
SITO DI INTERVENTO S3 – PARAMETRI SISMICI	31
SITO DI INTERVENTO P2 – PARAMETRI SISMICI	32
SITO DI INTERVENTO S2 – PARAMETRI SISMICI	32
7. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE.....	33
8. MODELLO GEOTECNICO	34
SITO DI INTERVENTO S3.....	34
SITO DI INTERVENTO P2	35
SITO DI INTERVENTO S2.....	36
9. CALCOLO DEL CARICO LIMITE E DEI CEDIMENTI.....	37
SITO DI INTERVENTO S3.....	37
SITO DI INTERVENTO P2	39
SITO DI INTERVENTO S2.....	40
10. CONCLUSIONI	42
BIBLIOGRAFIA	46

1. PREMESSA E SCOPO DEL LAVORO

La presente relazione viene redatta in previsione della realizzazione di tre nuove stazioni di pompaggio nel Comune di Brienz, dedicate all'intervento di "Disinquinamento del primo bacino del Lago di Como, collettori di collegamento al depuratore di Colonna da Argegno a Laglio-Lotto2".

Il sottoscritto ha ricevuto l'incarico di redigere uno studio geologico della zona al fine di verificare la fattibilità dell'opera, riguardo alle caratteristiche geomorfologiche, geologiche, idrogeologiche, sismiche e geotecniche dei terreni e della stabilità dell'area in ottemperanza alla normativa vigente.

La presente relazione geologico-tecnica, seguendo i dettami della norma vigente e dello stato dell'arte è finalizzata alla costruzione del modello geologico, che è imprescindibile per la redazione del successivo modello geotecnico, facente parte della relazione d'opera geotecnica.

In seguito all'esecuzione di un rilievo geomeccanico del sito in esame sono stati caratterizzati i terreni da un punto di vista geotecnico, al fine di valutare la Capacità Portante Ammissibile del sedime di fondazione ed i cedimenti prevedibili secondo le ipotesi progettuali visionate nel rispetto di quanto prescritto dalle NTC 2008 "Norme tecniche per le Costruzioni" contenute dal D.M. 14.01.2008. e con la Circolare n. 617 del 2.02.2009, Gazzetta Ufficiale n. 47 del 26 febbraio 2009 – Suppl. Ordinario n. 27: "Istruzioni per l'applicazione delle NTC di cui al D.M. 14 gennaio 2008".

L'attività completa è stata quindi esplicata attraverso:

- sopralluoghi e rilievi geomeccanici e tecnici dedicati;
- acquisizione ed analisi di bibliografia tecnica specifica;
- restituzione dei dati raccolti, organizzata nella presente relazione.

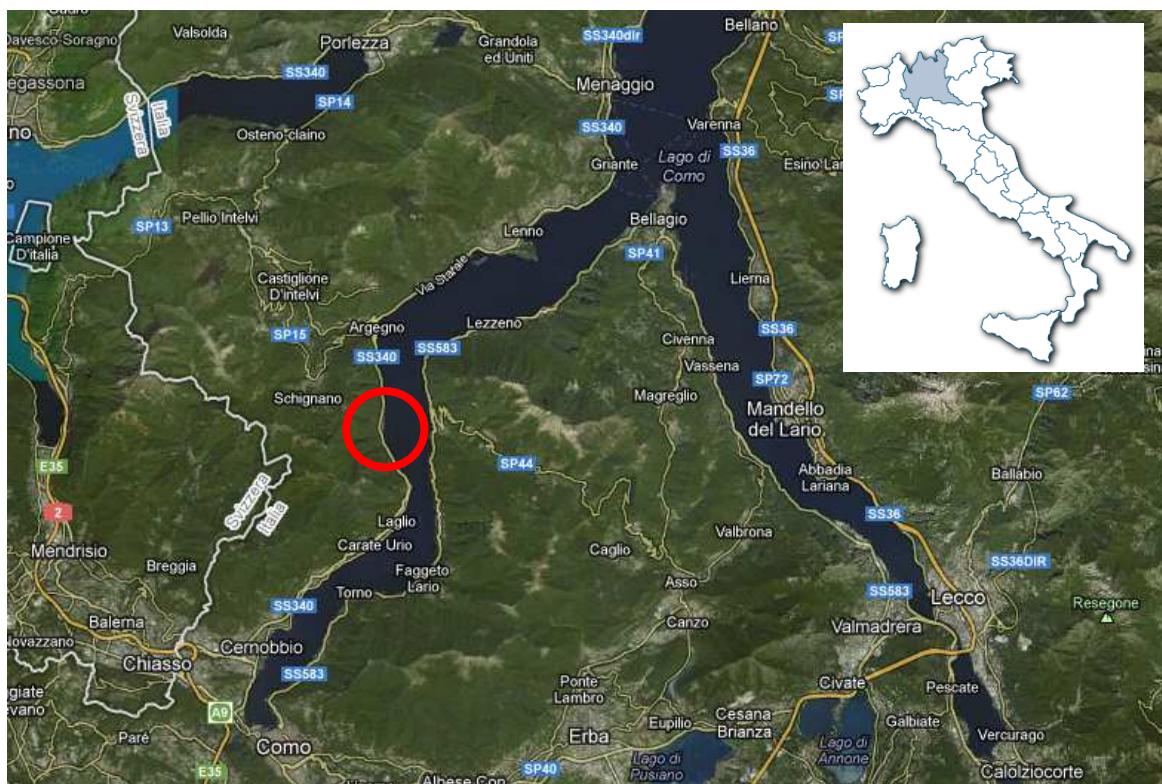


Figura 1: ubicazione del comune di Brieno (CO) (immagine Google Earth)

Normativa di riferimento

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 situ(2002). UNI

Leggi regionali in materia di pianificazione e di Vincolo Idrogeologico

Ordinanze Autorità di Bacino nazionale, regionale o interregionale

Piani Territoriali di coordinamento (Province)

Piano Strutturale e Regolam. Urbanistico

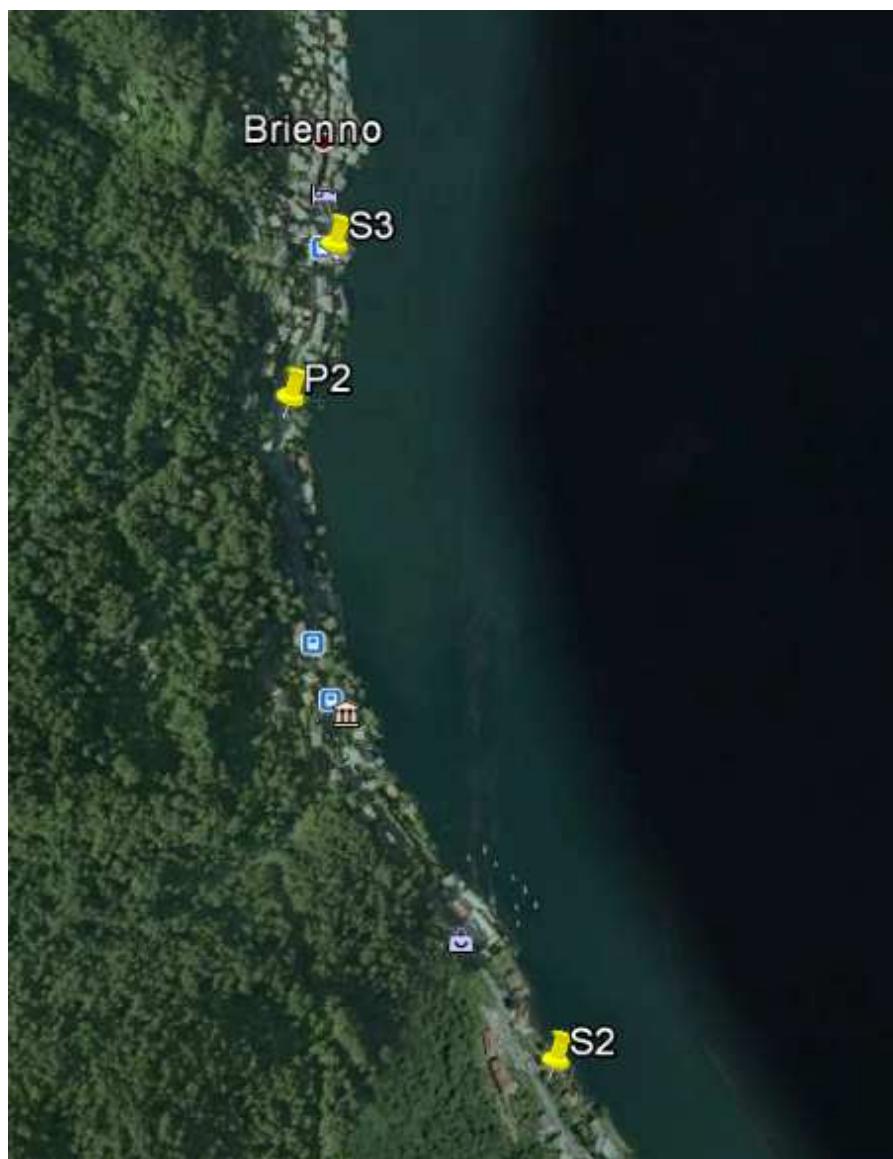
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il territorio comunale di Brienz si estende per 906 ha, e confina con il comune di Argegno a nord, Schignano e Carate Urio a Ovest e con il comune di Laglio a sud. Contraddistinto da un assetto prevalentemente montuoso, si sviluppa tra i 200 e i 1250 m sul livello del mare, raggiungendo i picchi estremi con il pelo libero del lago e lungo i versanti del Monte S. Bernardo. L'area oggetto di indagine è cartografata nella C.T.R. della Regione Lombardia nel foglio B4b3, nel comune di Brienz, in provincia di Como.

Stazione S3 : Lat. N 45° 54' 40.1"ca. e Long. E 9° 07' 52.8" ca.

Stazione P2 : Lat. N 45° 54' 33.9"ca. e Long. E 9° 07' 51.3" ca.

Stazione S2 : Lat. N 45° 54' 09.7"ca. e Long. E 9° 08' 05" ca.



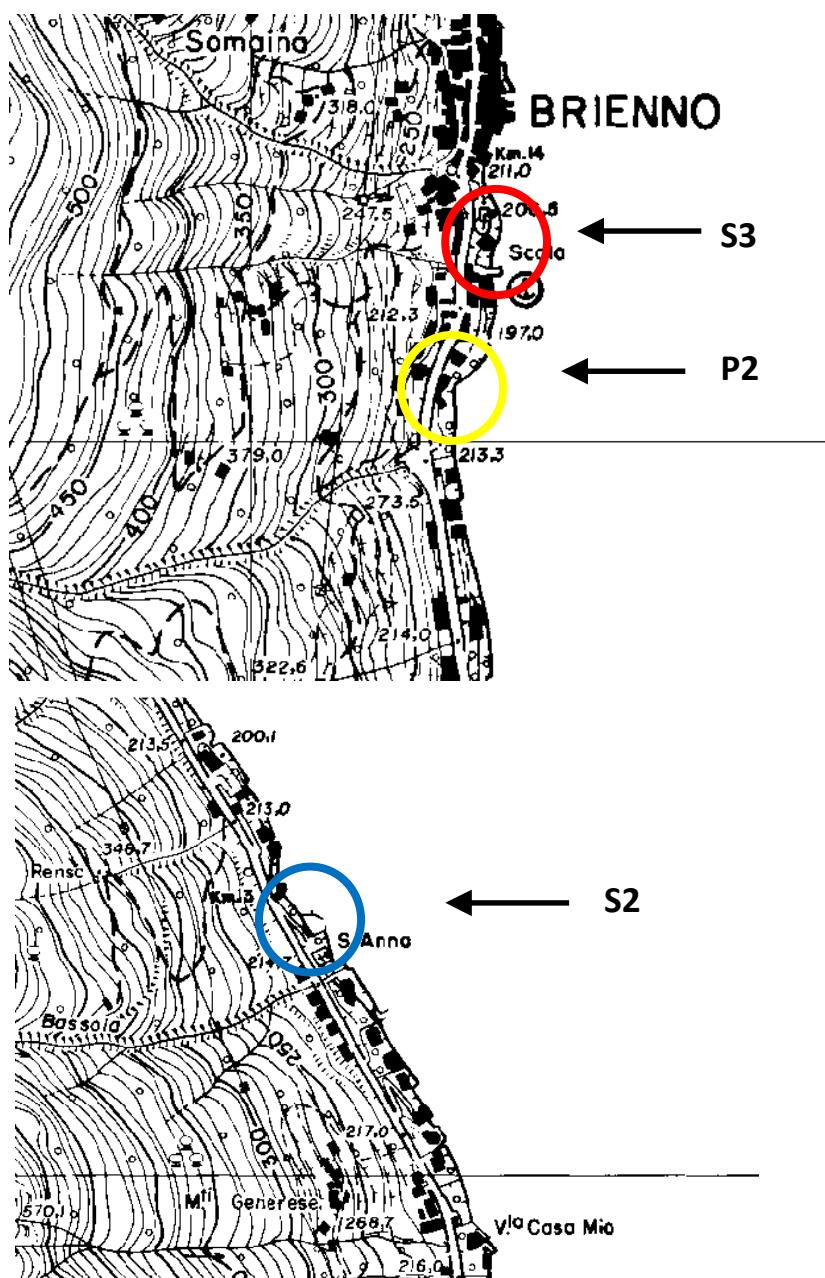


Figura 2: estratto C.T.R. Regione Lombardia (B4b3)

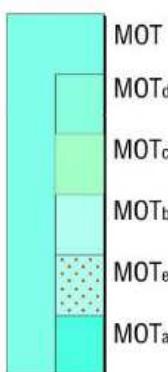
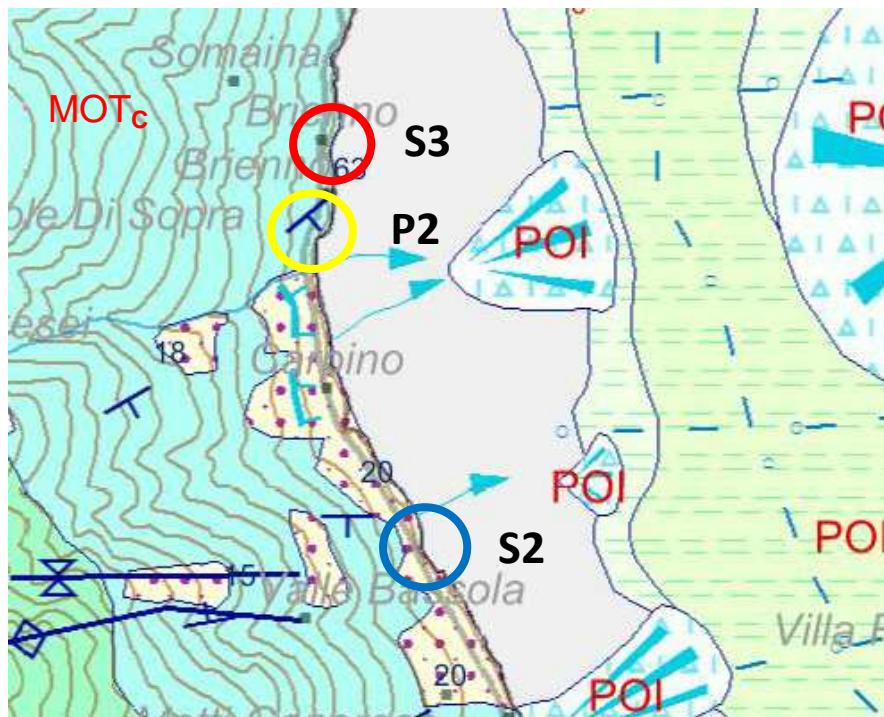
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO- GEOMORFOLOGICO - IDROGEOLOGICO.

L'ambito territoriale in esame si colloca, dal punto di vista geologicostrutturale, nel settore occidentale della vasta placca di rocce mesozoiche che si estende tra il Lago di Lugano ed il ramo Lecchese del Lario, delimitata a nord dalla Valle di Menaggio-Porlezza e a sud dalla depressione Chiasso-Cernobbio e dalla flessura peripadana. Questo blocco, abbastanza unitario, è caratterizzato da una struttura a pieghe e pieghe-faglie, con assi ad andamento est-ovest e limitati sovrascorimenti verso sud. L'ambito ristretto d'interesse è rappresentato dalla porzione basale di un versante montuoso esposto ad est, che si estende dai 1079 m sul livello del mare della vetta del Monte Gringo ai 198 m s.l.m. del Lago di Como. L'accivit  di tale versante, pi  accentuata nel suo settore basale, tende ad attenuarsi sensibilmente nella porzione compresa tra i 500 ed i 700 metri s.l.m., per poi crescere nuovamente nel settore sommitale. L'ossatura del rilievo   costituita da un'unica unit  litostratigrafica, nota in letteratura come Calcare di Moltrasio. Questa formazione, di et  liassica (Hettangiano-Pliensbachiano, 190-175 milioni di anni),   legata ad un ambiente di sedimentazione pelagico (mare calmo e molto profondo) e raggiunge uno spessore di oltre 3000 m nel bacino sedimentario ad elevata subsidenza del Monte Generoso. E' costituita da calcari e calcari marnosi di colore grigio scuro (chiaro sulla superficie alterata), leggermente bituminosi, ben stratificati, con sottili interstrati marnosi (pi  frequenti nella porzione sommitale) e con liste e noduli di selce bruna. La roccia affiora diffusamente lungo le aspre pareti che occupano le porzioni basale e sommitale del versante e lungo le incisioni vallive, mentre nei settori ad accivit  pi  contenuta risulta sovente occultata da una sottile coltre di depositi eluvio-colluviali, derivati dall'alterazione fisico-chimica della roccia e costituiti da frammenti calcarei spigolosi immersi in matrice limo-argillosa. Nelle zone a minor accivit , si rinvengono localmente lembi di spessore significativo di depositi glaciali, costituiti da sabbie e limi inglobanti ciottoli e blocchi eterometrici di prevalente natura cristallina. Il versante risulta regimato da una serie di incisioni vallive pressoch  parallele, a basso grado di gerarchizzazione, che - con la sola eccezione della Valle di Carpina - sottendono a bacini di dimensione inferiore al kmq. Tutti gli impluvi sono contraddistinti da un regime estremamente irregolare e gli alvei, asciutti per gran parte dell'anno, ospitano apprezzabili deflussi idrici solo in concomitanza di abbondanti precipitazioni meteoriche. Situazione direttamente legata all'assetto idrogeologico dell'area che, tenuto conto dello spessore generalmente modesto delle coltri superficiali di depositi sciolti,   essenzialmente condizionato dalle caratteristiche di fratturazione del massiccio carbonatico che costituisce l'ossatura del rilievo. Queste ultime, esaltate da fenomeni di dissoluzione carsica, conferiscono all'ammasso roccioso (di per s  contraddistinto da una permeabilit  primaria molto bassa), una permeabilit  secondaria da buona ad elevata, tanto che la zona in esame viene ad assumere caratteristiche eminentemente assorbenti, con l'infiltrazione idrica nel sottosuolo che risulta nettamente privilegiata rispetto ai deflussi superficiali.

La Carta Geologica d'Italia, Foglio 32, Como, pone l'area oggetto di studio su calcari ascrivibili al Gruppo del Medolo, come il Moltrasio, (Fig. 3) e la conferma è data dalla recente cartografia, Foglio 075 Como (Fig.4).



Figura 3: Dettaglio Carta Geologica d'Italia, Foglio 32, Como



MOT
Calcare di Moltrasio con selce prevalente (**MOT_a**) - Calciliti e calcareniti in strati da 20 a 50 cm con abbondante selce concentrata al centro dello strato in percentuale superiore al 60%. La selce assume un colore grigio chiaro, biancastro o verde oliva.

MOT_d
Calcare di Moltrasio con selce (**MOT_d**) - Calciliti massive e calcareniti, in strati da 5 a 20 cm, intercalati con marne in strati da millimetrici a centimetrici. Presenza di abbondante selce, mancante in **MOT_b**, di colore grigio scuro o nero, in noduli o liste.

MOT_c
Calcare di Moltrasio privo o con scarsa selce (**MOT_c**) - Calciliti massive e calcareniti in strati planari di spessore da 10 a 70 cm frequentemente intercalate con interstrati marnosi da millimetrici a decimetrici.

MOT_b
Calcare di Moltrasio dolomitizzato (**MOT_b**) - Dolomie massicce di colore grigio scuro di spessore metrico ed aspetto caotico alternati a strati di calcare dolomitizzato grigio scuro, con selce, di spessore 10-20 cm

MOT_e
Brecce liassiche (**MOT_e**) - Brecce e megabrecce localmente dolomitizzate generate a spese delle unità retico - hettangiane.



Till indifferenziato

Figura 4: Dettaglio della Carta Geologica d'Italia, Foglio 075 Como.

La carta raffigurante l'inventario dei fenomeni franosi dalla Regione Lombardia evidenzia alcune criticità storiche nell'immediata vicinanza dei siti in esame. Specialmente sul sito denominato P2 è segnalata la presenza di un'area soggetta a fenomeni di ribaltamento e/o crollo.

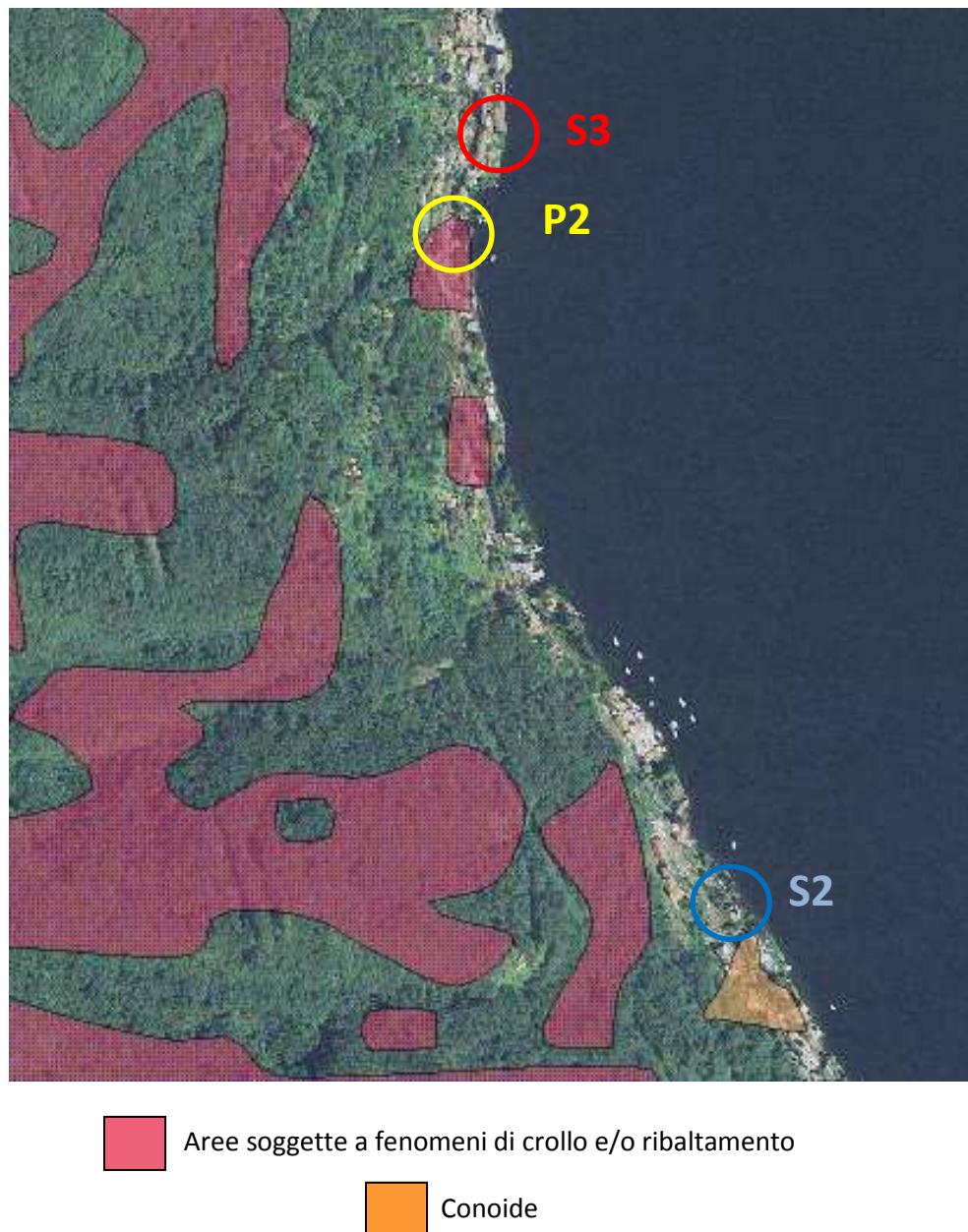
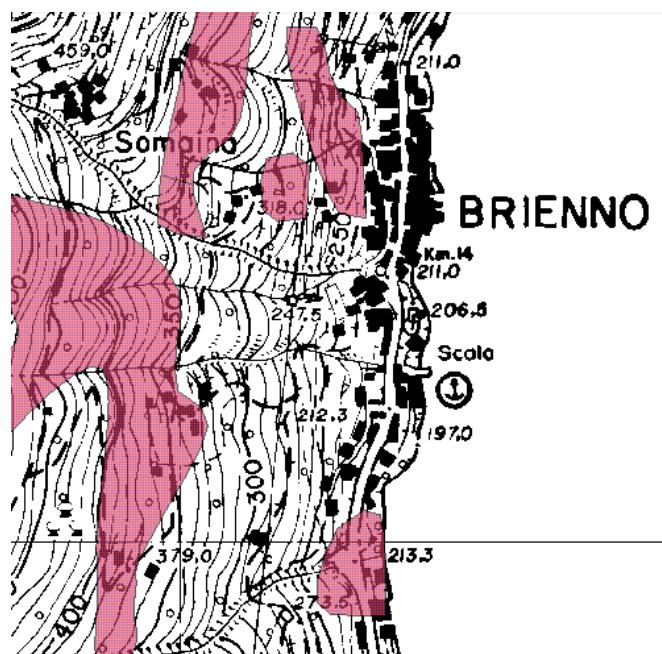
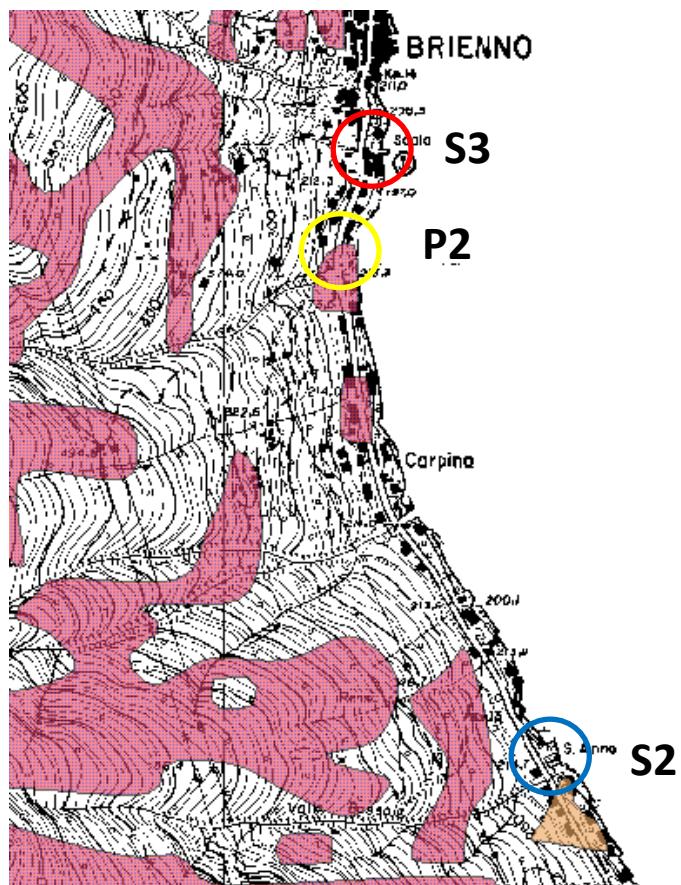


Figura 5: Inventario dei fenomeni franosi della Lombardia su ortofoto.



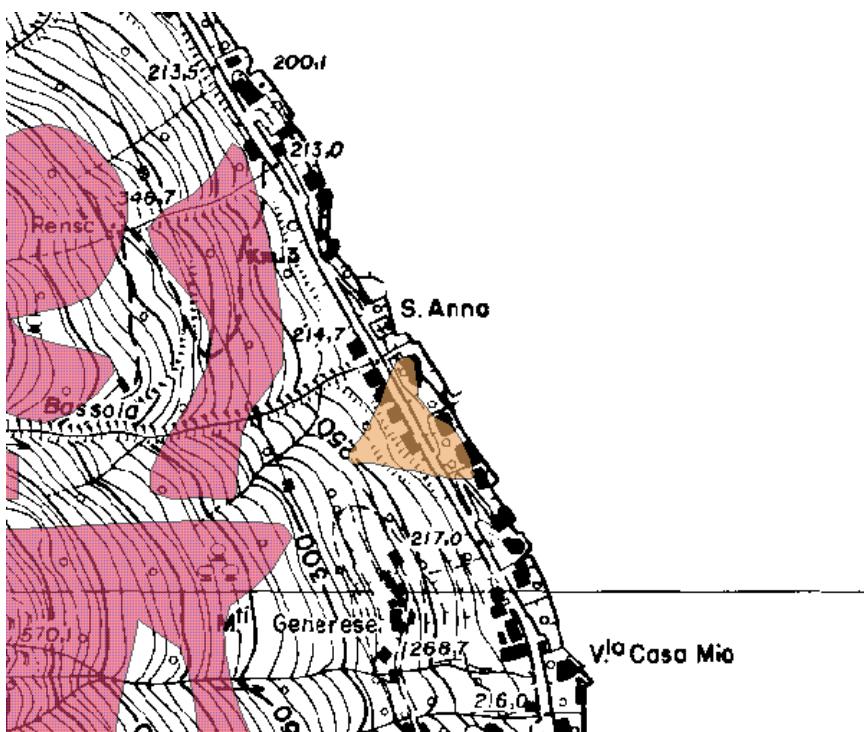


Figura 6: Dettagli della Carta Inventario dei Fenomeni Franosi della Lombardia.

Il Complesso Carbonatico sopra citato rappresenta la principale unità acquifera dell'area, la cui alimentazione avviene per infiltrazione di tipo diffuso nelle aree di ricarica favorita dall'assenza di copertura impermeabile. La struttura si caratterizza da acquiferi profondi sviluppati soprattutto nelle aree a maggior fratturazione e carsificazione. La circolazione idrica sotterranea in tale idrostruttura non è ricostruibile in dettaglio; si può tuttavia presumere la presenza di vie preferenziali di deflusso lungo l'immersione degli strati e in corrispondenza dei principali lineamenti tettonici.

In generale è possibile affermare che le caratteristiche idrogeologiche presenti nell'area sono condizionate sia dalla situazione stratigrafica del territorio sia dalla conformazione strutturale che origina un sistema di fratture e linee di faglia.

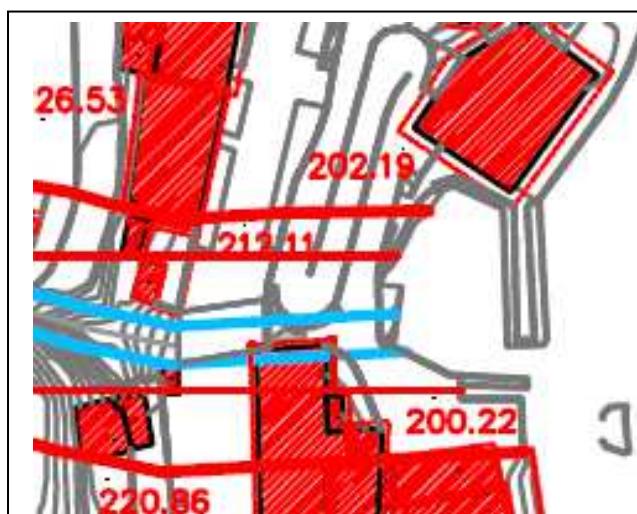
Particolare attenzione dovrà essere recepita dal progettista al fine di garantire costantemente lo smaltimento delle acque meteoriche attraverso l'adozione di tutti i provvedimenti comunemente adottati (fossi di guardia, regimentazione a mezzo tubazioni ecc.); analoga cura dovrà essere posta nel confinamento dei lavori di scavo necessari e particolare attenzione dovrà essere recepita anche per quanto riguarda gli sbancamenti in roccia. Particolari metodi di intervento dovranno essere valutati per quanto riguarda i lavori per il sito denominato S3, in quanto gli interventi previsti verranno effettuati sulla riva del lago con presenza costante di acqua. Sulla base dei dati a disposizione, si è pervenuti alla caratterizzazione geotecnica dei terreni del sito di progetto.

4. VINCOLI

Allo stato attuale le aree risultano essere classificate come segue:

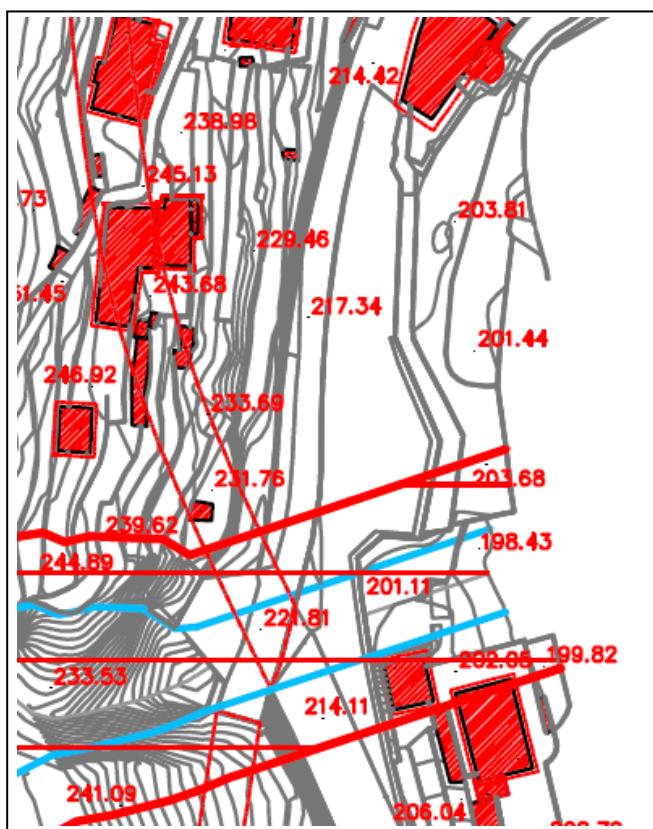
Il sito **S3** ricade all'interno di:

- "Territori contermini ai laghi (D.Lgs42/04, Art.142,Comma 1, punto b) – (Fonte Siba):
"Aree tutelate per legge (articolo così sostituito dall'art. 12 del d.lgs. n. 157 del 2006, poi modificato dall'art. 2 del d.lgs. n. 63 del 2008). Sono comunque di interesse paesaggistico e sono sottoposti alle disposizioni di questo Titolo: [...] i territori contermini ai laghi compresi in una fascia della profondità di 300 metri dalla linea di battigia, anche per i territori elevati sui laghi;
- "Bellezze d'insieme" (D.Lgs42/04, Art.136,Comma 1, punto c - d) – (Fonte Siba).
"Immobili ed aree di notevole interesse pubblico. Sono soggetti alle disposizioni di questo Titolo per il loro notevole interesse pubblico:(comma così modificato dall'art. 2 del d.lgs. n. 63 del 2008) [...] i complessi di cose immobili che compongono un caratteristico aspetto avente valore estetico e tradizionale, inclusi i centri ed i nuclei storici; le bellezze panoramiche e così pure quei punti di vista o di belvedere, accessibili al pubblico, dai quali si gode lo spettacolo di quelle bellezze"
- "Fascia di Rispetto Reticolo Idrico Minore" della Valle di Giumanello (Giu 100). Si origina a 575 m slm e presenta un percorso pressoché rettilineo dalla sorgente fino allo sbocco a lago. L'incisione è poco accentuata, l'alveo in roccia; muri spondali ne definiscono il tracciato solo nell'ultimo tratto prima dello sbocco a lago all'interno del nucleo storico di Brienz. In occasione dell'evento calamitoso del 7/7/2011, il corso d'acqua non ha dato luogo a mobilizzazioni o spagliamenti di materiale.
- Classe di Fattibilità 4 (con gravi limitazioni)



Il sito **P2** ricade all'interno di:

- “Territori contermini ai laghi (D.Lgs42/04, Art.142,Comma 1, punto b) – (Fonte Siba):
“Aree tutelate per legge (articolo così sostituito dall'art. 12 del d.lgs. n. 157 del 2006, poi modificato dall'art. 2 del d.lgs. n. 63 del 2008). Sono comunque di interesse paesaggistico e sono sottoposti alle disposizioni di questo Titolo: [...] i territori contermini ai laghi compresi in una fascia della profondità di 300 metri dalla linea di battigia, anche per i territori elevati sui laghi;
- “Bellezze d'insieme” (D.Lgs42/04, Art.136,Comma 1, punto c - d) – (Fonte Siba).
“Immobili ed aree di notevole interesse pubblico. Sono soggetti alle disposizioni di questo Titolo per il loro notevole interesse pubblico:(comma così modificato dall'art. 2 del d.lgs. n. 63 del 2008) [...] i complessi di cose immobili che compongono un caratteristico aspetto avente valore estetico e tradizionale, inclusi i centri ed i nuclei storici; le bellezze panoramiche e così pure quei punti di vista o di belvedere, accessibili al pubblico, dai quali si gode lo spettacolo di quelle bellezze”
- Al limite con la Fascia di Rispetto del Reticolo Idrico Minore
- Al limite tra classe di fattibilità 3 (all'esterno della Fascia di Rispetto del RIM) e classe di fattibilità 4 (all'interno della Fascia di Rispetto del RIM).



Il sito **S2** ricade all'interno di:

- “Territori contermini ai laghi (D.Lgs42/04, Art.142,Comma 1, punto b) – (Fonte Siba): “Aree tutelate per legge (articolo così sostituito dall'art. 12 del d.lgs. n. 157 del 2006, poi modificato dall'art. 2 del d.lgs. n. 63 del 2008). Sono comunque di interesse paesaggistico e sono sottoposti alle disposizioni di questo Titolo: [...] i territori contermini ai laghi compresi in una fascia della profondità di 300 metri dalla linea di battigia, anche per i territori elevati sui laghi;
 - “Bellezze d'insieme” (D.Lgs42/04, Art.136,Comma 1, punto c - d) – (Fonte Siba). “Immobili ed aree di notevole interesse pubblico. Sono soggetti alle disposizioni di questo Titolo per il loro notevole interesse pubblico:(comma così modificato dall'art. 2 del d.lgs. n. 63 del 2008) [...] i complessi di cose immobili che compongono un caratteristico aspetto avente valore estetico e tradizionale, inclusi i centri ed i nuclei storici; le bellezze panoramiche e così pure quei punti di vista o di belvedere, accessibili al pubblico, dai quali si gode lo spettacolo di quelle bellezze”
 - Classe di Fattibilità 3 (con consistenti limitazioni)



5. RILIEVI TECNICI E GEOMECCANICI

Il rilievo tecnico di campagna è consistito nell'esecuzione di rilievi in situ dedicati all'individuazione di criticità di ogni genere, da quelle geologiche a quelle logistiche integrando con studi geomeccanici dell'ammasso roccioso affiorante (dove presente) nei tre siti in esame.



Figura 7 : ubicazione dei siti di intervento S3 e P2.



Figura 8: ubicazione del sito di intervento S2.



Figura 9: ubicazione dei siti di intervento S3 (rosso) P2 (giallo) S2 (blu).

Il rilievo geomeccanico consiste nell'individuazione e nella misurazione delle giaciture delle principali famiglie di fratture presenti nell'ammasso roccioso al fine di stimare e valutare le caratteristiche geomeccaniche della roccia e valutare la possibilità che la fratturazione isoli singole porzioni di materiale, rendendolo instabile e pericoloso.

SITO DI INTERVENTO S3

Il rilievo sul campo ha constatato l'assenza di una rilevante alterazione della roccia in esame ed una discreta disomogeneità della fratturazione. Sono stati individuati diversi affioramenti di substrato nell'area indagata, tutti confermano le giaciture rilevate. Si individuano zone fortemente fratturate, dalle quali si isolano singoli prismi di roccia di dimensioni centimetriche e decimetriche, queste zone sono interessate principalmente da tre famiglie di fratture.

Le giaciture delle principali fratturazioni rilevate sono:

$F_1 : 140^\circ/48^\circ$

$F_2 : 30^\circ/62^\circ$

$F_3 : 241^\circ/56^\circ$



Figura 10: Famiglie di fratture dell'ammasso roccioso, giacitura $140^\circ/48^\circ$ (piano di appoggio della bussola), giacitura $30^\circ/62^\circ$ (linea rossa), giacitura $241^\circ/56^\circ$ (linea gialla);

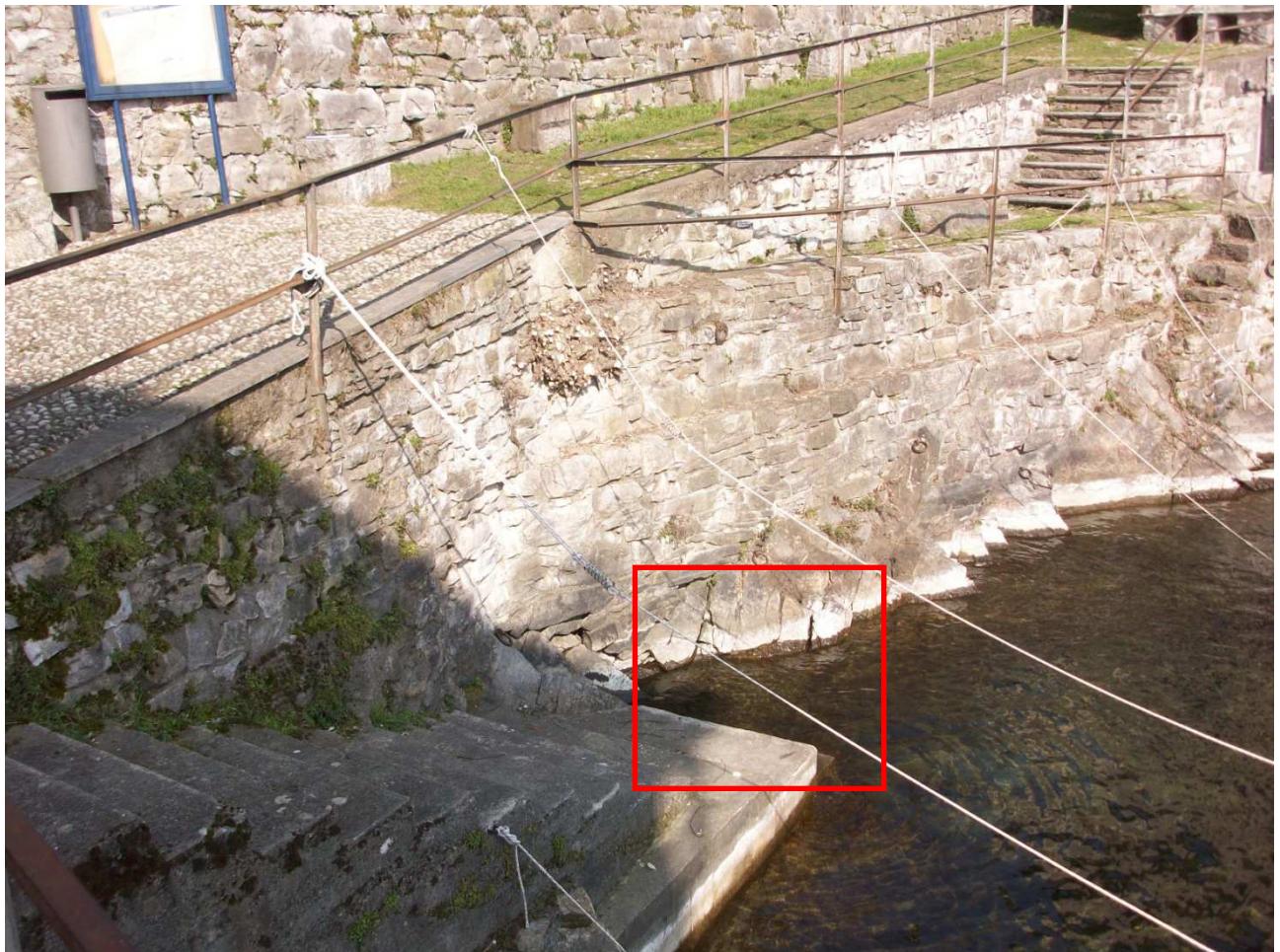


Figura 11: Ubicazione punto di intervento S3.

Le classificazione di Bieniawski (1973) consente di classificare gli ammassi rocciosi, basandosi sul rilievo, in campagna o in laboratorio, di sei parametri:

A1 = resistenza a compressione uniaxiale;

A2 = Rock Quality Designation Index (Indice RQD);

A3 = spaziatura delle discontinuità;

A4 = condizioni delle discontinuità;

A5 = condizioni idrauliche;

A6 = orientamento delle discontinuità.

Assegnando degli indici o punteggi (rating), ad ogni parametro, si ricava il Rock Mass Rating (RMR, Bieniawski)

$$\text{RMR di base} = \text{RMRb} = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5$$

$$\text{RMR corretto} = \text{RMRC} = (A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5) + A_6$$

Tramite l'interpretazione dei dati forniti dal rilievo sul campo e la tabella riportata qui sopra (Tabella 1), è stato possibile associare un punteggio ad ogni parametro richiesto dalla classificazione Bieniawski 1973, ottenendo un valore di RMRb di:

$$\text{RMRb} = 60$$

è stato assegnato un valore anche al parametro correttivo A6 (vedi Tabella 2), ottenendo quindi:

$$\text{RMRC} = 53$$

In questo sito è previsto uno scavo in roccia per l'esecuzione di una vasca con dimensioni 2.60m x 2.00m x 6.00 (di cui circa 5m sono quelli effettivi nel substrato roccioso). La fratturazione della roccia e la costante presenza di acqua durante l'esecuzione dei lavori sono due fondamentali caratteristiche del sito che dovranno essere valutate per la corretta scelta esecutiva da parte del progettista.

A. PARAMETRI DI CLASSIFICAZIONE E LORO INDICI								
Parametri			Intervalli dei valori					
1	Resistenza del materiale intatto.	Indice della resistenza Point-load (MPa)	> 10	4-10	2-4	1-2		
		Resistenza alla compress. monoassiale (MPa)	> 250	100-250	50-100	25-50		
	Punteggio	15	12	7	4	2 1 0		
2	RQD%	90-100	75-90	50-75	25-50	< 25		
	Punteggio	20	17	13	8	3		
3	Spaziatura	> 2 m	0,6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	< 60 mm		
	Punteggio	20	15	10	8	5		
4	Condizioni della discontinuità		S. molto ruvida non continua senza separazione pareti inalterate	S. legg. ruvida Apertura < 1 mm pareti leggermente alterate	S. legg. ruvida Apertura < 1 mm pareti molto alterate	S. striata o gouge < 5 mm di spess. o aperture 1-5 mm continue		
	Punteggio		30	25	20	10		
						0		
5	Condizioni idrauliche	Afflusso per 10 m di lungh. galleria (l/min)	nessuno	< 10	10-25	25-125		
		Rapporto tra press. acqua nelle fratture e sforzo princip. maggiore	0	< 0,1	0,1-0,2	0,2-0,5		
	Condizioni generali		Complet. asciutto	Umido	Bagnato	Stillicidio		
	Punteggio		15	10	7	4		
Per questo basso intervallo, è preferibile una prova di resistenza alla compr. monoassiale								

Tabella 1: Classificazione geomeccanica degli ammassi rocciosi.

B. INDICI CORRETTIVI PER L'ORIENTAMENTO DELLE DISCONTINUITÀ					
Direzione e pendenza della discontinuità	Molto favorevole	Favorevole	Indifferente	Sfavorevole	Molto sfavorevole
Gallerie e miniere	0	- 2	- 5	- 10	- 12
Fondazioni	0	- 2	- 7	- 15	- 25
Versanti	0	- 5	- 25	- 50	- 60

C. CLASSI DELL'AMMASSO ROCCIOSO IN BASE AL PUNTEGGIO TOTALE. SIGNIFICATO DELLE CLASSI					
Indice	100-81	80-61	60-41	40-21	< 20
Classe n.	I	II	III	IV	V
Descrizione	Molto buono	Buono	Discreto	Scadente	Molto scadente
Tempo medio di autosostentamento	20 anni h 15 m	1 anno h 10 m	1 settimana h 5 m	10 ore h 2,5 m	30 min h 1 m
Coesione (kPa)	> 400	300-400	200-300	100-200	< 100
Angolo d'attrito (°)	> 45	35-45	25-35	15-25	< 15

Tabella 2: Classificazione geomeccanica degli ammassi rocciosi.

I dati ottenuti tramite il rilievo geomeccanico e la conseguente classificazione di Bieniawski(1973) verranno presi in considerazione ed utilizzati per lo sviluppo del modello geotecnico.

SITO DI INTERVENTO P2

Il sito prescelto per gli interventi in progetto ricade all'interno di un parcheggio dove non sono stati individuati affioramenti di substrato roccioso o indizi che potessero fornire delle informazioni sulle caratteristiche del materiale presente al di sotto del piano campagna. Molto probabilmente si tratta di materiale di riporto di natura antropica. Nel sito in esame è prevista l'esecuzione di uno scavo 9m x 4m circa con profondità di 3m circa. Sarà obbligo del progettista e della direzione lavori verificare che l'esecuzione dello scavo non comprometta la stabilità dell'area e nello specifico del muro di contenimento presente sul lato Est del parcheggio (indicato anche nella Fig.12).

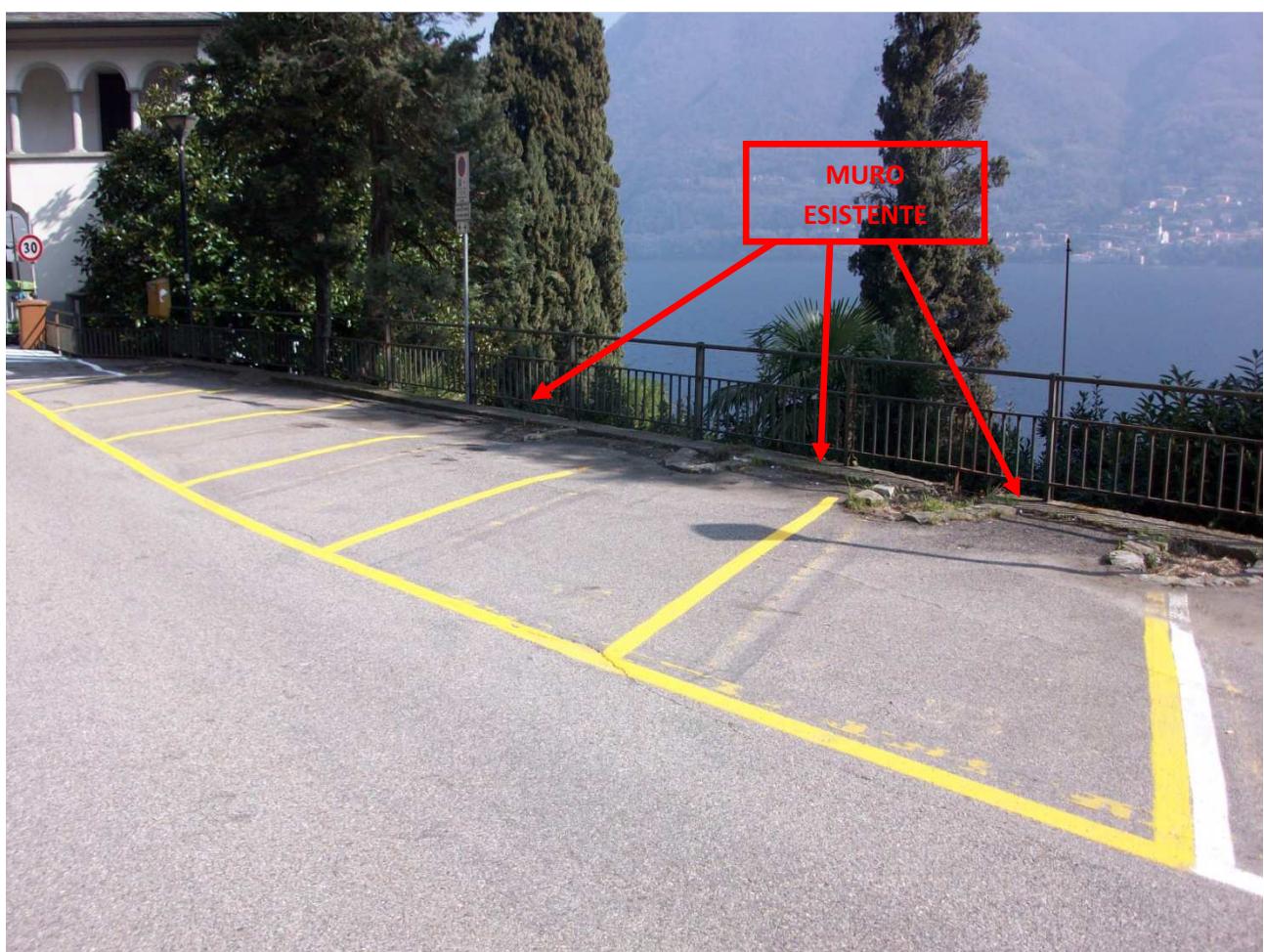


Figura 12: Sito di intervento P2.

SITO DI INTERVENTO S2

Il rilievo sul campo ha constatato la presenza di alterazione superficiale della roccia in esame ed una discreta disomogeneità della fratturazione. Sono stati individuati diversi affioramenti di substrato nell'area indagata, tutti confermano la giacitura rilevata. Si individuano zone fortemente fratturate.

La giacitura principale della fratturazione rilevata è: $F_1 : 31^\circ/26^\circ$

Altre zone presentano, oltre alla fatturazione, anche delle evidenti deformazioni dovute agli eventi plicativi che hanno interessato la zona.



Figura 13: Giacitura $31^\circ/26^\circ$ (linea rossa);



Figura 14: Sito di intervento S2.

Durante il rilievo sul campo è stata accertata la presenza di numerosi affioramenti rocciosi nell'intorno del sito indagato, questo confermerebbe l'ipotesi che il substrato roccioso si trovi a pochi metri dal piano campagna.

Le classificazione di Bieniawski (1973) consente di classificare gli ammassi rocciosi, basandosi sul rilievo, in campagna o in laboratorio, di sei parametri:

A1 = resistenza a compressione uniassiale;

A2 = Rock Quality Designation Index (Indice RQD);

A3 = spaziatura delle discontinuità;

A4 = condizioni delle discontinuità;

A5 = condizioni idrauliche;

A6 = orientamento delle discontinuità.

Assegnando degli indici o punteggi (rating), ad ogni parametro, si ricava il Rock Mass Rating (RMR, Bieniawski)

$$\text{RMR di base} = \text{RMRB} = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5$$

$$\text{RMR corretto} = \text{RMRC} = (A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5) + A_6$$

Tramite l'interpretazione dei dati forniti dal rilievo sul campo e la tabella riportata qui sopra (Tabella 1), è stato possibile associare un punteggio ad ogni parametro richiesto dalla classificazione Bieniawski 1973, ottenendo un valore di RMRB di:

$$\text{RMRB} = 58$$

è stato assegnato un valore anche al parametro correttivo A6 (vedi Tabella 2), ottenendo quindi:

$$\text{RMRC} = 51$$

L'intervento in questo sito prevede uno scavo di dimensioni 3m x 4m e una profondità di 3m circa. Non è stato possibile effettuare prove dirette al fine di stimare lo spessore del materiale sciolto posto al disopra del materiale roccioso classificato in questo capitolo. La presenza di materiale rimaneggiato di natura antropica rende molto difficile la previsione degli spessori, questi potranno essere verificati solo in fase di scavo.

A. PARAMETRI DI CLASSIFICAZIONE E LORO INDICI						
Parametri			Intervalli dei valori			
1	Resistenza del materiale intatto	Indice della resistenza Point-load (MPa)	> 10	4-10	2-4	1-2
		Resistenza alla compress. monoassiale (MPa)	> 250	100-250	50-100	25-50
	Punteggio	15	12	7	4	2 1 0
2	RQD%	90-100	75-90	50-75	25-50	< 25
	Punteggio	20	17	13	8	3
3	Spaziatura	> 2 m	0,6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	< 60 mm
	Punteggio	20	15	10	8	5
4	Condizioni della discontinuità		S. molto ruvida non continua senza separazione pareti inalterate	S. legg. ruvida Apertura < 1 mm pareti leggermente alterate	S. legg. ruvida Apertura < 1 mm pareti molto alterate	S. striata o gouge < 5 mm di spess. o aperture 1-5 mm continue
	Punteggio		30	25	20	10
						0
5	Condizioni idrauliche	Afflusso per 10 m di lunght. galleria (l/min)	nessuno	< 10	10-25	25-125
		Rapporto tra press. acqua nelle fratture e sforzo princip. maggiore	0	< 0,1	0,1-0,2	0,2-0,5
	Condizioni generali	Complet. asciutto	Umido	Bagnato	Stillicidio	Flusso
	Punteggio	15	10	7	4	0

Tabella 1: Classificazione geomeccanica degli ammassi rocciosi.

B. INDICI CORRETTIVI PER L'ORIENTAMENTO DELLE DISCONTINUITÀ					
Direzione e pendenza della discontinuità	Molto favorevole	Favorevole	Indifferente	Sfavorevole	Molto sfavorevole
Gallerie e miniere	0	- 2	- 5	- 10	- 12
Fondazioni	0	- 2	- 7	- 15	- 25
Versanti	0	- 5	- 25	- 50	- 60

C. CLASSI DELL'AMMASSO ROCCIOSO IN BASE AL PUNTEGGIO TOTALE. SIGNIFICATO DELLE CLASSI					
Indice	100-81	80-61	60-41	40-21	< 20
Classe n.	I	II	III	IV	V
Descrizione	Molto buono	Buono	Discreto	Scadente	Molto scadente
Tempo medio di autosostentamento	20 anni h 15 m	1 anno h 10 m	1 settimana h 5 m	10 ore h 2,5 m	30 min h 1 m
Coesione (kPa)	> 400	300-400	200-300	100-200	< 100
Angolo d'attrito (°)	> 45	35-45	25-35	15-25	< 15

Tabella 2: Classificazione geomeccanica degli ammassi rocciosi.

I dati ottenuti tramite il rilievo geomeccanico e la conseguente classificazione di Bieniawski(1973) verranno presi in considerazione ed utilizzati per lo sviluppo del modello geotecnico.

6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA

Il territorio comunale di Brieno viene classificato secondo l' Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 23.03.2003 il quale riclassifica l'intero territorio nazionale. In tale quadro il Comune in esame ricade in zona sismica 4.

Si riporta la tabella ove ciascuna zona è individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Classificazione sismica	
Pericolosità sismica 4	Livello di pericolosità sismica molto basso. E' la zona meno pericolosa, dove le possibilità di danni sismici sono basse. Il territorio nazionale è suddiviso in zone sismiche con 4 livelli di pericolosità: 1 (alto), 2 (medio), 3 (basso), 4 (molto basso). <i>Classificazione sismica indicata nell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274/03, aggiornato al 16/01/2006 con le comunicazioni delle regioni.</i>

zona sismica	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [a_g/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [a_g/g]
1	> 0.25	0.35
2	0.15 – 0.25	0.25
3	0.05 – 0.15	0.15
4	< 0.05	0.05

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, infatti, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente".

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

Sulla base dei dati direttamente acquisiti in campagna, i siti in esame vengono così classificati secondo la tab. 3.2.II delle NTC 2008:

Intervento	Categoria sottosuolo	Categoria topografica
S3	A	T2
P2	E	T2
S2	A	T2

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, 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 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).</i>
C	<i>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).</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).</i>

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

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

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_s e di C_c

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

La V_n (Vita nominale) attesa dell'edificio: $V_n = 50$ anni (informazione standard di Legge in assenza altre indicazioni).

I dati sono stati processati con il software Geostru dedicato per la determinazione dei parametri sismici corretti. Vengono di seguito riportati i valori calcolati.

SITO DI INTERVENTO S3 – PARAMETRI SISMICI

Determinazione dei parametri sismici

(1)* Coordinate WGS84
Lat. 45,910215 ° Long. 9,1302642

(1)* Coordinate ED50
Lat. 45,911139 ° Long. 9,131333

Classe dell'edificio
I. Presenza occasionale di persone, edifici agricoli... Cu = 0,7

Vita nominale
(Opere provvisorie <=10, Opere ordinarie >=50,
Grandi opere >=100)

Interpolazione
Media ponderata

Calcola

Calcolo dei coefficienti sismici

Muri di sostegno Paratie

Stabilità dei pendii e fondazioni

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

H (m)
1
0,1

us (m)

Categoria sottosuolo
A

Categoria topografica
T2

	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss *	1,00	1,00	1,00	1,00
Amplificazione stratigrafica	1,00	1,00	1,00	1,00
Cc *	1,00	1,00	1,00	1,00
Coeff. funz categoria	1,00	1,00	1,00	1,00
St *	1,20	1,20	1,20	1,20
Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Personalizza acc.ne massima attesa al sito [m/s²]
0,6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,004	0,004	0,009	0,011
kv	0,002	0,002	0,004	0,005
Amax [m/s ²]	0,187	0,199	0,434	0,524
Beta	0,200	0,200	0,200	0,200

Calcola

* I valori di Ss, Cc ed St possono essere variati.

SITO DI INTERVENTO P2 – PARAMETRI SISMICI

Determinazione dei parametri sismici																																	
(1)* Coordinate WGS84 Lat. 45,908493 ° Long. 9,1298475		(1)* Coordinate ED50 Lat. 45,909417 ° Long. 9,130917																															
Classe dell'edificio I. Presenza occasionale di persone, edifici agricoli... Cu = 0,7 Vita nominale 50 (Opere provvisorie <=10, Opere ordinarie >=50, Grandi opere >=100) Interpolazione Media ponderata																																	
<input type="button" value="Calcola"/>																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Stato Limite</th> <th>Tr [anni]</th> <th>a_g [g]</th> <th>Fo</th> <th>Tc* [s]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Operatività (SLO)</td><td>30</td><td>0,016</td><td>2,603</td><td>0,156</td></tr> <tr><td>Danno (SLD)</td><td>35</td><td>0,017</td><td>2,598</td><td>0,159</td></tr> <tr><td>Salvaguardia vita (SLV)</td><td>332</td><td>0,037</td><td>2,647</td><td>0,257</td></tr> <tr><td>Prevenzione collasso (SLC)</td><td>682</td><td>0,045</td><td>2,666</td><td>0,290</td></tr> <tr> <td>Periodo di riferimento per l'azione sismica:</td> <td>35</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Stato Limite	Tr [anni]	a _g [g]	Fo	Tc* [s]	Operatività (SLO)	30	0,016	2,603	0,156	Danno (SLD)	35	0,017	2,598	0,159	Salvaguardia vita (SLV)	332	0,037	2,647	0,257	Prevenzione collasso (SLC)	682	0,045	2,666	0,290	Periodo di riferimento per l'azione sismica:	35			
Stato Limite	Tr [anni]	a _g [g]	Fo	Tc* [s]																													
Operatività (SLO)	30	0,016	2,603	0,156																													
Danno (SLD)	35	0,017	2,598	0,159																													
Salvaguardia vita (SLV)	332	0,037	2,647	0,257																													
Prevenzione collasso (SLC)	682	0,045	2,666	0,290																													
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	35																																
<input type="button" value="Calcola"/>																																	
* I valori di Ss, Cc ed St possono essere variati.																																	

Calcolo dei coefficienti sismici				
<input checked="" type="radio"/> Muri di sostegno <input checked="" type="radio"/> Stabilità dei pendii e fondazioni <input type="checkbox"/> Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.		<input checked="" type="radio"/> Paratie <input type="radio"/> Pendii		
H (m)	1	us (m)	0.1	
Categoria sottosuolo	E	Categoria topografica	T2	
Ss *	SLO 1,60	SLD 1,60	SLV 1,60	SLC 1,60
Amplificazione stratigrafica	1,60	1,60	1,60	1,60
Cc *	SLO 2,42	SLD 2,40	SLV 1,98	SLC 1,89
Coeff. funz categoria	2,42	2,40	1,98	1,89
St *	SLO 1,20	SLD 1,20	SLV 1,20	SLC 1,20
Amplificazione topografica	1,20	1,20	1,20	1,20
<input type="checkbox"/> Personalizza acc.ne massima attesa al sito [m/s ²] 0.6				
<input type="button" value="Calcola"/>				

SITO DI INTERVENTO S2 – PARAMETRI SISMICI

Determinazione dei parametri sismici																																	
(1)* Coordinate WGS84 Lat. 45,901770 ° Long. 9,133653		(1)* Coordinate ED50 Lat. 45,902694 ° Long. 9,134722																															
Classe dell'edificio I. Presenza occasionale di persone, edifici agricoli... Cu = 0,7 Vita nominale 50 (Opere provvisorie <=10, Opere ordinarie >=50, Grandi opere >=100) Interpolazione Media ponderata																																	
<input type="button" value="Calcola"/>																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Stato Limite</th> <th>Tr [anni]</th> <th>a_g [g]</th> <th>Fo</th> <th>Tc* [s]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Operatività (SLO)</td><td>30</td><td>0,016</td><td>2,599</td><td>0,156</td></tr> <tr><td>Danno (SLD)</td><td>35</td><td>0,017</td><td>2,593</td><td>0,159</td></tr> <tr><td>Salvaguardia vita (SLV)</td><td>332</td><td>0,037</td><td>2,645</td><td>0,257</td></tr> <tr><td>Prevenzione collasso (SLC)</td><td>682</td><td>0,045</td><td>2,667</td><td>0,290</td></tr> <tr> <td>Periodo di riferimento per l'azione sismica:</td> <td>35</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Stato Limite	Tr [anni]	a _g [g]	Fo	Tc* [s]	Operatività (SLO)	30	0,016	2,599	0,156	Danno (SLD)	35	0,017	2,593	0,159	Salvaguardia vita (SLV)	332	0,037	2,645	0,257	Prevenzione collasso (SLC)	682	0,045	2,667	0,290	Periodo di riferimento per l'azione sismica:	35			
Stato Limite	Tr [anni]	a _g [g]	Fo	Tc* [s]																													
Operatività (SLO)	30	0,016	2,599	0,156																													
Danno (SLD)	35	0,017	2,593	0,159																													
Salvaguardia vita (SLV)	332	0,037	2,645	0,257																													
Prevenzione collasso (SLC)	682	0,045	2,667	0,290																													
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	35																																
<input type="button" value="Calcola"/>																																	
* I valori di Ss, Cc ed St possono essere variati.																																	

Calcolo dei coefficienti sismici				
<input checked="" type="radio"/> Muri di sostegno <input checked="" type="radio"/> Stabilità dei pendii e fondazioni <input type="checkbox"/> Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.		<input checked="" type="radio"/> Paratie <input type="radio"/> Pendii		
H (m)	1	us (m)	0.1	
Categoria sottosuolo	A	Categoria topografica	T2	
Ss *	SLO 1,00	SLD 1,00	SLV 1,00	SLC 1,00
Amplificazione stratigrafica	1,00	1,00	1,00	1,00
Cc *	SLO 1,00	SLD 1,00	SLV 1,00	SLC 1,00
Coeff. funz categoria	1,00	1,00	1,00	1,00
St *	SLO 1,20	SLD 1,20	SLV 1,20	SLC 1,20
Amplificazione topografica	1,20	1,20	1,20	1,20
<input type="checkbox"/> Personalizza acc.ne massima attesa al sito [m/s ²] 0.6				
<input type="button" value="Calcola"/>				

7. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

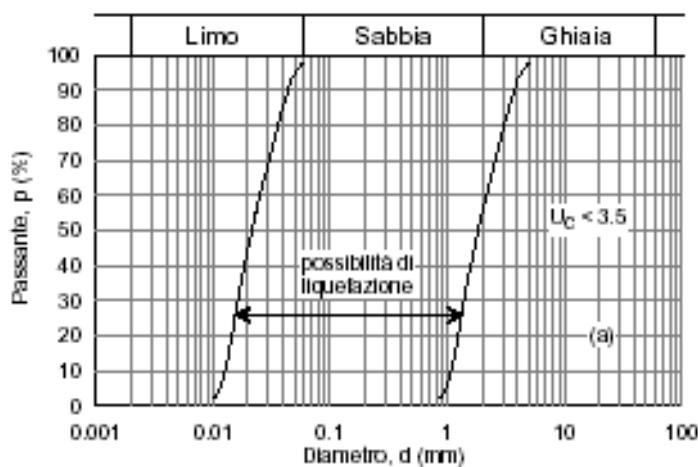
Nei tre siti in esame, le caratteristiche granulometriche dei terreni investigati escludono questa ipotesi in quanto gli stessi mostrano granulometrie solo parzialmente sabbiose ma eterogenee, e comunque non riferibili a fusi granulometrici critici, si esclude quindi a priori ogni criticità: pertanto le caratteristiche dell'area rispetto a questa problematica rientrano nelle circostanze espresse ai punti 3, 4 (non sono sabbie pulite) e 5 (non ricadono interamente nel fuso granulometrico critico) delle NTC, capitolo 7.11.3.4.2 "Esclusione della verifica a liquefazione". In ottemperanza alle NTC i terreni interessati non rientrano in quelli soggetti a liquefazione, pertanto è lecito omettere tale verifica.

Vengono di seguito riportate le condizioni di Legge previste:

7.11.3.4.2 Esclusione della verifica a 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 0,1g;
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 $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{cIN} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{cIN} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.



8. MODELLO GEOTECNICO

Tramite la bibliografia e l'esperienza maturata in casistiche simili a quella in esame e i rilievi effettuati, è stato possibile caratterizzare e parametrizzare gli aspetti geotecnici del sottosuolo investigato nei tre siti in esame.

Si rinvia alle tabelle allegate per la ricostruzione di dettaglio del modello geotecnico del sottosuolo stesso. Per modello geotecnico si intende uno schema rappresentativo delle condizioni stratigrafiche, del regime delle pressioni interstiziali e della caratterizzazione fisicomeccanica dei terreni e delle rocce comprese nel volume significativo, finalizzato all'analisi quantitativa di uno specifico problema geotecnico (da NTC – D.M. 14/01/2008).

Si è deciso di utilizzare i dati ottenuti dal rilievo geomeccanico, in quanto risultano coerenti ed idonei secondo l'esperienza maturata in casistiche di questo genere.

SITO DI INTERVENTO S3

Sulla base dei dati ottenuti, dal punto di vista geotecnico il materiale investigato ha le caratteristiche principali di seguito indicate. Secondo quanto disposto dalle Norme Tecniche, tali parametri meccanici devono essere trattati in maniera statistica, adottando valori a cui sia associata una probabilità di superamento non superiore a 5% (2.3 – NTC2008), ottenendo parametri definiti "caratteristici".

Esempio: $\Phi_{\text{nomina}} = \Phi_k$ (caratteristico)

Ipotesi stratigrafica	DR (%) (*)	\emptyset (°) (*)	γ (T/m³) (*)	γ_s (T/m³) (*)	Cu (kg/cm³) (*)
A: substrato roccioso	84	35	1.84	2.15	0.0

dove:

NSPT = numero di colpi SPT correlati

(*) = vengono assunti cautelativamente come riferimento i valori medi minimi della campagna effettuata

γ (T/m³) = peso di volume del terreno

γ_s (T/m³) = peso di volume saturo del terreno

\emptyset (°) = angolo di attrito efficace

Cu (kg/cm³) = coesione non drenata

SITO DI INTERVENTO P2

Sulla base dei dati ottenuti, il terreno investigato può essere schematicamente suddiviso (NB: riferimento piano campagna), dal punto di vista geotecnico, in due livelli stratigrafici aventi le caratteristiche geotecniche principali di seguito indicate. Secondo quanto disposto dalle Norme Tecniche, tali parametri meccanici devono essere trattati in maniera statistica, adottando valori a cui sia associata una probabilità di superamento non superiore a 5% (2.3 – NTC2008), ottenendo parametri definiti “caratteristici”.

Esempio: $\Phi_{\text{nominale}} (\text{da prove}) = \Phi_k (\text{caratteristico})$

Ipotesi stratigrafica	Profondità (m)	DR (%) (*)	\emptyset ($^{\circ}$) (*)	γ (T/m ³) (*)	γ_s (T/m ³) (*)	Cu (kg/cm ³) (*)
A: depositi mediamente addensati (Suolo e riporto)	Da 0.0 – a 1.5 circa	18.3	23.7	1.41	1.88	0.0
B: substrato roccioso	Da 1.5 circa	84	35	1.84	2.15	0.0

dove:

NSPT = numero di colpi SPT correlati

(*) = vengono assunti cautelativamente come riferimento i valori medi minimi della campagna effettuata

γ (T/m³) = peso di volume del terreno

γ_s (T/m³) = peso di volume saturo del terreno

\emptyset ($^{\circ}$) = angolo di attrito efficace

Cu (kg/cm³) = coesione non drenata

SITO DI INTERVENTO S2

Sulla base dei dati ottenuti, il terreno investigato può essere schematicamente suddiviso (NB: riferimento piano campagna), dal punto di vista geotecnico, in due livelli stratigrafici aventi le caratteristiche geotecniche principali di seguito indicate. Secondo quanto disposto dalle Norme Tecniche, tali parametri meccanici devono essere trattati in maniera statistica, adottando valori a cui sia associata una probabilità di superamento non superiore a 5% (2.3 – NTC2008), ottenendo parametri definiti “caratteristici”.

Esempio: $\Phi_{\text{nominale (da prove)}} = \Phi_k$ (caratteristico)

Ipotesi stratigrafica	Profondità (m)	DR (%) (*)	\emptyset ($^{\circ}$) (*)	γ (T/m ³) (*)	γ_s (T/m ³) (*)	Cu (kg/cm ³) (*)
A: depositi mediamente addensati (Suolo e riporto)	Da 0.0 – a 1.5 circa	18.3	23.7	1.41	1.88	0.0
B: substrato roccioso	Da 1.5 circa	84	35	1.84	2.15	0.0

dove:

NSPT = numero di colpi SPT correlati

(*) = vengono assunti cautelativamente come riferimento i valori medi minimi della campagna effettuata

γ (T/m³) = peso di volume del terreno

γ_s (T/m³) = peso di volume saturo del terreno

\emptyset ($^{\circ}$) = angolo di attrito efficace

Cu (kg/cm³) = coesione non drenata

9. CALCOLO DEL CARICO LIMITE E DEI CEDIMENTI

Secondo la Circolare n. 617 del 2.02.2009, Gazzetta Ufficiale n. 47 del 26 febbraio 2009 – Suppl. Ordinario n. 27 : “Istruzioni per l’applicazione delle NTC di cui al D.M. 14 gennaio 2008”.

“.....In situazioni di pericolosità sismica molto bassa (zona 4) sono ammessi, come detto, metodi di progetto-verifica semplificati. In tal senso, per le opere realizzate in siti ricadenti in zona 4 e qualora siano rispettate le ulteriori condizioni appresso elencate, le NTC consentono l’utilizzo dei due diversi metodi semplificati di verifica nel seguito illustrati:

Metodo 1 - Per le costruzioni di tipo 1 e 2 e di classe d’uso I e II, le verifiche di sicurezza possono essere condotte alle tensioni ammissibili, secondo quanto specificato al punto 2.7 delle NTC.”

SITO DI INTERVENTO S3

Vengono di seguito riportati i valori di portanza ammissibile calcolati per gli strati investigati

Ipotesi di lavoro:

Larghezza:	m	2.6
Lunghezza:	m	2.0
Approfondimento:	m	5.0(da piano campagna)
Profondità falda:	m	n.c.

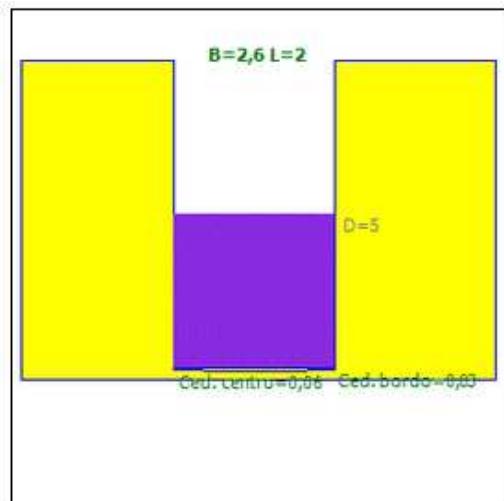
La verifica è stata effettuata utilizzando il programma dedicato “GeoStru”.

Parametri di input:

Dati Generali	
Base (m)	2.6
Lunghezza (m)	2
Profondità piano di posa (m)	5
Inclinazione piano posa (m)	0
Carico fondazione (KN/m ²)	120
Spessore strato (m)	20

Dati Geotecnici	
Peso unità volume (KN/m ³)	21.5
Angolo Res. a taglio (°)	35
Coesione (Kpa)	0
Modulo elastico (E _y) (Kpa)	25000
Coef. di Poisson	0.3

Analisi	
Metodo di calcolo	<input checked="" type="radio"/> Terzaghi <input type="radio"/> Meyerhof <input type="radio"/> Hansen
Nq, Nc, Ng	$Nq=41,44 \quad Nc=57,75 \quad Ng=4$
Carico limite (kpa)	5640,8
Carico limite (Kg/cm ²)	57,52
• Cedimenti	
Bordo (mm)	0,28
Centro (mm)	0,62



Vista la fratturazione, localmente anche intensa, appare cautelativamente consigliabile adottare i seguenti valori di progetto:

Strato	D = prof	Q amm
Denominazione	m	kgf/cmq
A	5	<1.5

dove

Q amm. = portanza ammissibile dello strato medesimo (valore per l'interazione tra questo tipo di terreni e fondazioni dirette).

SITO DI INTERVENTO P2

Vengono di seguito riportati i valori di portanza ammissibile calcolati per gli strati investigati

Ipotesi di lavoro:

Larghezza:	m	8.80
Lunghezza:	m	4.10
Approfondimento:	m	3.0 (da piano campagna)
Profondità falda:	m	n.c.

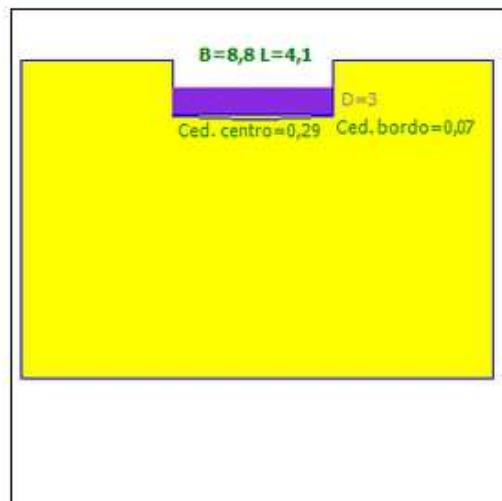
La verifica è stata effettuata utilizzando il programma dedicato "GeoStru".

Parametri di input:

Dati Generali	
Base (m)	8.8
Lunghezza (m)	4.10
Profondità piano di posa (m)	3
Inclinazione piano posa (m)	0
Carico fondazione (KN/m ²)	120
Spessore strato (m)	5

Dati Geotecnici	
Peso unità volume (KN/m ³)	18.8
Angolo Res. a taglio (°)	23.7
Coesione (Kpa)	0
Modulo elastico (E _y) (Kpa)	23000
Coef. di Poisson	0.3

Analisi	
Metodo di calcolo	<input checked="" type="radio"/> Terzaghi <input type="radio"/> Meyerhof <input type="radio"/> Hansen
Nq, Nc, Ng	Nq=11,04 Nc=22,86 Ng=8
Carico limite (kpa)	1305,83
Carico limite (Kg/cm ²)	13,32
• Cedimenti	
Bordo (mm)	0,68
Centro (mm)	2,92



Appare cautelativamente consigliabile adottare i seguenti valori di progetto:

Strato	D = prof	Q amm
Denominazione	m	kgf/cmq
A	3	<1.5

dove

Q amm. = portanza ammissibile dello strato medesimo (valore per l'interazione tra questo tipo di terreni e fondazioni dirette).

SITO DI INTERVENTO S2

Vengono di seguito riportati i valori di portanza ammissibile calcolati per gli strati investigati

Ipotesi di lavoro:

Larghezza:	m	3.0
Lunghezza:	m	4.0
Approfondimento:	m	2.90 (da piano campagna)
Profondità falda:	m	n.c.

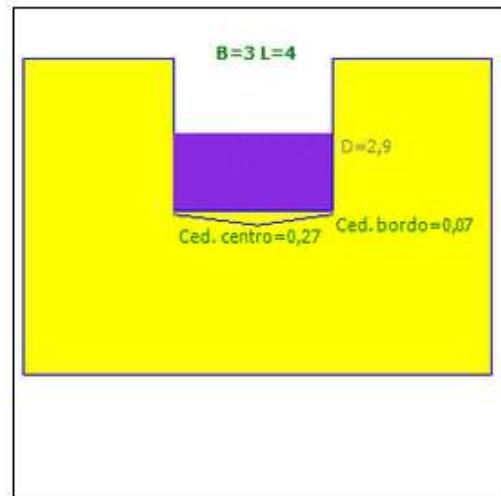
La verifica è stata effettuata utilizzando il programma dedicato “GeoStru”.

Parametri di input:

Dati Generali	
Base (m)	3
Lunghezza (m)	4
Profondità piano di posa (m)	2.9
Inclinazione piano posa (m)	0
Carico fondazione (KN/m ²)	120
Spessore strato (m)	5

Dati Geotecnici	
Peso unità volume (KN/m ³)	18.8
Angolo Res. a taglio (°)	23.7
Coesione (Kpa)	0
Modulo elastico (E _y) (Kpa)	23000
Coef. di Poisson	0.3

Analisi	
Metodo di calcolo	<input checked="" type="radio"/> Terzaghi <input type="radio"/> Meyerhof <input type="radio"/> Hansen
Nq, Nc, Ng	Nq=11,04 Nc=22,86 Ng=8
Carico limite (kpa)	834,63
Carico limite (Kg/cm ²)	8,51
• Cedimenti	
Bordo (mm)	0,68
Centro (mm)	2,69



Appare cautelativamente consigliabile adottare i seguenti valori di progetto:

Strato	D = prof	Q amm
Denominazione	m	kgf/cmq
A	2.9	<1.5

dove

Q amm. = portanza ammissibile dello strato medesimo (valore per l'interazione tra questo tipo di terreni e fondazioni dirette).

Questi valori costituiscono un'estrapolazione ed una interpretazione non vincolante in quanto il reale comportamento e le variazioni tridimensionali del terreno possono essere sicuramente individuate solo attraverso la conoscenza specifica dei carichi d'esercizio ipotizzati dal progettista e dai cedimenti attesi ed analizzati in condizioni prossime a quelle d'esercizio. I carichi limite determinati non tengono conto di eventuali sollecitazioni sismiche e dell'azione del vento, ma solo lo stato del terreno così come investigato. Inoltre i calcoli soprastanti sono stati sviluppati prudenzialmente per i valori medi minimi riscontrati su ciascun strato, non necessariamente sovrastanti nel medesimo sito di prova e quindi non beneficianti dell'interazione reciproca.

10. CONCLUSIONI

Nello svolgimento dell'incarico, il cui prodotto finale è la seguente relazione, si sono accertate le condizioni geotecniche del sito indagato.

Da un punto di vista geologico-geotecnico, le risultanze principali sono le seguenti:

- I sopralluoghi tecnici effettuati hanno permesso l'individuazione delle principali caratteristiche geotecniche dei materiali presenti nei tre siti.

I materiali indagati sono:

S3: substrato roccioso affiorante, interessato dalla presenza di tre famiglie di fratture che caratterizzano il materiale. L'opera in progetto verrà effettuata tramite uno scavo in roccia. La fratturazione presente in sító è disomogenea, quindi durante lo scavo si potranno incontrare delle zone più "deboli", in cui l'ammasso tenderà ad isolare porzioni di roccia.

P2: suoli e materiale di natura probabilmente detritica (materiale di riporto) dalle discrete proprietà geotecniche per i primi metri di terreno, è stato impossibile caratterizzarlo e stimarne il reale spessore per motivi logistici. Si raccomanda particolare attenzione durante i lavori, specialmente nella zona adiacente al muro di sostegno presente sul lato a lago del parcheggio. Si consiglia una verifica strutturale del muro appena citato, verificando la compatibilità con le opere da eseguire.

S2: suoli e materiale di natura probabilmente detritica (materiale di riporto) dalle discrete proprietà geotecniche per i primi metri di terreno e di tipo roccioso, dalle buone proprietà geotecniche, da circa 1.5m in poi.

- Per motivi logistici, nei siti P2 e S2, gli spessori degli strati sono stati determinati tramite prove indirette. Essendo materiale riportato di natura antropica, l'effettivo spessore dello strato sarà individuabile con precisione solo in fase di scavo.
- Si raccomanda particolare sensibilità ed accortezza in fase di scavo evitando di agevolare la formazione di zone critiche ed instabili anche tramite opere di armatura dello scavo.
- Allo stato attuale, secondo il PGT attuale del Comune di Brienne, le aree risultano essere classificate:

S3: . "Territori contermini ai laghi (D.Lgs42/04, Art.142,Comma 1, punto b) – (Fonte Siba): "Aree tutelate per legge (articolo così sostituito dall'art. 12 del d.lgs. n. 157 del 2006, poi modificato dall'art. 2 del d.lgs. n. 63 del 2008). Sono comunque di interesse paesaggistico e sono sottoposti alle disposizioni di questo Titolo: [...] i

territori contermini ai laghi compresi in una fascia della profondità di 300 metri dalla linea di battigia, anche per i territori elevati sui laghi”.

- . “Bellezze d’insieme” (D.Lgs42/04, Art.136,Comma 1, punto c - d) – (Fonte Siba).
“Immobili ed aree di notevole interesse pubblico. Sono soggetti alle disposizioni di questo Titolo per il loro notevole interesse pubblico:(comma così modificato dall'art. 2 del d.lgs. n. 63 del 2008) [...] i complessi di cose immobili che compongono un caratteristico aspetto avente valore estetico e tradizionale, inclusi i centri ed i nuclei storici; le bellezze panoramiche e così pure quei punti di vista o di belvedere, accessibili al pubblico, dai quali si gode lo spettacolo di quelle bellezze”;
- . “Fascia di Rispetto Reticolo Idrico Minore” della Valle di Giumanello (Giu 100);
- . Classe di Fattibilità 4 (con gravi limitazioni).
- . Inoltre dovrà essere acquisito il parere dell’Autorità di bacino del Lario e dei laghi minori, in quanto il sito prescelto ricade all’interno delle aree al lago di competenza dell’ente stesso.

P2: . “Territori contermini ai laghi (D.Lgs42/04, Art.142,Comma 1, punto b) – (Fonte Siba): “Aree tutelate per legge (articolo così sostituito dall'art. 12 del d.lgs. n. 157 del 2006, poi modificato dall'art. 2 del d.lgs. n. 63 del 2008). Sono comunque di interesse paesaggistico e sono sottoposti alle disposizioni di questo Titolo: [...] i territori contermini ai laghi compresi in una fascia della profondità di 300 metri dalla linea di battigia, anche per i territori elevati sui laghi”;

- . “Bellezze d’insieme” (D.Lgs42/04, Art.136,Comma 1, punto c - d) – (Fonte Siba).
“Immobili ed aree di notevole interesse pubblico. Sono soggetti alle disposizioni di questo Titolo per il loro notevole interesse pubblico:(comma così modificato dall'art. 2 del d.lgs. n. 63 del 2008) [...] i complessi di cose immobili che compongono un caratteristico aspetto avente valore estetico e tradizionale, inclusi i centri ed i nuclei storici; le bellezze panoramiche e così pure quei punti di vista o di belvedere, accessibili al pubblico, dai quali si gode lo spettacolo di quelle bellezze”;

- . Al limite con la Fascia di Rispetto del Reticolo Idrico Minore. Pertanto dovrà essere formulata una richiesta di concessione all'autorità idraulica competente per effettuare l'intervento;
- . Al limite tra classe di fattibilità 3 (all'esterno della Fascia di Rispetto del RIM) e classe di fattibilità 4 (all'interno della Fascia di Rispetto del RIM).

S2: . “Territori contermini ai laghi (D.Lgs42/04, Art.142,Comma 1, punto b) – (Fonte Siba): “*Aree tutelate per legge (articolo così sostituito dall'art. 12 del d.lgs. n. 157 del 2006, poi modificato dall'art. 2 del d.lgs. n. 63 del 2008). Sono comunque di interesse paesaggistico e sono sottoposti alle disposizioni di questo Titolo: [...] i territori contermini ai laghi compresi in una fascia della profondità di 300 metri dalla linea di battigia, anche per i territori elevati sui laghi;*

. “Bellezze d'insieme” (D.Lgs42/04, Art.136,Comma 1, punto c - d) – (Fonte Siba). “*Immobili ed aree di notevole interesse pubblico. Sono soggetti alle disposizioni di questo Titolo per il loro notevole interesse pubblico:(comma così modificato dall'art. 2 del d.lgs. n. 63 del 2008) [...] i complessi di cose immobili che compongono un caratteristico aspetto avente valore estetico e tradizionale, inclusi i centri ed i nuclei storici; le bellezze panoramiche e così pure quei punti di vista o di belvedere, accessibili al pubblico, dai quali si gode lo spettacolo di quelle bellezze”;*

. Classe di Fattibilità 3 (con consistenti limitazioni).

- Le caratteristiche sismiche e quindi di risposta dei siti agli eventuali eventi sismici sono quelle attese per siti analoghi;
- Particolare attenzione dovrà essere adottata dal progettista al fine di garantire costantemente lo smaltimento delle acque meteoriche in sicurezza attraverso l'adozione di tutti gli accorgimenti adeguati; analoga cura dovrà essere posta nel confinamento dell'area di lavoro.

Sulla base delle indagini effettuate e dei risultati analitici interpretativi, nel rispetto dei dati di caratterizzazione sopra riportati, da un punto di vista strettamente geologico, geomorfologico, geotecnico e idrogeologico, le ipotesi strutturali di progetto appaiono congruenti con le condizioni dei siti.

Cantù, 16 Giugno 2014

Dott. Geol. Alessandro Paladini

BIBLIOGRAFIA

- Brinch-Hansen, J. [1970] "A Revised and Extended Formula for Bearing Capacity" The Danish Geotechnical Institute, Bull. n.28, Copenhagen.
- Burland, J.B. e Burbidge, M.C. (1984) "Settlement of Foundations on Sand and Gravel", Glasgow and West of Schotland Association, Centenary Literature
- Piano del Governo del Territorio (PGT) del comune di Brienz.
- Geoportale della Lombardia
- Norme Tecniche di Attuazione PAI