

COMUNE DI COLICO



RIQUALIFICAZIONE AREA EX CARIBONI



RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

Dervio (LC), OTTOBRE 2019



Dott. Geol. Cristian Adamoli



1	<u>INQUADRAMENTO TERRITORIALE</u>	2
1.1	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	2
1.2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	3
1.3	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	6
1.4	INQUADRAMENTO DEL SITO	7
2	<u>ANALISI DELLA COMPONENTE GEOLOGICA E SISMICA</u>	11
2.1.1	VINCOLI	11
2.1.2	FATTIBILITÀ GEOLOGICA	12
2.1.3	COMPONENTE SISMICA	14
3	<u>STRATIGRAFIA LOCALE ACCERTATA IN ESECUZIONE INDAGINI AMBIENTALI</u>	15
4	<u>ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DEL SITO</u>	17
4.1	CLASSIFICAZIONE SISMICA DELL'AREA IN OGGETTO	17
4.2	GENERALITÀ	18
4.3	PERIODO DI RITORNO TR	19
4.4	VITA NOMINALE	19
4.5	CLASSI D'USO	19
4.6	CATEGORIE DI SOTTOSUOLO	20
4.7	CATEGORIE TOPOGRAFICHE	21
5	<u>INDAGINE GEOFISICA MEDIANTE TECNICA DEI RAPPORTI SPETTRALI O HVSR</u>	22
5.1	PROCEDURA DI ACQUISIZIONE	23
5.2	PROCESSING DEI DATI	23
5.3	INTERPRETAZIONE DEI DATI	24
5.4	VALUTAZIONE DELLA STAZIONARIETÀ E DELLA DIREZIONALITÀ DEL RAPPORTO H/V	26
5.5	PROCESSO DI INVERSIONE	26
5.6	CALCOLO DELLA Vs30	27
5.7	DEFINIZIONE DEI PARAMETRI SISMICI PER L'AREA IN OGGETTO	28
6	<u>CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA</u>	29
7	<u>CONCLUSIONI</u>	30
	<u>PLANIMETRIA GENERALE</u>	



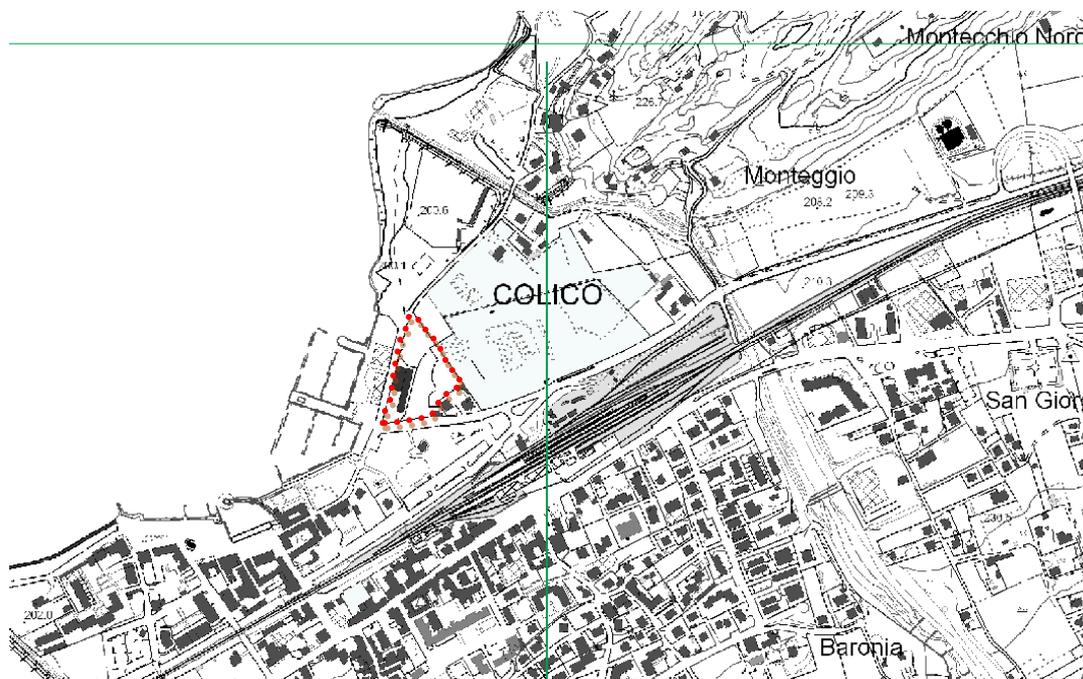
1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

1.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il territorio del comune di Colico (LC) è ubicato all'estremità nord orientale del Lago di Como, al confine con la bassa Valtellina. Le caratteristiche morfologiche del comune hanno influenzato notevolmente lo sviluppo urbanistico dello stesso. Infatti, il nucleo a maggior densità demografica risulta presente all'interno degli ampi conoidi alluvionali dei due principali torrenti che scendono dalle pendici del M.te Legnone: Inganna e Perlino. L'area sottesa dai due bacini interessa una superficie complessiva di circa 10 Km² e comprende una fascia altimetrica fra le quote 250 di fondovalle e la quota media di 2600 m s.l.m. dello spartiacque montano. Alla confluenza nel fondovalle hanno dato origine ad una serie di conici di deiezione la cui coalescenza ha formato un ampio deposito di fondovalle su cui è situato il comune di Colico.

L'area oggetto di studio si trova nella zona centro settentrionale del territorio comunale, in sinistra orografica del torrente Inganna, a valle rispetto la linea ferroviaria Milano- Sondrio, in prossimità del porticciolo di Colico, confinata tra via "Via alle Torri" e "Via Montecchio Nord". L'area si inserisce all'interno di un comparto edificato caratterizzato da immobili prevalentemente di carattere residenziale e strutture ricettive legate alla nautica.

L'area è cartografata sulla Carta Tecnica Regionale della Lombardia in scala 1:10.000, nella sezione B3d3, alla quota altimetrica prossima ai 201 m s.l.m, della quale viene di seguito riportato uno stralcio.



Stralcio della Carta Tecnica Regionale: area in esame all'interno del puntinato rosso.



1.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

L'attuale assetto geologico - strutturale della catena alpina è dovuto all'ultima fase di convergenza tra le placche europea ed africana e si possono individuare due sistemi tettonici principali separati dalla Linea Insubrica. Il settore a Nord è costituito, partendo dalle porzioni più esterne, da: le falde pellicolari di scollamento della catena del Giura franco-svizzero; il bacino della Molassa con sedimenti derivanti dall'erosione della catena; le unità elvetiche ed ultraelvetiche, di derivazione europea con coperture sedimentarie e basamento caratterizzato da impronta metamorfica alpina solo nelle porzioni più interne, le unità penniniche, cui si associano anche unità ofiolitiche mesozoiche e coperture pelagiche di fossa o di margine; le unità dell'Austroalpino orientale ed occidentale, di derivazione africana e diversamente coinvolte nell'orogenesi alpina. A Sud della Linea Insubrica si collocano invece le Alpi Meridionali, che rappresentano il margine continentale africano (*Promontorio Apulo*) con impronta metamorfica prealpina, deformato e raccorciato durante l'evento alpino, su cui s'impone la molassa della pianura del Po.

Da un punto di vista geologico strutturale il comune di Colico si inserisce a Sud del lineamento periadriatico o Linea Insubrica. Il sudalpino è caratterizzato da un basamento cristallino pre-Alpino e da coperture sedimentarie Permo - Mesozoiche affioranti a sud della linea della Grana, per quanto riguarda la sponda occidentale del Lago di Como, e a sud della linea Orobica, per la sponda orientale.

Dal punto di vista geologico le rocce affioranti nel comune di Colico possono essere riconducibili ad un elemento strutturale ben definibile, ovvero gli gneiss di Morbegno. Si tratta in genere di gneiss a tessitura scistosa passanti a micascisti a staurolite e granato; lembi ofiolitici compaiono saltuariamente.

Le prevalenti litologie gneissico-scistose presentano un forte grado di tettonizzazione che rende tali rocce facilmente disgregabili in piccole scaglie rocciose soprattutto all'interno delle incisioni vallive..

La massa principale dei litotipi affioranti affiora principalmente sulla testata di valle, a coronamento dell'ampio anfiteatro del Monte Legnone; si tratta in prevalenza di micascisti fortemente tettonizzati.

Associati si rinvencono livelli anfibolitici, in minor presenza, filladi. Inoltre sono presenti filoni pegmatitici (Alpe Sparaese) un tempo coltivati per la produzione di muscovite.

I depositi di superficie ammantano il substrato roccioso e si possono distinguere ambiti deposizionali con caratteristiche completamente differenti.

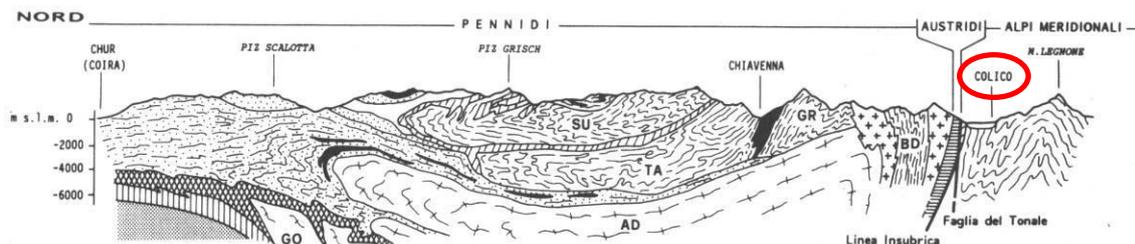
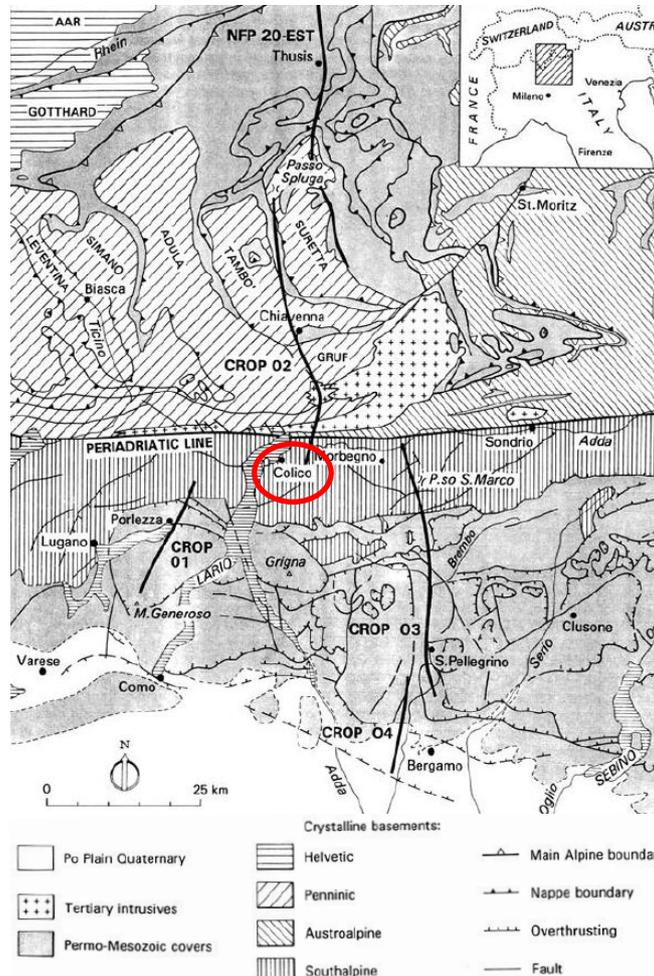
In particolare, si possono distinguere depositi di origine glaciale, costituiti da ghiaie, ciottoli e blocchi immersi in una matrice sabbioso-limoso fine; questi, nelle zone più acclivi, risultano rimaneggiati dall'azione gravitativa e miscelati a depositi di tipo eluvio-colluviale da cui risultano difficilmente distinguibili.

La presenza di zone più o meno estese di copertura eluviale, di spessore limitato, si evidenzia nella porzione alta dell'anfiteatro vallivo; queste si alternano a limitate zone di accumulo detritico, in genere colonizzate da vegetazione erbacea-arbustiva. Un'altra importante tipologia di depositi è costituita da conoidi fluviali. Si tratta di apparati deposizionali, a volte imponenti, posizionati allo sbocco delle valli e costituiti da detriti depositi in occasione degli eventi di piena.

Dal punto di vista litologico sono formati da ciottoli, ghiaie e sabbie in percentuale variabile in funzione dell'energia deposizionale. Sia la granulometria dei depositi sia l'energia diminuiscono passando dalla zona di apice della conoide dove l'energia è massima a quella distale dove l'energia è minima.

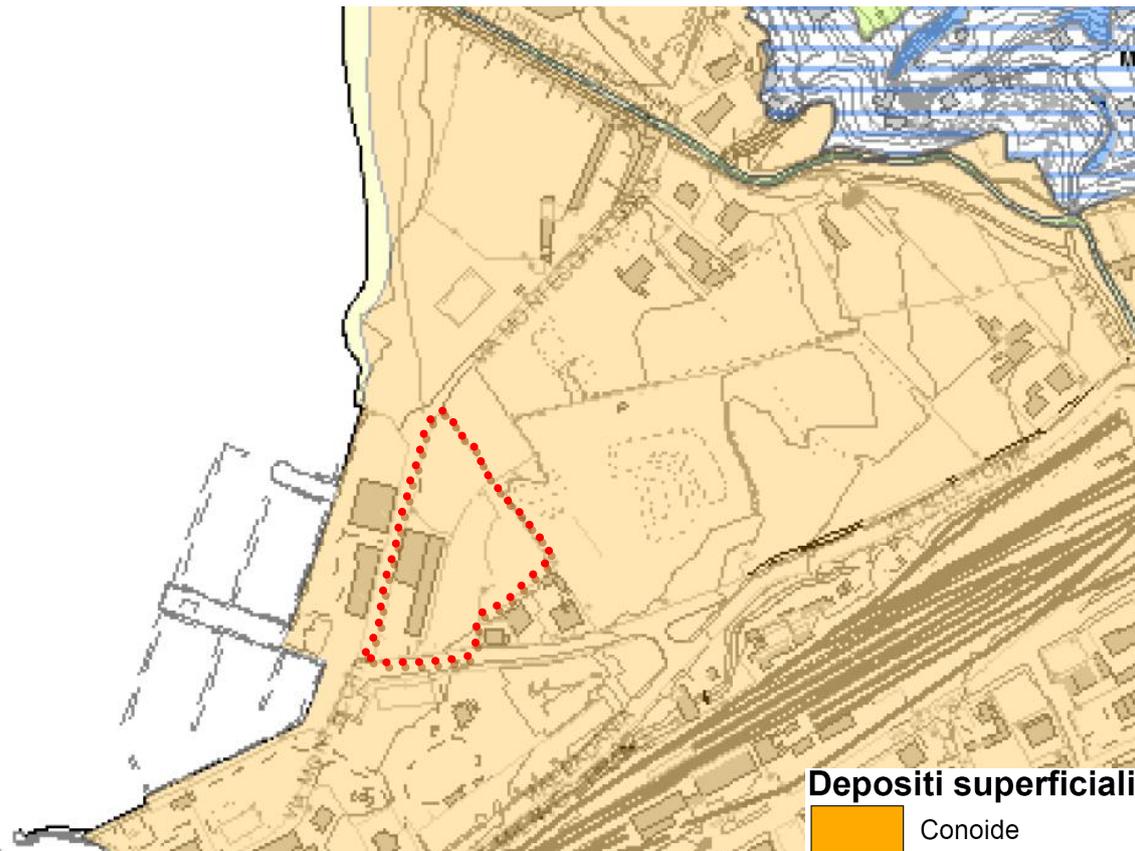


La zona di fondovalle è occupata dai depositi alluvionali recenti di origine fluviale generati dalle alluvioni del fiume Adda; si tratta di depositi di tipo ghiaioso fine-sabbiosi sciolti misti a blocchi.

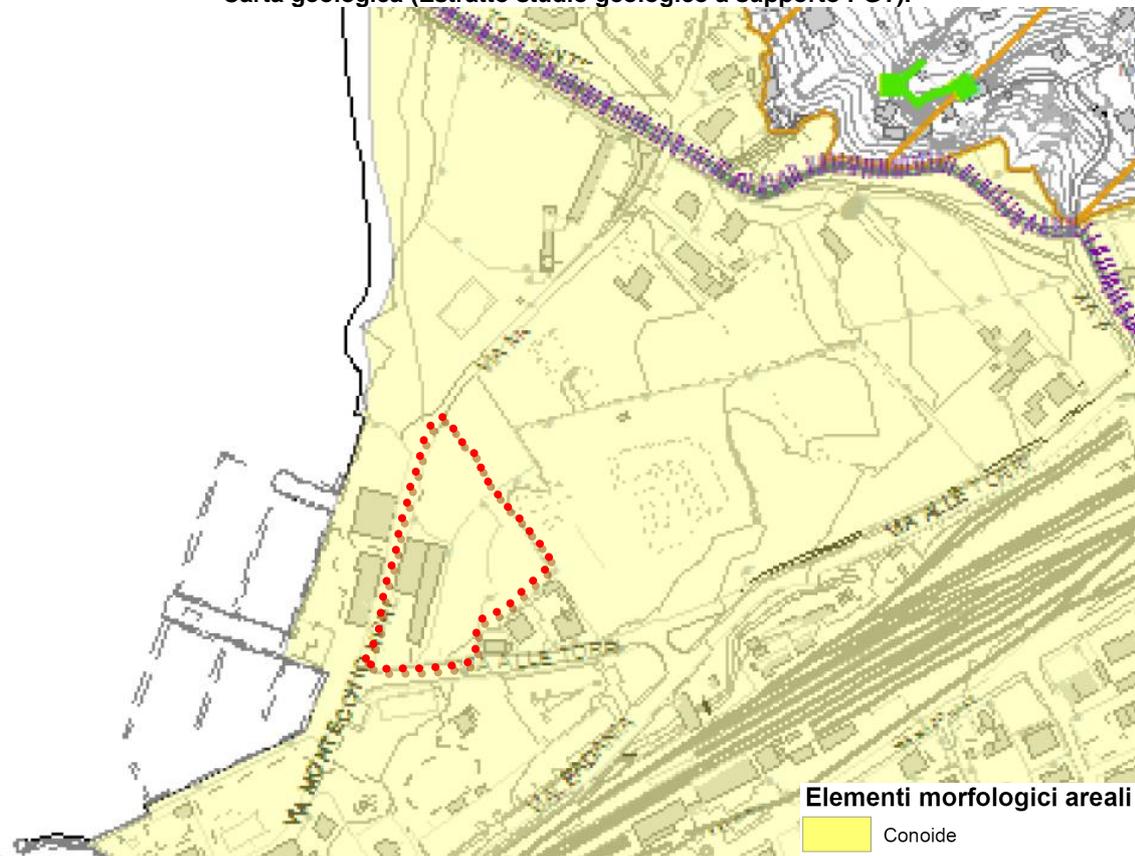


Sezione geologica semplificata delle Alpi Centrali (F. Forcella, F. Jadoul, A. Montrasio, 1990)
Falde penniniche Suretta (SU) Tambò (TA) complesso del Gruf (GR) e zona Bellinzona-Dascio (BD) Unità penniniche inferiori e infrapenniniche, Adula (AD) e Gottardo (GO)

Riguardo l'area in esame, insiste su depositi di conoide alluvionale. Trattasi di depositi terrigeni superficiali derivati dal trasporto solido dei torrente Inganna; sono costituite da materiale di dimensione variabile, tendenzialmente suddiviso in livelli gradati con materiale grossolano sul fondo.



Carta geologica (Estratto studio geologico a supporto PGT).



Carta geomorfologica (Estratto studio geologico a supporto PGT).



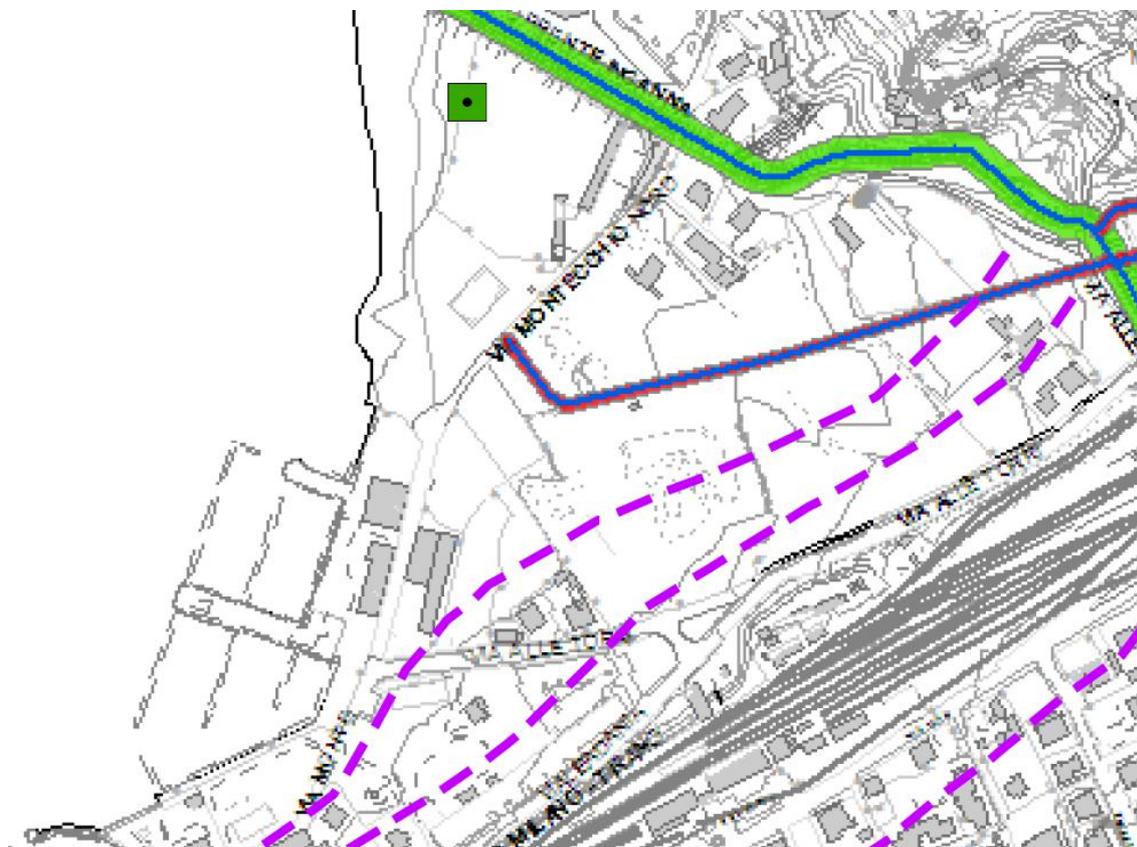
1.3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Da un punto di vista idrografico, l'area ricade nel bacino idrografico del Lago di Como localizzato immediatamente a Nord-Ovest dall'area in oggetto. Considerando le pendenze del settore, il drenaggio naturale delle acque meteoriche e superficiali è verso N-W, quindi verso la riva idrografica sinistra del lago. Particolare ed interessante aspetto dell'area è la variabile soggiacenza della falda, il cui livello può avere delle notevoli oscillazioni emergendo nelle aree morfologicamente depresse o interagendo con scavi medio - profondi. Risulta quindi essere un problema per le aree di superficie e rappresenta un'incognita nel comportamento meccanico delle terre, di cui tenere conto. La presenza di acque è tipica nelle aree depresse o con depositi a granulometria più fine, ove è legata essenzialmente al ristagno delle acque piovane o di scioglimento nivale. L'aspetto più importante è la presenza della falda caratterizzata da una bassa soggiacenza che risulta molto evidente nelle aree depresse (canali, stagni, paleovalvei).

In particolari situazioni il livello della falda può avere delle discrete oscillazioni, fino ad emergere a piano campagna nelle zone morfologicamente più depresse e dare origine a piccoli ristagni temporanei.

In generale si può considerare il livello freatico coincidente con il pelo libero dell'acqua presente nei fossi e canali di drenaggio e/o bonifica che insistono nell'area, e che rappresentano una caratteristica del sistema idrologico dell'area.

In questa zona è stata rilevata una soggiacenza della falda variabile sia spazialmente che stagionalmente da 0 a 3 metri, alla quota assoluta pari a 200 m s.l.m..



Estratto della carta idrogeologica (Estratto studio geologico a supporto PGT).

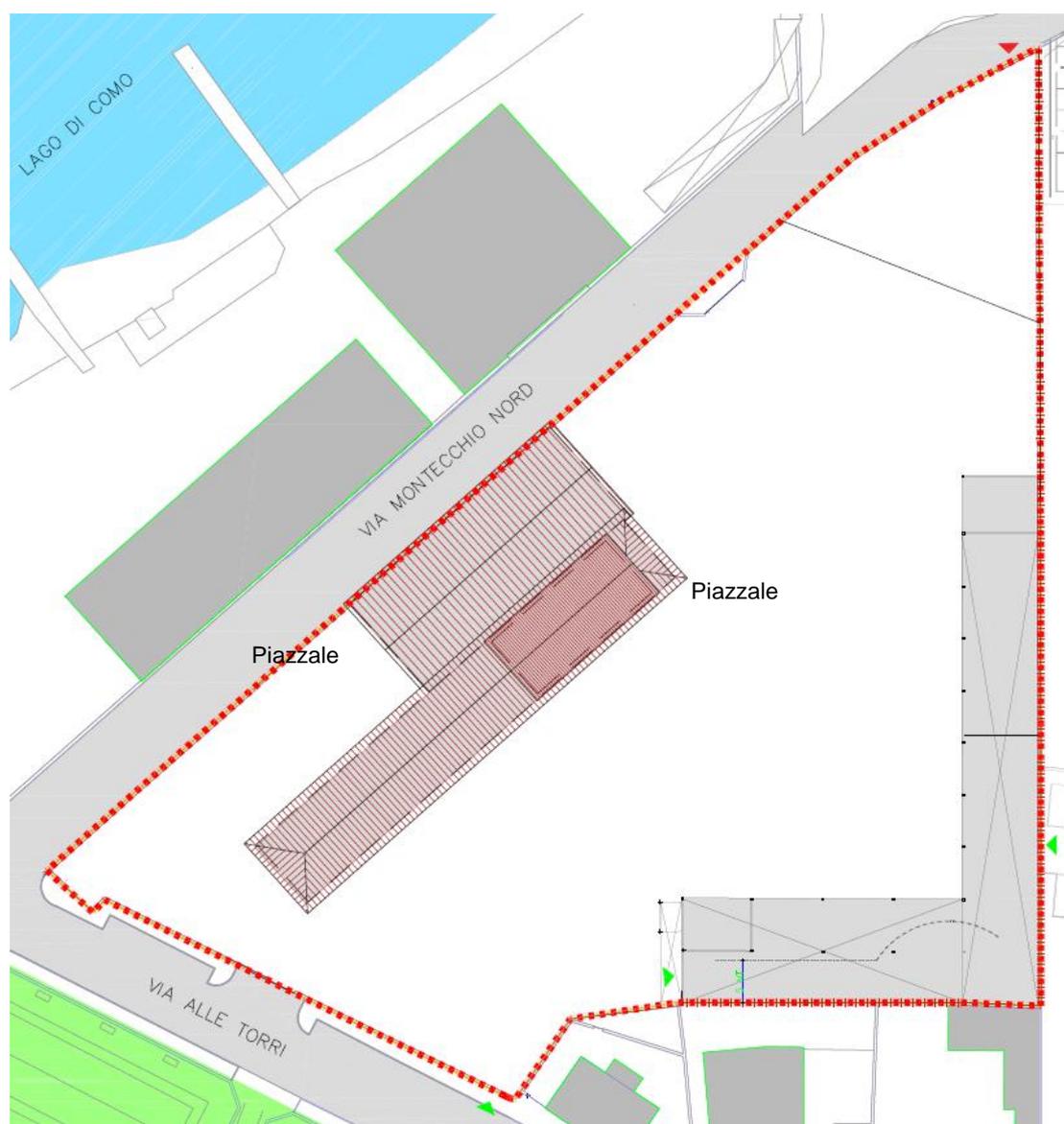


1.4 INQUADRAMENTO DEL SITO

Il sito oggetto dell'indagine ambientale mostra una forma in pianta grossomodo triangolare. Confina a Nord-Ovest con via Montecchio Nord, a Sud con via alle Torri. Il lato di Nord-Est con proprietà privata.

L'area in questione, originariamente ed in passato prima del passaggio all'attuale proprietario (impresa Giardelli SPA), era un ambito a servizio delle attività dell'impresa edile Cariboni Paride S.p.A.. Presso l'area vi era la giacenza di materie edili e ricovero mezzi d'opera. Successivamente alla vendita all'attuale proprietà, l'immobile il sito è rimasto in disuso.

Il sito è perimetrato lungo tutti i lati da una recinzione. L'accesso avviene tramite tre ingressi, dei quali due da via Montecchio Nord e il restante da via alle Torri.



Planimetria del sito.



All'interno del perimetro sono presenti tre immobili a differente destinazione d'uso.

Il primo corpo di fabbrica, di forma rettangolare, è situato nella porzione occidentale del lotto. È disposto su tre livelli (terra, primo e sottotetto), con un ingombro al suolo pari a circa 530 mq. La struttura portante è rappresentata da pilastri e solai in latero cemento; i locali sono separati da tavolati. Le pareti esterne dell'immobile sono in parte finestrate. Tetto a falde con orditura in legno e copertura in tegole di cotto.

Il piano terra era adibito a magazzini. Nella parte centrale del fabbricato vi è un tunnel che collega il piazzale principale con quello posto su via Montecchio Nord. Due rampe di scale consentono l'accesso ai locali dei piani superiori, un tempo adibiti ad uffici. L'immobile allo stato attuale è inaccessibile a causa delle sue condizioni di conservazione.



Viste dell'immobile.



Il secondo fabbricato è rappresentato da una tettoia posta in aderenza al lato occidentale del fabbricato di cui sopra. Completa l'edificazione, la struttura scheletrica di tettoia posta nella porzione orientale del lotto.



Viste dello scheletro della tettoia.



Le aree scoperte, un tempo adibite a piazzali, occupano buona parte della superficie del sito. In passato il piazzale principale era completamente pavimentato, garantendo, così, l'impermeabilizzazione del terreno sottostante.

Confinato tra il lato sud-occidentale del lotto e l'immobile principale, in continuità con il precedente, è presente un secondo piazzale, parzialmente pavimentato con blocchetti di porfido.



Vista del piazzale principale.



Vista del piazzale secondario.



2 ANALISI DELLA COMPONENTE GEOLOGICA E SISMICA

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

Di seguito si riportano una serie di estratti cartografici dallo Studio geologico a supporto del PGT e redatto dallo scrivente (ottobre 2011).

2.1.1 VINCOLI

Dall'analisi della carta dei vincoli geologici allegata al vigente P.G.T. sull'area in esame ricade in "area di conoide non recentemente attivatosi o completamente protetto da opere di difesa" – pericolosità media o moderate (Cn) ai sensi del Piano di Assetto Idrogeologico.



Legenda

TRASPORTO DI MASSA SUI CONOIDI



Aree di conoidi non recentemente riattivatisi o completamente protette da opere di difesa - pericolosità media o moderata (Cn)

Carta dei vincoli geologici (Estratto studio geologico a supporto PGT).



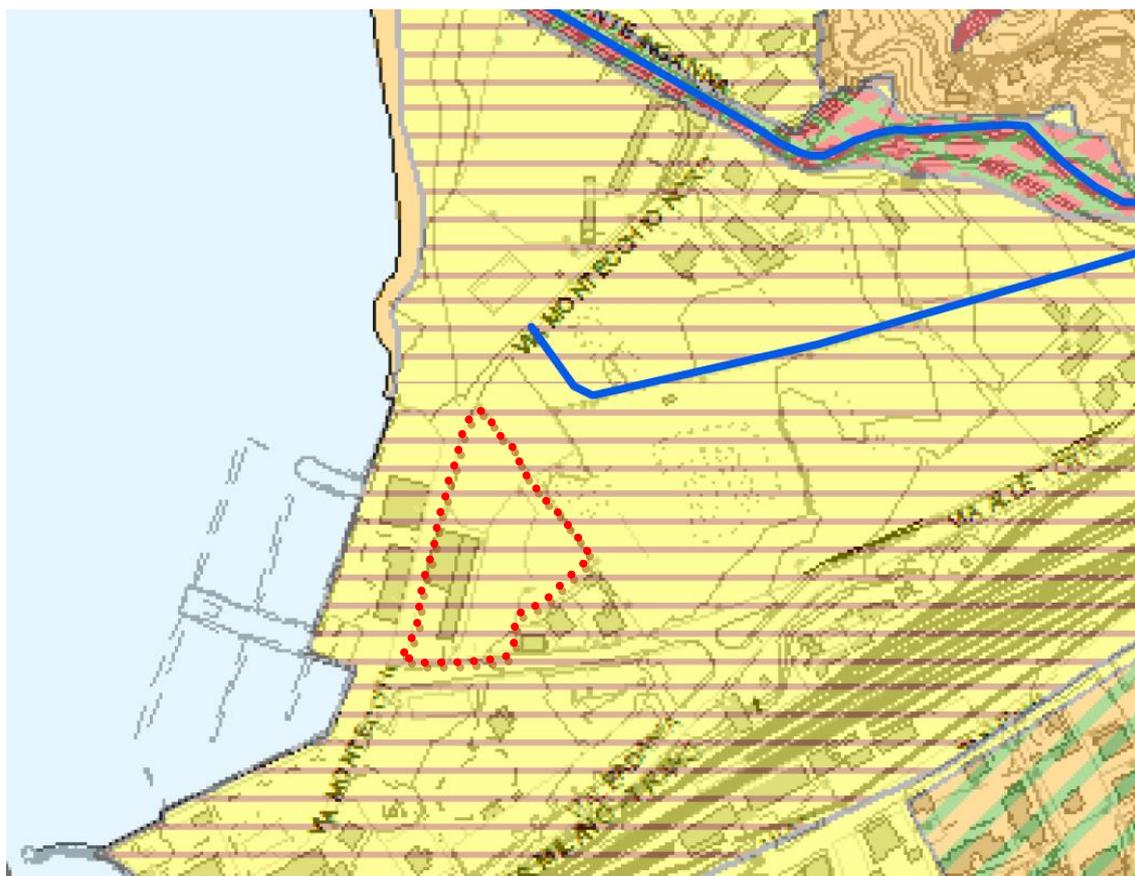
2.1.2 FATTIBILITÀ GEOLOGICA

Ai sensi della carta della fattibilità geologica a supporto del P.G.T. del Comune di Colico, l'area in oggetto ricade nella classe 2 "Fattibilità con modeste limitazioni", sottoclasse "a".

"In questa classe ricadono le aree che presentano condizioni particolari che richiedono maggiore attenzione nella scelta e nella programmazione urbanistica". Tale classe comprende le porzioni di territorio a morfologia pianeggiante o con ridotta acclività generalmente con buone caratteristiche geotecniche dei terreni e/o geomeccaniche del substrato roccioso, che presentano condizioni limitative alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni, per superare le quali si rende necessario, in linea di massima, ad eccezione di alcuni interventi minori, realizzare approfondimenti di carattere geologico - tecnico o idrogeologico finalizzati alla realizzazione di eventuali limitate opere di sistemazione e bonifica. È stata inoltre definita una classe 2a per evidenziare i depositi di conoide distale e alluvionali/lacustri che presentano caratteristiche geomeccaniche scadenti e una bassa soggiacenza della falda idrica.

Sottoclasse Classe 2A NTA: prescrizioni specifiche

- Il piano di calpestio dei vani destinati ad abitazione non dovrà essere inferiore alla Q200 relativa alla massima oscillazione lacustre, attualmente calcolata in 200, 8 m.s.l.m
- Per le eventuali strutture interrato la valutazione progettuale dovrà indicare le soluzioni tecniche di aggrottamento della falda (es. wellpoint, ecc) e le opere di impermeabilizzazione
- Analisi della pericolosità geologica /idrologica locale e valutazione della possibile interferenza con l'intervento prospettato;
- Definizione dei presidi temporanei e/o definitivi attinenti sia alla fase di cantiere sia all'opera finita;
- Caratterizzazione meccanica delle terre e valutazione dell'interazione con il programma di lavoro proposto, con particolare riferimento alle problematiche idrogeologiche ed idrologiche (individuazione delle strutture di drenaggio, tipologie di scarico al suolo ed interazione areale, risalita capillare, spinte idrostatiche e dimensionamento delle opere).
- Nelle previsioni urbanistiche eventuali interventi relativi ad opere potenzialmente inquinanti (es. industrie particolari, depositi, scarichi al suolo, ecc) saranno oggetto di necessaria analisi idrologica, idrogeologica e geologica.
- Ambiti terrazzati: definizione dello stato di conservazione delle opere e/o indirizzi di manutenzione



LEGENDA

-  Confine comunale
-  Lago e fiume Adda

-  Reticolo idrico
Si rimanda allo "Studio per la determinazione del Reticolo Idrico Minore" (2004) per l'applicazione delle norme di polizia idraulica

Legenda

Classi di fattibilità

-  Classe 2 - Fattibilità con modeste limitazioni
-  Classe 2a - Ambiti con scarse caratteristiche meccaniche e/o bassa soggiacenza della falda
-  Classe 3 - Fattibilità con consistenti limitazioni
-  Classe 3a - Zona 2 ex Legge 267/98
-  Classe 4 - Fattibilità con gravi limitazioni
-  Classe 4a - Zona 1 ex Legge 267/98

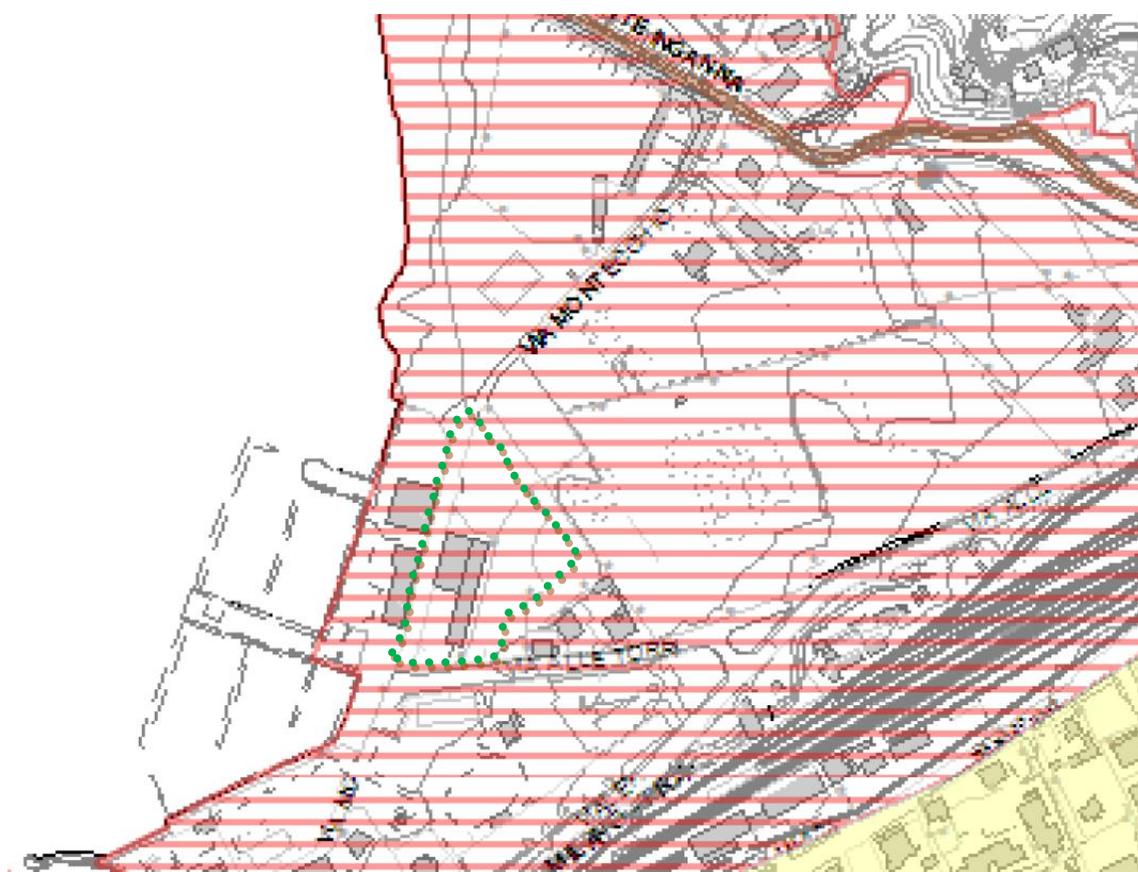
Carta della fattibilità geologica (Estratto studio geologico a supporto PGT).



2.1.3 COMPONENTE SISMICA

La Carta della Pericolosità Sismica Locale allegata allo Studio geologico comunale, attraverso l'analisi qualitativa di 1° livello ha permesso di definire come l'area di indagine appartiene alla categoria sismica **Z2** - Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti. Le potenziali amplificazioni degli effetti sismici previste per questa zona risultano essere cedimenti. Ai sensi della D.gr 2616/11 è obbligatorio il 3° livello di approfondimento. L'analisi prevede la valutazione quantitativa delle aree soggette a fenomeni di cedimenti.

Il territorio comunale di Colico è stato ricompreso nella **classe 4** della zonizzazione sismica nazionale (Aggiornamento secondo O.P.C.M. n. 3519/2006).



Legenda

EFFETTI DI CEDIMENTI E/O LIQUEFAZIONI

-  Z2: Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)

EFFETTI DI AMPLIFICAZIONI LITOLOGICHE E GEOMETRICHE

-  Z4a: Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi
-  Z4b: Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre
-  Z4c: Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri lacustri)
-  Z4d: Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale

Carta della pericolosità sismica locale (Estratto studio geologico a supporto PGT).



3 STRATIGRAFIA LOCALE ACCERTATA IN ESECUZIONE INDAGINI AMBIENTALI

I cinque saggi di scavo hanno consentito, oltre al prelievo dei campioni di terreno alle varie profondità, di accertare la situazione stratigrafica del sito. Sostanzialmente, si è potuto osservare una condizione stratigrafica grossomodo omogenea, caratterizzata principalmente da due orizzonti aventi caratteristiche composizionali e cromatiche differenti, quali:

- *Orizzonte A*: corrispondente allo strato più superficiale è costituito da sabbia e ghiaia di varia pezzatura di color nocciola, con ciottoli e frammenti cementizi, prevalentemente rimaneggiato. Lo spessore appurato varia da un minimo di 0.5 m sino a un massimo di 1 m;
- *Orizzonte B*: è composto ghiaie sabbiose debolmente limose color grigio scuro. Lo spessore registrato varia da un minimo di 1.0 a un massimo osservato pari a 1.60 m. Si precisa altresì che nel gergo locale questo strato di terreno è denominato con il termine “lita”. Il colore grigio è dettato dalla presenza di sostanza di origine industriale disperse nel suolo e migrate, per azione della falda, verso il sito in oggetto.

L'esame delle stratigrafie delle trincee realizzate ha evidenziato la seguente situazione:

- Trincea T1: profondità scavo 2.0m.

Da 0-0.50 m dal p.c. è stato riscontrato uno strato di terreno, corrispondente all'orizzonte “A”, costituito da sabbie grossolane di colore marrone, con ghiaie, ciottoli e blocchi sparsi.

Da 0.50-1.50 m dal p.c. è presente l'orizzonte “B” uno strato ghiaioso-sabbioso color grigio scuro. Durante lo scavo e il campionamento dal cumulo è stato avvertito un leggero odore di idrocarburi.

Da 1.5-2.0 corrispondente all'orizzonte “B” caratterizzato da uno strato ghiaioso-sabbioso color grigio scuro con lenti sabbiose color marrone.

È stato riscontrato ambiente saturo a 1,2 m di profondità dal p.c..

- Trincea T2: profondità scavo 2.0 m.

Da 0-0.50 m dal p.c. è stato riscontrato uno strato di terreno, corrispondente all'orizzonte “A”, costituito da sabbie grossolane di colore marrone, con ghiaie, ciottoli e blocchi sparsi.

Da 0.50-2.00 m dal p.c. si incontra l'orizzonte “B” costituito da ghiaie sabbiose color grigio scuro. Durante lo scavo e il campionamento dal cumulo è stato avvertito un leggero odore di idrocarburi.

È stato riscontrato ambiente saturo 1,2 m di profondità dal p.c..

- Trincea T3: profondità scavo 2.0 m.

Da 0-0.60 m dal p.c. è stato registrato uno strato di terreno costituito da sabbie grossolane di colore marrone scuro, con ghiaie, ciottoli e blocchi sparsi (orizzonte “A”).

Da 0.60-2.00 m dal p.c. si rinviene l'orizzonte B costituito da ghiaie sabbiose color grigio scuro. Durante lo scavo e il campionamento dal cumulo è stato avvertito un leggero odore di idrocarburi.

È stato riscontrato ambiente saturo 1 m di profondità dal p.c..



- Trincea T4: profondità scavo 2.0 m.

Da 0-0.50 m dal p.c. si rinviene l'orizzonte "A" è stato riscontrato uno strato di terreno costituito da sabbie grossolane di colore marrone scuro, con ghiaie, ciottoli e blocchi sparsi.

Da 0.50-2.00 m dal p.c. si rileva l'orizzonte "B", contraddistinto da ghiaie sabbiose color grigio scuro. Durante lo scavo e il campionamento dal cumulo è stato avvertito un leggero odore di idrocarburi.

È stato riscontrato ambiente saturo 1 m di profondità dal p.c..

- Trincea T5: profondità scavo 2.0 m.

Da 0-0.5 m dal p.c. è stato riscontrato uno strato di terreno costituito da sabbie grossolane di colore marrone scuro, con ghiaie, ciottoli e blocchi sparsi (orizzonte "A").

Da 0.50-1.80 m dal p.c. è stato riscontrato l'orizzonte costituito da sabbie grossolane con ghiaie, color marrone, passante con la profondità a color grigio, con ciottoli dispersi.

Da 1.8-2.0 si rileva l'orizzonte "B", contraddistinto da ghiaie sabbiose color grigio scuro.

È stato riscontrato ambiente saturo 1.8 m di profondità dal p.c..



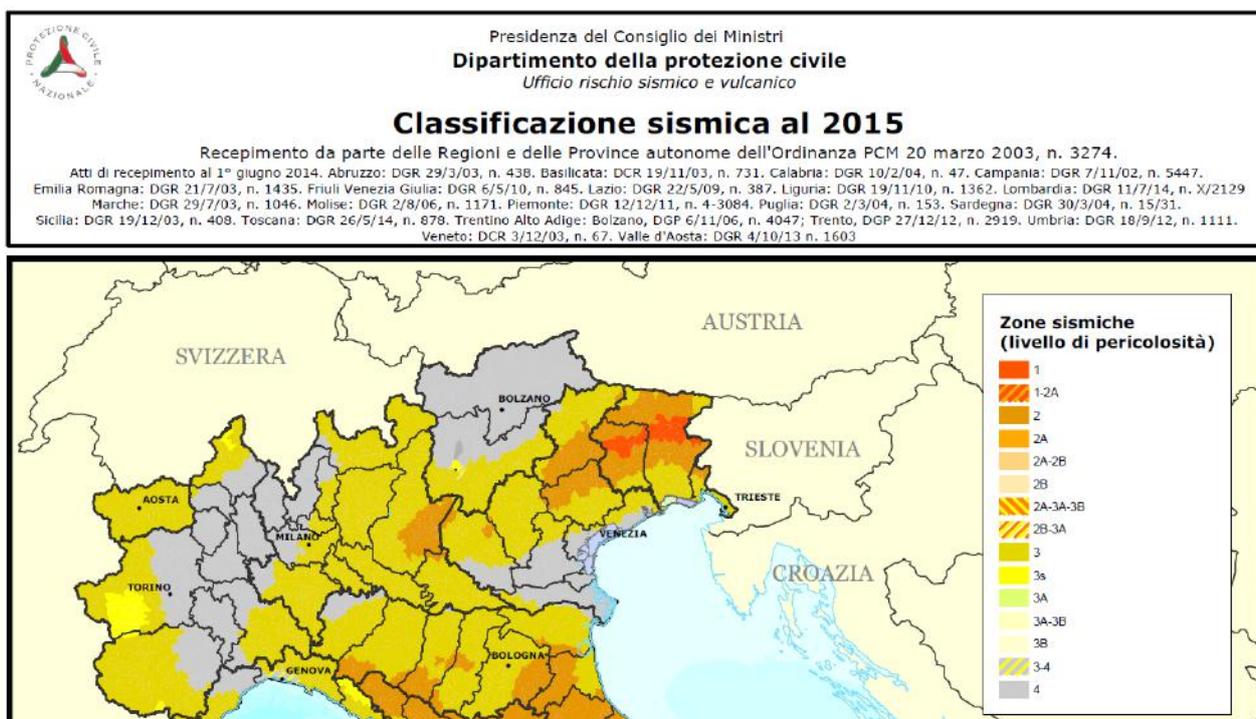
4 ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DEL SITO

Un parametro fondamentale dal quale non è possibile prescindere nelle verifiche geotecniche è l'azione sismica di progetto che si definisce a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito interessato dall'intervento, così come prescritto dal D.M.14 gennaio 2008 “Norme tecniche per le costruzioni”.

4.1 CLASSIFICAZIONE SISMICA DELL'AREA IN OGGETTO

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

Di seguito si riporta un estratto della mappa della classificazione sismica al 2015 del territorio italiano definita a seguito del recepimento da parte delle Regioni e delle Province autonome dell'Ordinanza sopracitata. Nel caso della Regione Lombardia tale Ordinanza è stata recepita con DGR 11/7/14, n. X/2129.



Classificazione sismica 2015.

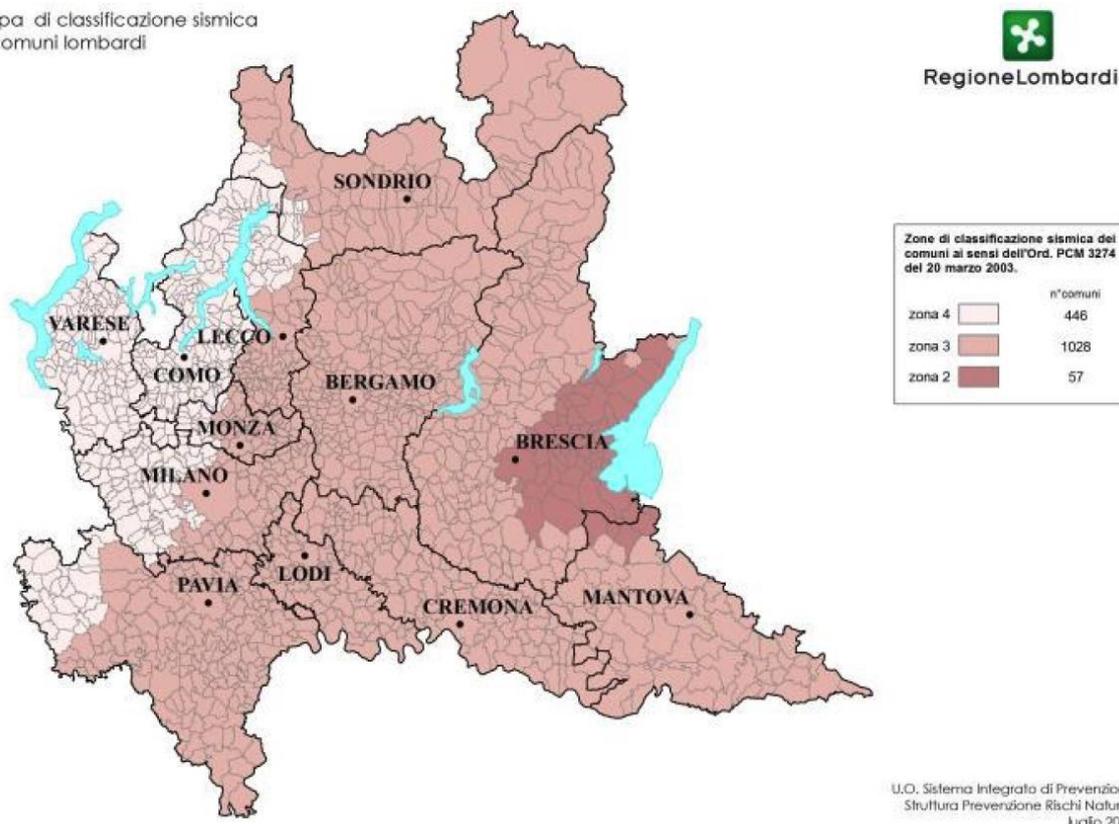
Il Comune di **Colico** è classificato come Zona 4, ovvero è caratterizzato da un livello di pericolosità sismica molto bassa.



Mappa di classificazione sismica
dei comuni lombardi



Regione Lombardia



Mappa della classificazione sismica della Regione Lombardia.

4.2 GENERALITÀ

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

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

a_g accelerazione orizzontale massima al sito

F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale

T_C periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

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

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



4.3 PERIODO DI RITORNO TR

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

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

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

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

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

4.4 VITA NOMINALE

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

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

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

4.5 CLASSI D'USO

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

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

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

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

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

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione



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

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

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

4.6 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi; tuttavia, in assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento. La normativa prevede una classificazione in base ai valori della velocità equivalente $V_{s,30}$ di propagazione delle onde di taglio (definita successivamente) entro i primi 30 m di profondità. Nei casi in cui non si disponga di tale parametro, la classificazione può essere effettuata in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (*Standard Penetration Test*) $N_{SPT,30}$ nei terreni prevalentemente a grana grossa e della resistenza non drenata equivalente $c_{u,30}$ nei terreni prevalentemente a grana fina.

Le cinque categorie di sottosuolo di riferimento sono le seguenti:

- A** *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione con spessore massimo pari a 3 m
- B** *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina)
- C** *Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)
- D** *Depositati 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)
- E** *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).

In realtà la normativa definisce altre due categorie di sottosuolo aggiuntive (S1 e S2) per le quali è necessario predisporre analisi specifiche per la definizione delle azioni sismiche:

- S1** Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fine di bassa consistenza. Oppure che includono almeno 3 m di torba o argilla altamente organiche.
- S2** Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive e qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

4.7 CATEGORIE TOPOGRAFICHE

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

- T1 Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ($S_T = 1.0$)
- T2 Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$ ($S_T = 1.2$)
- T3 Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$ ($S_T = 1.2$)
- T4 Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$ ($S_T = 1.4$).



5 INDAGINE GEOFISICA MEDIANTE TECNICA DEI RAPPORTI SPETTRALI O HVSR

Lo scopo di questa indagine è la caratterizzazione sismica del sottosuolo e, in particolare, l'individuazione delle discontinuità sismiche nonché la profondità dei singoli strati. Con tale metodo viene stimata la velocità di propagazione delle onde di taglio (V_{s30}) come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14 gennaio 2008.

L'indagine geofisica proposta si avvale della metodologia basata sulla tecnica di Nakamura. Si tratta di una valutazione sperimentale dei rapporti di ampiezza spettrale fra le componenti orizzontali (H) e la componente verticale (V) delle vibrazioni ambientali sulla superficie del terreno misurati con apposito sismometro a tre componenti. Per questo motivo la prova assume anche la denominazione di prova HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio).

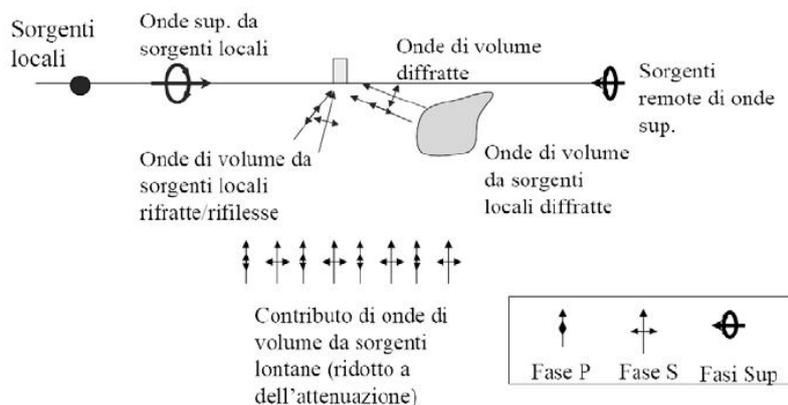
Pertanto, questa prova ha lo scopo principale di mettere in luce la presenza di fenomeni di risonanza sismica e consentire una stima delle frequenze alle quali il moto del terreno può risultare amplificato a causa di questi fenomeni. Contestualmente fornisce indicazioni di tipo qualitativo sull'entità delle risonanze attese.

In generale, la stima della frequenza di risonanza f sarà tanto più precisa quanto maggiore è il contrasto di impedenza sismica responsabile del fenomeno, ovvero dove sono maggiori gli effetti potenzialmente pericolosi.

Le basi teoriche della tecnica HVSR si rifanno in parte alla sismica tradizionale (riflessione, rifrazione, diffrazione) e in parte alla teoria dei microtremori. La forma di un'onda registrata in un sito da uno strumento dipende:

1. dalla forma dell'onda prodotta dalla sorgente;
2. dal percorso dell'onda sorgente al sito (attenuazioni, riflessioni, rifrazioni)
3. dalla risposta dello strumento.

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Si chiama microtremore poiché riguarda oscillazioni molto piccole, molto più piccole di quelle dei terremoti. Il metodo si basa sull'acquisizione di rumore non generato ad hoc, come ad esempio la sismica attiva.





Nel tragitto dalla sorgente al sito, le onde elastiche (sia terremoto che microtremore) subiscono riflessioni, rifrazioni, attenuazioni che dipendono dalla natura del sottosuolo attraversato. Questo significa che se da un lato l'informazione relativa alla sorgente viene persa e non sono più applicabili le tecniche della sismica classica, è presente comunque una parte debole correlata nel segnale che può essere estratta e che contiene le informazioni relative al percorso del segnale ed in particolare alla struttura locale vicino al sensore. Dunque, anche il debole rumore sismico, che tradizionalmente costituisce la parte di segnale scartata dalla sismologia classica, contiene informazioni. Questa informazione è però "sepolta" all'interno del rumore casuale e può essere estratta attraverso tecniche opportune come appunto l'HVSR.

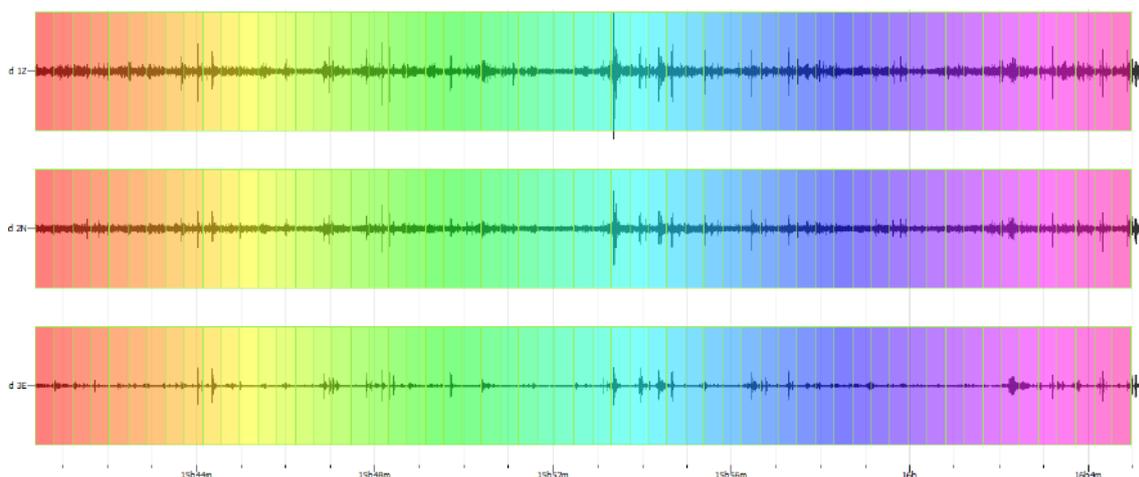
Con l'impiego di programma Geopsy, si è ricercato il valore di picco relativo del rapporto delle componenti spettrali vibrazionali orizzontali e verticale del rumore ambientale H/V sulla postazione di rilievo, accertando la presenza nel sottosuolo di particolari o singolari gradienti di rigidità.

5.1 PROCEDURA DI ACQUISIZIONE

Per l'acquisizione è stato utilizzato un sismometro tricomponente Gemini 2 prodotto dalla ditta Pasi S.r.l. di Torino e utilizzato per l'acquisizione delle vibrazioni ambientali per la prova H/V. L'apparato di misura risulta composto da velocimetri orientati su tre componenti dello spazio e di frequenza idonea alle finalità d'indagine, opportunamente reso solidale al suolo nella postazione di misura, a mezzo di piedini appuntiti infissi a terra, e livellato rispetto agli apparati di misurazione. Si è operato nelle condizioni meteorologiche ottimali quali cielo sereno e Temperatura prossima ai 16°C. La registrazione è stata protratta 25 min in continuo, operando con frequenza di campionamento di 50 Hz sui tre canali di registrazione. (frequenza di campionamento 2 ms (500HZ), lunghezza acquisizione pari a 25 min).

5.2 PROCESSING DEI DATI

L'elaborazione e la restituzione grafica dei dati è stata effettuata il software open source Geopsy. Il processing dei dati è stato effettuato suddividendo la finestra di registrazione in sottofinestre di lunghezza pari a **25 sec**. La preliminare elaborazione è stata condotta escludendo le finestre temporali di analisi che presentavano la registrazione di transienti legati a sorgenti monotone e/o specifiche prossime al sensore, quali impianti o transito di pedoni o veicoli nelle vicinanze.



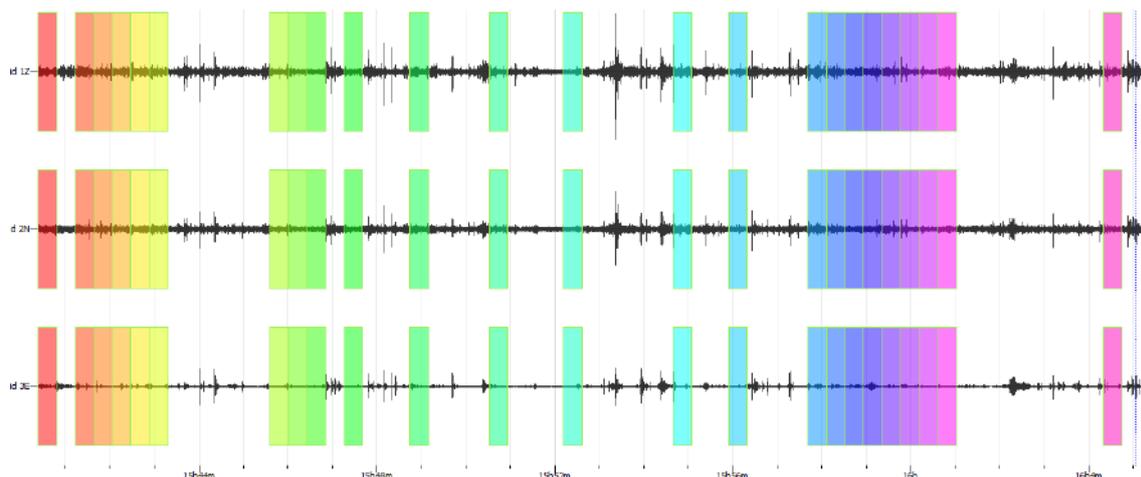
Segnale acquisito

Il trattamento preliminare dei dati è stato condotto operando il lisciamiento (smoothing) degli spettri,



restituiti mediante preliminare utilizzo delle FFT (Fast Fourier Transform), attraverso la tecnica di Konno-Ohmachi. Il processo di restituzione della componente orizzontale è stato effettuato mediante media geometrica delle due componenti spettrali orizzontali E-O e N-S. per quanto riguarda il calcolo del rapporto spettrale delle componenti orizzontale e verticale media del moto H/v è stato effettuato per ciascuna finestra di analisi.

Infine la determinazione del valore medio della curva H/V e della relativa deviazione standard è stata calcolata sulla base delle curve H/V determinate per le diverse finestre temporali già selezionate.



Finestre temporali analizzate (finestre colorate)

5.3 INTERPRETAZIONE DEI DATI

L'interpretazione preliminare dei dati è stata effettuata verificando la persistenza temporale e la persistenza angolare del rapporto delle componenti vibrazionali orizzontale e verticale del moto, escludendo quindi i valori di picco del rapporto H/V determinati da transienti o sorgenti monotone realmente localizzate.

I dati di prima restituzione sono rappresentati dai valori di frequenza caratteristica del sito di rilevamento, che costituisce la "frequenza di risonanza" dello strato delle "coperture" sotteso da una soluzione di rigidità con elevato contrasto di impedenza, per il quale assume valore massimo il rapporto tra gli spettri delle componenti orizzontale e verticale del moto del suolo H/V.

L'interpretazione consente di correlare il valore di picco dello spettro di risposta HVSR di individuare in una corrispondenza tra i valori di frequenza relativi alle discontinuità sismiche e cambi litologici presenti nell'immediato sottosuolo.

Interpretando i minimi della componente verticale come risonanza del moto fondamentale dell'onda di Rayleigh e i picchi delle componenti orizzontali come contributo delle onde SH, si possono ricavare il valore di frequenza caratteristica del sito. Sapendo che da ogni picco in frequenza corrisponde una profondità (m) dell'orizzonte che genera il contrasto di impedenza si può estrapolare una stratigrafia geofisica del sottosuolo.

Il grafico della curva H/V si presenta invece come nell'immagine che segue.

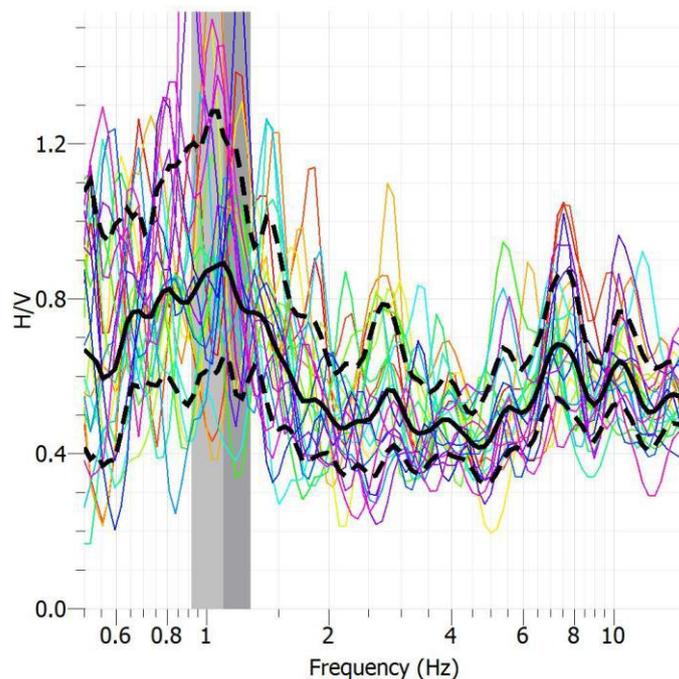


Grafico della curva H/V.

La curva nera continua rappresenta il rapporto H/V medio, mentre le curve nere tratteggiate, dette “curve di confidenza”, sono il risultato della moltiplicazione (curva superiore) e divisione (curva inferiore) dei valori del rapporto H/V medio per la deviazione standard dei valori delle singole curve H/V.

Le curve colorate sono i rapporti H/V delle singole finestre; grazie al colore è possibile associare ogni curva alla corrispondente finestra temporale.

Le due bande grigie identificano la frequenza principale, o f_0 , individuata automaticamente dal programma. La f_0 del rapporto medio è esattamente al centro delle due bande, mentre l'area coperta dalla bande è ottenuta aggiungendo e sottraendo alla f_0 del rapporto medio la deviazione standard delle f_0 delle singole curve.

Frequenza fondamentale di risonanza del sito è: **$F_0= 1,10033 \pm 0,180713$**



5.4 VALUTAZIONE DELLA STAZIONARIETÀ E DELLA DIREZIONALITÀ DEL RAPPORTO H/V

Altre informazioni che aiutano ad avere un'idea della bontà dell'indagine HVSR riguardano la stazionarietà e la direzionalità del rapporto H/V.

Per stazionarietà si intende la stabilità del rapporto H/V lungo tutta la durata dell'indagine: i singoli rapporti H/V correlati ciascuno ad una finestra temporale dovrebbero essere più simili possibile, specie per quanto riguarda la frequenza a cui si manifesta il picco, o i picchi, di ampiezza del rapporto.

La direzionalità del rapporto H/V è invece l'informazione riguardante la direzione di provenienza del segnale sul semipiano orizzontale, che può aiutare a rilevare l'eventuale situazione non desiderabile in cui si ha la polarizzazione del segnale lungo una certa direttrice.

Il risultato finale per la nostra acquisizione è il grafico riportato qui di seguito, ottenuto dalla produzione di un rapporto H/V per ogni 10° di rotazione, che riporta sulle ascisse la frequenza, sulle ordinate la rotazione e in cui il colore rappresenta l'ampiezza del rapporto.

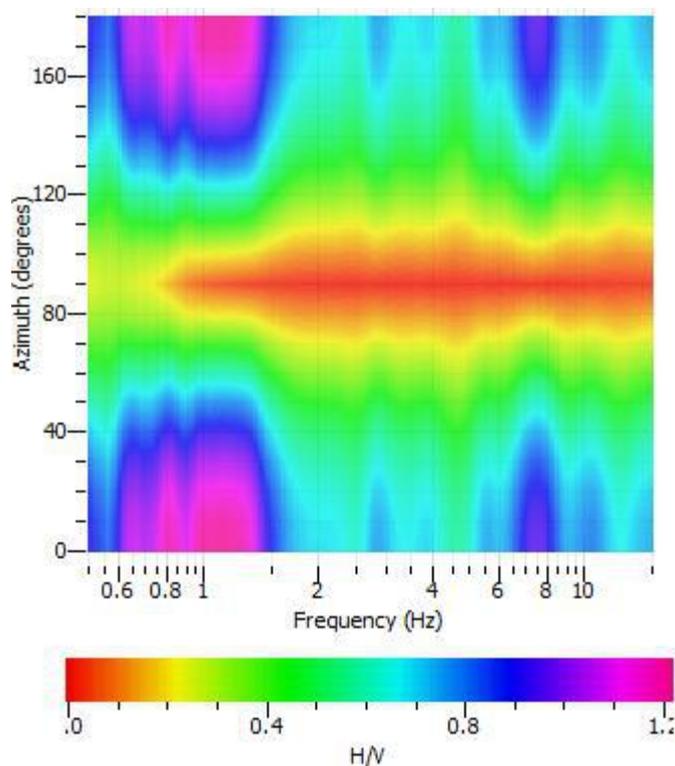


Grafico direzionalità rapporto H/V

5.5 PROCESSO DI INVERSIONE

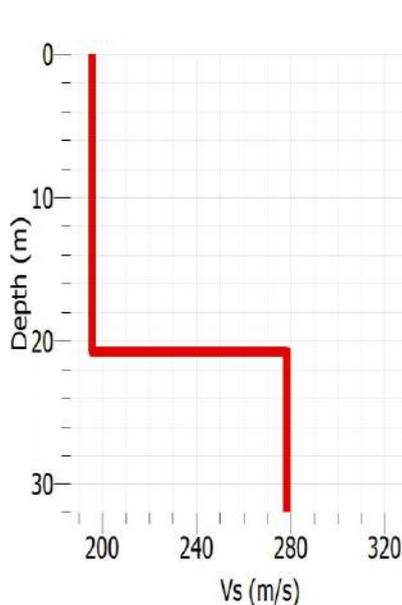


Sulla base di quanto sopraindicato è stato definito un modello che è stato successivamente sottoposto ad inversione al fine di generare una serie di modelli della velocità di fase delle onde di Rayleigh dai quali si possono ottenere una serie di profili Vs/z inclusi in un determinato intervallo di misfit. Per l’inversione dei dati è stato utilizzato il codice di calcolo “DINVER”. Il modello riportato in rosso corrisponde al minimo della funzione di misfit. Al termine del processo d’inversione attraverso il codice di calcolo Dinver è possibile visualizzare il modello stratigrafico e la curva di ellitticità generata nel corso dell’elaborazione. La curva di ellitticità sovrapposta alla curva sperimentale indica la bontà dell’elaborazione.

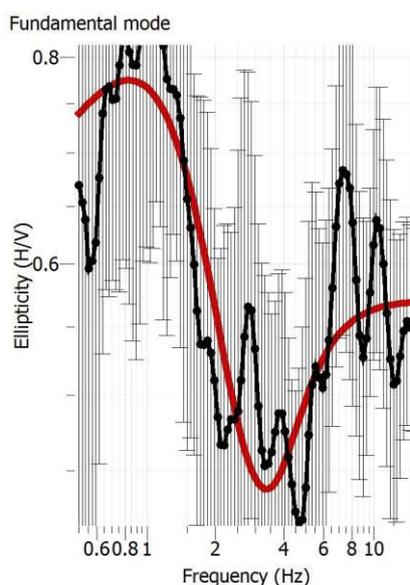
Pertanto, è stata individuata la seguente stratigrafia:

Sismostrato 1: da 0 a 20.50 m dal p.c VS 196 m/s, valore tipico di terreni teneri;

Sismostrato 2: da 20.50 a 30 m dal p.c VS 279 m/s, valore tipico di suoli sabbiosi con limi ed argille.



Andamento delle Vs nel terreno



Curva di ellitticità

5.6 CALCOLO DELLA Vs30

Per la definizione dell’azione sismica di progetto ai sensi del nuovo D.M.14 gennaio 2008 integrato con la circ. 02/02/09 N° 617 C.S. LL.PP (Norme Tecniche per le Costruzioni), la velocità media di propagazione delle onde di taglio Vs nei primi 30 m di profondità, è calcolata con la seguente espressione:

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

nella quale il valore Vs30 è riferito al piano di posa della fondazione e i parametri hi e Vi indicano rispettivamente lo spessore (m) e la velocità delle onde di taglio (m/s) dello strato i-esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori. Le indagini sismiche svolte nell’area nella quale è prevista l’intervento in progetto hanno individuato di Vs30 pari a **216 m/s**. Pertanto in base alla classificazione della categoria di terreno in funzione della velocità si ha che il terreno sulla quale verrà costruito l’immobile è ascrivibile alla categoria **C**.



5.7 DEFINIZIONE DEI PARAMETRI SISMICI PER L'AREA IN OGGETTO

In funzione delle caratteristiche stratigrafiche (ipotizzate dalla bibliografia) e geotecniche dei terreni, della tipologia delle opere in progetto, della pericolosità sismica di base del sito, è quindi possibile definire l'azione sismica da considerare nelle verifiche geotecniche del sito per ciascuno degli stati limite considerati. La valutazione dell'azione sismica viene effettuata a partire dai dati sismici tabulati che caratterizzano il sito in oggetto (a_g = accelerazione orizzontale massima attesa al sito, F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale, TC^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale) oltre al tempo di ritorno dell'azione sismica (TR). In base a tali parametri, in funzione della categoria di suolo, della categoria topografica e della tipologia e classe d'uso dell'opera in progetto, si procede con il calcolo dei coefficienti sismici per ciascun stato limite di riferimento:

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

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

Kh: coefficiente di intensità sismica orizzontale

Kv: coefficiente di intensità sismica verticale.

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

Le coordinate del sito in esame sono le seguenti:

WGS84:Lat. 46,139313Lon. 9,3959574 ED50:Lat. 46,140228 Lon. 9,397025

Le coordinate (ED50) dei quattro vertici della maglia nel reticolo di riferimento sono:

Sito 1	ID: 9378	Lat: 46,1159Lon: 9,3858	Distanza: 2842,317
Sito 2	ID: 9379	Lat: 46,1183Lon: 9,4576	Distanza: 5268,429
Sito 3	ID: 9157	Lat: 46,1682Lon: 9,4542	Distanza: 5394,236
Sito 4	ID: 9156	Lat: 46,1658Lon: 9,3823	Distanza: 3066,806

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

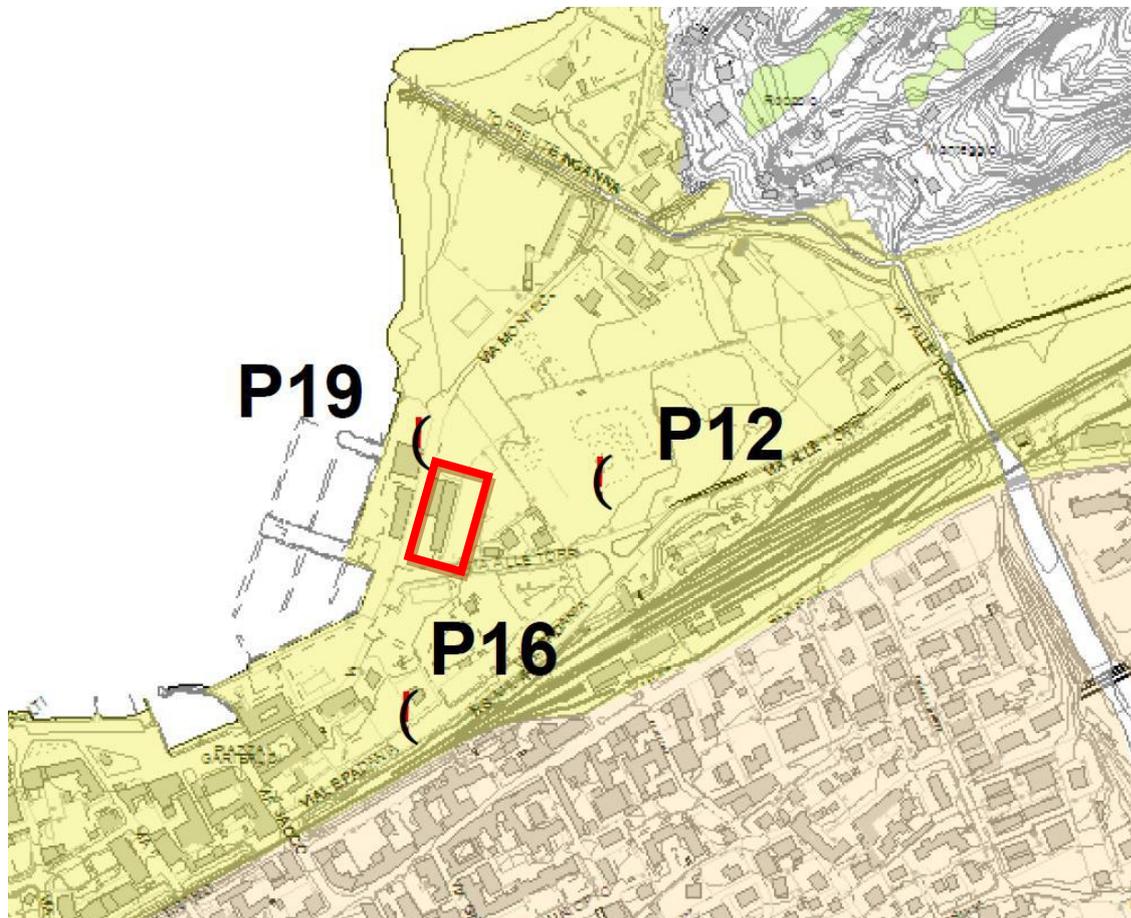
1. **Categoria sottosuolo** **C**
2. **Tipologia di opere** **Fondazioni**
3. **Classe d'uso** **IV**
4. **Vita nominale** **50 anni**

SL	a_{max} [m/s ²]	Beta	kh	kv
SLO	0.351	0.200	0.007	0.004
SLD	0.424	0.200	0.009	0.004
SLV	0.782	0.200	0.016	0.008
SLC	0.920	0.200	0.019	0.009



6 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Al fine di caratterizzare la stratigrafia deposizionale e meccanica dei terreni in esame si è fatto riferimento a recenti e passate prove effettuate dallo scrivente in aree limitrofe dalle quali sono stati desunti i parametri di resistenza meccanica di terreni.



Ubicazione prove in sito

- Indagini sismiche MASW
- (Prove penetrometriche

Depositi superficiali - caratteristiche geomeccaniche medie

- Sedimenti distali di conoide e/o lacustri
Angolo d'attrito medio 26°
Peso di volume saturo 1.8 t/mc
- Sedimenti alluvionali di conoide
Angolo d'attrito medio 36°
Peso di volume saturo 2.1 t/mc

Estratto della carta degli elementi geologico – tecnici annessa al PGT del comune di Colico nella quale sono ubicate le indagini geognostiche realizzate dallo scrivente.

Nello specifico, come già descritto nei paragrafi precedenti, l'ambito in esame insiste su terreni di origine alluvionale intercalati a depositi di sedimenti distali e/o lacustri, con le seguenti valori di resistenza delle terre:

Confrontando ed analizzando le prove penetrometriche (P12,P16,P19, riferite alla carta di cui sopra, si è potuto constatare la presenza di un'alternanza di orizzonti caratterizzati da un differente grado di



addensamento variabile da moderatamente addensato ad addensato, ad eccezione del primo strato caratterizzato da terreni sabbioso/limosi poco addensati-sciolti.

La stima dei principali parametri geotecnici, considerando la litologia dei terreni presenti in sito (terreni incoerenti), è stata effettuata mediante le seguenti correlazioni:

- densità Relativa Gibbs & Holtz
- angolo d'Attrito Owasaki & Iwasaki
- peso di Volume Meyerhof et alii
- peso di Volume Saturo Terzaghi - Peck
- modulo Elastico Schmertmann (1978)

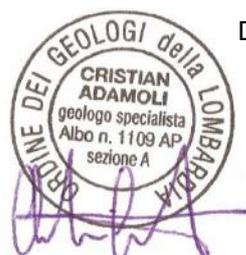
Di seguito si riportano i valori medi dei parametri stimati per ciascuno strato costituente il modello stratigrafico - geotecnico precedentemente descritto e ritenuto rappresentativo dell'area investigata.

Strato	Litologia	Prof.da p.c. (m)	Nspt	Densità relativa (%)	Angolo di attrito (°)	Peso volume (t/m ³)	Peso volume saturo (t/m ³)	Modulo elastico (kg/cm ²)
1	Sabbia fine limosa	-5	<5	23-29	26-27	1.50-1.60	1.85-1.90	80-100
2	Sabbia e limo	-9	5-15	30-42	28-29	1.70-1.80	1.95-2.00	200-220
3	Sabbia addensata	-13	>20	36-47	33-34	1.90-2.00	2.00-2.10	230-265

7 CONCLUSIONI

Alla luce delle valutazioni sopra effettuate, analizzando in particolare i dati disponibili relativi alla caratteristiche idrogeologiche del sito ed ai parametri geotecnici e sismici dei materiali che lo costituiscono, si ritiene che l'intervento proposto sia compatibile con le condizioni geologiche dell'area d'interesse.

Dervio (LC), Ottobre 2019



Dott. Geol. Cristian Adamoli