
COMUNE di EDOLO
PROVINCIA DI BRESCIA

Cortenedolo

AMPLIAMENTO CIMITERIALE

Relazione geologica

Committenti:

Amministrazione Comunale di Edolo
Via Largo Mazzini, n. 1
Edolo (BS)

Settembre 2022

Dott. Geol.
Gilberto Zaina

Geo.Te.C.

Geologia Tecnica Camuna
Studio Associato Alberti F., Carleschi G., Zaina G.
Via Albera, 3 - Darfo Boario Terme (BS)
tel./fax: 0364 533637

COD. 56 22
DAT 22/09/2022

1 Premessa	2
2 Ubicazione e quadro geologico.....	3
2.1 Quadro geologico	3
3 Aspetti geologici del Piano di Governo del Territorio	4
3.2 Piano di gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)	5
3.3 Fattibilità geologica per le azioni di piano	7
3.4 Scenario di pericolosità sismica locale	8
4 Sintesi degli interventi.....	9
5 Aspetti geomorfologici di dettaglio	10
6 Criticità geologiche	14
7 Indagini geognostiche	15
7.1 L'indagine di sismica a rifrazione	15
7.1.1 Rappresentazione ed interpretazione dei risultati	17
8 Interpretazione dei risultati	19
8.1 Quadro stratigrafico.....	19
9 Il modello geologico tecnico	21
9.1 Aspetti geologico tecnici	21
9.2 Categoria di sottosuolo	21
10 Aspetti di pericolosità sismica	22
10.1 La pericolosità sismica di base	22
10.2 Condizioni topografiche.....	23
10.3 Categoria di sottosuolo	24
11 Conclusioni	25
11.1 Vincoli geologici	25
11.2 Aspetti geologici ed idrogeologici salienti.....	25
11.3 Considerazioni e consigli realizzativi.....	26

1 Premessa

Nella presente relazione, redatta per conto dell'Amministrazione Comunale di Edolo (*Incarico assegnato con Determinazione n. 41 del 31/05/2022*), sono illustrati gli aspetti geologici, geologico-tecnici, idrogeologici degli ambiti interessati dal progetto

Cortenedolo/ AMPLIAMENTO CIMITERIALE

redatto da

Arch. Piercarlo Donati, con sede in via Alcide De Gasperi, n. 23 a Darfo Boario Terme (BS).

L'indagine è stata condotta in accordo a:

- *NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI* - D.M. del 17 gennaio 2018 del Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti, il Ministro dell'Interno ed il Capo del Dipartimento della Protezione Civile;
- *Componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio* - D.G.R. IX/2616 del 30/11/2011 e della D.G.R. X/6378 del 19/06/2017 (*Piano di governo del Territorio-Studio Geologico*).

La fase di indagine ha previsto la realizzazione di un accurato rilievo geologico condotto mediante il pedonamento delle aree e di un intorno significativo oltre alla consultazione di indagini geognostiche pregresse comprensive di:

- n. 1 Indagine sismica a rifrazione.

Nella fase di analisi sono stati valutati i risultati delle indagini e considerati gli aspetti vincolistici, gli elementi di pericolosità geologica dei siti, l'interferenza terreno/opera in progetto sulla base del quadro geologico ricostruito.

2 Ubicazione e quadro geologico

La Frazione CORTENDOLO di Edolo è posta a quota 890 m s.l.m. sul terrazzo morfologico presente lungo la porzione inferiore del versante sinistro della Valle dell'Ogliolo di Edolo. L'area cimiteriale è ubicata al margine orientale dell'abitato, a margine del fianco est della Chiesa Parrocchiale, a quota 892.5 m s.l.m.

Di seguito si riporta un estratto dell'Ortofoto AGEA 2018 reperita all'interno del Geoportale della Regione Lombardia con l'ubicazione delle aree.



2.1 Quadro geologico

In accordo con quanto riportato dalla *Carta Geologica d'Italia: Foglio n. 57 - Malonno* lungo il tratto di versante affiorano litotipi appartenenti all'**UNITÀ TETTONOMETAMORFICA DELL'APRICA (Quarziti - APQ)**, costituite da *quarziti* di colore grigio rosato, a mica chiara e clorite, organizzate in banchi di potenza da decametrica a ettometrica, intercalati con *micascisti* ricchi di quarzo. L'unità tettonometamorfica dell'Aprica è delimitata a nord dalla *Linea Insubrica*, lineamento tettonico di importanza regionale che separa il dominio Austroalpino a nord da quello Sudalpino a sud.

Il terrazzo morfologico sul quale sorge l'abitato di Cortenedolo è impostato in roccia: nei settori centrali del terrazzo è presente una coltre detritica di origine mista (glaciale, fluvioglaciale e colluviale, di vario spessore).

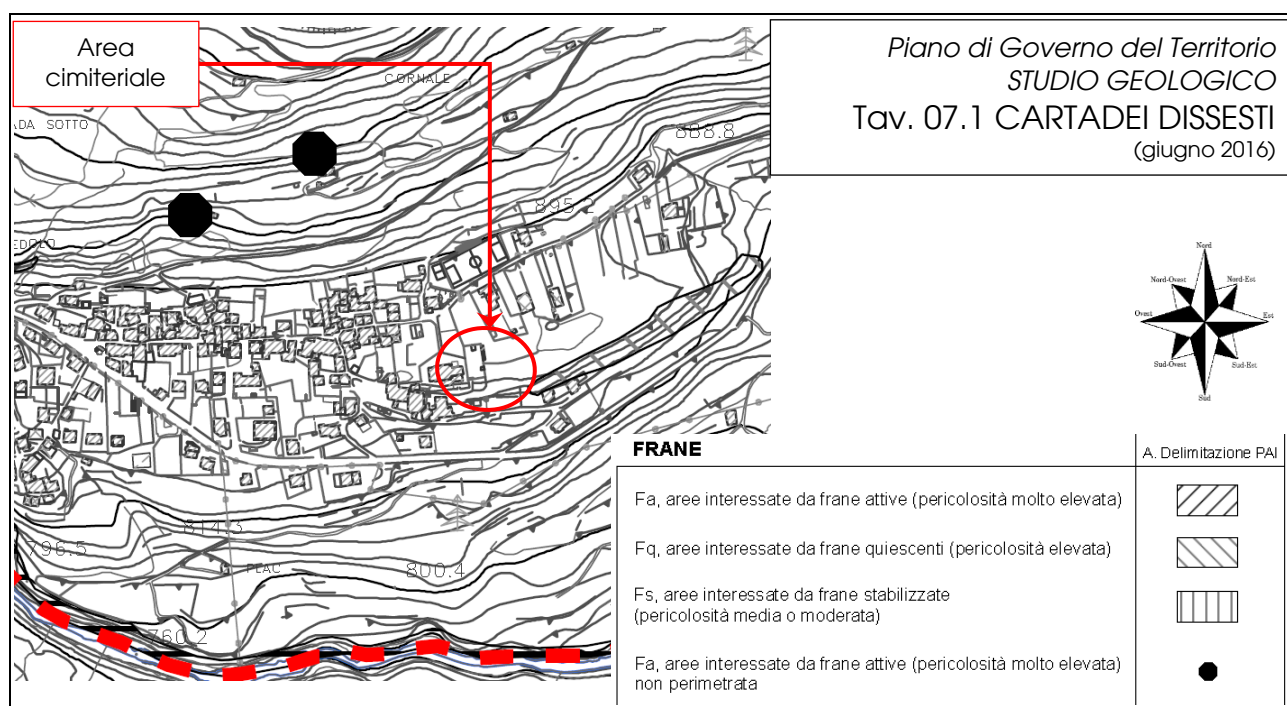
3 Aspetti geologici del Piano di Governo del Territorio

Il Comune di Edolo è dotato di studio geologico a supporto del Piano di Governo del Territorio, redatto nel giugno 2016 in accordo ai criteri della L.R. n. 41 e s.m.i. Lo studio è comprensivo della documentazione cartografica che illustra le criticità geologiche ed i vincoli presenti sul territorio comunale, quali la Carta del dissesto con legenda PAI, la Carta di Fattibilità geologica per le azioni di piano e la Carta della pericolosità sismica locale.

Per quanto riguarda gli aspetti inerenti alla perimetrazione del PGRA (Piano di Gestione del Rischio Alluvionamento), non inseriti nello studio geologico comunale, si è fatto riferimento alla documentazione contenuta all'interno del Geoportale della Regione Lombardia.

3.1 Carta dei dissesti PAI e PGRA

La tav. 07.1, CARTA DEI DISSESTI - EDOLO OVEST, redatta per l'intero territorio comunale (alla scala 1:10.000), indica le aree in cui è riconosciuto il potenziale pericolo per l'evoluzione di fenomeni morfologici quali: frane, trasporto in massa su conoidi, fenomeni torrentizi e valanghe.



Con riferimento alla CARTA DEI DISSESTI con legenda PAI, le aree interessate dall'intervento sono esterne alle perimetrazioni.

3.2 Piano di gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)

Il territorio del Comune di Edolo ricade in ambiti del Reticolo Collinare e Montano (RSCM): in tali ambiti il **PGRA 2015** ha recepito le perimetrazioni della pericolosità definite nel **PAI**.

Nelle mappe di pericolosità sono riportate le perimetrazioni delle aree allagabili definite come:

AREE P3/H aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti;

AREE P2/M aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti;

AREE P1/L aree potenzialmente interessate da alluvioni rare.

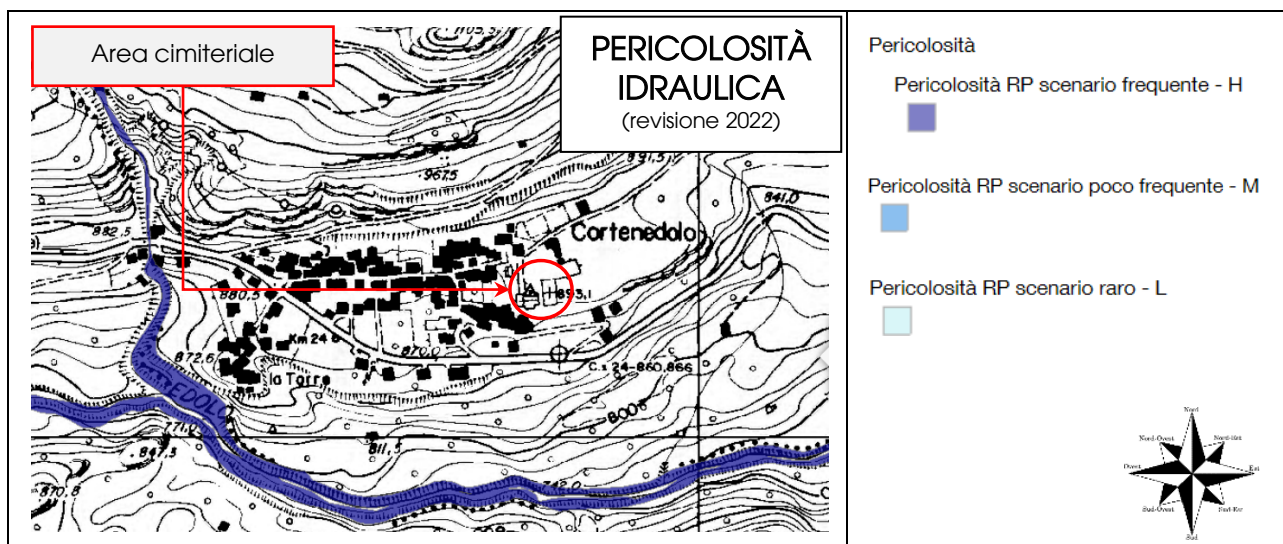
Per il territorio comunale di Edolo le aree allagabili sono riferire ad ambiti territoriali appartenenti al **Reticolo secondario collinare e montano (RSCM)** con distinzioni degli scenari secondo il seguente schema:

PGRA	AMBITO	SCENARI		
	RSCM Reticolo secondario collinare e montano	Aree potenzialmente interessate da alluvioni	H	frequenti
			M	poco frequenti
			L	rare

In accordo ai contenuti di Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza, ai sensi dell'art. 58 delle Norme di Attuazione del Piano stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI) del bacino del fiume Po così come integrate dalla Variante adottata in data 7 dicembre 2016 con Deliberazione n. 5 dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po, le mappe di pericolosità e rischio contenute nel PGRA rappresentano un aggiornamento e integrazione del quadro conoscitivo rappresentato negli Elaborati del PAI. Le perimetrazioni della pericolosità messe in evidenza nel PGRA sono coincidenti con quanto riportato nella Carta dei dissesti del PAI considerando le seguenti correlazioni fra le definizioni proposte:

PAI	Tipologia dei fenomeni idrogeologici	PGRA	Ambiti
	Esondazione di carattere torrentizio lungo le aste dei corsi d'acqua	RSCM Reticolo secondario collinare e montano	Aree potenzialmente interessate da alluvioni
	PERICOLOSITÀ		SCENARI
Ee	molto elevata	P3/H	frequenti
Eb	elevata	P2/M	poco frequenti
Em	media o moderata	P1/L	rare

Le aree oggetto d'intervento ricadono in aree RP scenario raro - L.

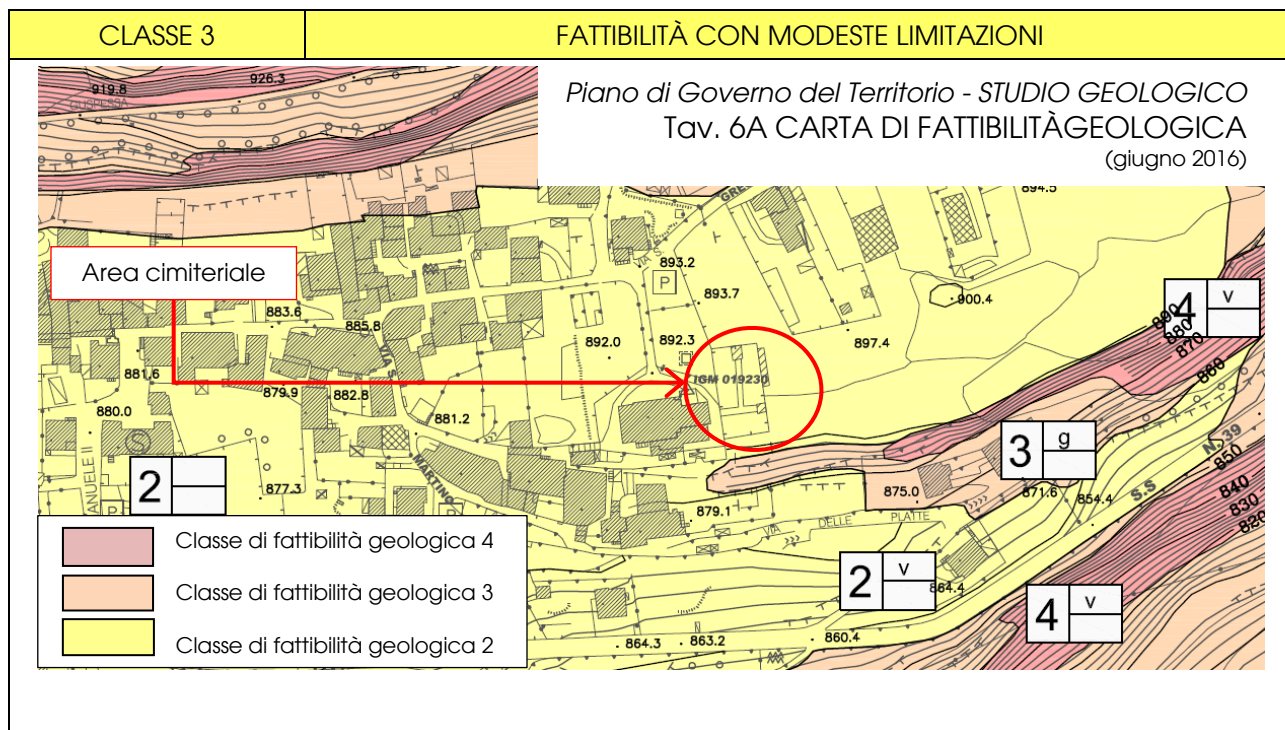


Nelle Mappe di rischio del PGRA le aree sono esterne alla perimetrazione.

Come indicato nel par. 3.1.4 - Disposizioni relative al Reticolo principale di pianura e di fondovalle (RP)/ per i corsi d'acqua GIÀ interessati nella pianificazione di bacino vigente dalla delimitazione delle fasce fluviali della DGR n. X/6738 del 19 Giugno 2017 Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del piano di gestione dei rischi di alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza, ai sensi dell'art.58 delle norme di attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del bacino del Fiume Po così come integrate dalla variante adottata in data 7 dicembre 2016 con del. n. 5 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po, le aree esondabili che sono già individuate nell'Elaborato 2 del PAI mantengono la normativa già vigente.

3.3 Fattibilità geologica per le azioni di piano

La fattibilità geologica per le azioni di piano è illustrata nella Tav. 6A alla scala 1:2.000, di cui di seguito si riporta un estratto sul quale è indicata l'area in oggetto.



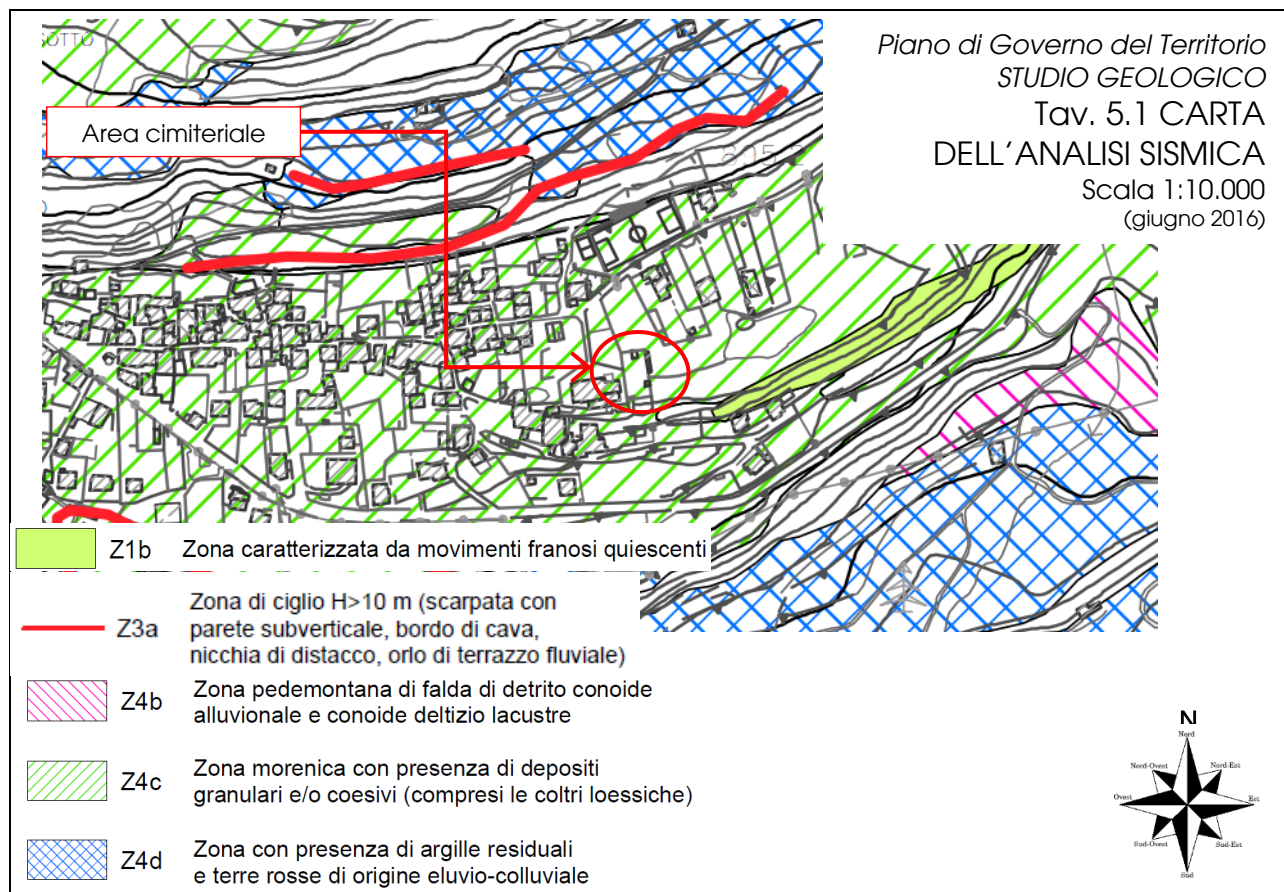
Le aree ricadono in **CLASSE DI FATTIBILITÀ 2** indicativa di ambiti di conoide a pericolosità bassa (CLASSE DI PERICOLOSITÀ H2) per il verificarsi di fenomeni di trasporto in massa.

Per tali ambiti, le NTA Geologiche riportano:

CLASSE 2 della fattibilità geologica
<p>FATTIBILITÀ CON MODESTE LIMITAZIONI D'USO - In questa classe ricadono le aree nelle quali sono state rilevate condizioni limitative alla modifica di destinazione d'uso dei terreni, per superare le quali si rende necessario realizzare approfondimenti di carattere geologico-tecnico e/o idrogeologico e/o idrologico, finalizzati alla realizzazione di eventuali opere di bonifica, ma comunque <u>relativi al singolo progetto</u>.</p> <p>Si tratta quindi di zone in cui la situazione geologica presenta un quadro leggermente problematico (relativamente alla tipologia di fenomeno osservata o in relazione alla posizione prossima ad aree problematiche) ma che con l'applicazione di opportuni accorgimenti e/o introducendo eventuali limitazioni possono essere utilizzate.</p> <p>Tale utilizzo presuppone l'effettuazione di accertamenti geologici per quanto limitati e finalizzati al singolo progetto edilizio o intervento.</p> <p>In queste aree è pertanto consentito realizzare nuove edificazioni di carattere edilizio e interventi, nel rispetto delle norme del Piano Regolatore Generale, con le eventuali imitazioni che verranno evidenziate nelle relazioni geologiche a supporto dei progetti.</p> <p>Questa classe comprende le aree con acclività fino a 25° per terreni e 35° per le <u>rocce</u>. Sono <u>comprese in questa classe le aree prossime alle scarpate morfologiche e ai versanti ripidi oggetto di potenziali fenomeni di instabilità</u>.</p>

3.4 Scenario di pericolosità sismica locale

I risultati dell'analisi sismica di 1° Livello condotta sul territorio comunale sono riportati nella Tav. 5.1
CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (PSL) - redatta alla scala 1:10.000.

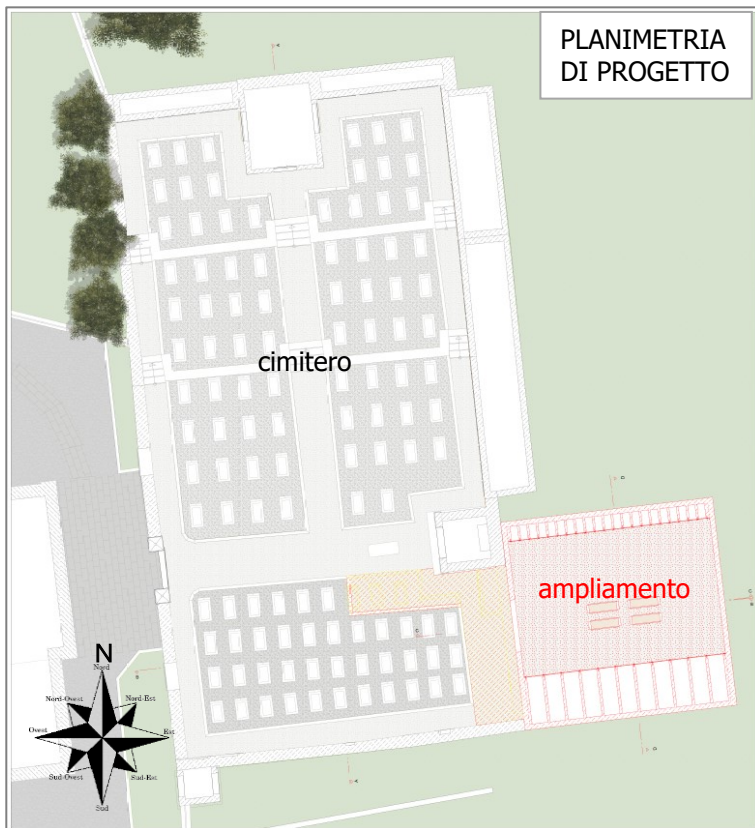


Le aree d'intervento sono comprese all'interno delle zone indicate come:

■ **Z4c** - *zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi* (compresi le coltri loessiche)
per le quali sono possibili amplificazioni stratigrafiche e geometriche.

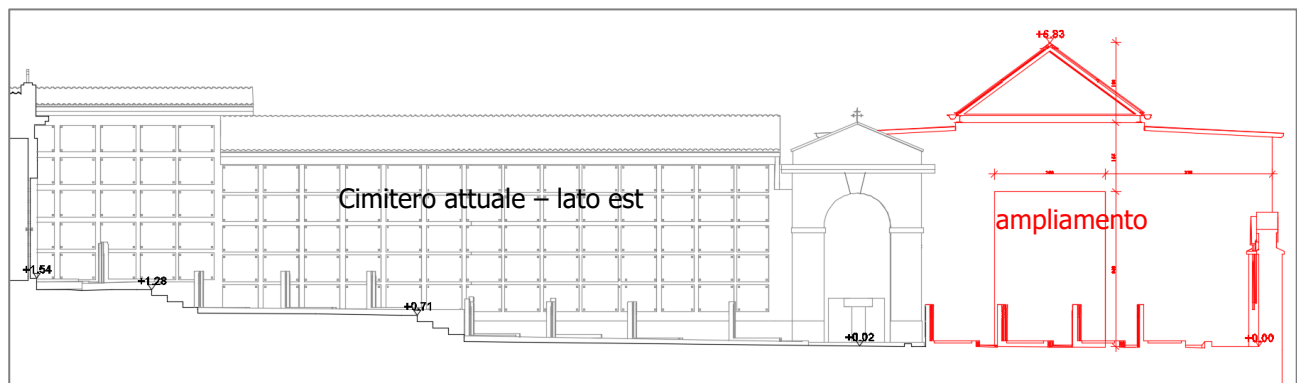
L'analisi di secondo livello per la valutazione dell'esistenza effettiva di amplificazioni litologiche è riportata nei paragrafi successivi, sulla base del profilo sismico desunto dall'indagine sismica a rifrazione realizzata in un settore poco più ad est e geologicamente rappresentativo delle aree in esame.

4 Sintesi degli interventi



Come indicato nella documentazione di progetto, l'ampliamento del cimitero comunale di Cortenedolo prevede la formazione di una nuova struttura che si sviluppa su pianta rettangolare occupando una superficie complessiva dell'ordine dei 100 m², da realizzare nel settore di sud-est in aderenza alla struttura attuale.

La struttura è rappresentata da una sorta di cappella coperta che ospiterà i loculi lungo i lati nord e sud raggiungendo un'altezza complessiva dell'ordine dei 5 m sui lati e dei 7 m in colmo.



Il piano di fondazione della nuova struttura è previsto a quota 893.4 s.l.m. con piano di calpestio coincidente con quello dell'area cimiteriale antistante.

In accordo alla morfologia dei terreni, la realizzazione dell'intervento comporta la formazione, nel settore più meridionale, di un livellamento con materiale detritico, sostenuto a valle da un muro in cls.

5 Aspetti geomorfologici di dettaglio

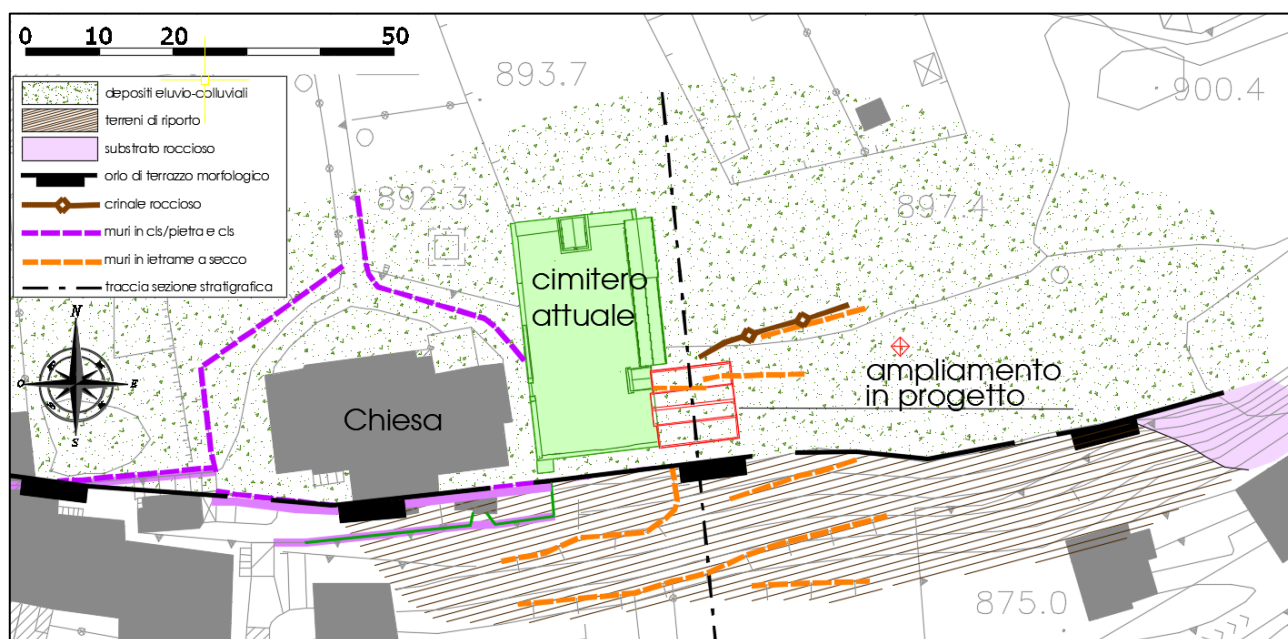
La frazione di Cortenedolo è posta su un terrazzo morfologico impostato direttamente in roccia la cui origine è da ricondurre sia all'attività glaciale che ai processi erosivi dei corsi d'acqua.

Il terrazzo è delimitato a S dalla scarpata che insiste sul Torrente Ogliolo e ad Ovest dalla forra del Torrente della Valle di Guspessa.

L'avvallamento che caratterizza il settore centrale del terrazzo (colmato da una coltre detritica di varia origine e spessore) ha asse parallelo alla asta torrentizia principale: la sua presenza può essere ricondotta sia all'azione erosiva glaciale sviluppata in preferenza in ambiti a maggior fratturazione sia all'assetto strutturale (banchi quarziti immergenti a N).

Il rilievo geologico condotto nelle aree ha permesso la ricostruzione del quadro geologico e geomorfologico del tratto di versante: gli aspetti principali sono riportati di seguito nella carta geologica, utilizzando come base cartografica la carta tecnica comunale alla scala 1:2.000.

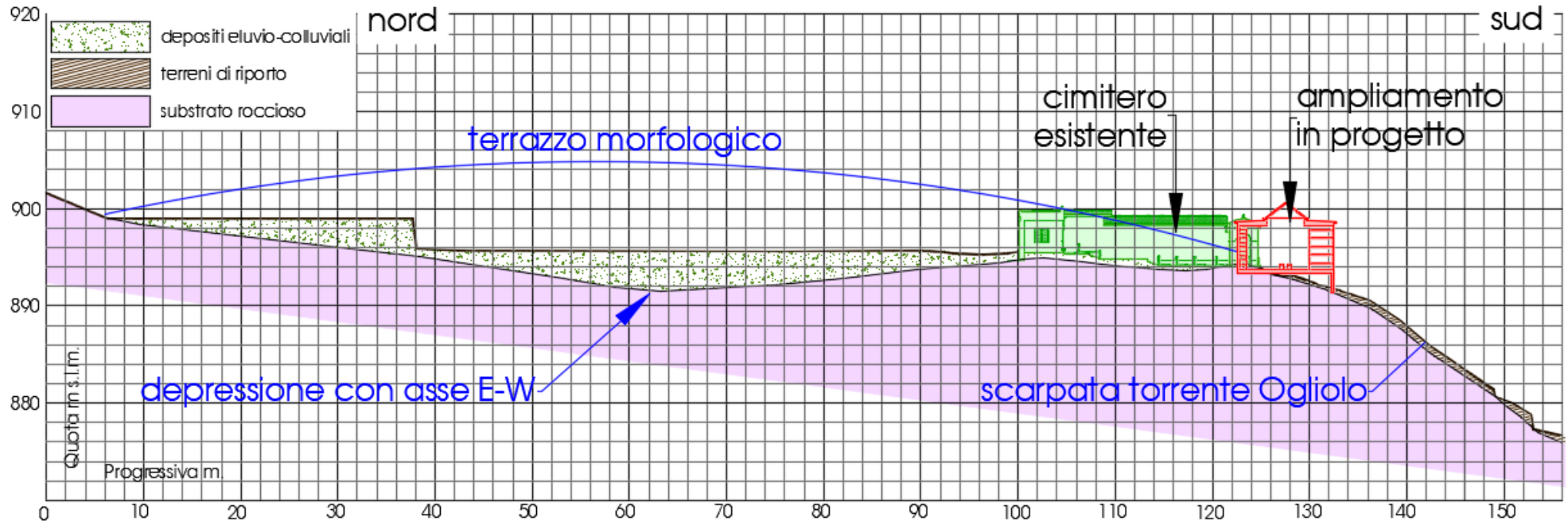
CARTA GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICA



Il settore d'intervento si colloca al margine Est abitato di Cortenedolo, in prossimità dell'orlo del terrazzo morfologico dove i terreni sciolti diffusi sulle aree pianeggianti del terrazzo sono sostituiti da terreni di riporto che mascherano il substrato roccioso.

Il rilievo geologico ha permesso di ricostruire il seguente quadro geologico stratigrafico.

SEZIONE STRATIGRAFICA





I terreni eluvio colluviali hanno potenza variabile da pochi decimetri in corrispondenza dell'orlo del terrazzo fino a raggiungere valori medi dell'ordine di 1-1.5 m spostandosi verso nord; nel settore centrale della depressione i depositi possono raggiungere valori massimi di 4-6 m.

Nel settore, ed in particolare nei pressi della Chiesa localmente affiora il substrato roccioso: alla base dei muri di sostegno il substrato è montonato, ossia liscio e modellato dal passaggio del ghiacciaio.

Immediatamente ad ovest, lungo la scala che collega il sagrato alle abitazioni poste a valle, è presente un esteso affioramento roccioso che prosegue in direzione ovest.



L'affioramento ha permesso di osservare le caratteristiche del substrato roccioso, rappresentato da litologie scistose di micascisto che immergono in direzione nord-nord-ovest con inclinazione variabile da 40 a 70°. L'affioramento presenta un medio-basso grado di fratturazione.

Il settore in esame è ubicato nel settore più esterno del terrazzo morfologico, a ridosso della scarpata che lo raccorda al fondovalle. Lungo la scarpata sono presenti degli antichi terrazzamenti agricoli realizzati con muri in pietrame a secco, oggi completamente abbandonati mentre, nel settore immediatamente ad ovest, in corrispondenza dei giardini dei fabbricati residenziali, i terrazzamenti sono stati sostituiti con muri in



calcestruzzo impostati direttamente nel substrato roccioso affiorante alla base degli stessi muri.

In accordo alle osservazioni di superficie si può ipotizzare come tutti i terrazzamenti siano impostati direttamente nel substrato roccioso e realizzati allo scopo di permettere la coltivazione del tratto di versante con la sistemazione di terreni di riporto adatti alle stesse colture.

Le aree poste a nord, sul terrazzo, sono invece caratterizzate da settori a ridotta acclività la cui continuità è interrotta da un crinale disposto est-ovest, parallelo all'orlo del terrazzo che lambisce l'area cimiteriale dove poi scompare.



Il crinale è impostato nel substrato roccioso subaffiorante sul lato meridionale dov'è presente anche un antico muro in pietrame a secco in evidente stato di abbandono.

Per quanto riguarda gli aspetti idrografici la Valle di Guspessa ad ovest e la valle di Polantico ad est del nucleo abitativo rappresentano i corsi d'acqua principali. Sul terrazzo morfologico non sono presenti linee di drenaggio superficiale. Le acque meteoriche tendono a scorrere in superficie per essere poi intercettate a drenante dalle strade che si sviluppano lungo il tratto di versante.

Per quanto riguarda gli aspetti idrogeologici si ipotizza la presenza di deflussi idrici, anche solo temporanei, all'interno della copertura detritica sciolta e sostenuti alla base dal regolite.

6 Criticità geologiche

Come indicato nella documentazione dello Studio Geologico a supporto del PGT (Tav. 3.1 Carta dei Vincoli e Tav. 06.A Carta della Fattibilità del 2016) nelle aree non sono evidenziate particolari problematiche geologiche.

Il rilievo geologico condotto mediante il pedonamento delle aree e di un intorno significativo ha evidenziato come il tratto di versante sia impostato nel substrato roccioso ricoperto da una coltre eluvio colluviale sciolta con potenza variabile da un minimo di 0.2 m in corrispondenza dell'orlo del terrazzo morfologico a qualche metro nel settore centrale. Il substrato affiora diffusamente a partire dal cambio di pendenza ed in particolare è ben visibile lungo i tagli stradali e alla base dei muri di sostegno del sagrato, rappresentato da litologie metamorfiche di micascisto da mediamente a fortemente fratturate.

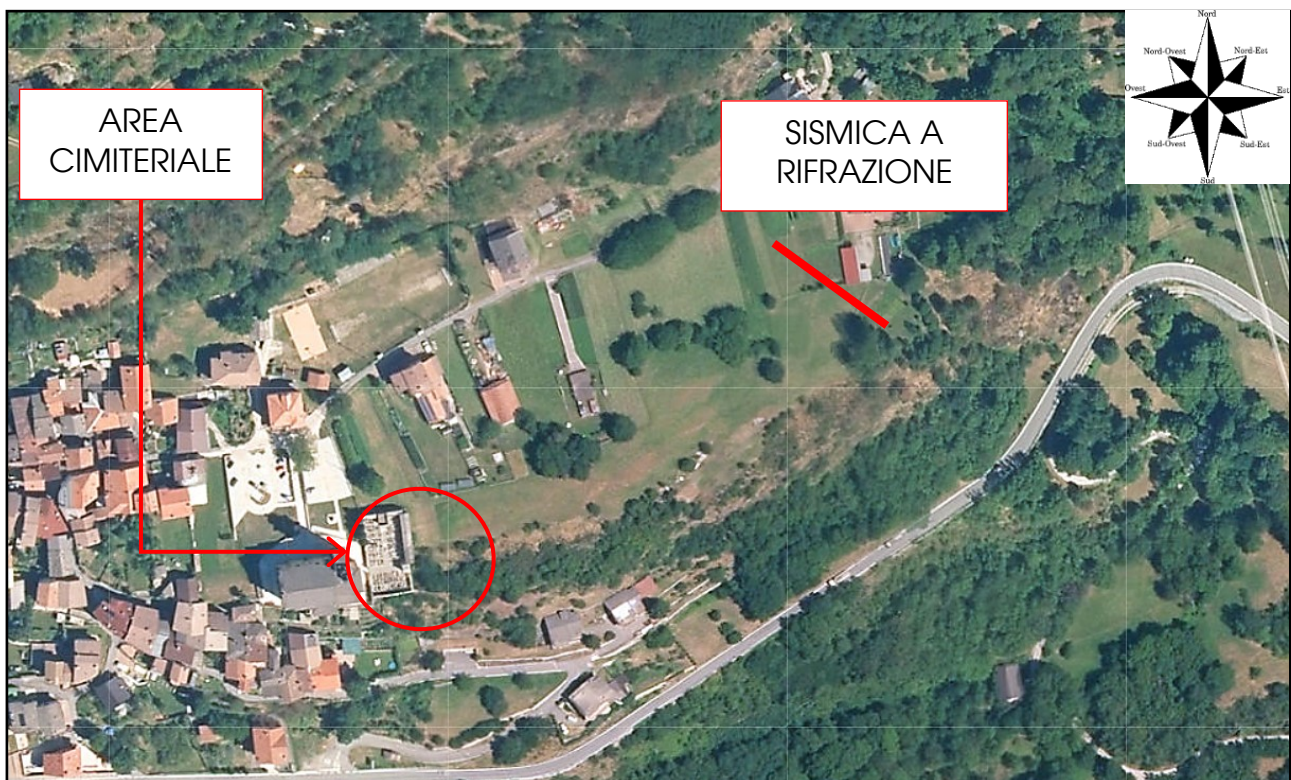
Nel complesso non sono state osservate condizioni geologiche limitanti la realizzazione delle opere in progetto.

7 Indagini geognostiche

Valutato il quadro geologico del settore nonché le caratteristiche tipologiche dell'intervento in progetto, l'attività d'indagine atta alla ricostruzione del quadro stratigrafico, geologico tecnico e sismico dei terreni presenti in sito ha previsto l'esecuzione di un rilievo geologico diretto mediante il pedonamento delle aree oltre alla raccolta di indagini pregresse comprensive di:

- n. indagine di sismica a rifrazione

L'ubicazione dell'indagine è indicata nella foto aerea riportata di seguito:



7.1 L'indagine di sismica a rifrazione

La prospezione sismica interpreta le modalità di propagazione delle onde elastiche nel semispazio: le onde si propagano nei corpi omogenei e tendono a rifrangersi e/o riflettersi su eventuali superfici di discontinuità.

Quando un'onda sismica incontra una superficie di separazione tra due mezzi con caratteristiche elastiche differenti, una parte dell'energia dell'onda si riflette nello stesso mezzo in cui si propaga l'onda incidente e una parte si rifrange nel mezzo sottostante. Le relazioni matematiche dei principi fisici della riflessione e rifrazione sono regolate dalle note leggi di Snell.

La condizione necessaria per la riflessione e la rifrazione di un raggio sismico è la variazione del parametro impedenza sismica fra i 2 mezzi separati dalla superficie di discontinuità. L'impedenza sismica si determina attraverso il prodotto tra la velocità di propagazione dell'onda nel mezzo per la

densità del materiale attraversato. Ogni litotipo è caratterizzato da una particolare velocità di propagazione, determinata sperimentalmente attraverso prove di laboratorio o in situ. La velocità di propagazione delle onde sismiche nelle rocce dipende essenzialmente dai parametri elastici che sono influenzati, a loro volta, da numerosi fattori quali, ad esempio, la densità, la porosità, la tessitura, il grado di alterazione e/o di fratturazione, la composizione mineralogica, la pressione, il contenuto di fluidi, ecc.

Questi parametri rendono piuttosto ampio il campo di variabilità della velocità per uno stesso litotipo. Per questo motivo, non sempre un orizzonte individuato con metodologie sismiche coincide con un orizzonte litologico. Un impulso generato da una sorgente sismica in superficie genera un treno d'onde sismiche di varia natura; in fase di acquisizione e di elaborazione è possibile analizzare onde sismiche di volume o di superficie, a seconda delle modalità con cui esse si propagano nel sottosuolo. Disponendo un certo numero di sensori (geofoni) sul terreno lungo uno stendimento sismico e osservando il tempo di percorrenza delle onde per giungere ai sensori, è possibile determinare la velocità di propagazione delle onde sismiche che attraversano i vari strati nel sottosuolo, consentendo una ricostruzione attendibile delle sue caratteristiche elastico-dinamiche.

Come è noto, le onde elastiche provocate da una vibrazione si trasmettono nel suolo con velocità differenti per ogni litotipo. Nella prospezione sismica a rifrazione si sfrutta la diversa velocità di propagazione delle onde longitudinali "onde P o di compressione e dilatazione" per determinare spessori e andamenti dei livelli presenti. La velocità di propagazione delle onde elastiche nel suolo è compresa tra larghi limiti, per lo stesso litotipo di roccia essa diminuisce col grado di alterazione, di fessurazione e/o di fratturazione, aumenta per contro con la profondità e l'età geologica. Sensibili differenze si possono avere, in rocce stratificate, tra le velocità rilevate lungo i piani di strato e quelle rilevate perpendicolarmente a questi. La velocità delle onde compressionali, diversamente da quelle trasversali che non si trasmettono nell'acqua, è fortemente influenzata dalla presenza della falda acquifera e dal grado di saturazione.

Questo comporta che anche litotipi differenti possano avere uguali velocità delle onde sismiche compressionali, ad esempio una roccia fortemente fratturata e del materiale detritico saturo possono avere la stessa velocità per cui non necessariamente l'interpretazione sismostratigrafica corrisponde alla reale situazione, per questo motivo è da associare ad altre indagini.

Il metodo sismico a rifrazione è soggetto inoltre alle seguenti limitazioni:

- un livello può essere evidenziato soltanto se la velocità di trasmissione delle onde longitudinali siano superiori a quella dei livelli soprastanti "effetto della inversione di velocità";
- un livello di spessore limitato rispetto al passo dei geofoni e alla sua profondità può non essere rilevabile;

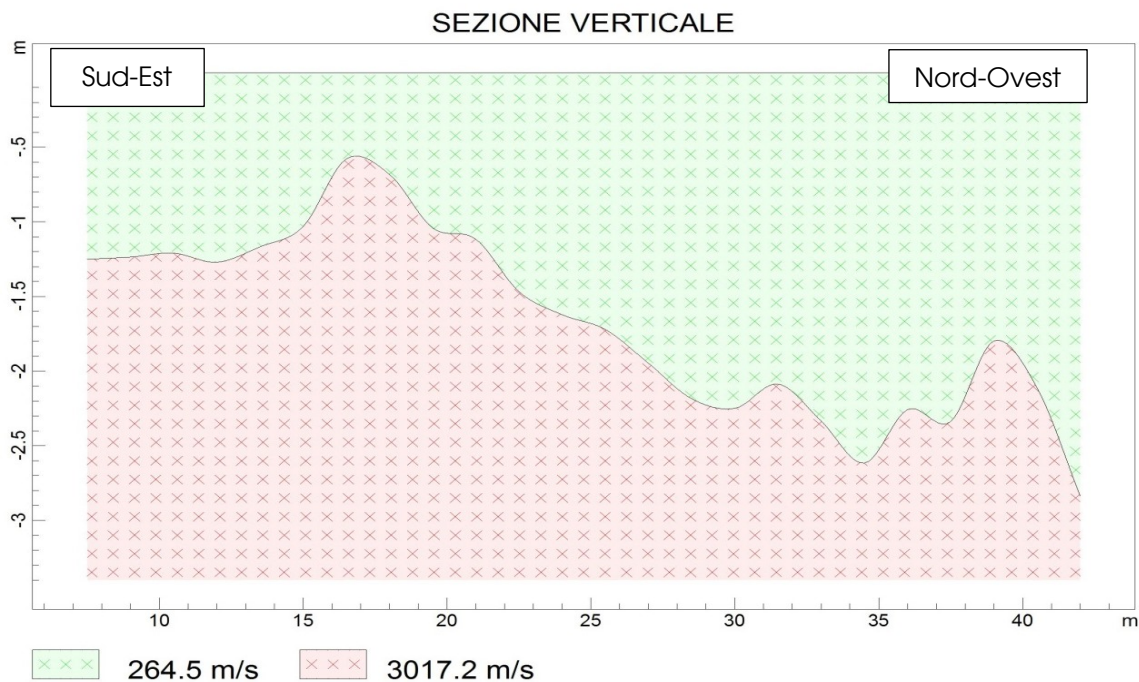
- un livello di velocità intermedia compreso tra uno strato sovrastante a velocità minore ed uno sottostante a velocità sensibilmente maggiore può non risultare rilevabile perché mascherato dagli arrivi dello strato sottostante "effetto dello strato nascosto e zona oscura";
- aumentando la spaziatura tra i geofoni aumenta la profondità di investigazione ma può ovviamente ridursi la precisione della determinazione della profondità dei limiti di passaggio tra i diversi livelli individuati.

Per contro i moderni metodi di elaborazione del dato sismico consentono di ricostruire la morfologia sepolta di più rifrattori sovrapposti, variamente accidentati e con velocità variabili lungo il profilo, anche in presenza di morfologia di superficie non piane: la buona precisione raggiungibile, specie se si dispone di sondaggi di taratura, consente talora di elevare la prospezione sismica da semplice valutazione qualitativa a valido supporto quantitativo dell'indagine geognostica.

7.1.1 Rappresentazione ed interpretazione dei risultati

I risultati dell'indagine sono illustrati nei seguenti diagrammi, nei quali sono indicati rispettivamente la profondità dei rifrattori e la ricostruita sezione stratigrafica ottenuta.

L'esame dei risultati ha permesso di riconoscere n. 2 orizzonti sismici, caratterizzati rispettivamente da velocità sismiche V_p pari a 264 m/s (orizzonte superficiale) e 3017 m/s (orizzonte inferiore).



In accordo al quadro geologico illustrato in precedenza, gli orizzonti sismici riconosciuti possono essere interpretati come segue:

- A) L'orizzonte superficiale, con spessori compresi fra 0.5 m e 3.0 m e velocità sismiche pari a 264.5 m/s, è riconducibile agli orizzonti costituiti da terreni sciolti;
- B) Le velocità sismiche $V_p = 3017$ m/s sono indicative della presenza di rocce metamorfiche da molto a mediamente fratturate.

Dalle velocità delle onde sismiche V_p , attraverso il coefficiente di Poisson (ν) è possibile valutare le V_s .

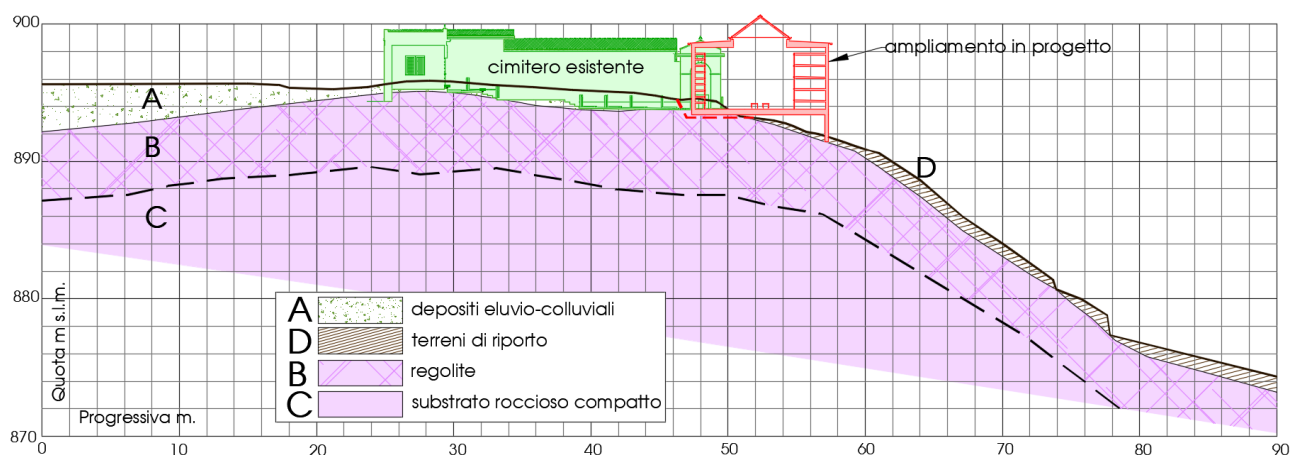
	Orizzonti	Sigla	Denominazione	Descrizione	Spessore (m)	V_p (m/s)	V_p/V_s (m/s)	ν	V_s (m/s)
TERRENI	1	A	Terreni	Sabbia e Ghiaia limoso argillosa	0.5 - 3.0	264	1.732	0.2	153
ROCCIA	2	B	Substrato roccioso	Micascisti e quarziti ad elevato grado di fratturazione	n.v.	3020	1.732	0.3	1620

8 Interpretazione dei risultati

Le correlazioni dei risultati dell'indagine progressa (sismica a rifrazione) al quadro geologico ha permesso di ricostruire il quadro stratigrafico del settore e la caratterizzazione geotecnica degli orizzonti riconosciuti.

8.1 Quadro stratigrafico

Il quadro stratigrafico all'altezza del sito in esame è riassunto nella seguente immagine ricostruita basandosi sulla carta tecnica comunale integrata dal rilievo strumentale fornito dal committente.



Il settore in esame è ubicato sul ciglio della scarpata che raccorda il terrazzo morfologico al fondovalle. Il terrazzo è impostato nel substrato roccioso (orizzonte B e C) che affiora localmente lungo la scarpata. Sul terrazzo sono presenti i depositi eluvio colluviali (orizzonte A) mentre lungo la scarpata prevalgono le coperture detritiche (orizzonte D) legate alle antiche attività agricole del settore.

La stratigrafia è riportata in modo schematico nella seguente tabella:

Orizzonte	Spessore m	Natura	Descrizione
A	0.0-1.5	Terreni di riporto	sabbia e ghiaia limo-argillosa non addensata
B	3-5	Substrato roccioso fratturato (regolite)	Micascisti da mediamente a molto fratturati
C	---	Substrato roccioso	micascisti
D	0.5-2.0	Terreni di riporto legati all'attività agricola	Ghiaia in abbondante matrice di sabbia limosa, con ciottoli. Sciolta

L'ampliamento cimiteriale, da realizzare in corrispondenza dell'orlo della scarpata, verrà fondato direttamente all'interno della regolite, ricoperto da una sottile coltre di terreni di riporto frammisti a quelli eluvio-colluviali.

All'interno della copertura non si esclude la presenza di deflussi idrici temporanei, legati all'infiltrazione delle acque meteoriche. E sostenuti alla base dal substrato roccioso/regolite.

I depositi superficiali e meno addensati possono essere sede di deflussi idrici anche concentrati, legati alle infiltrazioni delle acque superficiali negli orizzonti sabbiosi-ghiaiosi permeabili sciolti sostenuti alla base dal regolite.

9 Il modello geologico tecnico

Nei seguenti paragrafi è riportato il modello geologico tecnico del sito, con gli elementi stratigrafici e geotecnici desunti dalle indagini pregresse di riferimento.

9.1 Aspetti geologico tecnici

La stima dei parametri geotecnici degli orizzonti è stata condotta mediante correlazioni disponibili in letteratura che consentono valutazioni dei valori di N_{SPT} a partire dai valori delle velocità sismiche.

Tali valori sono stati successivamente utilizzati per esprimere:

- ϕ' angolo di attrito;
- c' coesione;
- γ' peso di volume;

In accordo con il quadro stratigrafico descritto nel paragrafo precedente, agli orizzonti riconosciuti sono associati i seguenti parametri geotecnici.

Orizzonte	Spessore m	Descrizione	γ' kN/m ³	γ_{sat} kN/m ³	ϕ (°)	c' kN/m ²
A	0.0-1.5	sabbia e ghiaia limo-argillosa non addensata	16.2	17.5	30-32	0.0
B	3-5	micascisti da mediamente a molto fratturati	27.3	28.0	40	30
C	---	micascisti	28.5	---	40	55
D	0.5-2.0	ghiaia in abbondante matrice di sabbia limosa, con ciottoli. Sciolta	17.5	18.0	32	0.0

9.2 Categoria di sottosuolo

In accordo con i contenuti delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018 e del paragrafo C 3.2.2 de "Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008", valutata la tipologia di intervento in progetto e le condizioni geologiche dei siti, la definizione della categoria di sottosuolo sismico è stata effettuata in base alle osservazioni di superficie, avvalorate dai risultati dell'indagine pregressa consultata: la categoria di suolo di fondazione è la seguente:

CATEGORIA DI SUOLO	
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>

10 Aspetti di pericolosità sismica

Come indicato nella *D.g.r. 11 luglio 2014 - n. X/2129 - Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r.1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)*, il Comune di Edolo ricade in ZONA SISMICA 3 con accelerazione massima su substrato rigido (a_{gmax}) pari a $0,069257 \text{ m/s}^2$ (con probabilità di superamento pari a 10% in 50 anni). Di seguito vengono riportati gli elementi di pericolosità sismica di sito e di progetto, in accordo con la normativa di riferimento.

10.1 La pericolosità sismica di base

Le opere da realizzare rientrano nella CLASSE II della classificazione d'uso delle costruzioni proposta dalla normativa, alla quale corrisponde un COEFFICIENTE D'USO (C_U) pari 1.0.

CLASSE D'USO II

Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali.

A tali tipologie di costruzione, in accordo con la tab. 2.4.I della Normativa di riferimento, è possibile attribuire un valore della VITA NOMINALE di $V_N = 50$ (anni). Il periodo di riferimento per l'azione sismica (P_{VR}) si ricava moltiplicando il valore della vita nominale (V_N) per il coefficiente d'uso (C_U), per cui:

CLASSE D'USO	COEFFICIENTE D'USO (C_U)	VITA NOMINALE (V_N)	PERIODO DI RIFERIMENTO DELL'AZIONE SISMICA (P_{VR})
Classe II	1.0	50 anni	50 anni

La pericolosità sismica di base viene espressa mediante i seguenti parametri:

a_g - accelerazione sismica massima di sito;

F_0 - valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro di accelerazione orizzontale;

T_C^* - periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro di accelerazione orizzontale.

Per ogni sito, in funzione del periodo di riferimento (P_{VR}), i valori di tali parametri sono riportati in normativa ed espressi nei termini di probabilità di accadimento a cui viene fatto corrispondere un determinato Stato Limite.

Parametri sismici su sito di riferimento

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno (anni)	a_g (m/s^2)	F_0 (-)	T_C^* (sec)
Operatività (SLO)	30	0.025	2.575	0.181
Danno (SLD)	50	0.031	2.603	0.200
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.062	2.717	0.290
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.076	2.764	0.305

10.2 Condizioni topografiche

Per la valutazione del coefficiente di amplificazione topografica, in relazione ai contenuti della normativa e ai significati del coefficiente, è stata considerata l'acclività delle aree in cui è prevista la realizzazione della struttura desunta dall'osservazione diretta dei siti e dall'analisi della Carta Tecnica Comunale alla scala 1:2.000 da cui è possibile attribuire agli ambiti un acclività media superiore a 15°. Il valore massimo del coefficiente di amplificazione (S_T) è stato pertanto considerato pari:

Cat.	Caratteristiche della superficie topografica	S_T
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1.2

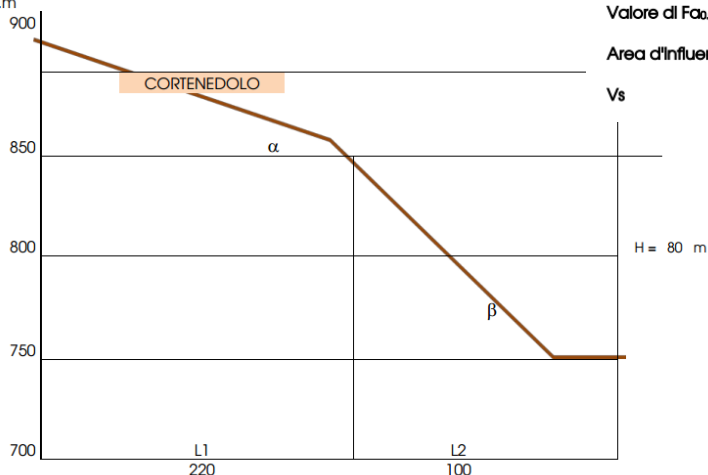
Come indicato nello studio geologico a supporto del PGT di Edolo, l'abitato di Cortenedolo sorge su un terrazzo morfologico impostato in roccia (con $V_s > 800$ m/s) delimitato da una ripida scarpata in roccia che insiste sull'alveo del Torrente Ogliolo; tale quadro morfologico corrisponde ad uno scenario sismico Z3a per il quale sono attesi effetti di amplificazione sismica.

Al fine di una valutazione della possibile amplificazione sismica non contemplata dalla normativa di riferimento, è stata applicata la metodologia proposta dalla normativa di riferimento che prevede il confronto degli elementi morfometrici di ambito con i dati riportati nella scheda di riferimento contenuta nella DGR n. IX/2616 del 30/11/2011 come segue:

EFFETTI MORFOLOGICI - SCARPATA - SCENARIO Z3a

Località: CORTENEDOLO

Quote
m. s.l.m.



$h/L1 = 0.18$ $\beta = 10.30^\circ$ Pendenza terrazzo
 $H/dL2 = 0.80$ $\alpha = 38.66^\circ$ Pendenza scarpata

Tipologia	SCARPATA IN PENDENZA	$\beta \leq 1/5\alpha$
Classe altimetrica		$H > 40$ m
Classe d'inclinazione		$20^\circ < \alpha \leq 40^\circ$
Valore di $F_{a0,1-0.5}$		1.2
Area d'influenza	$A = 2/3H =$	53.33 m
V_s	substrato affiorante	> 800 m/s

I risultati dell'applicazione del metodo consentono di affermare come per la porzione di terrazzo morfologico che si sviluppa fino ad una distanza di circa 60 m dal ciglio sia necessario considerare

il fattore di amplificazione topografica pari a 1.2 anche per singoli ambiti caratterizzati da pendenze inferiori a 15°. La valutazione conferma la validità della categoria topografica T3.

10.3 Categoria di sottosuolo

In accordo con i contenuti delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018 e del paragrafo C 3.2.2 de "Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008", valutata la tipologia di intervento in progetto e le condizioni geologiche dei siti, la definizione della categoria di sottosuolo sismico è stata effettuata in base alle condizioni stratigrafiche definite sulla base del rilievo geologico e delle indagini pregresse consultate, fra le quali un'indagine di sismica a rifrazione. La stratigrafia del sottosuolo può essere ricondotta alla seguente categoria di suolo:

CATEGORIA DI SUOLO	DESCRIZIONE
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>

10.4 Amplificazione stratigrafica

Per tale categoria di sottosuolo, la A, gli effetti di amplificazione stratigrafica indotti sono definiti dai rispettivi coefficienti S_s e C_c riportati nella tabella seguente:

Categoria di sottosuolo	S_s	C_c
A	1.00	1.00

Per tale categoria di sottosuolo, nel sito in esame, gli effetti di amplificazione stratigrafica e topografica indotti sono definiti dai rispetti coefficienti riportati nella tabella seguente.

	Suolo B			
	SLO	SLD	SLV	SLC
S_s	1.00	1.00	1.00	1.00
C_c	1.00	1.00	1.00	1.00
S_t	1.20	1.20	1.20	1.20
kh	0.006	0.007	0.015	0.018
kv	0.003	0.004	0.007	0.009
A_{max} (m/s ²)	0.297	0.366	0.734	0.893
Beta	0.200	0.200	0.200	0.200

10.5 Valutazione dei fenomeni di liquefazione

La verifica viene omessa poiché le opere saranno impostate nel substrato roccioso - categoria suolo di fondazione A.

11 Conclusioni

Nella presente relazione, redatta per conto dell'Amministrazione Comunale di Edolo (*Incarico assegnato con Determinazione n. 41 del 31/05/2022*), sono illustrati gli aspetti geologici, geologico-tecnici, idrogeologici degli ambiti interessati dal progetto

Cortenedolo/ AMPLIAMENTO CIMITERIALE

redatto da

Arch. Piercarlo Donati, con sede in via Alcide De Gasperi, n. 23 a Darfo Boario Terme (BS).

L'indagine, in accordo con i contenuti delle NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI (D.M. del 17 gennaio 2018 del Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti), ha previsto l'analisi dei vincoli di natura geologica esistenti sulle aree ed una valutazione degli elementi geologici limitanti mediante un rilievo diretto di terreno e l'analisi dei risultati di indagini geognostiche pregresse.

11.1 Vincoli geologici

Dall'esame della documentazione disponibile è emerso come le aree in esame:

- sono esterne alla perimetrazione PAI (Piano di Assetto Idrogeologico) e del PGRA (Piano di Gestione del Rischio di Alluvionamento);
- ricadano nella **CLASSE 2** della FATTIBILITÀ GEOLOGICA;
- rientrano nella **Zona Z4c** della Carta della Pericolosità Sismica (PSL).

11.2 Aspetti geologici ed idrogeologici salienti

In accordo a quanto emerso dalle valutazioni condotte, le aree sono contraddistinte dai seguenti aspetti geologici ed idrogeologici:

- ASPETTI IDROGEOLOGICI. Nelle aree in cui sorge il cimitero il substrato roccioso è sub-affiorante o mascherato da una coltre eluvio-colluviale con potenza variabile da pochi decimetri fino a valori massimi di 1-1.5. All'interno della copertura è possibile un deflusso, anche concentrato, legato alle infiltrazioni delle acque superficiali all'interno dei depositi permeabili, sostenuto alla base del regolite.
- ASPETTI IDROGRAFICI. Nelle aree non sono presenti impluvi: la non regimazione delle acque superficiali lungo il tratto di versante può determinare apporti idrici sul lato est del cimitero, ubicato al termine di un crinale in risalto morfologico. *Particolare cura dovrà essere posta dunque*

al mantenimento (e miglioramento) del drenaggio esistente a tergo delle opere murarie esistenti lungo il lato est del cimitero.

11.3 Considerazioni e consigli realizzativi

Dal punto di vista strettamente geologico non sussistono elementi limitanti la realizzazione dell'intervento.

Nel paragrafo 9 è illustrato il modello geologico e geologico tecnico desunto dalle attività d'indagine, sulla base del quale dovranno essere dimensionati gli interventi previsti.

Nel paragrafo 10 sono riportati gli elementi di pericolosità sismica del settore ottenuti in accordo allo studio geologico condotto nelle aree.

Alla luce dei risultati delle indagini svolte si riportano sinteticamente le seguenti indicazioni per la realizzazione degli interventi:

- le opere dovranno essere dimensionate e verificate attenendosi ai parametri geotecnici riportati e validi per gli orizzonti descritti. Per le fondazioni il suolo sismico di riferimento è il **SUOLO A**;
- in fase realizzativa devono essere asportati completamente i terreni eluvio-colluviali (orizzonte A) e l'eventuale terreno di riporto antropico posto lungo la scarpata (orizzonte D), impostando interamente il piano di fondazione nel substrato roccioso (orizzonte B o C);
- si consiglia la realizzazione di drenaggi a tergo delle opere di sostegno;
- le acque di scolo raccolte dovranno essere scaricate a valle evitando di concentrare il deflusso lungo le scarpate realizzando adeguate opere di dissipazione dei flussi per evitare erosioni della copertura detritica presente in loco;
- le opere di sostegno previste dovranno essere opportunamente dimensionate considerando il modello geologico tecnico ed idrogeologico illustrato nei paragrafi precedenti.

Dott. Geol. Gilberto Zaina

(documento firmato digitalmente)

Malonno (Brescia), settembre 2022