PROVINCIA DI BRESCIA
COMUNE DI PALAZZOLO SULL'OGLIO

RELAZIONE GEOLOGICA

Località:	VIA BERGAMO/ SP573 –25036 PALAZZOLO SULL'OGLIO (BS)
Committente	IMPRESA MILESI GEOM SERGIO SRL VIA MOLINARA, 5 24060 GORLAGO (BG)
Data	21/07/2022
Riferimenti	Rel. 107_2022
Il Tecnico	DOTT. GEOLOGO PAOLO GRIMALDI

INDICE

1. PREMESSA 3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO 3
3. STUDI E INDAGINI DI RIFERIMENTO 3
3.1 DATI BIBLIOGRAFICI 3
4. RELAZIONE GEOLOGICA 4
4.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E UBICAZIONE DEL SITO 4
4.2 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA 4
4.3 FATTIBILITÀ GEOLOGICA - VINCOLI 4
4.4 IDROGEOLOGIA 6
4.4.1 ACQUA NEL SOTTOSUOLO 6
4.4.2 PERMEABILITÀ 7
4.5 SISMICITÀ DELL'AREA 8
4.5.1 DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA SISMICA DEI SUOLI – SCENARIO DI PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE 8
4.5.2 ANALISI DI PRIMO E DI SECONDO LIVELLO 8
4.5.3 AZIONE SISMICA 9
5. LIQUEFAZIONE DEI TERRENI 14
6. CONCLUSIONI RELAZIONE GEOLOGICA 15
7. ALLEGATI 15

1. PREMESSA

La presente relazione geologica si riferisce ad un'area collocata nel Comune di Palazzolo (BS), in Via Bergamo/ SP573, dove trova ubicazione l'ex cava di Palosco, una volta sede di diverse attività estrattive e ad oggi dismessa.

L'ubicazione di tale zona si può riscontrare nella corografia riportata in ***Allegato 1***.

Il documento è organizzato nelle seguenti parti:

a) **Descrizione delle indagini dirette e indirette effettuate nel sito:** viene riportata la descrizione delle indagini effettuate sul sito e del materiale bibliografico esistente consultato al fine di ricavare i dati tecnici necessari per gli approfondimenti di tipo geologico, geotecnico, idrogeologico e sismico.

b) **Relazione geologica:** contiene la caratterizzazione geologica, idrogeologica e sismica del sito oggetto di indagine, e ha l'obiettivo di indicare la sussistenza di controindicazioni, dal punto di vista geologico generale alla realizzazione del progetto che si intende realizzare nella zona in esame. L'analisi geologico-sismica si è basata su sopralluoghi in sito, sulla valutazione di dati esistenti in letteratura, sull'esecuzione di specifiche indagini.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- **Decreto ministeriale 17.01.2018** – Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni"
- **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici** – Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007
- **Eurocodice 8 (1998) – Indicazioni progettuali per la resistenza fisica alle strutture.** Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)
- **Eurocodice 7.1** (1997) – Progettazione geotecnica – Parte I: regole Generali – UNI
- **Eurocodice 7.2** (2002) – Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002) - UNI
- **Eurocodice 7.3** (2002) – Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita con prove in sito (2002) – UN

3. STUDI E INDAGINI DI RIFERIMENTO

3.1 DATI BIBLIOGRAFICI

Per approfondire in modo dettagliato le conoscenze geologiche, idrogeologiche e sismiche del sito, sono state consultate le seguenti fonti bibliografiche e sitografiche:

- Studio Geologico del territorio Comunale a supporto del PGT di Palazzolo sull'Oglio;
- Geoportale della Regione Lombardia.

4. RELAZIONE GEOLOGICA

4.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E UBICAZIONE DEL SITO

La zona oggetto della presente relazione, riscontrabile sulla corografia riportata in ***allegato 1,*** è situata in corrispondenza della parte occidentale del Territorio comunale di Palazzolo ubicata completamente all'esterno del centro abitato del territorio comunale stesso. La zona nello specifico si trova in corrispondenza del limite orientale del territorio comunale del Comune di Palosco. Il sito oggetto di indagine si presenta non edificato per gran parte della sua superficie, caratterizzato dalla presenza di una vecchia cava una volta sede di varie attività estrattive e che ora si presenta abbandonata.

Al sito si accede attraverso la viabilità ordinaria del Comune.

4.2 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

L'attuale assetto geomorfologico dell'ambito geografico del territorio in esame è il risultato dell'effetto combinato di alterne vicende. Per quanto riguarda il Comune di Palazzolo sull'Oglio e di Palosco le caratteristiche morfologiche sono strettamente legate all'azione delle acque correnti che hanno eroso, rimaneggiato e depositato i materiali.

Per quanto riguarda il territorio comunale di Palazzolo si può definire che presenta una morfologia tipica della piana fluvioglaciale caratterizzata da un sistema di terrazzi che degradano verso la valle del Fiume Oglio e che si aprono a ventaglio verso sud. Le superfici dei terrazzi sono delimitate da scarpate di erosione che quando presentano pendenze elevate risultano spesso boscate. Sono inoltre riconoscibili alcune aree allungate leggermente ribassate che corrispondono ad antichi percorsi di un paleoOglio: il più significativo è quello situato a nord dell'abitato di Palazzolo.

Il territorio comunale di Palosco è caratterizzato dalla convergenza del Fiume Cherio e del Fiume Oglio quindi l'intero territorio è intensamente interessato dalle dinamiche fluviali che nel tempo hanno portato alla formazione di diversi terrazzi fluviali separati da diverse scarpate erosionali che degradano verso l'alveo attuale del Fiume Oglio e del Fiume Cherio.

Con riferimento alle carte geologiche riportate negli studi geologici, redatti a supporto della pianificazione comunale, stralcio in ***allegato 2***, si evince che, per quanto riguarda il territorio comunale di Palazzolo sull'Oglio, l'area di indagine è impostata su un'unità stratigrafica denominata **Complesso di Palazzolo** dato da depositi fluvioglaciali costituiti da ghiaie a matrice sabbiosa con ciottoli arrotondati e subarrotondati a diametro massimo osservato pari a 40 cm che presentano una grossolana stratificazione sub orizzontale con strati e lenti sabbiosi e limi sommitali di esondazione.. Per quanto riguarda il territorio comunale di Palosco si evince che l'area è impostata su un'unità stratigrafica denominata **Unità di Palosco (Pleistocene superiore)** costituita da depositi fluvioglaciali corrispondenti a ghiaie a supporto clastico con ciottoli arrotondati a limi e sabbie di overbank da massivi e laminati. La superficie limite superiore è caratterizzata da alfisuoli con spessore massimo osservato di 1,6 metri. Non c'è presenza di copertura loessica.

È da evidenziare che nonostante le carte geologiche indichino che il nuovo progetto venga edificato sulle unità precedentemente presentate, non bisogna dimenticare che la zona corrispondente ad una ex cava ormai esausta e caratterizzata nel tempo da diverse attività estrattive, verrà riempita da materiale per uno spessore di circa 20,00 metri di cui non si hanno conoscenze preliminari per quanto riguarda i parametri geologici e geotecnici.

4.3 FATTIBILITÀ GEOLOGICA - VINCOLI

Con riferimento alla carta di fattibilità geologica riportata negli studi geologici redatto a supporto della pianificazione comunale di Palazzolo sull'Oglio, (stralcio in ***allegato 3)*** si evince che la zona è classificata in **classe di fattibilità 3- Fattibilità con consistenti limitazioni.**

All'interno delle aree definite in classe 3 sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopo edificatorio e/o alla modifica della destinazione d'uso per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa oppure per l'entità e la natura dei rischi individuati e/o per la presenza di consistenti vincoli.

L'utilizzo di queste zone sarà subordinato alla relazione di supplementi d'indagine per acquisire una maggior conoscenza idrogeologica o del potenziale inquinamento dei suoli, idraulica, geotecnica o ambientale dell'area e del suo immediato intorno. L'approfondimento tecnico per le aree ricadenti nella classe 3 dovrà essere attuato grazie all'esecuzione di studi tematici e specifici di varia natura mediante campagne geognostiche, prove in sito e di laboratorio e/o verifiche idrauliche.

Rispetto alle aree con modeste limitazioni alla fattibilità geologica, quelle rientranti nella suddetta classe presentano maggiori problematiche, pertanto le indagini dovranno essere di maggior dettaglio di quelle prescritte per le precedenti classi di fattibilità e le limitazioni saranno maggiormente vincolanti. In caso di ampliamento areale e/o volumetrico di edifici già esistenti dovranno essere effettuate opportune indagini atte a supportare le scelte progettuali nonché la realizzazione di eventuali opere di difesa, di sistemazione idrogeologica, di interventi mitigazione degli effetti negativi indotti dall'intervento proposto. Qualora ne emergesse la necessità, dovranno essere inoltre predisposti idonei sistemi di monitoraggio geologico che permettano di tenere sotto controllo l'evoluzione di fenomeni in atto, potenziali o indotti.

Vale nella fattispecie la **classe di fattibilità 3f per il territorio comunale di Palazzolo sull'Oglio** per la realizzazione di insediamenti potenzialmente idroinquinanti. La loro realizzazione è subordinata all'effettuazione di un'indagine idrogeologica di dettaglio che accerti la compatibilità dell'intervento con lo stato di vulnerabilità delle risorse idriche sotterranee e sia apposite prescrizioni sulle modalità di attuazione degli interventi stessi.

Con riferimento alla carta dei vincoli riportata nello studio geologico del territorio comunale di Palazzolo sull'Oglio si evince la presenza di un vincolo in quanto la zona di indagine rientra in una zona definita ambito territoriale estrattivo ATEg06

Con riferimento al Piano di gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) è possibile notare che la zona rientra per una parte molto limitata nelle aree di pericolosità idraulica definite dal Piano in quanto il compendio di interesse è caratterizzato da zone classificate in classi di pericolosità a scenario frequente (H) e a scenario poco frequente (M) per il reticolo secondario collinare e montano.

Con riferimento al Piano per l'Assetto idrogeologico (PAI) si nota in prossimità del luogo in esame la presenza di zone a pericolosità molto elevata per fenomeni di esondazione (Ee) e aree a pericolosità media o moderata (Em).

Figura 1: Estratto carta PGRA per l'area in esame

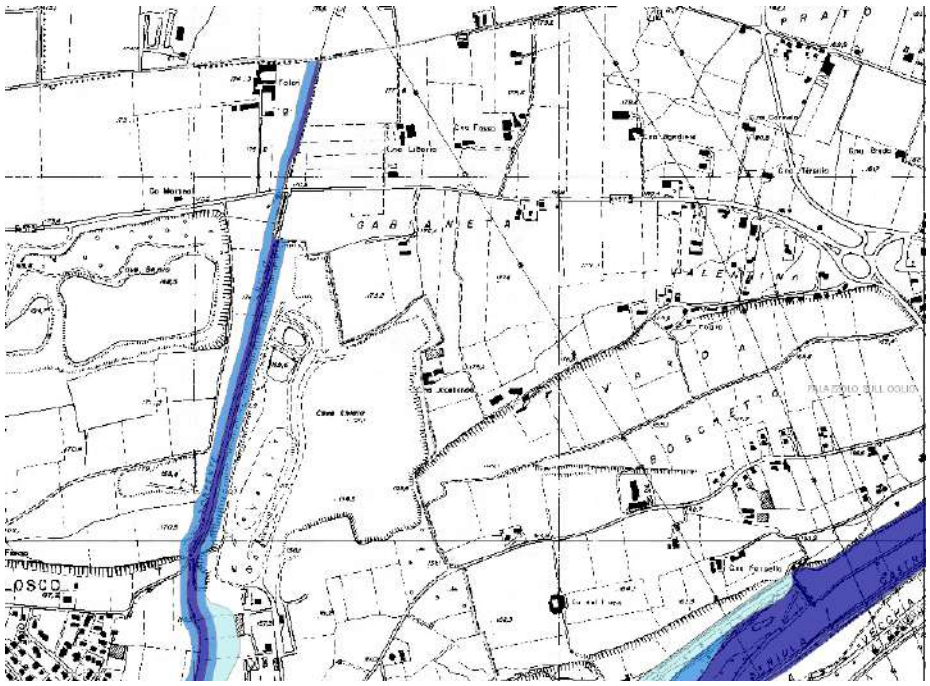
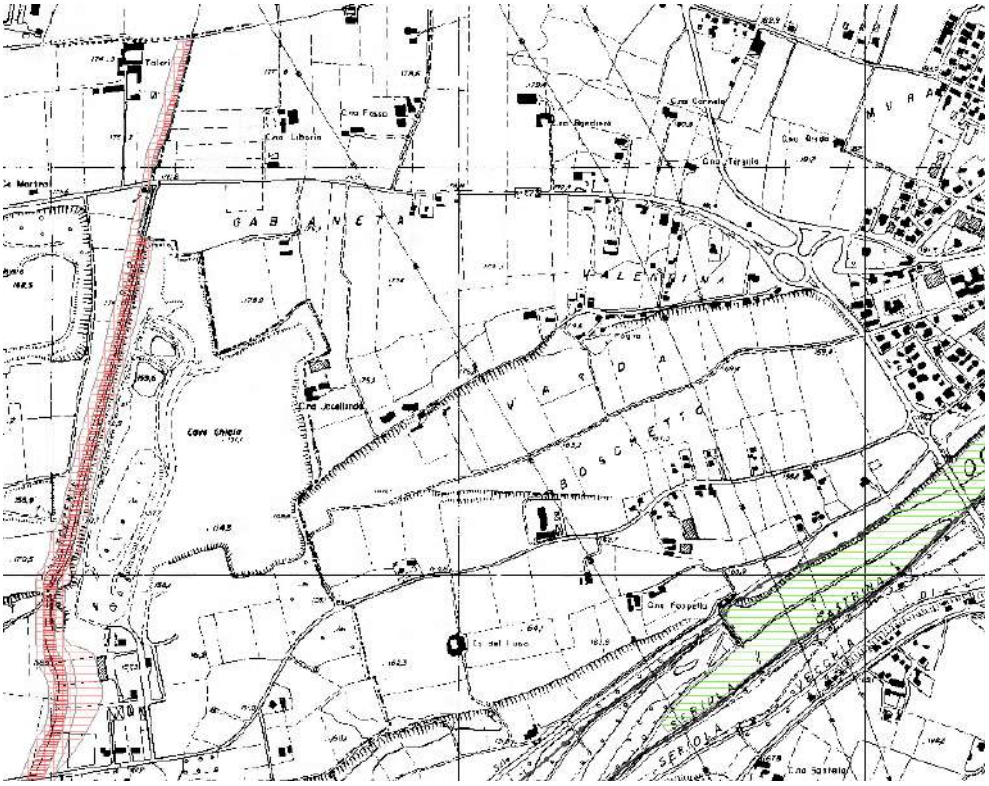


Figura 2: Estratto carta PAI per la zona in esame



4.4 IDROGEOLOGIA

4.4.1 ACQUA NEL SOTTOSUOLO

Le informazioni reperite dagli studi geologici generali, effettuati dall'amministrazione comunale di Palazzolo sull'Oglio, a supporto della pianificazione urbanistica del territorio evidenziano una profondità della superficie piezometrica che sostanzialmente non interferisce con le quote di imposta delle fondazioni.

Il Territorio comunale ricade nel bacino idrogeologico della Pianura proglaciale ad alimentazione alpina. Gli acquiferi che svolgono efficacemente le funzioni di serbatoio e di condotta per le acque sotterranee si estendono dalla superficie del piano campagna fino al contatto stratigrafico tra le successioni clastiche post-messiniane e le successioni terrigene marine del Quaternario. In particolare, i depositi argillosi e limosi (appartenenti a successioni clastiche post-messiniane; litozona Argillosa del Pliocene - Pleistocene inferiore), sedimentati durante la fase trasgressiva del pliocene rappresentano l'acquitardo basale, ovvero quell'insieme di depositi impermeabili che estendendosi nel sottosuolo della pianura padana costituiscono in limite inferiore della circolazione idrica sotterranea dei cosiddetti acquiferi utili. Le successioni terrigene marine (Litozona Sabbioso-argillosa) e continentali (Litozona Ghiaioso sabbiosa) del quaternario, che giacciono in posizione superiore, costituiscono invece il complesso sistema di serbatoi idrici del bacino idrogeologico della Pianura padana. Gli acquiferi utili ad uso idropotabile ed agricolo-industriale si estendono invece, nell'area in esame, dal piano campagna fino alle quote di -100 ÷ -150 metri s.l.m.

Dal punto di vista idrogeologico il territorio in esame è caratterizzato dalla presenza di depositi grossolani rappresentati da ghiaia e sabbia con ciottoli che a partire da 10-15 metri di profondità risultano più o meno cementati fino a passare a conglomerati compatti o fessurati con intercalazioni di lenti prevalentemente ghiaioso e ghiaioso-sabbiose e argillose. I depositi ghiaiosi- conglomeratici si spingono fino a 115- 130 metri di profondità dopodiché compaiono livelli argillosi caratterizzati da spessori ragguardevoli e con contenuti di torba.

L'acquifero ghiaioso sabbioso conglomeratico contiene una falda multistrato, la presenza di orizzonti a minore permeabilità costituiti da livelli a granulometria fine e da conglomerati determina un deflusso preferenziale dell'acqua nei litotipi più permeabili e di conseguenza la circolazione idrica si sviluppa prevalentemente in livelli sovrapposti. Il livello acquifero più superficiale contiene una falda libera mentre in profondità la presenza di banchi o di lenti a minore permeabilità costituiti da conglomerati compatti o da livelli limoso- argillosi può determinare la formazione di livelli acquiferi confinati e semiconfinate. Si ritiene che i livelli siano in parte tra loro intercomunicanti, in quanto gli orizzonti a bassa permeabilità non sembrano estesi e continui a tal punto da separare completamente gli acquiferi. Di conseguenza i livelli acquiferi contenuti

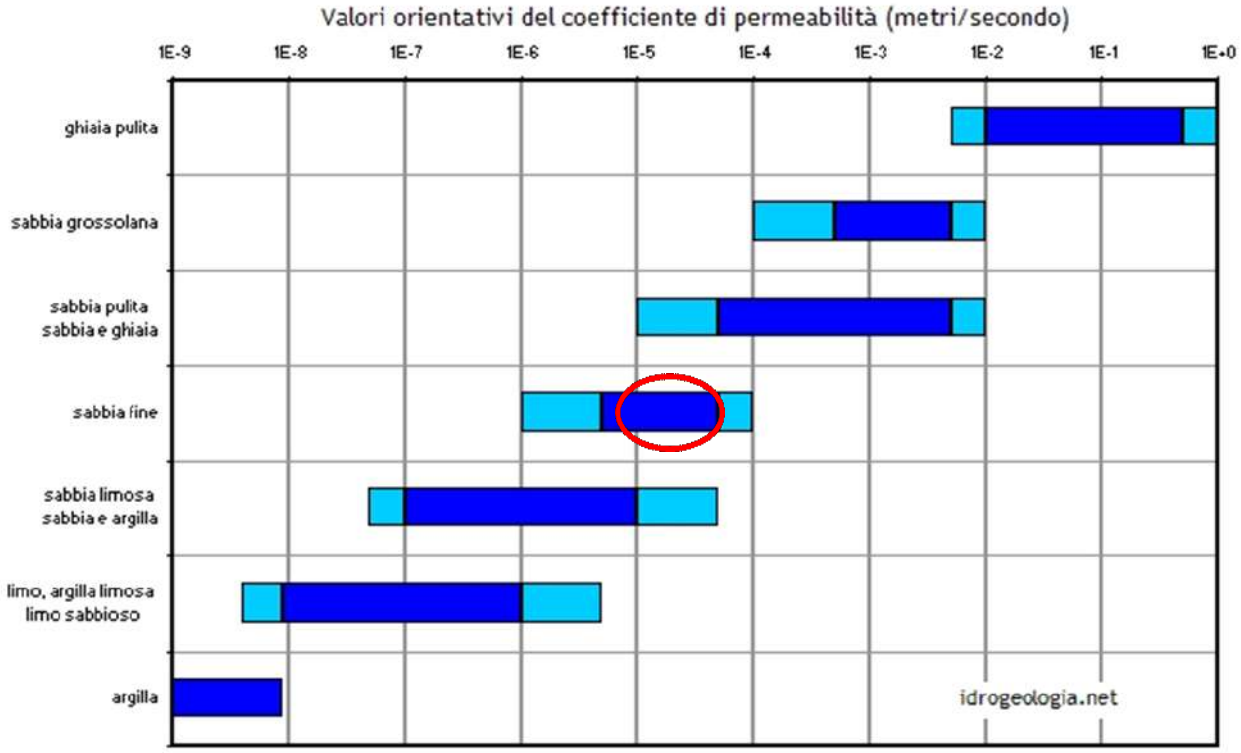
nell'unità ghiaiosa- sabbioso- conglomeratica possono essere ricondotti ad un'unica circolazione idrica sotterranea.

Con riferimento alla carta Idrogeologica, per il sito in esame, è possibile determinare che la superficie piezometrica della falda freatica si attesta ad una quota media pari a 144 m s.l.m. che rapportato alla quota media del piano di campagna rinvenuta nella zona di indagine, pari a circa 155 m s.l.m. a cava esaurita, determina una profondità complessiva della falda pari a circa - 11,00 metri di profondità. Presenta invece una quota media di 175 m s.l.m. a cava completamente riempita che rapportato alla superficie a cui si attesta la falda freatica (144 m s.l.m.) determina una profondità complessiva della falda pari a 31,00 metri di profondità.

4.4.2 PERMEABILITÀ

Con riferimento alla granulometria prevalente dei terreni superficiali riscontrata nelle indagini precedentemente commentate, e in riferimento alla figura di seguito riportata la permeabilità dei terreni superficiali si può definire **media** (da 10^{-5} a 10^{-4} m/sec).

Figura 3: Permeabilità dei terreni



4.5 SISMICITÀ DELL'AREA

4.5.1 DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA SISMICA DEI SUOLI – SCENARIO DI PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

Sulla base dei risultati delle indagini geofisiche disponibili per il territorio di Palazzolo sull'Oglio, nonché in considerazione della litologia prevalente riscontrabile sul luogo, dal punto di vista sismico il sottosuolo viene classificato come riportato in cornice rossa nell'elenco seguente:

- ***A - 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***.***
- ***B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti*** caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,eq compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
- ***C- Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti*** con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,eq compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
- ***D - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti*** con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,eq compresi tra 100 m/s e 180 m/s.
- ***E - Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D***, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Le valutazioni di seguito effettuate consentiranno di definire la categoria di sottosuolo da adottare per la progettazione delle opere.

4.5.2 ANALISI DI PRIMO E DI SECONDO LIVELLO

La pericolosità sismica locale, riferita al sito in questione, è stata definita dallo studio geologico a supporto del territorio comunale, con classificazione secondo lo scenario **Z4b**, terreni di zona di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi, l'effetto atteso nei confronti delle onde sismiche è quindi quello di una amplificazione litologica. Nel caso specifico della zona di indagine vale anche la classificazione secondo lo scenario **Z2**, che definisce la presenza di zone caratterizzate da scadenti caratteristiche geotecniche dei terreni, l'effetto atteso nei confronti delle onde sismiche è quello di cedimento o liquefazione. Si veda a tal proposito l'estratto della carta della pericolosità sismica riportata in ***allegato 4***.

È da evidenziare che tutte le considerazioni fatte finora e le analisi di secondo e di terzo livello sono solo delle supposizioni in quanto per l'attuazione del piano di recupero l'area della ex cava dovrà essere ripristinata e riempita di materiale e terreno del quale però non si conoscono le origini e la natura il che non rende possibile fare delle considerazioni sulle eventuali proprietà geologiche e geotecniche che caratterizzano il materiale.

Lo scenario di pericolosità Z4a prevede l'esecuzione dell'analisi di secondo livello per la quantificazione degli effetti di amplificazione sismica mentre lo scenario di pericolosità Z2 prevede il passaggio diretto al terzo livello di approfondimento per una valutazione quantitativa delle aree soggette a fenomeni di liquefazione e/o cedimenti. Per l'ambito di indagine devono essere eseguiti sia il secondo che il terzo livello di approfondimento.

Lo studio geologico a supporto della pianificazione territoriale di Palazzolo sull'Oglio ha effettuato l'analisi di 2° livello sull'intero territorio comunale per quanto riguarda lo scenario di amplificazione litologica, arrivando a concludere che:

1) Il fattore di amplificazione ricavato per l'intervallo 0,1÷0,5 s è pari a 1,5 e risulta **inferiore al rispettivo valore soglia per i terreni di categoria B (1,7), anche considerando un incremento di 0,1:** la normativa è pertanto da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito.
2) Il fattore di amplificazione ricavato per l'intervallo 0,5÷1,5 s è pari a 1,2 e risulta **inferiore al rispettivo valore soglia per i terreni di categoria B (1,5), anche considerando un incremento di 0,1:** la normativa è pertanto da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito.

In applicazione dei disposti normativi stabiliti dalla Regione Lombardia per la progettazione:

si potrà utilizzare lo spettro relativo al suolo di categoria B nel caso di costruzioni basse, regolari e piuttosto rigide e anche nel caso di costruzioni alte e flessibili.

4.5.3 AZIONE SISMICA

Dal punto di vista sismico il territorio di Palazzolo sull'Oglio è classificato in classe sismica 3.

L'accelerazione massima Agmax prevista sul territorio comunale di Palazzolo sull'Oglio, secondo quanto riportato nella DGR 11 luglio 2014 n. X/2129, è pari a 0,136522

La pericolosità sismica di un'area è definita in termini di:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
- T^*_C periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Ai sensi delle NTC 2018 la determinazione delle azioni sismiche deve essere determinata sito per sito facendo riferimento ai valori di accelerazione sismica di base riportati nell'allegato B del D.M. con riferimento a una griglia con lato pari a circa 10 km che ricopre tutto il territorio nazionale con tempi di ritorno compresi tra 30 e 2745 anni.

Di seguito si procede all'individuazione del sito con indicazione delle coordinate dei vertici della maglia della griglia di riferimento.

Sito in esame

latitudine:	45,597564
longitudine:	9,852065
Classe:	2
Vita nominale:	50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 11826	Lat: 45,5801	Lon: 9,8512	Distanza: 1938,654
Sito 2	ID: 11827	Lat: 45,5823	Lon: 9,9224	Distanza: 5732,624
Sito 3	ID: 11605	Lat: 45,6322	Lon: 9,9194	Distanza: 6502,367
Sito 4	ID: 11604	Lat: 45,6301	Lon: 9,8481	Distanza: 3630,010

Il passo successivo è la definizione del periodo di riferimento dell'azione sismica V_R, il quale, ai sensi del punto 2.4.3 delle NTC 2018 è definito come

$$V_R = V_N * C_U$$

V_N è la vita nominale di un'opera strutturale da intendersi come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta a manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata. Si riporta la tabella 2.4.1. delle NTC 2018 con indicazione della vita nominale per diversi tipi di opere.

TIPI DI COSTRUZIONE		VN
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	⩽ 10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	⩾50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	⩾100

Per le costruzioni in esame si considera una Vn⩾50 anni

Il termine C_U indica le classi d'uso di seguito riportate, come da punto 2.4.2 delle NTC

- **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 CU è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella Tab. 2.4.II. delle NTC 2018

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1	1,5	2,0

Per l'opera in esame si considera una classe d'uso II avente coefficiente C_U pari a 1: il periodo di riferimento per l'opera in esame risulta pari a 50 anni.

Sulla base di quanto sopra riportato, utilizzando i software Geostru e *Spettri NTC Ver.1.7.0.*, si sono determinati i parametri di azione a_g, F_o e T^*_c per i periodi di ritorno T_r associati a ciascuno Stato Limite e gli spettri elastici di riferimento per i diversi stati limite.

Si evidenzia che ai fini delle NTC 2018 le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido, con superficie topografica orizzontale (categoria T1);
- ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente Se(T), con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento VR.

La tabella 3.2.1. delle NTC 2018, di seguito riportata, evidenzia le probabilità di superamento P_{VR} cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati

Stati limite		**PVR: Probabilità di superamento nel periodo riferimento V_R**
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Sulla base dei parametri precedentemente riportati vengono calcolati gli spettri di risposta elastici di riferimento per i vari Stati Limiti che si provvede a riportare.

Parametri sismici
Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 50anni
Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):
Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 30 [anni]
ag: 0,037 g
Fo: 2,423
Tc*: 0,207 [s]

Danno (SLD):
Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 50 [anni]
ag: 0,049 g
Fo: 2,376
Tc*: 0,231 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento:	10	%
Tr:	475	[anni]
ag:	0,134 g	
Fo:	2,447	
Tc*:	0,271	[s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento:	5	%
Tr:	975	[anni]
ag:	0,172 g	
Fo:	2,486	
Tc*:	0,281	[s]

Coefficienti Sismici

SLO:

Ss:	1,200
Cc:	1,510
St:	1,000
Kh:	0,009
Kv:	0,004
Amax:	0,432
Beta:	0,200

SLD:

Ss:	1,200
Cc:	1,470
St:	1,000
Kh:	0,012
Kv:	0,006
Amax:	0,580
Beta:	0,200

SLV:

Ss:	1,200
Cc:	1,430
St:	1,000
Kh:	0,039
Kv:	0,019
Amax:	1,577
Beta:	0,240

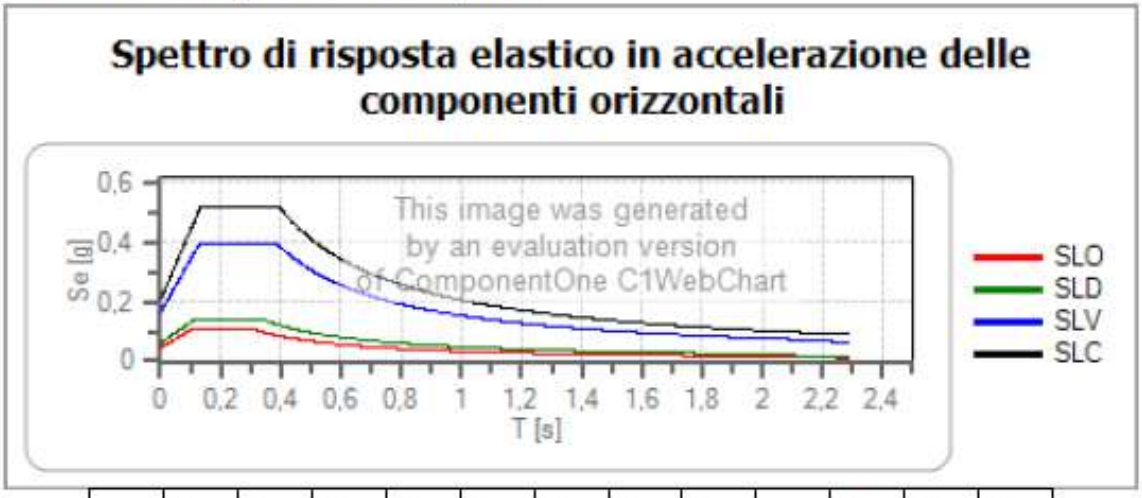
SLC:

Ss:	1,200
Cc:	1,420
St:	1,000
Kh:	0,050
Kv:	0,025
Amax:	2,024
Beta:	0,240

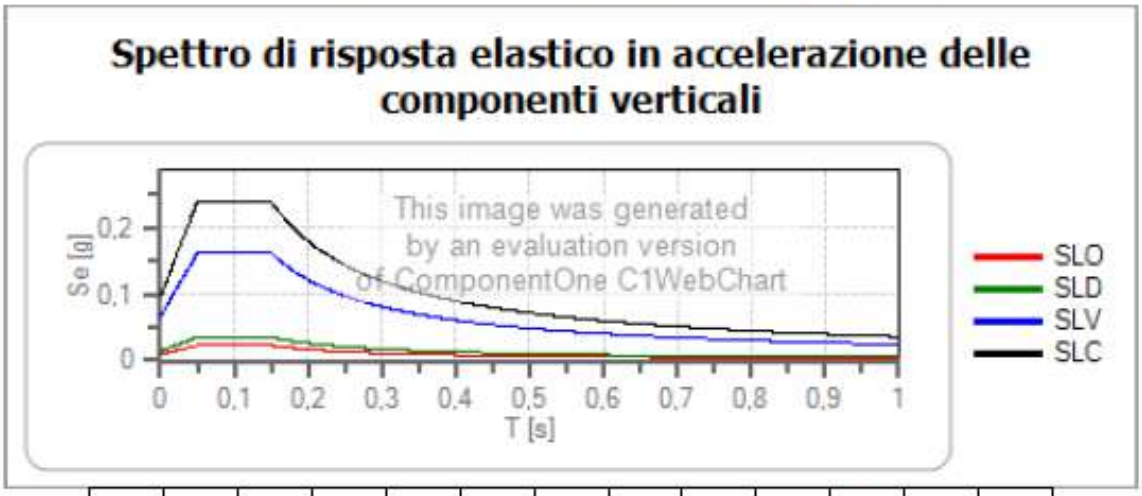
Figura 4 - Spettri di risposta

Spettri di risposta

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali e verticali
Coefficiente di smorzamento viscoso = 5 %
Fattore che altera lo spettro elastico = 1,000



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1	0,037	2,423	0,207	1,200	1,510	1,000	1,200	1,000	0,104	0,313	1,747
SLD	1	0,049	2,376	0,231	1,200	1,470	1,000	1,200	1,000	0,113	0,340	1,797
SLV	1	0,134	2,447	0,271	1,200	1,430	1,000	1,200	1,000	0,129	0,388	2,136
SLC	1	0,172	2,486	0,281	1,200	1,420	1,000	1,200	1,000	0,133	0,398	2,288



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1	0,037	2,423	0,207	1,000	1,510	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLD	1	0,049	2,376	0,231	1,000	1,470	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLV	1	0,134	2,447	0,271	1,000	1,430	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLC	1	0,172	2,486	0,281	1,000	1,420	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000

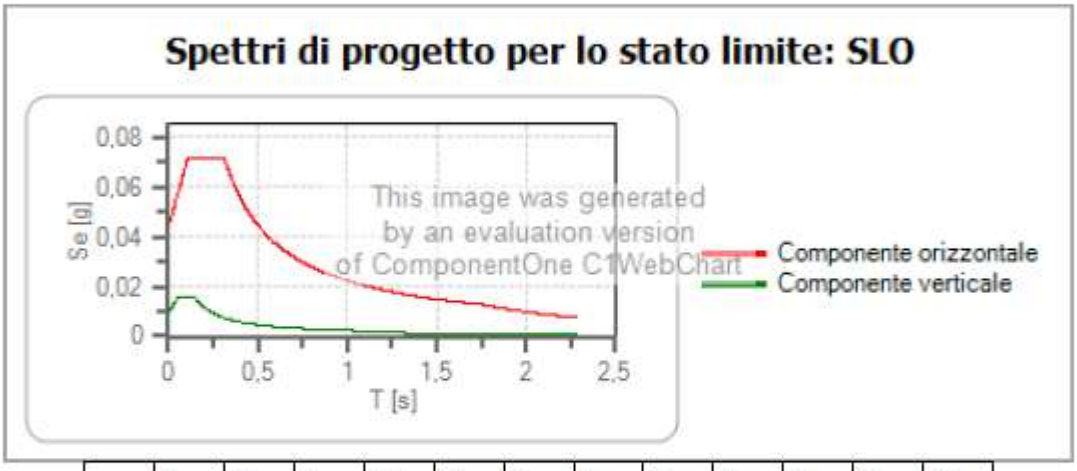
Spettro di progetto
Coefficiente di struttura q per lo spettro orizzontale = 1.5

per lo spettro orizzontale = 0,667

Coefficiente di struttura q per lo spettro verticale = 1.5

per lo spettro verticale = 0,667

Stato limite: SLO



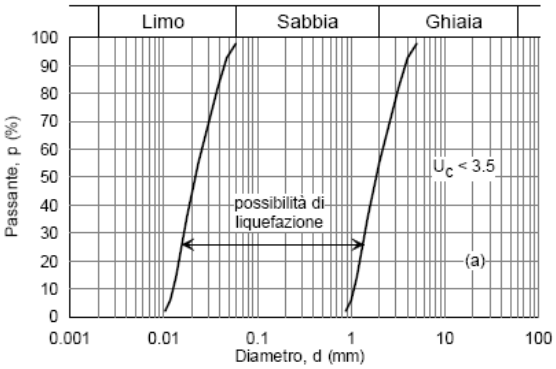
	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO orizzontale	1	0,037	2,423	0,207	1,200	1,510	1,000	1,200	1,500	0,104	0,313	1,747
SLO verticale	1	0,037	2,423	0,207	1,200	1,510	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000

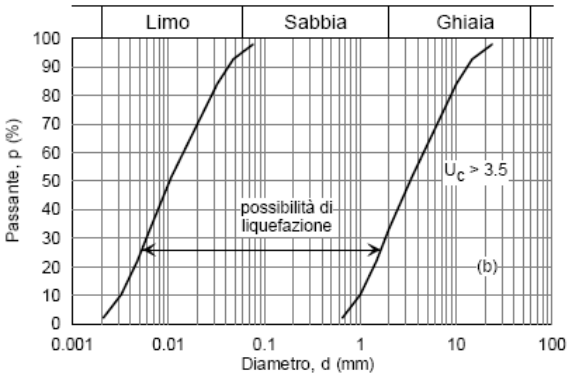
5. LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

La normativa prevede per il sito in esame l'approfondimento di 3° livello conseguente all'eventuale presenza di depositi liquefacibili in corrispondenza di eventi sismici; in effetti le caratteristiche litologiche dei sedimenti presenti non ancora note e la possibilità di liquefazione dei terreni in corrispondenza di un terremoto non sono del tutto prevedibili, il fenomeno della liquefazione risulta particolarmente pericoloso in quanto determina l'annullamento degli sforzi efficaci con sprofondamento e collasso delle strutture impostate su tali depositi.

Si evidenzia comunque che, ai sensi del punto 7.11.3.4.2 delle NTC 2018 la verifica a liquefazione può essere omessa quando **si manifesti almeno una delle seguenti circostanze**:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata (N1)60 > 30 oppure qc1N > 180 dove (N1)60 è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc1N è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc < 3,5 ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc > 3,5. (le figure non vengono riportate e sono comunque individuabili al punto 7.11.3.4.2 delle NTC 2008).





Ricorre per la zona in esame le condizioni di cui al punto 2 relativamente alla profondità della falda riferita al piano di campagna raggiunto a cava completamente ripristinata e riempita: è possibile quindi omettere la verifica della liquefazione dei terreni.

6. CONCLUSIONI RELAZIONE GEOLOGICA

Di seguito si riassumono i contenuti della relazione

CLASSE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA	**Classe di fattibilità 3 – Fattibilità con consistenti limitazioni.**
VINCOLI	**Ambito estrattivo ATEg06**
LIVELLO DELLA SUPERFICIE PIEZOMETRICA	**Inferiore a - 31,00 metri dal p.c. a cava completamente ripristinata e -11,00 metri dal p.c. a cava escavata, non interferente in entrambi i casi con il piano di posa delle fondazioni.**
PERMEABILITA' DEI TERRENI	**Media: K da 10^{-5} a 10^{-4} m/sec**
PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE	**Z4a - amplificazione litologica** **Z2- Liquefazioni e cedimenti**
CATEGORIA SISMICA TERRENI	**Categoria sismica di suolo B dopo esecuzione analisi di secondo livello**
PROBLEMATICHE RISCONTRATE	☐ **Geologiche** ☐ **Geomorfologiche** ☐ **Sismiche** ☐ **Idrogeologiche (bassa soggiacenza della falda)** ☒ **Idrauliche** ☐ **Geotecniche (terreni di scadenti qualità tecniche)** ☐ **Nessuna**

In relazione a quanto esposto, tenendo conto delle considerazioni e delle analisi svolte, non si rilevano elementi geologici ostativi alla realizzazione del progetto previsto. Sono fatte salve le prescrizioni e gli adempimenti di cui al D.M. 17 gennaio 2018 (Norme Tecniche per le costruzioni).

7. ALLEGATI

ALL. 1 COROGRAFIA

ALL. 2 CARTA GEOLOGICA

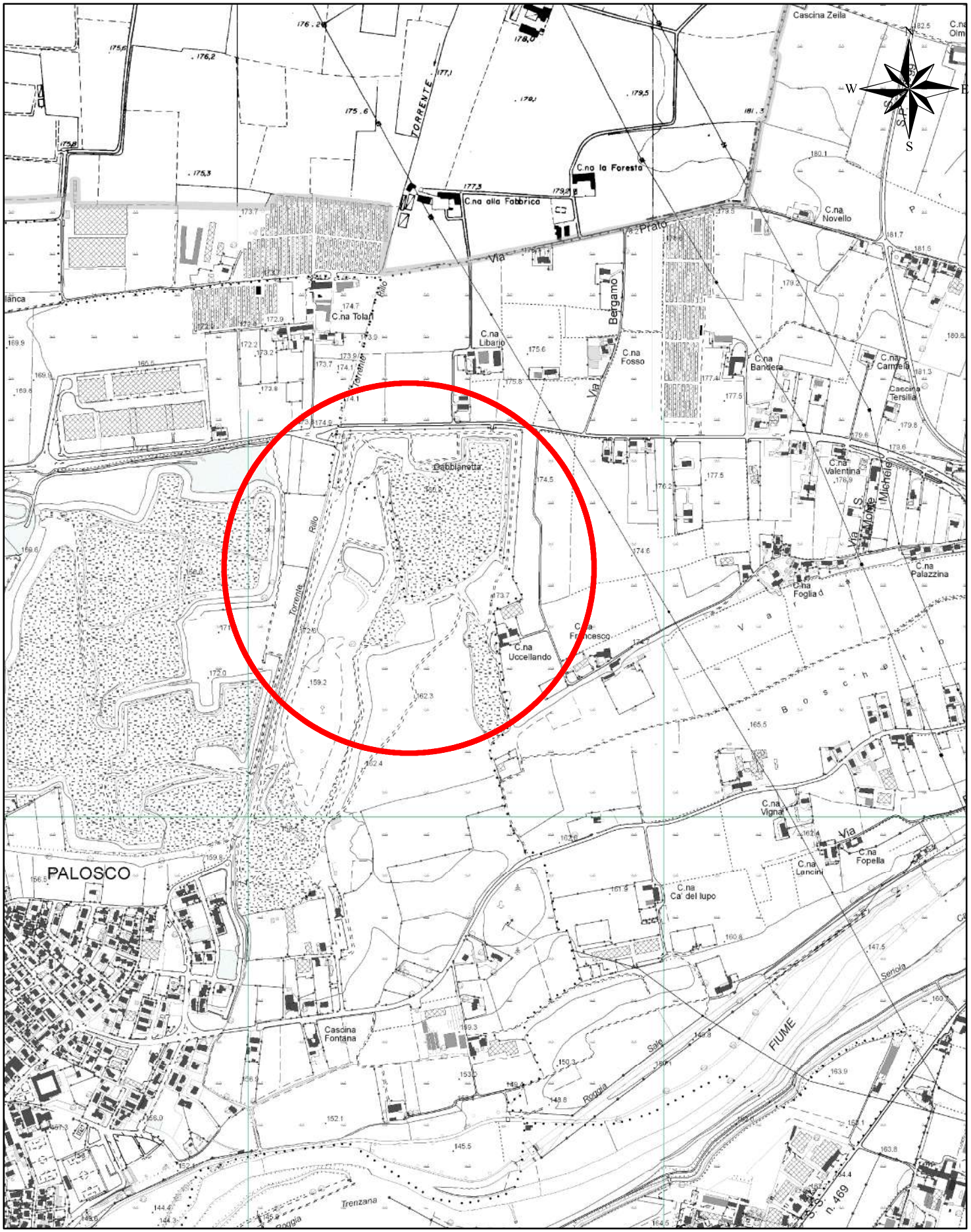
ALL. 3 CARTA DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA

ALL. 4 CARTA PSL

ALLEGATO 1

COROGRAFIA

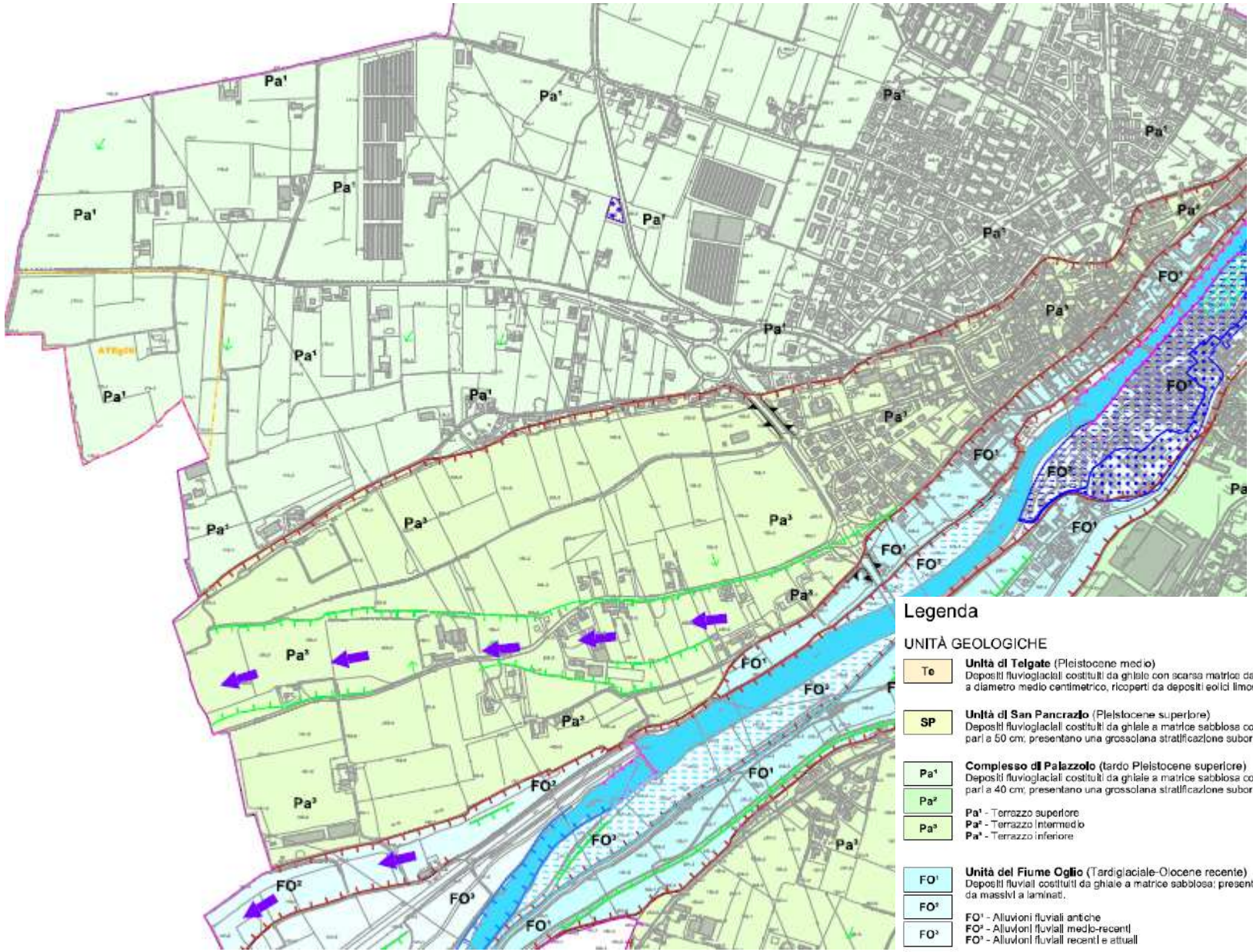
Fonte: CTR Regione Lombardia



dott. Paolo Grimaldi - Studio Ambiente e Geologia
Via Sottoripa 18/B - 24068 SERIATE (BG)
Tel. e fax: 035 301577 email: grimaldipaolo1@virgilio.it

240 120 0 240
Meters

ALLEGATO 2



Legenda

UNITÀ GEOLOGICHE

Te — **Unità di Telgate** (Pleistocene medio)
Depositi fluvioglaciali costituiti da ghiaie con scarsa matrice da limosa a limoso-argillosa e con ciottoli da arrotondati a subspigolosi a diametro medio centimetrico, ricoperti da depositi eolici limosi e limoso- sabbiosi a scheletro assente o raro.

SP — **Unità di San Pancrazio** (Pleistocene superiore)
Depositi fluvioglaciali costituiti da ghiaie a matrice sabbiosa con ciottoli arrotondati e subarrotondati a diametro massimo osservato pari a 50 cm; presentano una grossolana stratificazione suborizzontale con strati e lenti sabbiosi.

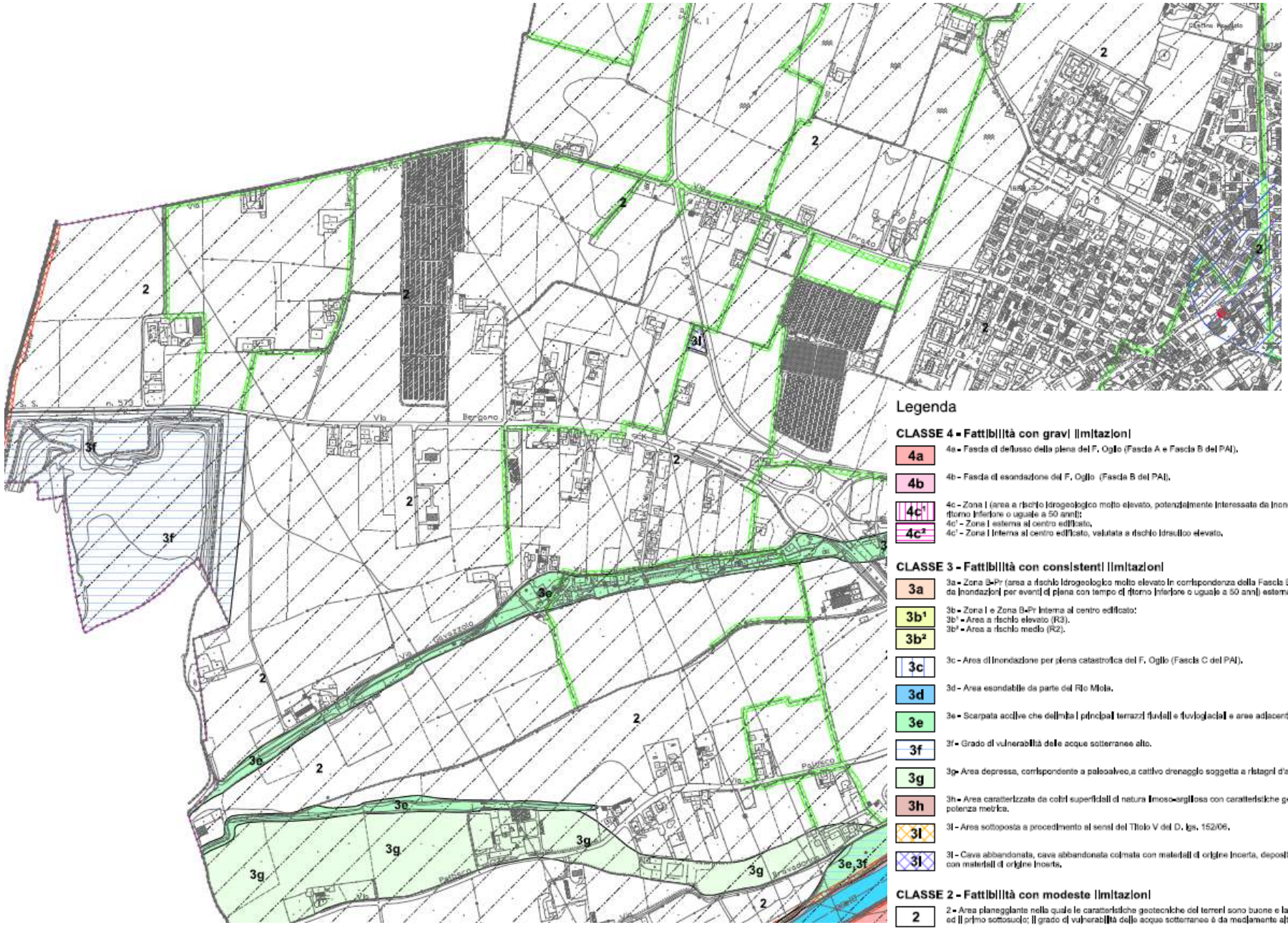
Pa¹ **Pa²** **Pa³** — **Complesso di Palazzolo** (tardo Pleistocene superiore)
Depositi fluvioglaciali costituiti da ghiaie a matrice sabbiosa con ciottoli arrotondati e subarrotondati a diametro massimo osservato pari a 40 cm; presentano una grossolana stratificazione suborizzontale con strati e lenti sabbiosi; limi sommitali di esondazione.

Pa¹ - Terrazzo superiore
Pa² - Terrazzo intermedio
Pa³ - Terrazzo inferiore

FO¹ **FO²** **FO³** — **Unità del Fiume Oglio** (Tardiglaciale-Olocene recente)
Depositi fluviali costituiti da ghiaie a matrice sabbiosa; presentano una stratificazione suborizzontale e incrociata con sabbie e limi da massivi a laminati.

FO¹ - Alluvioni fluviali antiche
FO² - Alluvioni fluviali medio-recenti
FO³ - Alluvioni fluviali recenti e attuali

ALLEGATO 3



Legenda

CLASSE 4 - Fattibilità con gravi limitazioni

4a - 4a - Fascia di deflusso della piena del F. Oglio (Fascia A e Fascia B del PAI).

4b - 4b - Fascia di esondazione del F. Oglio (Fascia B del PAI).

4c¹ - 4c - Zona I (area a rischio idrogeologico molto elevato, potenzialmente interessata da inondazioni per eventi di piena con tempo di ritorno inferiore o uguale a 50 anni):
4c¹ - Zona I esterna al centro edificato.

4c² - 4c² - Zona I interna al centro edificato, valutata a rischio idraulico elevato.

CLASSE 3 - Fattibilità con consistenti limitazioni

3a - 3a - Zona B-Pr (area a rischio idrogeologico molto elevato in corrispondenza della Fascia B di progetto, potenzialmente interessata da inondazioni per eventi di piena con tempo di ritorno inferiore o uguale a 50 anni) esterna al centro edificato.

3b¹ - 3b - Zona I e Zona B-Pr interna al centro edificato:
3b¹ - Area a rischio elevato (R3).

3b² - 3b² - Area a rischio medio (R2).

3c - 3c - Area di inondazione per piena catastrofica del F. Oglio (Fascia C del PAI).

3d - 3d - Area esondabile da parte del Rio Miola.

3e - 3e - Scarpata acclive che delimita i principali terrazzi fluviali e fluvioglaciali e aree adiacenti.

3f - 3f - Grado di vulnerabilità delle acque sotterranee alto.

3g - 3g - Area depressa, corrispondente a paleoalveo, a cattivo drenaggio soggetta a ristagni d'acqua in occasione di precipitazioni intense.

3h - 3h - Area caratterizzata da coltri superficiali di natura limoso-argillosa con caratteristiche geotecniche mediocri, localmente di potenza metrica.

3i - 3i - Area sottoposta a procedimento ai sensi del Titolo V del D. lgs. 152/06.

3l - 3l - Cava abbandonata, cava abbandonata colmata con materiali di origine incerta, depositi e/o riempimenti con materiali di origine incerta.

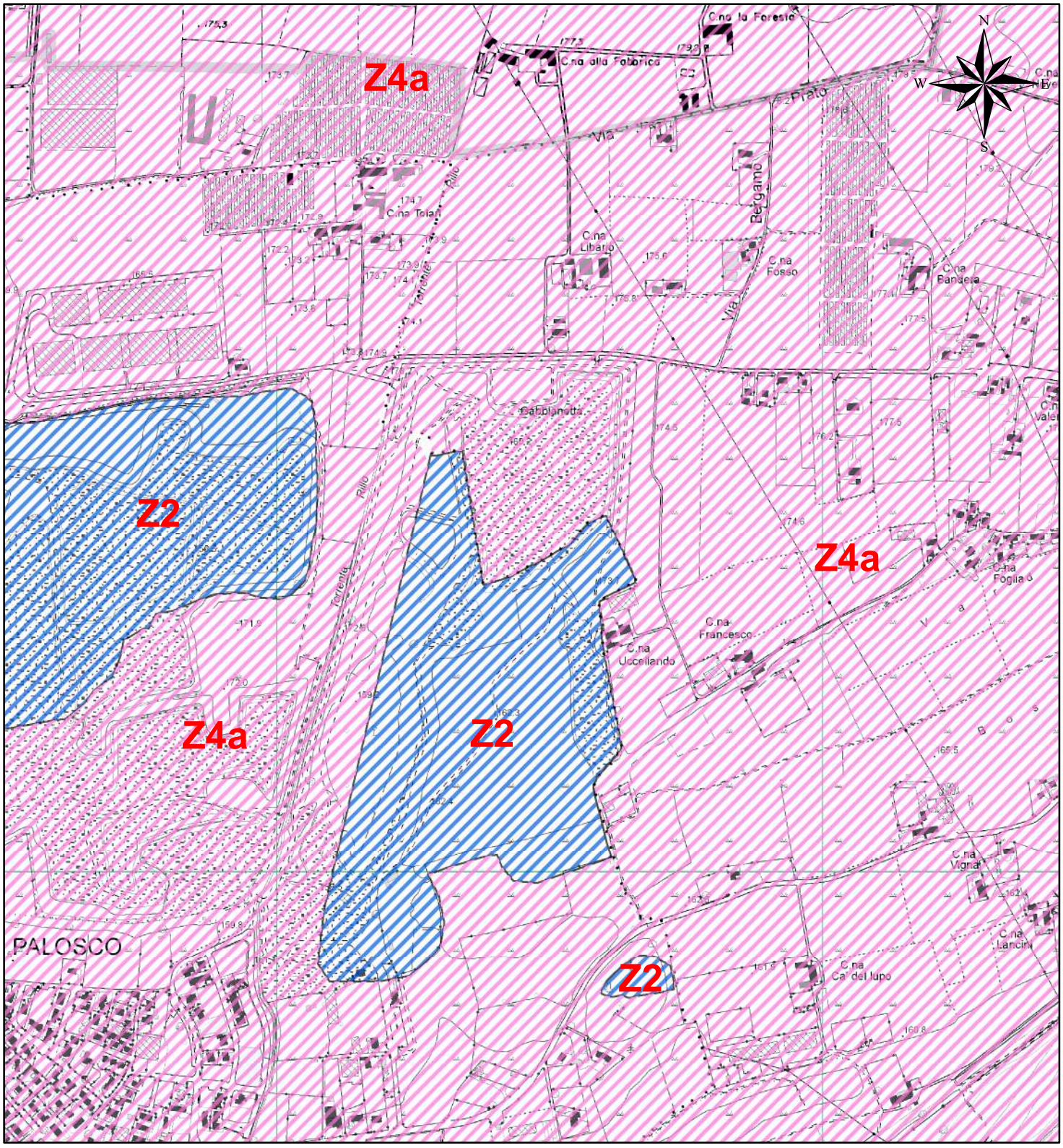
CLASSE 2 - Fattibilità con modeste limitazioni

2 - 2 - Area pianeggiante nella quale le caratteristiche geotecniche dei terreni sono buone e la falda idrica non interferisce con il suolo ed il primo sottosuolo; il grado di vulnerabilità delle acque sotterranee è da mediamente alto a mediamente basso.

ALLEGATO 4

PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

Fonte: GEOPORTALE REGIONE LOMBARDIA



LEGENDA

Z2, SCADENTI CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI (3)

Z4a, FONDOVALLE O PIANURA (3)

200 100 0 200
Meters

dott. Paolo Grimaldi - Studio Ambiente e Geologia
Via Sottoripa 18/B - 24068 SERIATE (BG)
Tel. e fax: 035 301577 email: grimaldipaolo1@virgilio.it