

Comune di Palazzolo sull'Oglio

Via XX Settembre, 32
25036 Palazzolo s/O (BS)

Progetto di conservazione, restauro e valorizzazione della villa Lanfranchi - ampliamento della ex casa del custode – via Zanardelli SP 469 n. 81 - Foglio 17 Mappali 14 16 – (cod. G264) cap. 25036 Palazzolo s/O (BS)

RELAZIONE GEOLOGICA

D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011 e NTC/2018 p.to 6.2.1



ecosphera s.r.l. - via Malogno, 2 - 25036 Palazzolo sull'Oglio (BS) - Tel. 030.7402007 – 030.7401749 - Fax 030.7402017 - www.ecosphera.net - mail: info@ecosphera.net



Data emissione
Commessa
File
Referente

07/2021
21/1964

J:\Geotecnica\Prov_BS\PALAZZOLO SULL'OGGIO\2021\COMUNE tre interventi pubblici\casa custode villa lanfranchi\Rel_Geol_ex_custode.docx
Dott. Carraro Marco

INDICE

1. PREMESSA	3
2. GEOLOGIA	5
2.1. GEOLOGIA E GEOLITOLOGIA	5
2.2. IDROGEOLOGIA E IDROGRAFIA	8
2.3. VINCOLI SINTESI E FATTIBILITA' GEOLOGICA	11
3. PERICOLOSITA' SISMICA	14
3.1. SISMOTETTONICA	14
3.2. PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE	15
3.3. APPROFONDIMENTO SISMICO DA PIANIFICAZIONE COMUNALE	16
3.4. HVSR	18
3.1. CATEGORIA SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE E TOPOGRAFICA	19
3.1. PARAMETRI SISMICI DI SITO	21
4. MODELLO GEOLOGICO GEOTECNICO	22
4.1. INDAGINI SITO-SPECIFICHE APP-4	22
4.2. MODELLO GEOTECNICO E VALORI DI PROGETTO DEI PARAMETRI GEOTECNICI	23
4.3. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI IN CONDIZIONI SISMICHE	24

ALLEGATO 01 – N. 3 DIAGRAMMI PROVE PENETROMETRICHE

ALLEGATO 02 – REPORT MASW E MODELLO GEOFISICO

1. PREMESSA

Su incarico del Comune di Palazzolo Sull'Oglio è stata redatta la presente Relazione Geologica ai sensi della D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011 e D.M. 17 gennaio 2018 (N.T.C. p.to 6.2.1) a supporto del progetto di conservazione, restauro e valorizzazione della villa Lanfranchi - ampliamento della ex casa del custode – via Zanardelli SP 469 n. 81 - Foglio 17 Mappali 14 16 – (cod. G264) cap. 25036 Palazzolo s/O (BS).

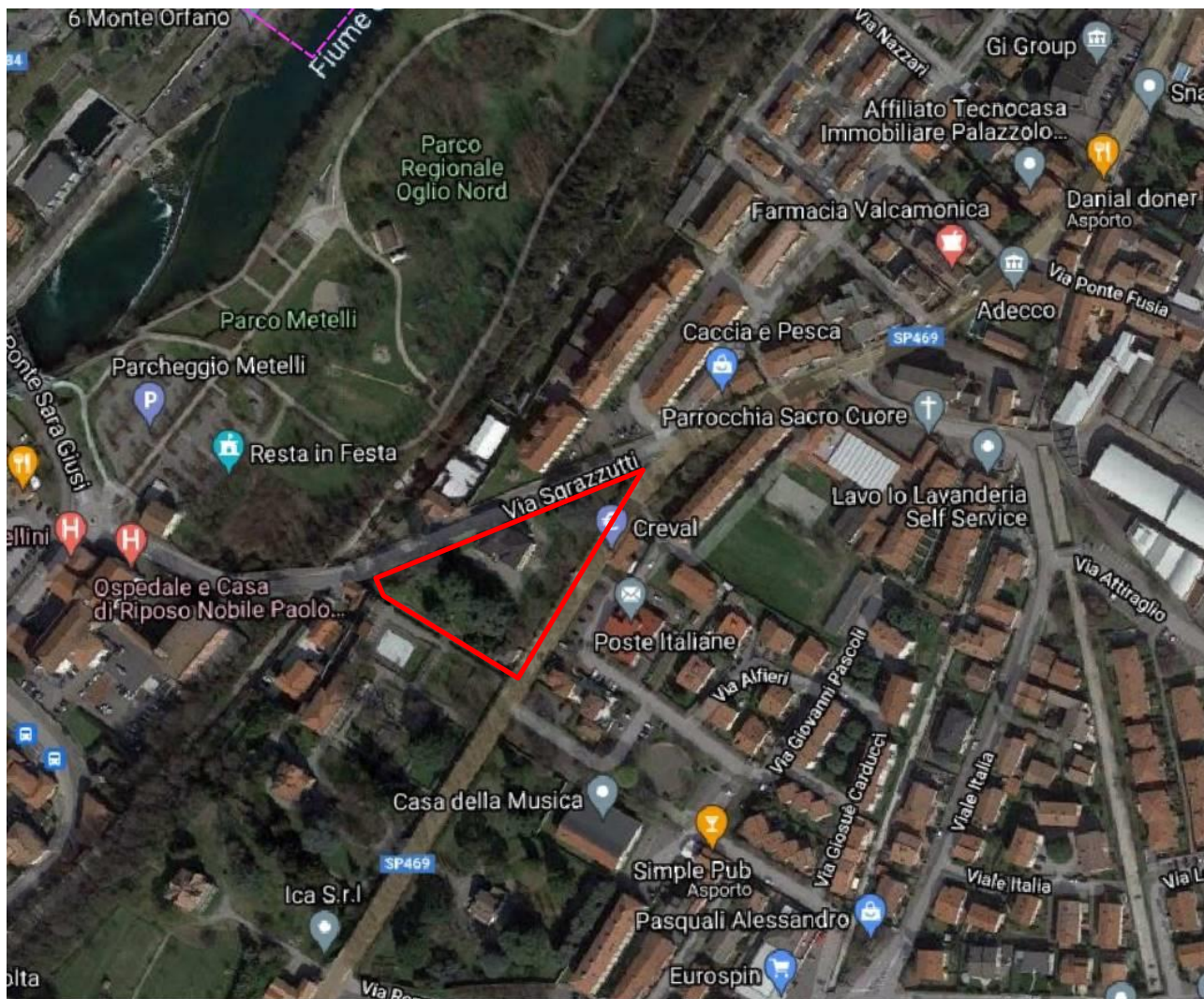


Figura 1: Ubicazione del sito su foto aerea.

Il presente studio è stato condotto ai sensi del cap. 6 delle Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 17/01/18) dove si legge che la caratterizzazione e modellazione geologica del sito consiste nella ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio (par. 6.2.1 NTC 2018) e ai sensi della DGR IX/2616 del 30 novembre 2011.

Nel sito sono state eseguite n. 2 prove penetrometriche dinamiche ed una prova in corrispondenza del ciglio della scalinata su via sgrazutti.

Trattandosi di indagini di tipo puntuale si premette che il sottoscritto resta disponibile per la verifica all'atto dell'esecuzione degli scavi (con la D. L. e l'impresa esecutrice dei lavori) che le condizioni del sottosuolo descritte nella presente indagine siano proprie anche dell'area interessata dai nuovi interventi. Eventuali

difformità da quanto riportato nella presente indagine che venissero rilevate in fase di esecuzione lavori, andranno comunicate immediatamente allo scrivente.

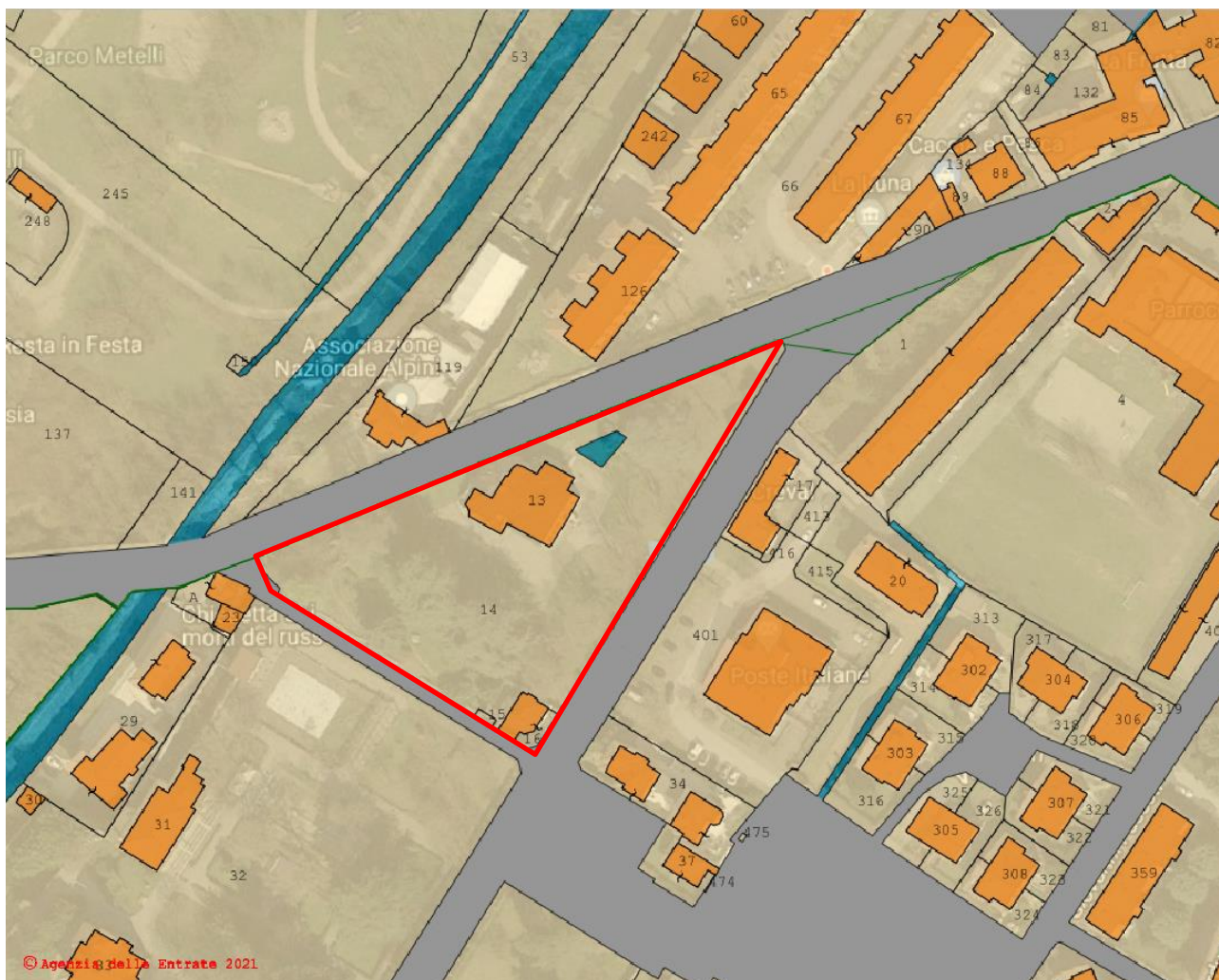


Figura 2: Ubicazione del sito su base catastale

2. GEOLOGIA

2.1. GEOLOGIA E GEOLITOLOGIA

Il territorio in questione risulta costituito da successioni fluvioglaciali wurmiane attraversate nella parte centrale da un sistema di ripiani degradanti verso l'attuale corso del fiume, denominati convenzionalmente alluvionale antico, recente ed attuale, la cui conformazione è legata ai fenomeni erosivo/deposizionali del fiume Oglio. L'origine dei materiali alluvionali risulta per lo più di provenienza camuna, e subordinatamente dagli apporti laterali dalle valli dell'Uria e del T.Guerna. Dal punto di vista geologico l'area in esame è caratterizzata dalla presenza di depositi ascrivibili al Complesso di Palazzolo (tardo Pleistocene superiore). L'unità è costituita da depositi fluvioglaciali costituiti da ghiaie a matrice sabbiosa con ciottoli arrotondati e subarrotondati a diametro massimo osservato pari a 40 cm. Nell'ambito del Complesso di Palazzolo sono state identificate, su base morfologica, tre differenti unità, coincidenti con distinti terrazzi fluvioglaciali. I terrazzi sono separati da scarpate di altezza metrica, la cui evidenza tende a diminuire verso sud. L'area in esame appartiene al terrazzo inferiore (Pa3 nell'estratto Carta geologica PGT). Tali depositi sono così descritti nella relazione geologica comunale:

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.

Affiorano estesamente sul territorio comunale, su entrambe le sponde del F. Oglio.

Il complesso appoggia sull'unità di Telgate e su quella di S. Pancrazio, mentre è inciso e parzialmente ricoperto dai depositi dell'Unità dell'Oglio.

Nell'ambito del Complesso di Palazzolo sono state identificate, su base morfologica, tre differenti unità, coincidenti con distinti terrazzi fluvioglaciali. I terrazzi sono separati da scarpate di altezza metrica, la cui evidenza tende a diminuire verso sud.

Il terrazzo superiore affiora estesamente su entrambe le sponde ed appare morfologicamente omogeneo; in sponda sinistra la scarpata che lo separa dal terrazzo dell'Unità di S. Pancrazio si annulla poco a Sud di San Pancrazio, determinando un unico livello topografico.

Più articolati dal punto di vista morfologico appaiono invece i terrazzi intermedio e inferiore, smembrati dall'erosione in una serie di depressioni e rilievi.

Il terrazzo intermedio presenta una morfologia ondulata e risulta inciso da un grosso paleovalle che attraversa il livello fondamentale della pianura da nord a sud, confluenza nella Valle dell'Oglio alla latitudine di Pontoglio (presso Cascina porta Verde). La superficie morfologica del terrazzo intermedio risulta inoltre interrotta da due dossi, interpretati come lembi relitti della più antica Unità di Telgate.

Il terrazzo inferiore presenta caratteri analoghi, per l'esistenza di un dosso, isolato dall'erosione, correlabile altimetricamente con la superficie modale del terrazzo intermedio e per la presenza di numerosi paleovalvei, spesso non cartografabili, concentrati nella sua porzione orientale.

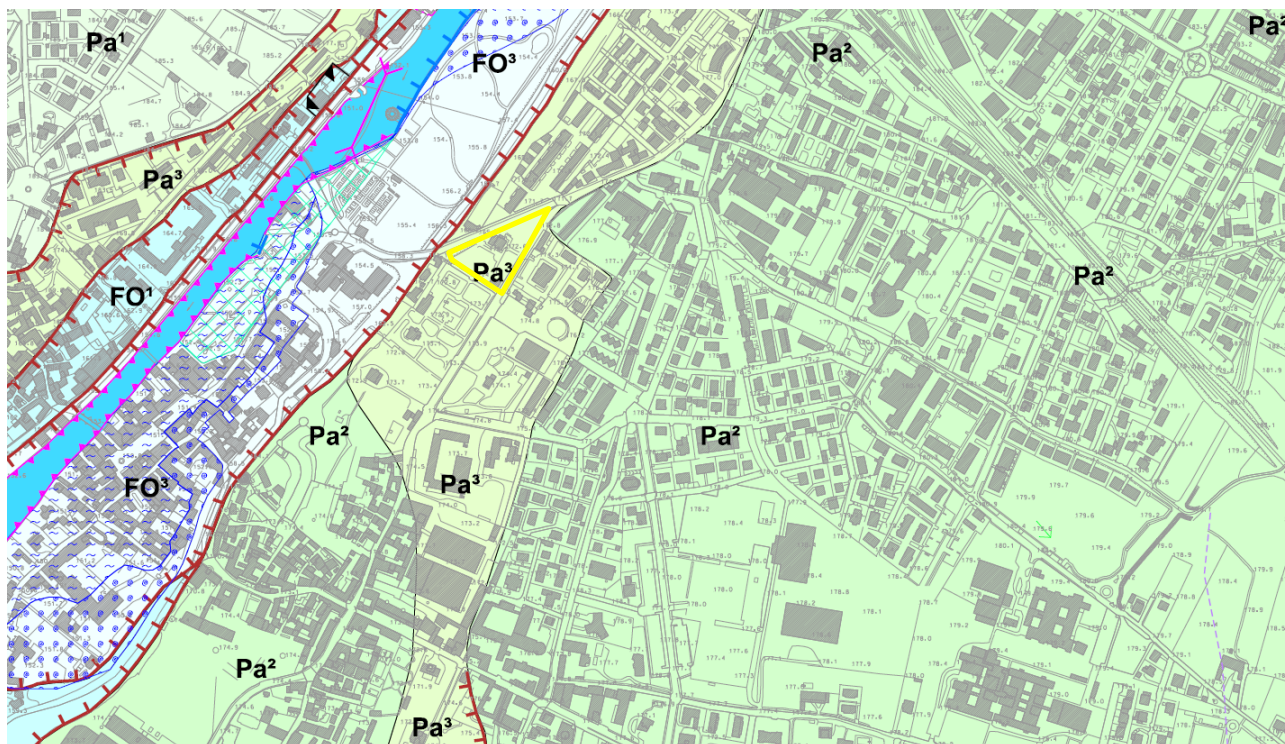
I suoli sviluppati alla sommità dei terrazzi presentano caratteri omogenei, indicando il succedersi in tempi geologicamente brevi di fasi erosionali e deposizionali.

Sulla base dei caratteri pedologici il complesso viene attribuito al tardo Pleistocene superiore.

L'unità è caratterizzata generalmente da un elevato grado di cementazione.

Dal punto di vista morfologico il sito si colloca su un ripiano a q. media di 172,5 m slm.

I dati disponibili ed i rilievi eseguiti in sede di sopralluogo non evidenziano la presenza di fenomeni morfogenetici attivi gravanti sul sito.



Legenda

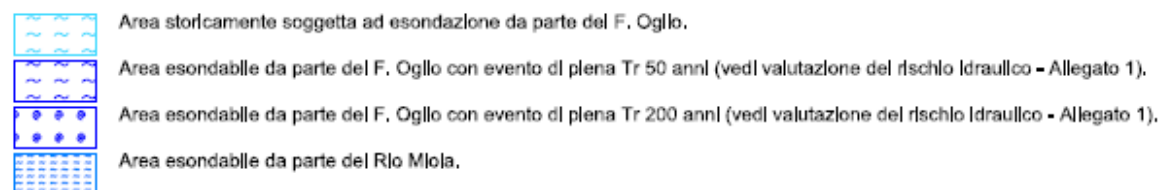
UNITÀ GEOLOGICHE

- | | |
|-----|--|
| Te | Unità di Telgate (Pleistocene medio)
Depositi fluvio-glaciali costituiti da ghiale 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 fluvio-glaciali costituiti da ghiale 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 | Complesso di Palazzolo (tardo Pleistocene superiore)
Depositi fluvio-glaciali costituiti da ghiale 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 |
| Pa² | |
| Pa³ | |
| FO¹ | Unità del Fiume Oglio (Tardiglaciale-Olocene recente)
Depositi fluviali costituiti da ghiale a matrice sabbiosa; presentano una stratificazione suborizzontale e incrociata con sabbie e limi da massivi a laminati. |
| FO² | FO¹ - Alluvioni fluviali antiche |
| FO³ | FO² - Alluvioni fluviali medio-recenti
FO³ - Alluvioni fluviali recenti e attuali |

ELEMENTI GEOMORFOLOGICI, IDROLOGICI E IDROGRAFICI

- | | |
|--|---|
| | a) Orlo di terrazzo fluviale o fluvio-glaciale (altezze generalmente maggiori di 5 m): a) certo
b) Incerto |
| | Tratto di scarpata subverticale impostata in depositi conglomeratici più o meno cementati localmente soggetta a piccoli crolli. |
| | Orlo di scarpata morfologica. |
| | Orlo di scarpata fluviale attiva. |
| | Pendenza della superficie topografica. |
| | Alveo fluviale abbandonato soggetto a riempimenti e urbanizzazioni. |
| | Paleoalveo. |
| | Traccia di corso d'acqua estinto. |



ELEMENTI DI ORIGINE ANTROPICA

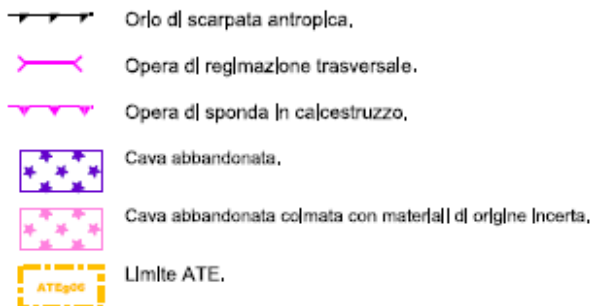


Figura 3: Estratto Tav 1 Nord- Carta geologica e geomorfologica dello studio geologico comunale (Studio geologia ambiente)

2.2. IDROGEOLOGIA E IDROGRAFIA

Dal punto di vista idrogeologico si rileva la presenza di una ricca falda idrica alimentata dalle perdite fluviali dell'Oglio, con livello idrico che oscilla fra 135-140 mslm. L'andamento delle isopieze è fortemente condizionato dalle alimentazioni del fiume (v. asse di alimentazione in figura 3) ed ha una direzione di flusso NW → SE con gradiente compreso fra i 3-4 per mille.

La falda principale si colloca a circa 32-37 m dal pc (quota sito 172,5 mslm; quota falda 135-140 m slm). In realtà esiste un pozzo all'interno della biblioteca comunale (si tratta di un vecchio pozzo a scavo: v. n. 8) il quale interessa una faldina sospesa con livello costante pari a circa 142 mslm, ovvero 30 metri da pc.

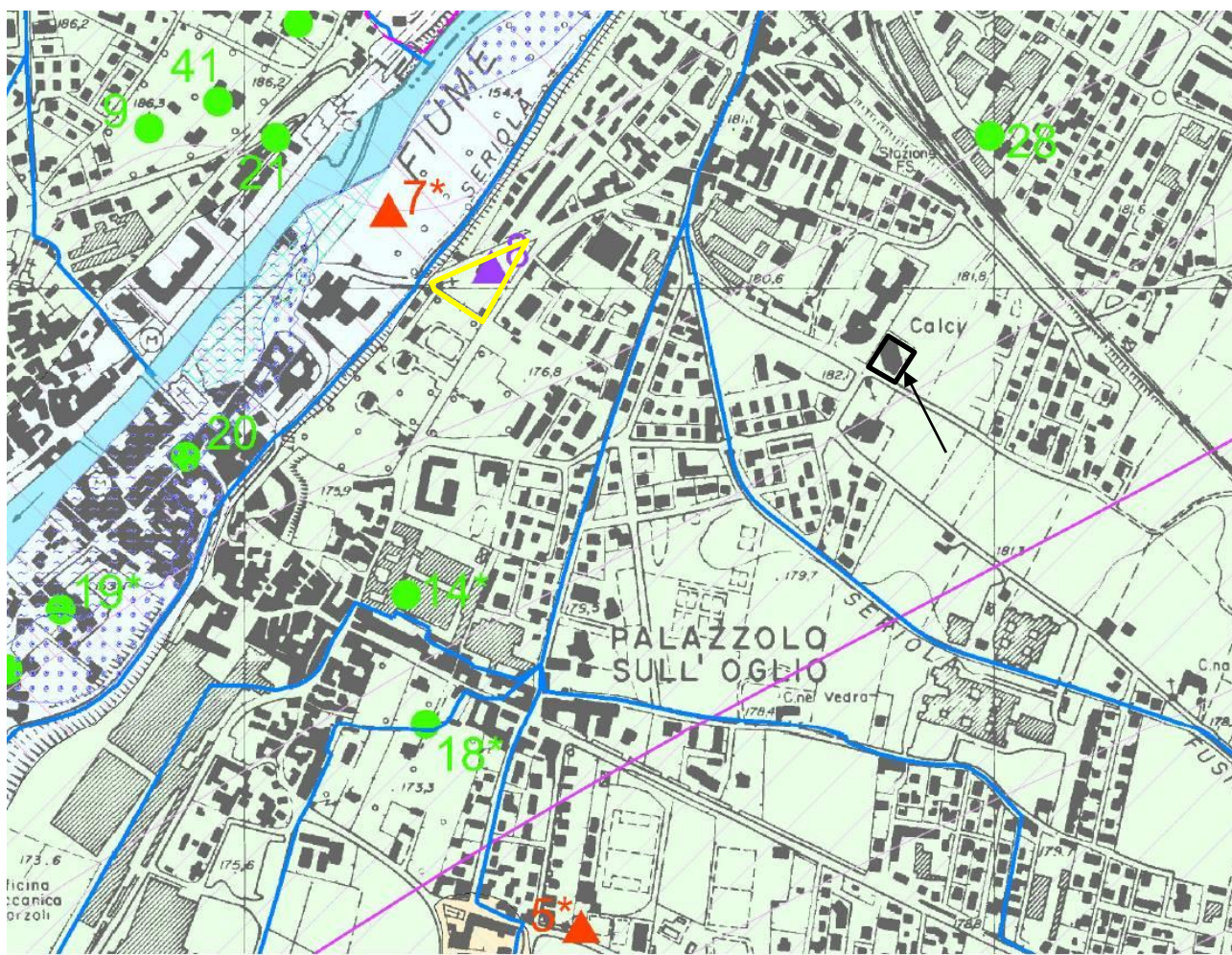
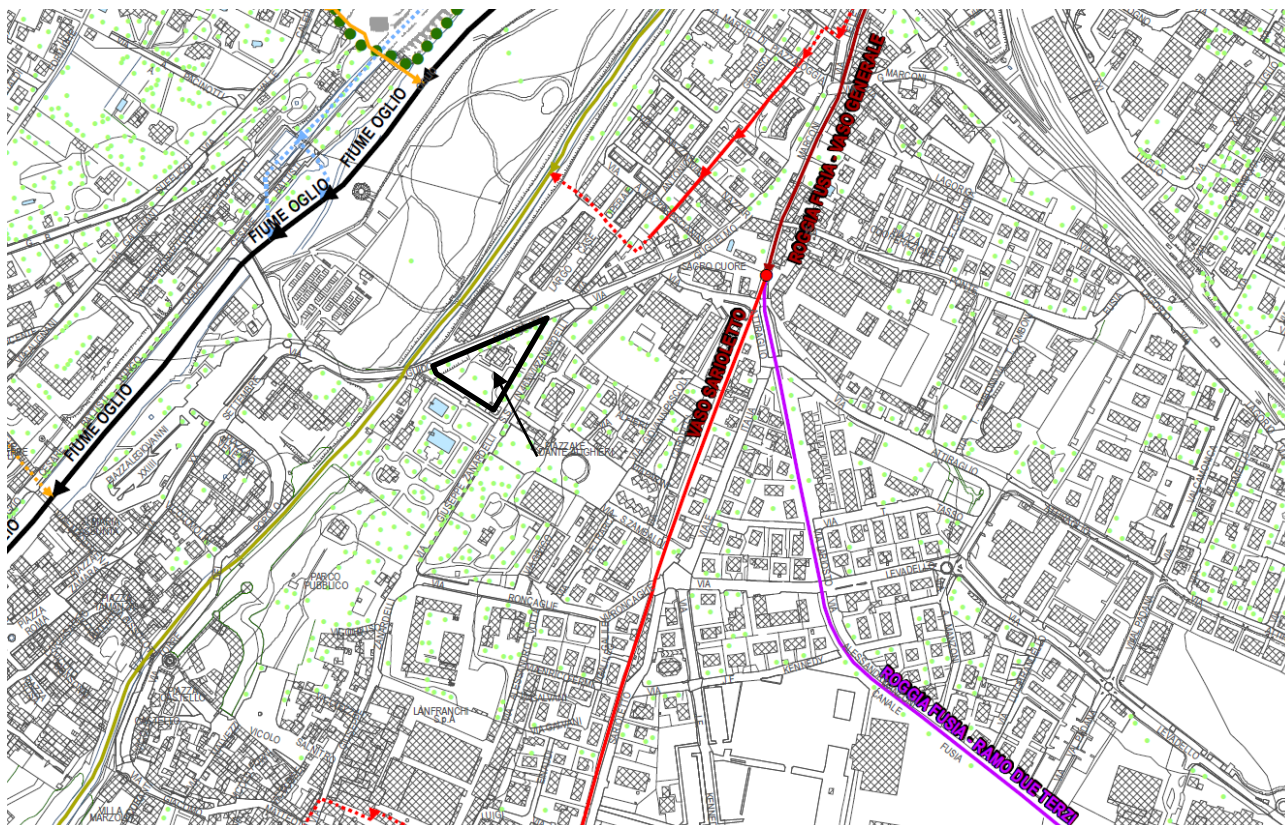


Figura 4: Carta idrogeologica studio geologico comunale pgt

Dall'osservazione della cartografia di individuazione del reticolo idrografico minore comunale non si osservano interferenze tra il sito in studio e i corsi d'acqua superficiali. La roggia fusa scorre lungo viale Italia a 200 m ad est, mentre immediatamente a valle di via Sgrazutti scorre la roggia castrina.



Manufatti principali della rete idrografica

- Derivazioni da fiume
- Manufatti di partizione principali della rete
- ▲ Pozzi principali ad uso irriguo

Individuazione cartografica dei corsi d'acqua

- Aste idriche esistenti in fatto, riportate su NCTR, aerofotogrammetrico, a tratto continuo sul Cessato Catasto
- - - Aste idriche esistenti in fatto, riportate su NCTR, aerofotogrammetrico, a tratto discontinuo sul Cessato Catasto
- Aste idriche esistenti in fatto, riportate su NCTR, aerofotogrammetrico, assenti sul Cessato Catasto
- Aste idriche esistenti in fatto, riportate su NCTR, non sull'aerofotogrammetrico, a tratto continuo sul Cessato Catasto
- - - Aste idriche esistenti in fatto, riportate su NCTR, non sull'aerofotogrammetrico, a tratto discontinuo sul Cessato Catasto
- Aste idriche esistenti in fatto, riportate su NCTR, non sull'aerofotogrammetrico, assenti sul Cessato Catasto
- Aste idriche esistenti in fatto, riportate sull'aerofotogrammetrico, non su NCTR, a tratto continuo sul Cessato Catasto
- - - Aste idriche esistenti in fatto, riportate sull'aerofotogrammetrico, non su NCTR, a tratto discontinuo sul Cessato Catasto
- Aste idriche esistenti in fatto, riportate sull'aerofotogrammetrico, non su NCTR, assenti sul Cessato Catasto
- Aste idriche esistenti in fatto, non riportate sull'aerofotogrammetrico e su NCTR, a tratto continuo sul Cessato Catasto
- - - Aste idriche esistenti in fatto, non riportate sull'aerofotogrammetrico e su NCTR, a tratto discontinuo sul Cessato Catasto
- Aste idriche esistenti in fatto, non riportate sull'aerofotogrammetrico e su NCTR, assenti sul Cessato Catasto
- Aste idriche riportate su una o più fonti cartografiche ufficiali ma non esistenti in fatto

Figura 5: Estratto Carta Individuazione delle aste idriche presenti sul territorio comunale – Studio per l'individuazione del reticolo idrografico minore

Di seguito si riportano gli estratti della cartografia “PAI-Dissesti” e del “Piano di Gestione Rischio Alluvione (PGRA)”, dall'analisi dei quali non si registrano elementi di criticità gravanti sul sito.



Figura 6: Tematismo PAI su DbT – Fonte dati Geoportale Regione Lombardia

Figura 7: Tematismo PGRA-Pericolosità su DbT – Fonte dati Geoportale Regione Lombardia

Dal punto di vista idrogeologico la falda superficiale mostra un andamento NW→SE con livello piezometrico compreso tra 130-135 m s.l.m., indicativamente a 40-45 m di soggiacenza dal piano campagna.

Il sito risulta interessato da un grado mediamente alto di vulnerabilità delle acque sotterranee.

2.3. VINCOLI SINTESI E FATTIBILITA' GEOLOGICA

Nel presente paragrafo si procede all'analisi degli elementi di sintesi, dei vincoli di natura geologica ed idrogeologica e della fattibilità dell'area, definiti nello studio geologico comunale redatto a supporto del P.G.T. Di seguito si riportano estratti dalle cartografie dello studio geologico comunale.

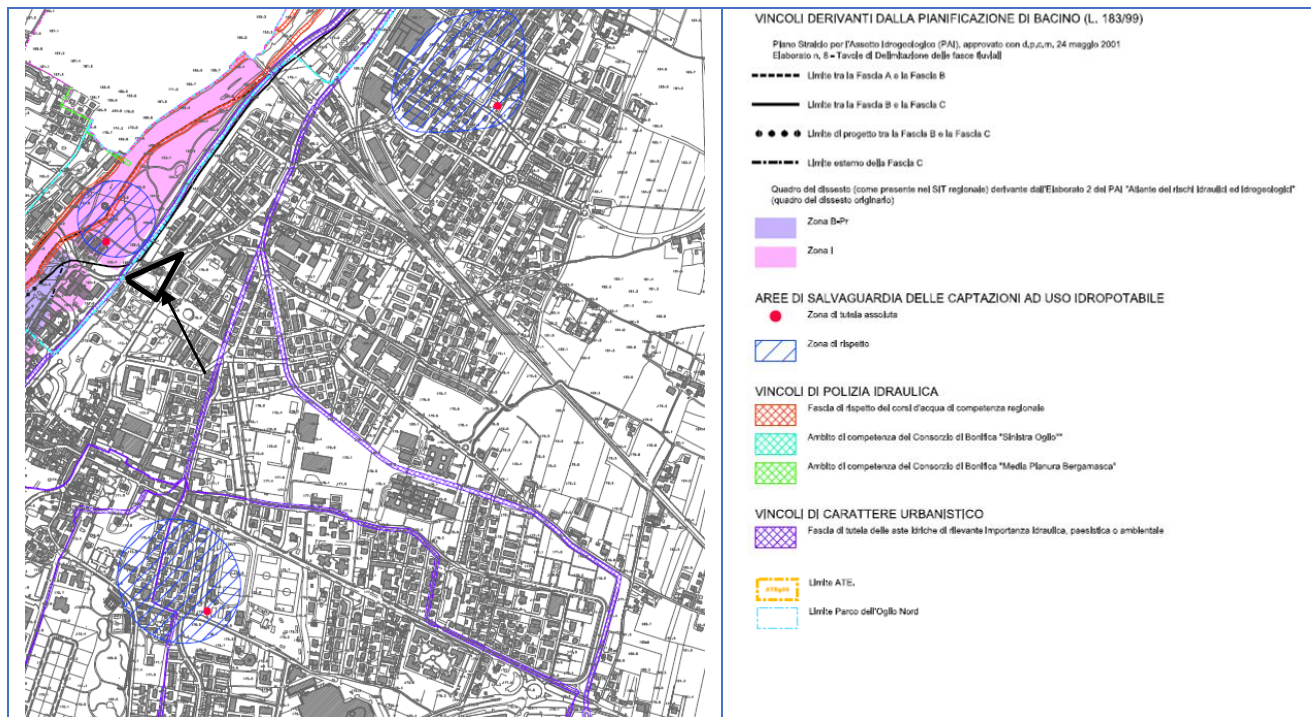


Figura 8: Estratto Carta dei vincoli - Studio geologico comunale

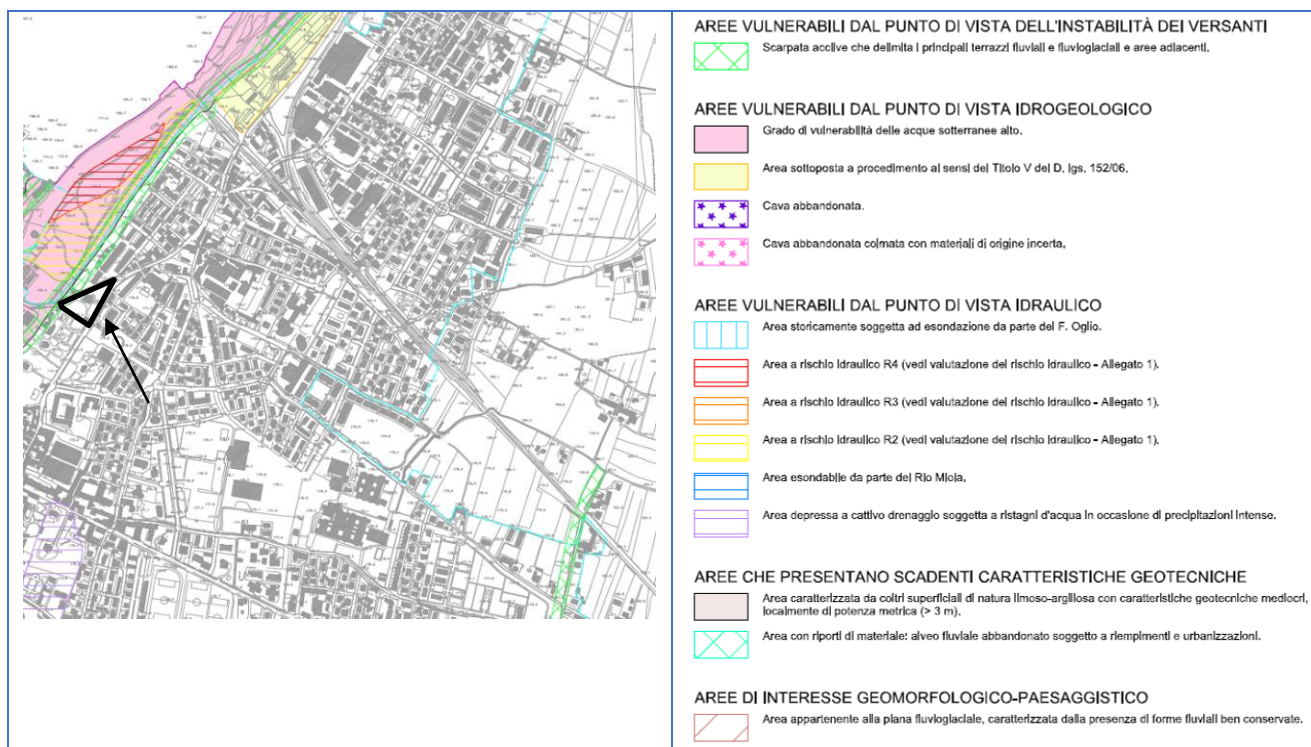
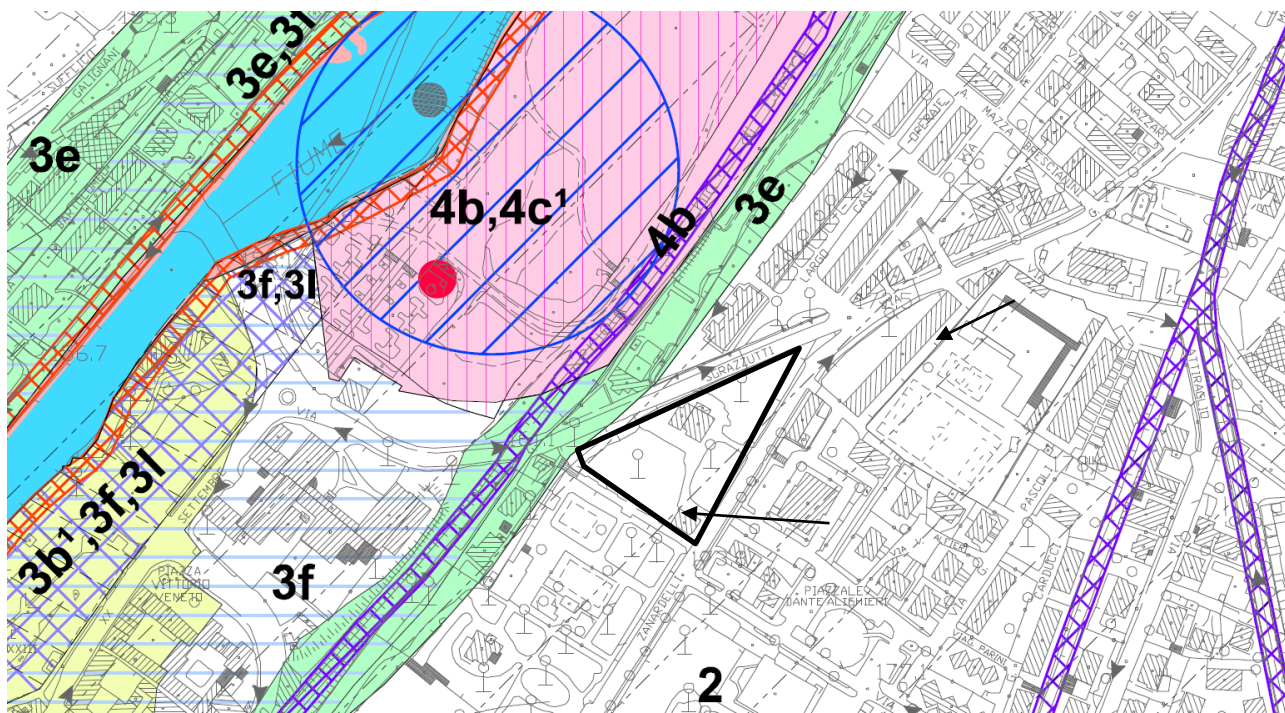


Figura 9: Estratto Carta di sintesi - Studio geologico comunale

Per quanto riguarda la fattibilità geologica il sito ricade in classe 2 (fattibilità con modeste limitazioni d'uso).



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** 4c1 - 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 - 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 Mlola.
- 3e** 3e - Scarpata acclive che delimita i principali terrazzi fluviali e fluvio-glaciali e aree adiacenti.
- 3f** 3f - Grado di vulnerabilità delle acque sotterranee alto.
- 3g** 3g - Area depressa, corrispondente a paleovalle, 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 medio-basse, localmente di potenza metrica.
- 3l** 3l - 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.

Figura 10: Estratto Carta della fattibilità geologica per le azioni di piano - Studio geologico comunale

Di seguito si riepiloga la situazione per il sito di progetto.

Carta	Oggetto	SI	NO	Note
Vincoli	Polizia idraulica reticolo idrico		x	
	Salvaguardia captazioni ad uso acquedottistico		x	
	Piano Gestione Rischio Alluvioni - PGRA		x	
	Pianificazione di Bacino - PAI		x	
Sintesi	Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti		x	
	Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico	X		
	Aree che presentano caratteristiche geotecniche scadenti		x	
	Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico		x	
Fattibilità geologica	Fattibilità con modeste limitazioni (classe 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.			

Tabella 1: Tabella riassuntiva di vincoli, sintesi e fattibilità geologica da dati dello Studio geologico comunale

Si riportano dallo studio geologico comunale le prescrizioni per la classe di fattibilità individuata:

Gli interventi eventualmente previsti sono subordinati ad un'indagine geologica e/o geotecnica che valuti la compatibilità dell'intervento stesso con le caratteristiche geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche del sito, verificando che non vengano alterati gli elementi geomorfologici che strutturano il paesaggio.

3. PERICOLOSITA' SISMICA

3.1. SISMOTETTONICA

Nel presente paragrafo si evidenzia quanto riportato dal DISS (database of Individual Seismogenic Sources) elaborato dall'Istituto Nazionale Geofisica che fornisce informazioni sulla faglie attive in Italia. Il database evidenzia che il sito in esame si colloca sulla sorgente sismo genetica ITCS010: Western S-Alps Internal Thrust.

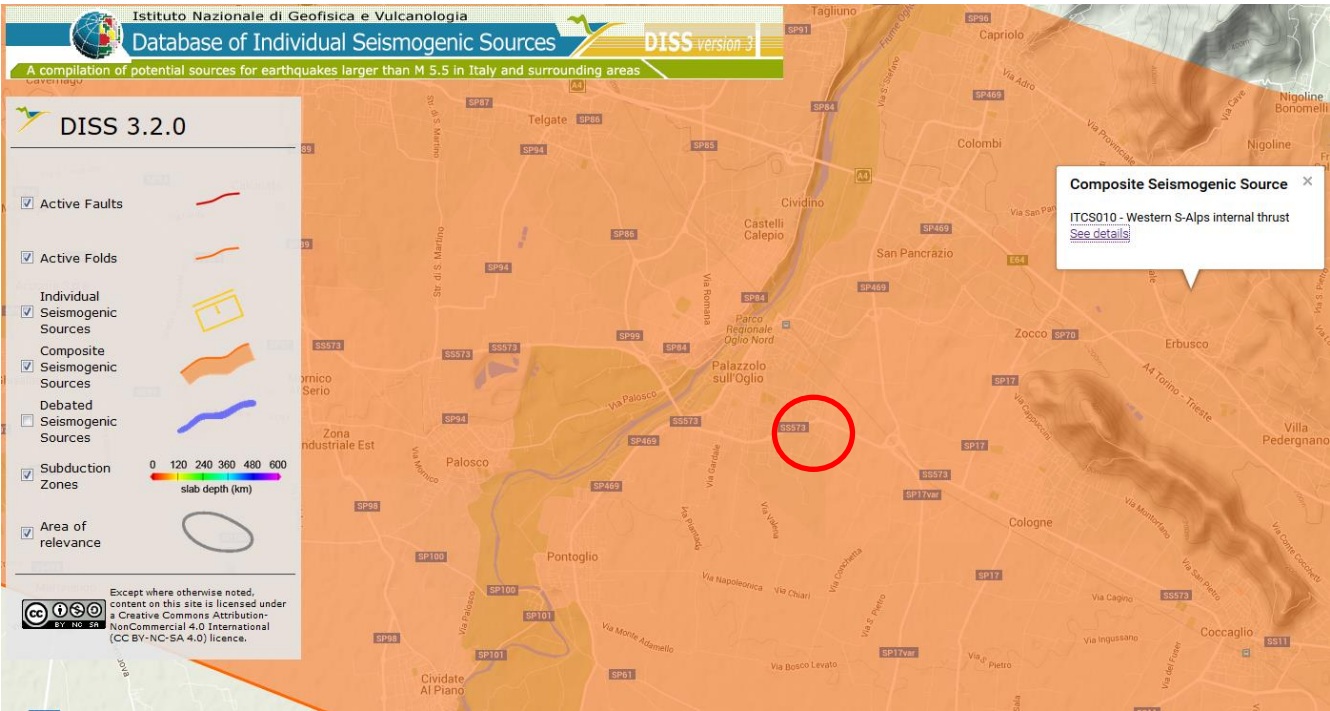


Figura 11- Estratto DISS – Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV)

Nella figura seguente si riportano in dettaglio le caratteristiche delle zone sismo genetiche precedentemente citate tratta dal DISS.

GENERAL INFORMATION		PARAMETRIC INFORMATION			
		PARAMETER		QUALITY	EVIDENCE
DISS-ID	ITCS010				
Name	Western S-Alps internal thrust	Min depth [km]	5.0	OD	Based on geological data from various authors.
Compiler(s)	Burrato P.(1)				
Contributor(s)	Burrato P.(1)	Max depth [km]	12.0	OD	Based on geological data from various authors.
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy	Strike [deg] min... max	265...295	OD	Based on geological data from various authors.
Created	19-Apr-2010				
Updated	28-May-2015	Dip [deg] min... max	25...35	OD	Based on geological data from various authors.
Display map ...	 	Rake [deg] min... max	80...100	EJ	Inferred from geological data.
Related sources		Slip Rate [mm/y] min... max	0.1...0.5	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
		Max Magnitude [Mw]	5.5	EJ	Assigned on the basis of conservative criteria.

Figura 12- Estratto DISS – Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV)

3.2. PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

In base alla classificazione sismica nazionale associata all'Ordinanza del PCM n. 3519/2006 ed al DM 14/01/2008, il comune in esame è stato classificato in Zona 3 (con sismicità crescente da zona 4 a zona 1). Tale classificazione è stata rivista con la DGR n. X/2129 del 14 Luglio 2014 che ha confermato la zona sismica 3 per il comune in esame.

Nella tabella seguente si riportano i valori di accelerazione (ag max) previsti dalla DGR X/2129/2014 per il comune in esame.

ISTAT	Provincia	Comune	Zona Sismica	AgMax
03017133	BS	PALAZZOLO SULL'OGLIO	3	0,136522

Figura 13- Estratto DGR . X/2129/2014

Con l'entrata in vigore del DM 17/01/2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni 2018) è stata superata, per la definizione dell'azione sismica di progetto, la zonatura presentata nell'OPCM 3274 e tramite l'allegato B al DM vengono fornite tabelle con i parametri che definiscono l'azione sismica relativamente ad un reticolo di riferimento da cui è possibile derivare i valori per ogni punto indagato.

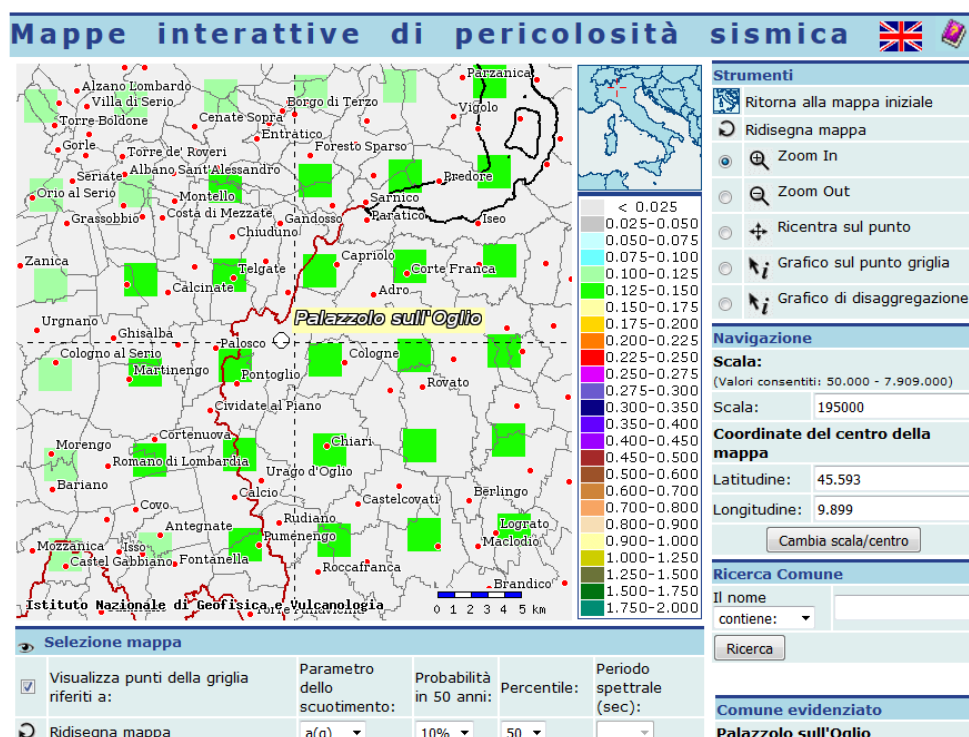


Figura 14- Estratto Mappa interattiva di pericolosità sismica dal sito web INGV - (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>)

3.3. APPROFONDIMENTO SISMICO DA PIANIFICAZIONE COMUNALE

Nel presente paragrafo si procede all'analisi della pericolosità sismica locale sulla base dei contenuti dello studio geologico comunale e delle indagini eseguite.

Nella carta della pericolosità sismica locale l'area in esame è inserita nello scenario Z4a: zona di fondovalle e/o di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi per amplificazione litologica.

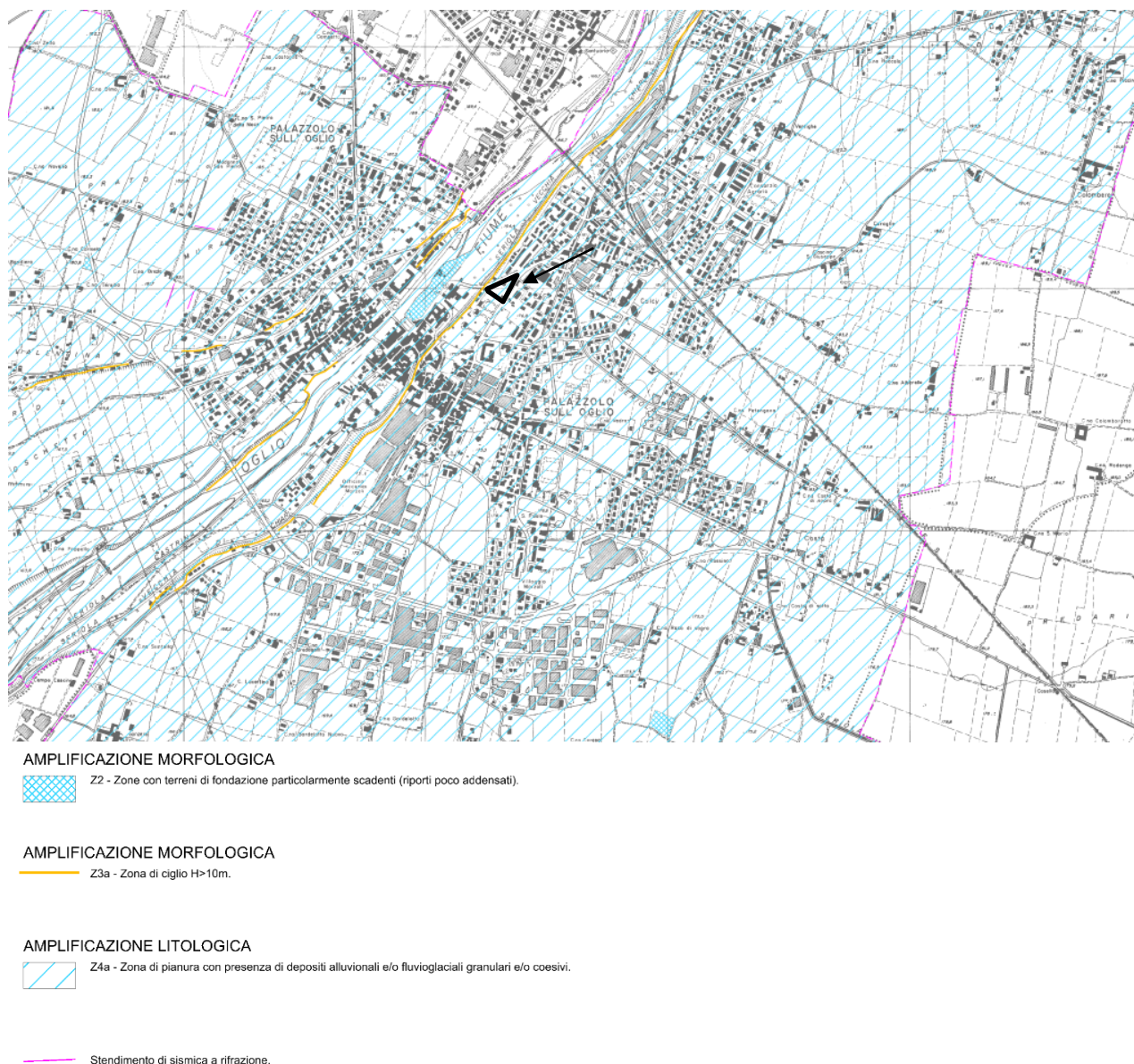


Figura 15- Estratto Carta della pericolosità sismica locale – Studio geologico comunale

L'analisi di II° livello eseguita nell'ambito dello studio geologico comunale per lo scenario Z4a ha verificato che il valore di Fa sito specifico risulta inferiore al valore di soglia comunale individuato per la Regione Lombardia. Pertanto gli spettri previsti dalla normativa (DM 17/01/2001) sono sufficienti a tenere in considerazione gli effetti di amplificazione litologica sito specifici.

Di seguito si riporta un estratto delle conclusioni dello studio geologico comunale relative all'approfondimento di II° livello.

Il modello geofisico indica la presenza di litotipi ad alta porosità, corrispondenti a depositi fluvioglaciali e fluviali grossolani e compatti fino ad una profondità variabile tra 10 e 20 m. Inferiormente sono presenti materiali molto compatti costituenti il bedrock geofisico ($V_s \geq 800$ m/s).

In base ai valori delle onde di taglio (V_s) e alla loro variazione con la profondità, ai terreni ricompresi nel territorio di Palazzolo sull'Oglio è possibile assegnare una $V_{s30} > 360$ m/s.

Ai sensi del D.M. 14/05/2008 si tratta di terreni riferibili alla categoria di sottosuolo B.

Il modello geofisico del sottosuolo ricavato (variazione delle onde di taglio V_s con la profondità) ha permesso, applicando l'Allegato 5 della D.G.R. n.8/1566 del 22/12/2005, di ottenere dei valori di F_a (fattore di amplificazione) pari a $F_a = 1.1 \div 1.2$ nell'intervallo 0.1-0.5 s e $F_a = 1.0 \div 1.1$ nell'intervallo 0.5-1.5 s

Questi valori di F_a (F_a abaco) devono essere confrontati con il valore soglia (Soglia norma) fornito dalla Regione Lombardia per il Comune di Palazzolo sull'Oglio per la categoria di sottosuolo B.

Intervallo di periodo 0.1-0.5 s		Intervallo di periodo 0.5-1.5 s	
F_a abaco	Soglia norma Categoria di sottosuolo B	F_a abaco	Soglia norma Categoria di sottosuolo B
1.1÷1.2	1.5	1.0÷1.1	1.7

Il confronto mostra come entrambi i valori di soglia siano superiori ai valori di F_a ottenuti dall'abaco.

La procedura semiquantitativa di 2° livello evidenzia che per il territorio di Palazzolo sull'Oglio la possibile amplificazione sismica risulta contenuta e che quindi l'applicazione dello spettro previsto dalla normativa (D.M. 14 gennaio 2008) risulta sufficiente a tenere in considerazione gli effetti di amplificazione litologica.

Si sottolinea inoltre che nel territorio di Palazzolo sull'Oglio non sono presenti terreni dotati di caratteristiche granulometriche tali da essere soggetti a fenomeni di liquefazione in occasione di eventi sismici.

Figura 16: Estratto paragrafo 6.4.2. dello studio geologico comunale.

3.4. HVSR

La tecnica HVSR richiede l'utilizzo di un sismografo a stazione singola in grado di registrare i microtremori (sismica passiva) lungo le due direzioni orizzontali (X, Y) e lungo quella verticale (Z), in un ampio intervallo di frequenze (0.1-100 Hz) e per una durata sufficientemente lunga. Il moto indotto nel terreno viene misurato in termini di velocità attraverso tre velocimetri, uno per ogni direzione di misura (X, Y e Z), secondo il passo di campionamento impostato dall'operatore. Le misure registrate vengono poi elaborate e restituite graficamente in forma di curva H/V (rapporto H/V in funzione della frequenza, dove H è la media delle misure lungo X e Y mentre V è la componente verticale del moto in funzione della frequenza).

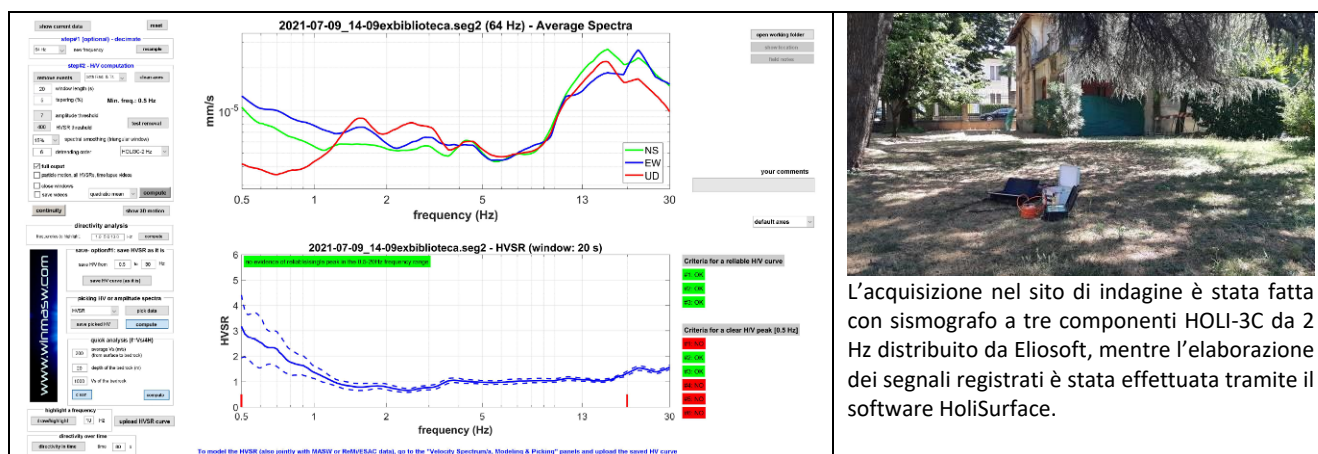


Figura 17: Curva HVSR misurata in campagna e foto punto di misura

L'indagine passiva HVSR non evidenzia contrasti d'impedenza particolarmente marcati entro l'intervallo di frequenze di interesse progettuale 0,5-20 Hz.

3.1. CATEGORIA SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE E TOPOGRAFICA

Le NTC 2018 prevedono che la classificazione del sottosuolo si effettui in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} \quad [3.2.1]$$

con:

h_i spessore dell'i-esimo strato;

$V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Figura 18: Estratto NTC 2018

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro V_{S30} , ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Sulla base delle analisi dei paragrafi precedenti, ai fini progettuali risulta corretto applicare la **categoria di sottosuolo B**.

A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Tabella 2: Categoria di sottosuolo di fondazione- Estratto NCT 2018.

La categoria topografica definita in base al D.M. 17/01/2018 è **T1** (superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $<15^\circ$) cui corrisponde un valore di coefficiente di amplificazione topografica ST pari a 1.

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

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

Le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Tabella 3: Categorie topografiche- Estratto NCT 2018

3.1. PARAMETRI SISMICI DI SITO

L'allegato B alle norme tecniche per le costruzioni (NTC 2018) espone i nuovi dati di pericolosità sismica per tutto il territorio nazionale che permettono di definire l'azione sismica. Di seguito si illustrano i parametri di calcolo:

Coordinate geografiche del sito	WGS84: Lat 45.6 - Lng 9.89
Stato Limite Ultimo scelto	S.L.V. Probabilità di superamento nel periodo di rif = 10%
Stato Limite Esercizio scelto	S.L.D. Probabilità di superamento nel periodo di rif = 63%
Vita nominale dell'opera	50 anni
Classe d'uso	II

Tabella 4: Parametri di calcolo

Per il sito in studio si ottengono i seguenti valori (software Geostru - Parametri sismici):

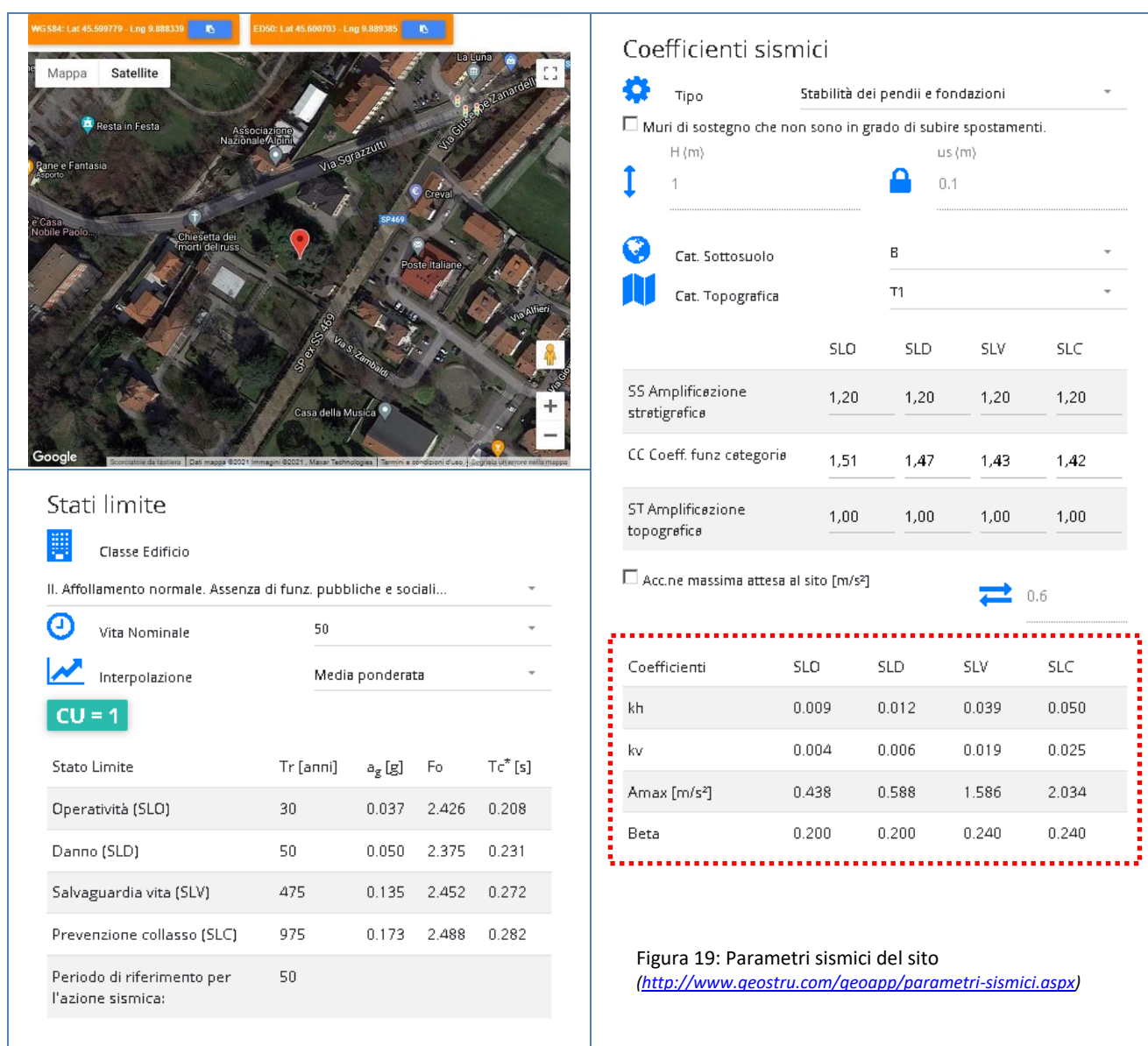


Figura 19: Parametri sismici del sito
<http://www.geostru.com/geoapp/parametri-sismici.aspx>

4. MODELLO GEOLOGICO GEOTECNICO

4.1. INDAGINI SITO-SPECIFICHE APP-4

Ai fini della ricostruzione del modello geologico e delle caratteristiche geotecniche e geomeccaniche delle aree in oggetto, si è proceduto all'esecuzione di n. 2 prove penetrometriche dinamiche SCPT presso la ex casa del custode, n. 1 prova sul ciglio della scalinata su via Sgrazzutti, ed una misura HVSR.

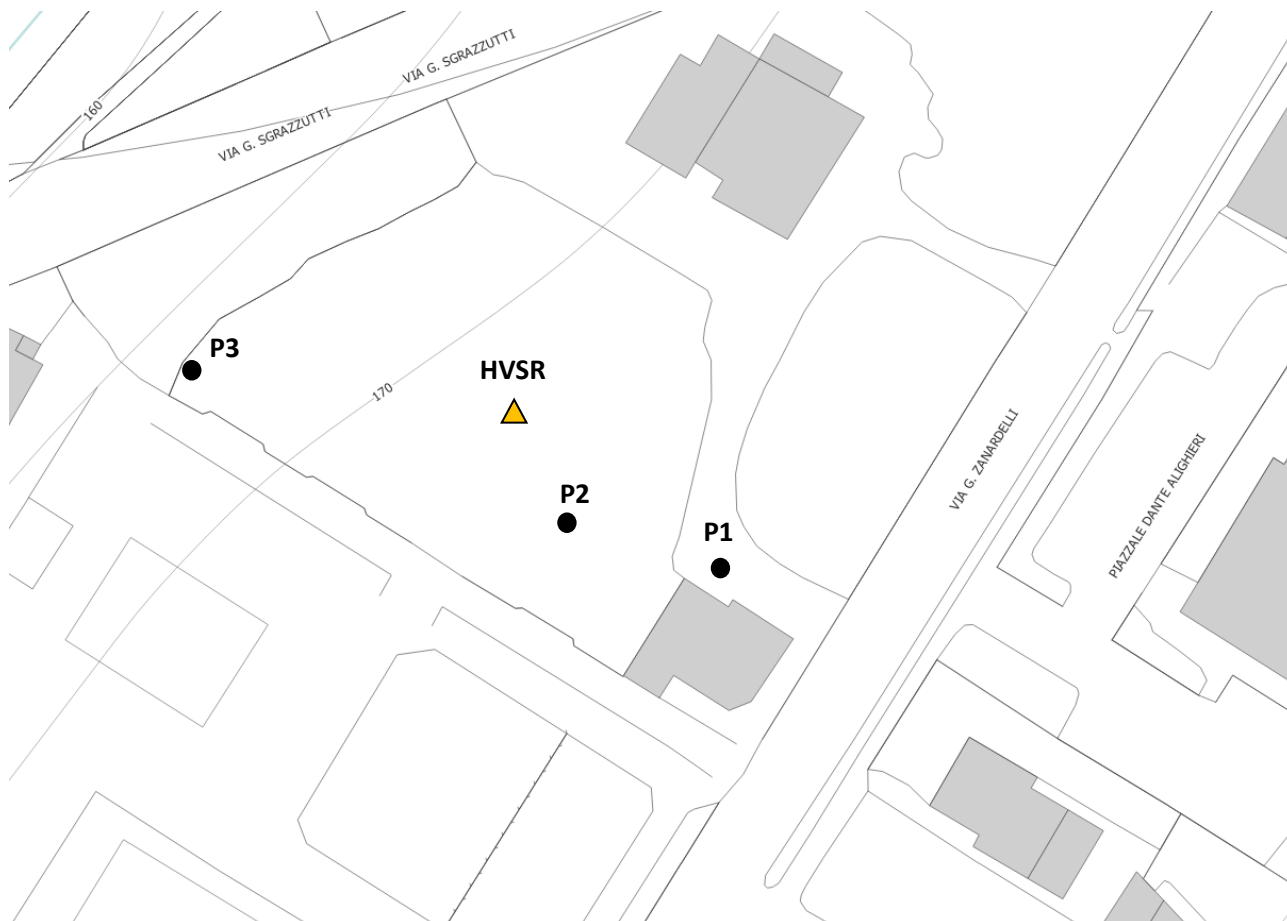


Figura 20: ubicazione delle indagini su DbT regionale



Figura 24: Documentazione fotografica prove penetrometriche.

Le prove sono state eseguite tramite il penetrometro dinamico pesante semovente Deepdrill modello SCPT 73/75 SM, avente le seguenti caratteristiche: Massa battente: 73 kg; Altezza di caduta: 75 cm; Peso asta completa ($\varnothing$ 32x900 mm) - 5,5 Kg; Angolo punta: 60°.

In allegato si riportano i diagrammi Ncolpi/profondità delle prove eseguite.

4.2. MODELLO GEOTECNICO E VALORI DI PROGETTO DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Il modello geotecnico che caratterizza il volume significativo interessato dall'interazione con le opere e che scaturisce dalle indagini effettuate può riassumersi come un corpo geologico avente le seguenti caratteristiche geotecniche:

CORPO GEOLOGICO 1

Prof. 0,00-1,00 m: terreno vegetale- eluviale e/o di riporto con argilla d'alterazione in posto

- angolo di resistenza al taglio di picco (ϕ'_k) = 30°
- peso dell'unità di volume (γ) = 16 KN/mc
- modulo di deformazione E_{yk} = 5 MPa

CORPO GEOLOGICO 2

Prof. > 1,00m: ghiaie e sabbie con ciottoli- strato ben addensato

- angolo di resistenza al taglio di picco (ϕ'_k) = 33°
- peso dell'unità di volume (γ) = 18 KN/mc
- modulo di deformazione E_{yk} = 25 MPa

NB: lo scrivente si rende disponibile ad eseguire verifiche in corso d'opera nel caso la DL lo ritenesse opportuno, sulla base della tipologia di materiali localmente rinvenuti al fondo scavo, per la verifica della reale profondità del substrato idoneo alla posa delle fondazioni.

Per quanto riguarda la costante di Winkler si propone la tabella secondo Pozzati con evidenziati i ranges nel riquadro "rosso" relativi ai rispettivi corpi geologici.

MODULO DI REAZIONE "VERTICALE" DEL TERRENO [WINKLER]	
NATURA DEL TERRENO	K (Kg/cm ³)
torba leggera.....	0.6 ~ 1.2
torba pesante.....	1.2 ~ 1.8
terra vegetale.....	1.0 ~ 1.5
depositi recenti.....	1.0 ~ 2.0
sabbia di mare, fina.....	1.5 ~ 2.0
sabbia poco coerente.....	2.0 ~ 4.0
terra molto umida.....	2.0 ~ 3.5
terra poco umida.....	3.0 ~ 6.0
terra secca.....	5.0 ~ 10.0
argilla con sabbia.....	8.0 ~ 10.0
argilla grassa.....	10.0 ~ 12.0
sabbia compatta.....	8.0 ~ 15.0
ghiaia con sabbia.....	10.0 ~ 25.0
ghiaia compatta.....	20.0 ~ 30.0

(Tabella dei Moduli di Winkler secondo POZZATI)

Figura 25:
Tabella riepilogativa K di Winkler

4.3. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI IN CONDIZIONI SISMICHE

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze (v. par. 7.11.3.4.2 del DM 17.01.18):

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 $U_c < 3,5$ ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

Nel caso in esame la verifica a liquefazione viene esclusa in quanto la falda principale si colloca ad una profondità superiore ai 15 m dal p.c.

Palazzolo s/O, luglio 2021

Dott. geol. Marco Carraro
n. 701 O.G.L



ALLEGATO 01
N. 3 DIAGRAMMI PROVE PENETROMETRICHE

ALLEGATO 02

REPORT MASW E MODELLO GEOFISICO