

# MECCANICA 2 ELLE srl

Via Raso 10/A - 6  
25036 Palazzolo s/O (BS)

---

Progetto di ampliamento di capannone industriale – via pontida  
1 - Foglio 24 Mappali 273/413/333 – (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

## RELAZIONE GEOTECNICA

NTC/2018 p.to 6.2.2



---

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

---



Data emissione	11/2021
Commessa	21/0575+6
File	J:\Geotecnica\Prov_BS\PALAZZOLO SULL'OGLIO\2021\via Pontida Meccanica 2L Geom Vavassori\Rel_Geol_Geot.docx
Referente	Dott. Carraro Marco

## INDICE

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2. RELAZIONE GEOLOGICA .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1. GEOLITOLOGIA E GEOMORFOLOGIA.....</b>	<b>5</b>
<b>2.2. IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA .....</b>	<b>7</b>
<b>2.3. VINCOLI, SINTESI E FATTIBILITÀ GEOLOGICA .....</b>	<b>10</b>
<b>3. APPROFONDIMENTO VULNERABILITÀ IDROGEOLOGICA APP-2 .....</b>	<b>13</b>
<b>4. PERICOLOSITÀ SISMICA .....</b>	<b>15</b>
<b>4.1. MAPPA INTERATTIVA DI PERICOLOSITÀ SISMICA.....</b>	<b>15</b>
<b>4.2. PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE .....</b>	<b>16</b>
<b>4.3. APPROFONDIMENTO SISMICO DA PIANIFICAZIONE COMUNALE .....</b>	<b>17</b>
<b>4.4. CATEGORIA SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE E TOPOGRAFICA.....</b>	<b>18</b>
<b>4.5. PARAMETRI SISMICI DI SITO .....</b>	<b>20</b>
<b>5. RELAZIONE GEOTECNICA .....</b>	<b>21</b>
<b>5.1. ACQUISIZIONE DATI APP-4 .....</b>	<b>21</b>
<b>5.2. VALORI CARATTERISTICI E DI PROGETTO DEI PARAMETRI GEOTECNICI .....</b>	<b>26</b>
<b>5.3. CALCOLI AGLI STATI LIMITE .....</b>	<b>27</b>
5.3.1. Dati geometrici e azioni sulle fondazioni.....	27
5.3.2. Calcoli agli Stati Limite Ultimi (SLU).....	27
5.3.3. Calcoli agli Stati Limite di Esercizio (SLE) .....	29
<b>5.4. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI IN CONDIZIONI SISMICHE.....</b>	<b>30</b>

## 1. PREMESSA

Su incarico della soc. Meccanica 2 ELLE srl è stata redatta la presente Relazione Geologica ai sensi della D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011 e delle NTC/2018 p.to 6.2.1, Relazione Geotecnica ai sensi delle NTC/2018 p.to 6.2.2, supporto del progetto di ampliamento di capannone industriale ubicato in via pontida 1 nei terreni distinti catastalmente al Foglio 24 Mappali 273/413/333 – (cod. G264) cap. 25036 Palazzolo s/O Bs.

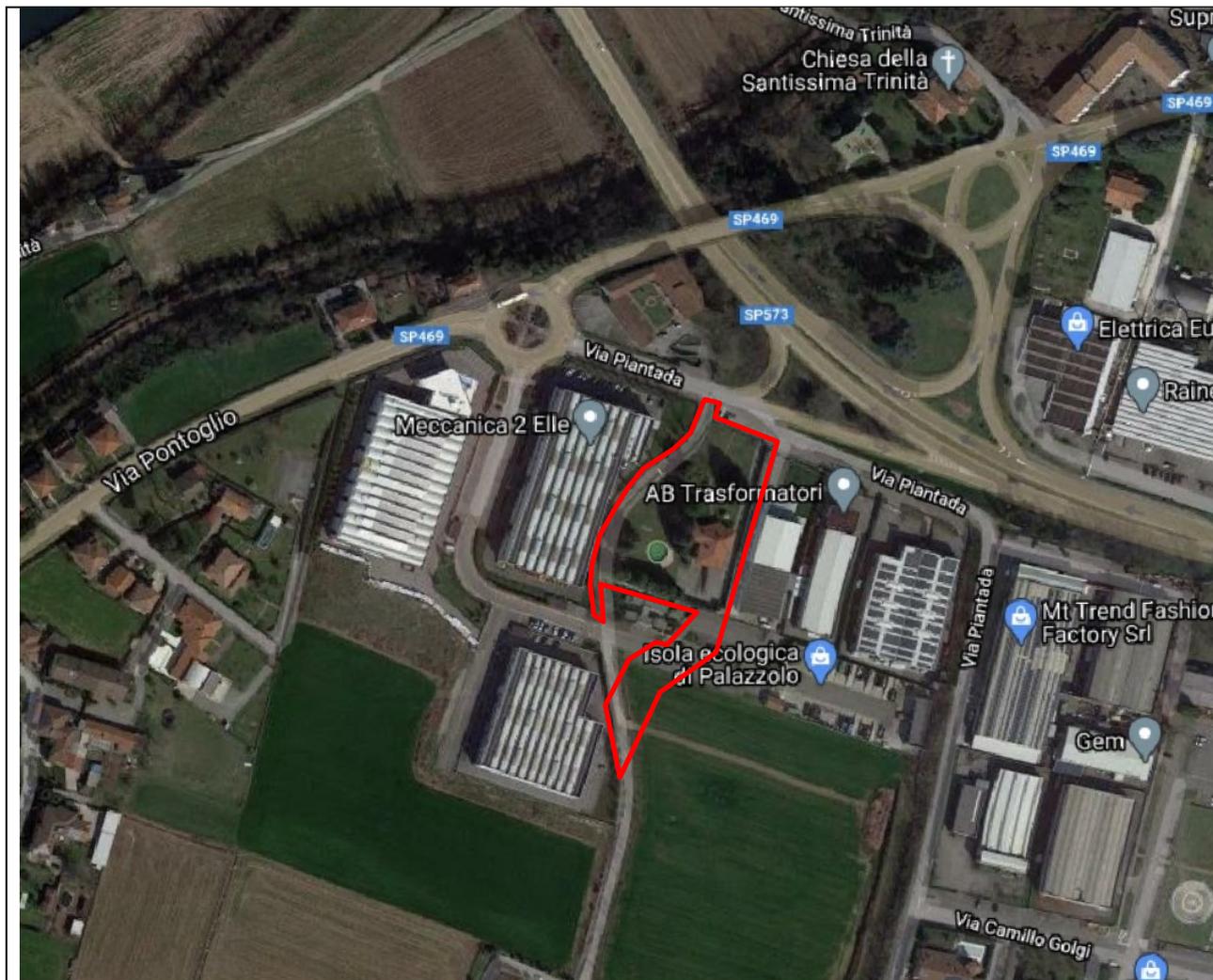


Figura 1: Ubicazione del sito su foto aerea

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.

L'analisi degli aspetti geologici del sito in esame è stata condotta tramite l'esecuzione di n. 3 trincee esplorative.

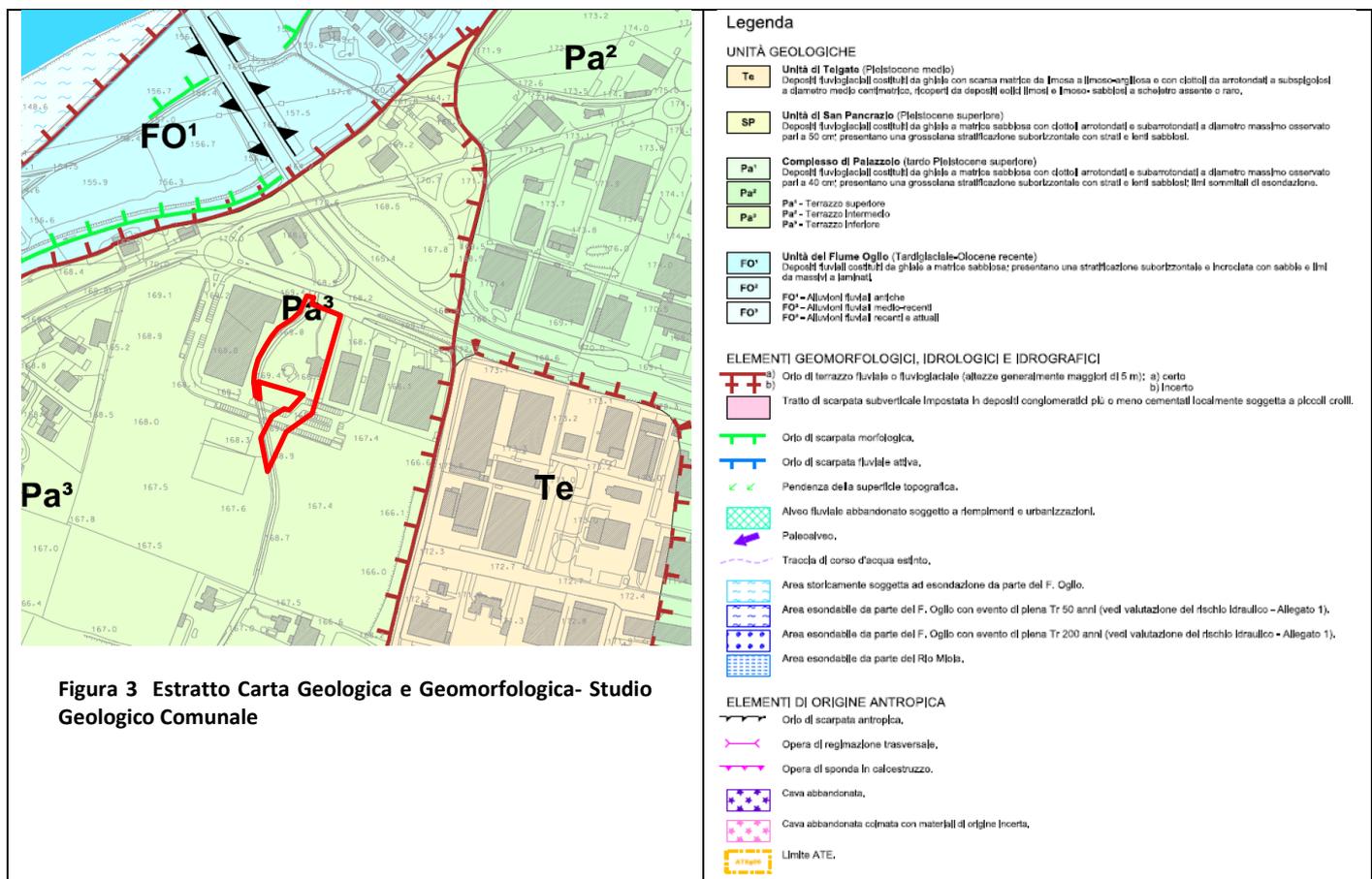
Trattandosi di indagini di tipo puntuale si premette che il sottoscritto resta disponibile per la verifica all'atto dell'esecuzione degli scavi (con la D. L. e l'impresa esecutrice dei lavori) che le condizioni del sottosuolo descritte nella presente indagine siano proprie e di tutta l'area interessata dalla nuova edificazione. Eventuali difformità da quanto riportato nella presente indagine che venissero rilevate in fase di esecuzione lavori, andranno comunicate immediatamente allo scrivente.



## 2. RELAZIONE GEOLOGICA

### 2.1. GEOLITOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

Dal punto di vista geologico l'area in esame si colloca all'interno dei depositi fluvioglaciali formati da ciotoli, ghiaie e sabbie con frazione limoso - argillosa variabile, clasti alloctoni della successione permo-triassica della Valcamonica (tonaliti e Verrucano Lombardo). Per quanto riguarda le unità geologiche (vedi fig. 2 Unità Pa3: terrazzo inferiore) il sito si inserisce all'interno del "Complesso di Palazzolo (tarda Pleistocene superiore)" formato da 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 sub orizzontale con strati e lenti sabbiose; limi sommitali di esondazione.



Dal punto di vista geomorfologico l'area in oggetto è collocabile all'interno del Piano Generale Terrazzato (PGT) avente gradiente locale NW→SE nell'ordine del 3 per mille e quota del piano campagna locale pari a circa 169 mslm legata al rimaneggiamento del materiale glaciale accumulatosi a valle del Sebino nel periodo post-wurmiano.

L'area di intervento è attraversata dalla antica via "Gonzere" dismessa da oltre 10 anni. Di seguito si riporta una successione di foto aeree dal 1975 al 2012 al fine di fornire il quadro antropico evolutivo della zona.

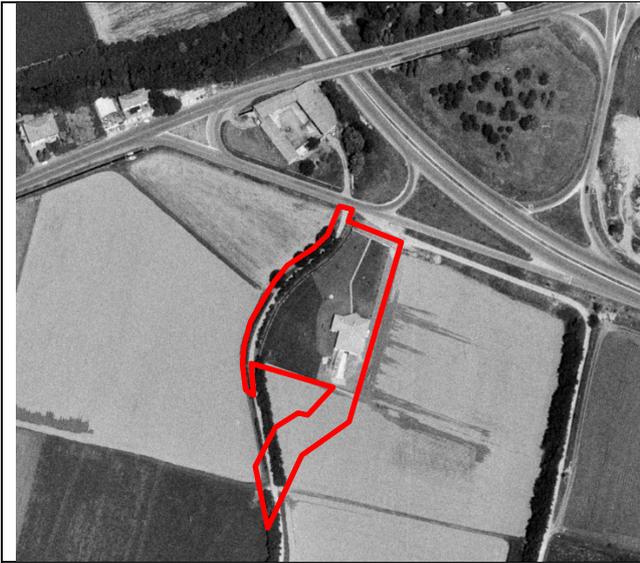


Figura 4 1975

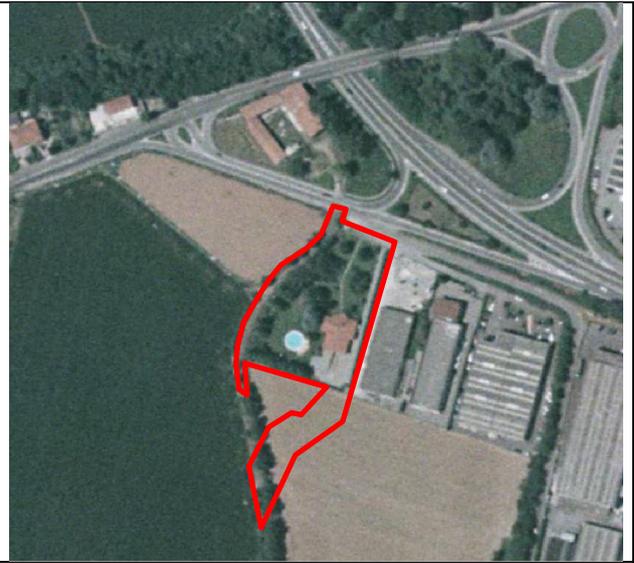


Figura 5 1998



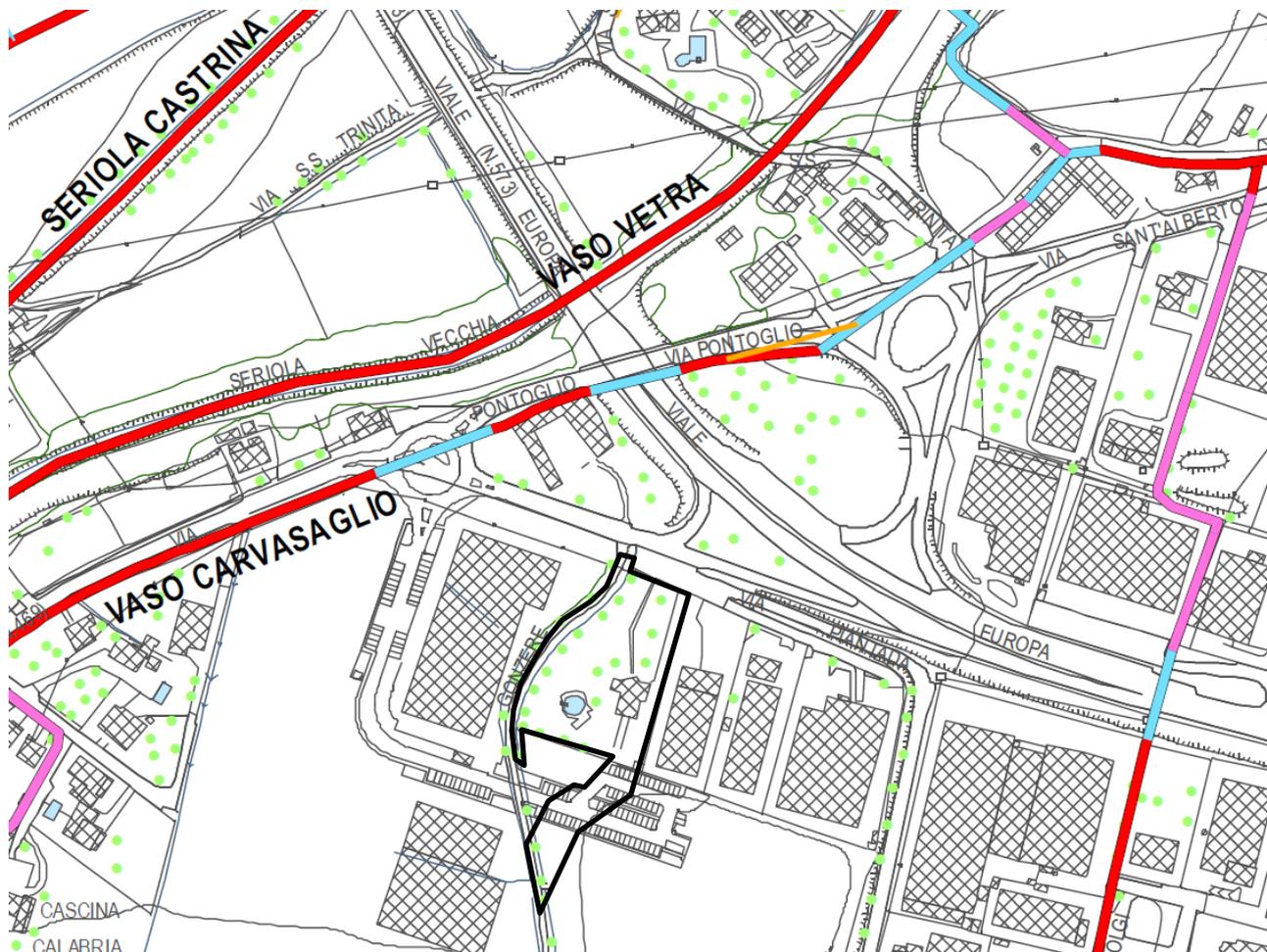
Figura 6 2007



Figura 7 2012

## 2.2. IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA

Dal punto di vista idrografico non si segnalano canali ufficiali in grado di interferire con l'area di progetto.



Si segnala un fosso relitto che scorre in fregio alla antica via Gonzere, oggi dismessa, che attraversa il terreno di proprietà.



Figura 8 Particolare fosso Relitto antica strada via gonzere

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.

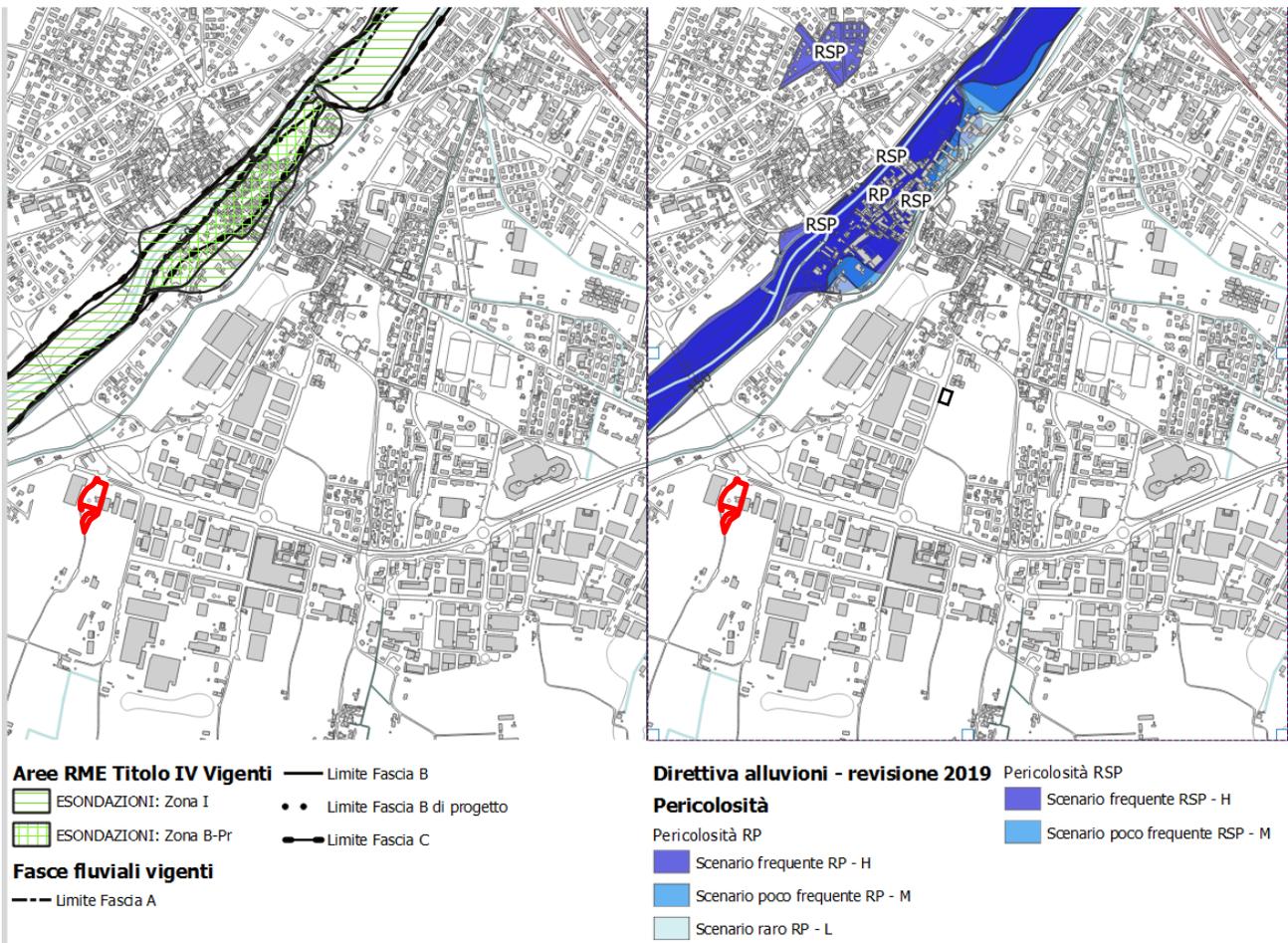


Figura 9: Tematismo PAI su DbT – Fonte dati Geoportale Regione Lombardia

Figura 10: Tematismo PGRA-Pericolosità su DbT – Fonte dati Geoportale Regione Lombardia

Dal punto di vista idrogeologico è presente una potente falda idrica avente andamento NW→SE gradiente 3-4 per mille, livello idrico oscilla a cavalle dei 135-136 mslm, ovvero fra 35 m di profondità dal piano campagna dell'area in esame.

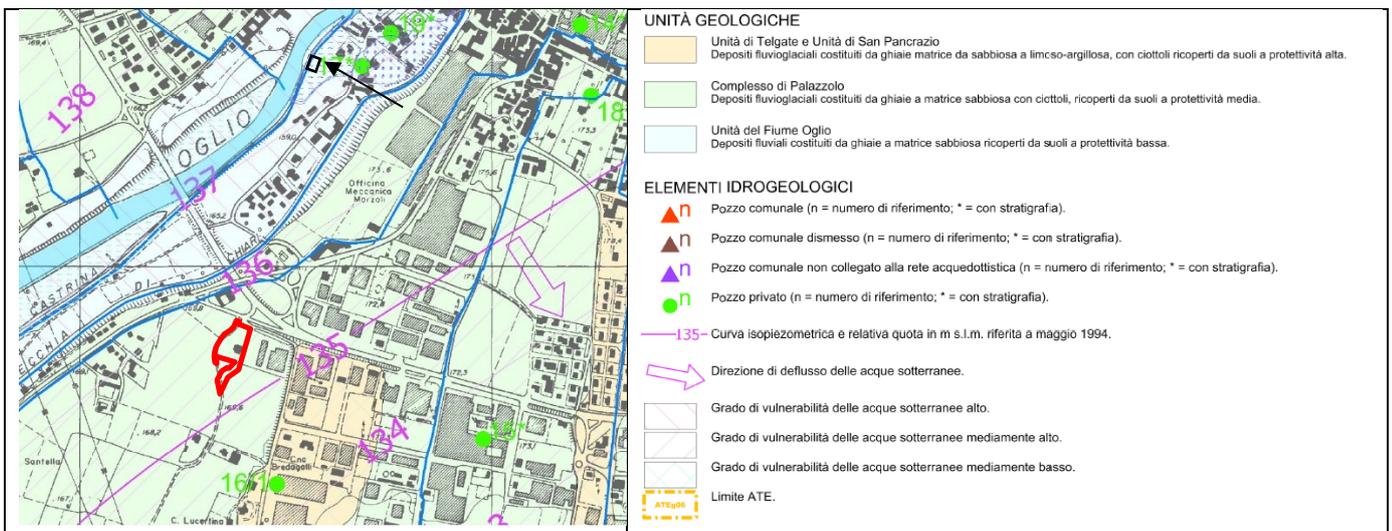
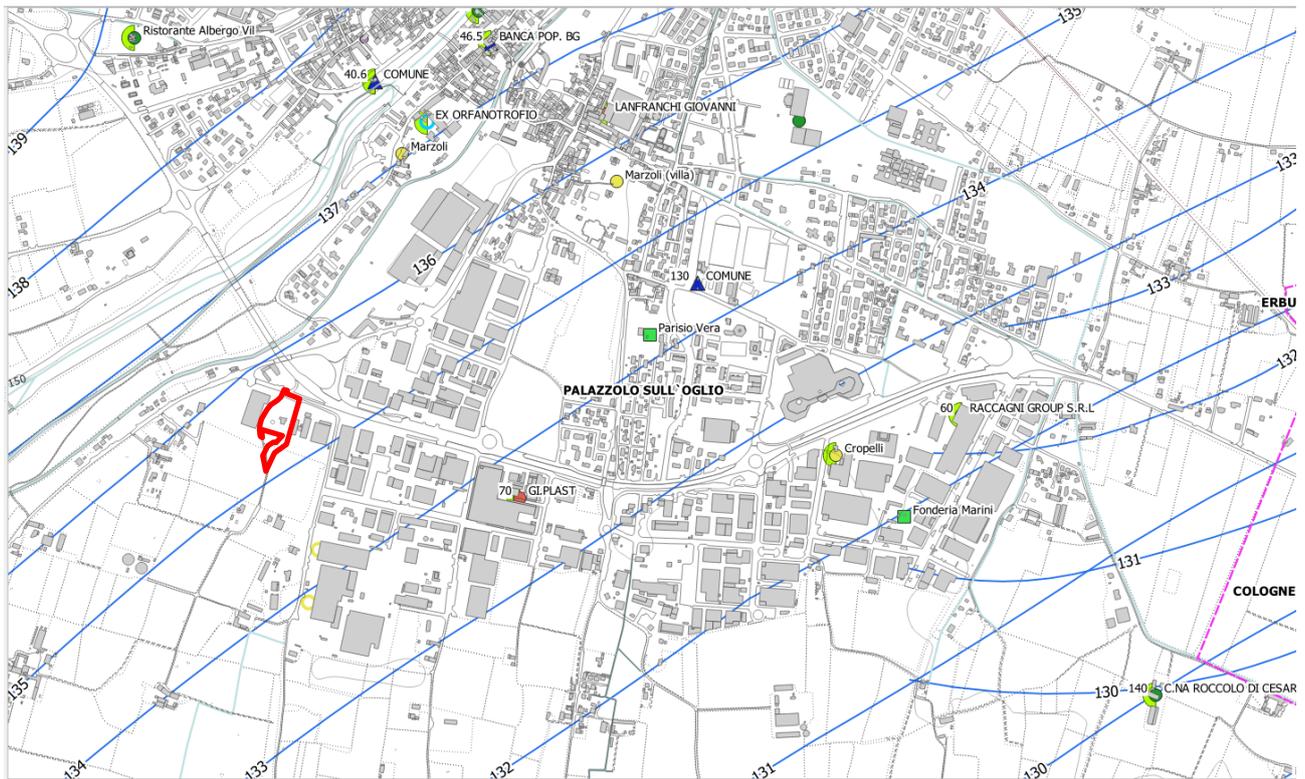


Figura 11 Estratto Carta Idrogeologica- Studio Geologico Comunale



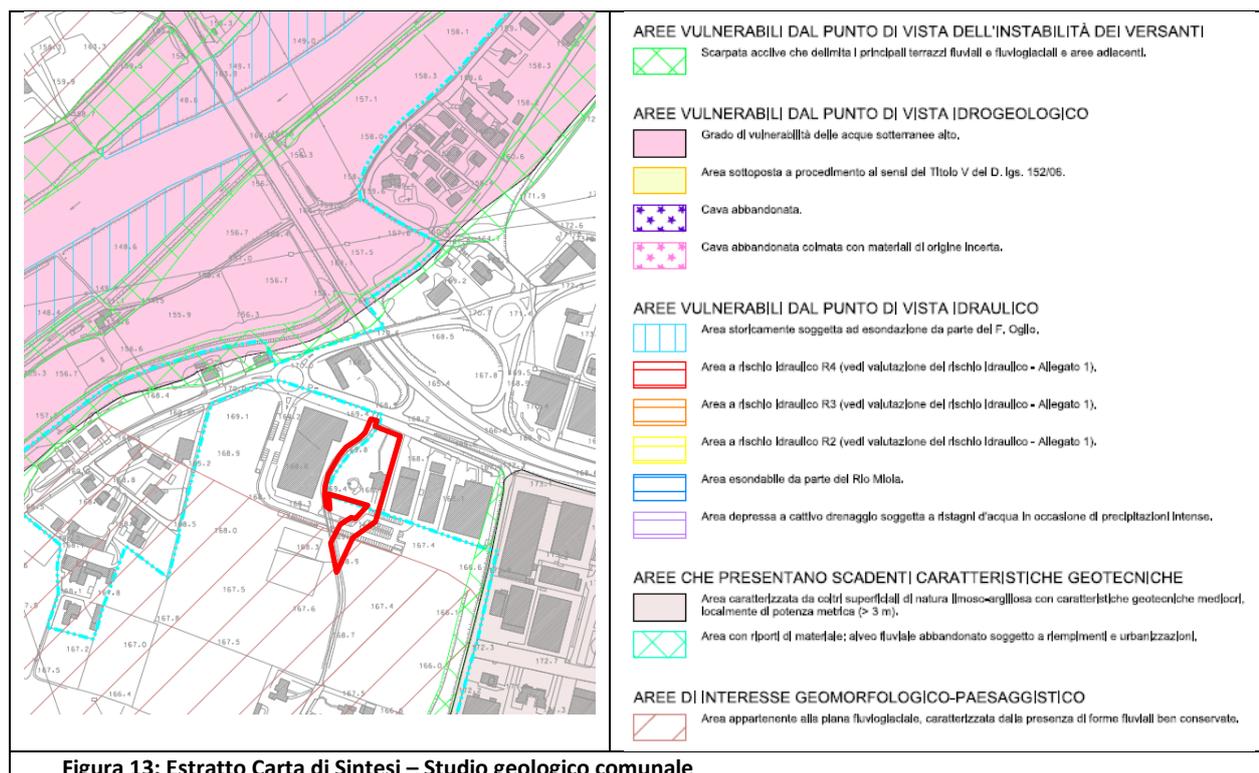
- Uso pozzi**
- |   |  |   |
|---|--|---|
| <span style="color: green;">■</span> Aree verdi/aree sportive | <span style="color: green;">●</span> Irriguo | <span style="color: cyan;">○</span> Domestico chiuso    |
| <span style="color: red;">●</span> Industriale                | <span style="color: blue;">▲</span> Potabile | <span style="color: yellow;">●</span> Zootecnico        |
|   | <span style="color: purple;">●</span> Scavo  | <span style="color: yellow;">○</span> Zootecnico chiuso |

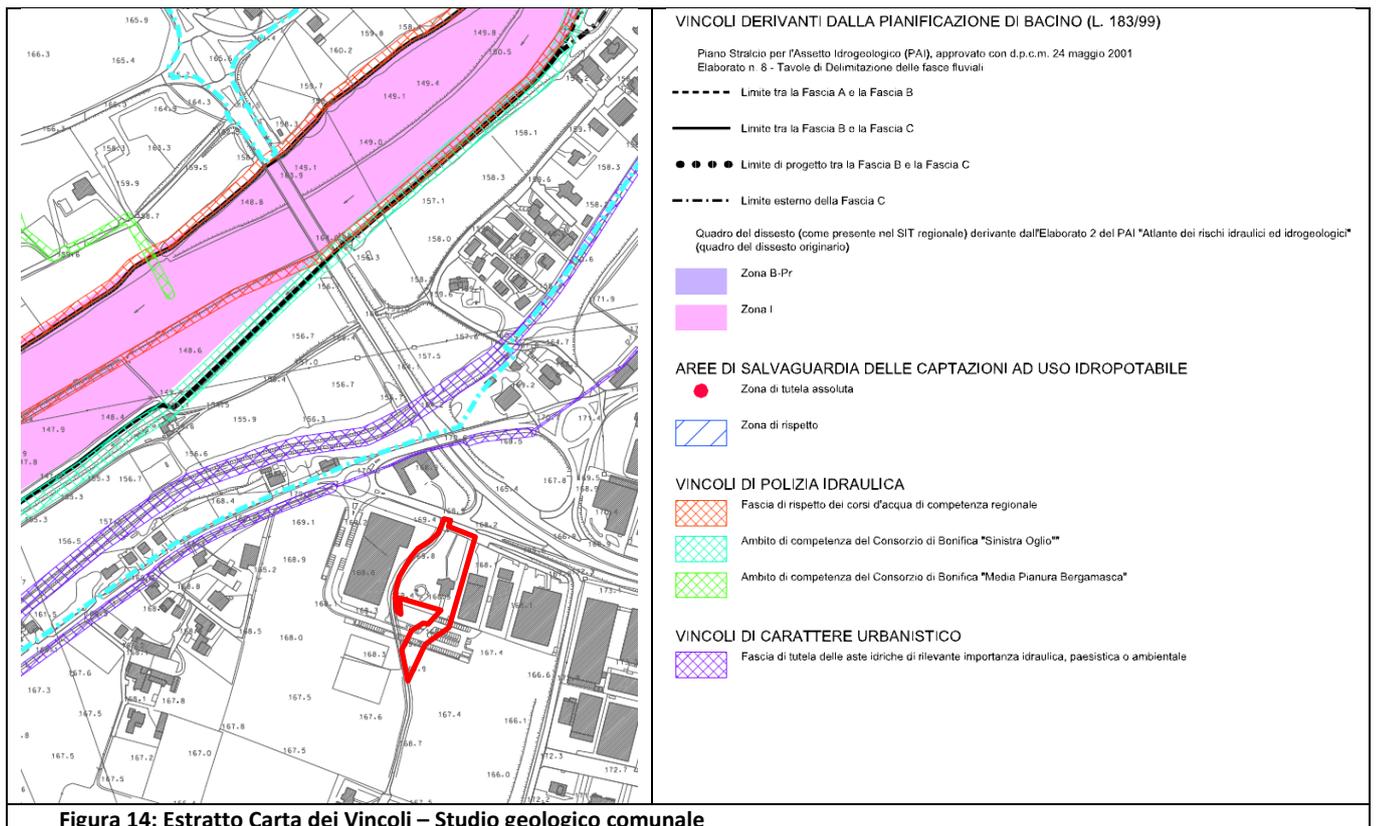
**Figura 12** Carta Idrogeologica- fonte Ecosphera

### 2.3. VINCOLI, SINTESI E FATTIBILITÀ 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. Dall'osservazione di tali carte risulta che il sito non è interessato da:

- aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile e fasce di rispetto dei corsi d'acqua;
- aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico e idraulico;
- aree con scadenti caratteristiche geotecniche o vulnerabili per instabilità dei versanti.





**Figura 14: Estratto Carta dei Vincoli – Studio geologico comunale**

Per quanto riguarda la fattibilità geologica il sito ricade in classe 2.

In tali aree le edificazioni devono essere precedute da indagini geotecniche finalizzate alla definizione delle caratteristiche geomeccaniche del terreno.

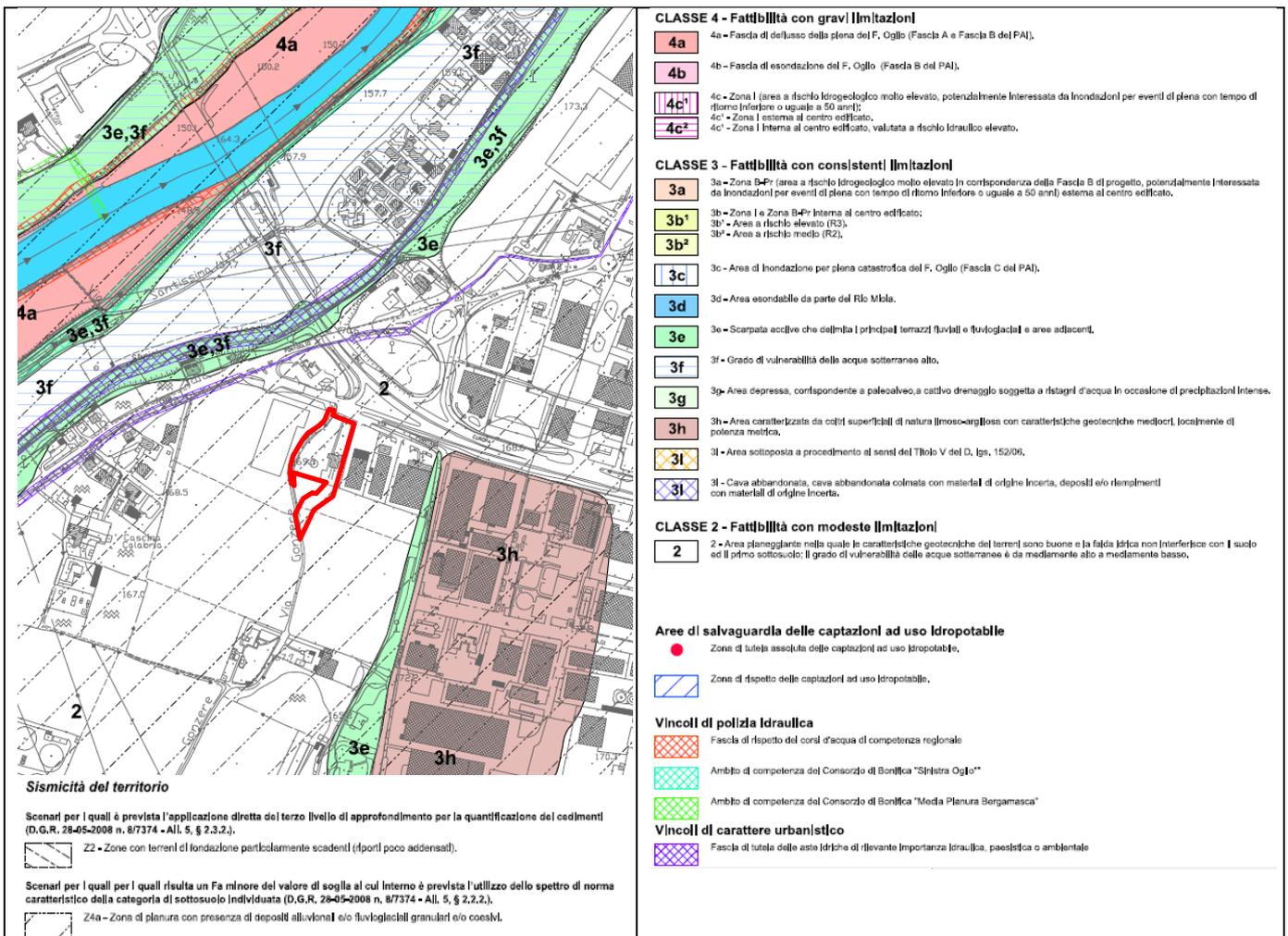


Figura 15 Estratto Carta di Fattibilità Geologica – studio geologico comunale

Si riportano dallo studio geologico comunale le prescrizioni della classe di fattibilità 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.**

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. APPROFONDIMENTO VULNERABILITÀ IDROGEOLOGICA APP-2

L'andamento stagionale della falda è dato da valori minimi in tarda primavera (magra pre-irrigua) e valori massimi in tarda estate (morbida post-irrigua), con eventuali incrementi ulteriori in caso di eventi meteorico-alluvionali significativi.

Di seguito si riporta l'andamento dei livelli della falda misurati al pozzo Co-Stamp (vedi freccia verde in figura 4) a cadenza settimanale per conto del Consorzio dell'Oglio negli anni '90 dove si legge un massimo paria 140 mslm, ovvero > 30 m da pc (173 mslm).

andamento piezometrico al pozzo COSTAMP

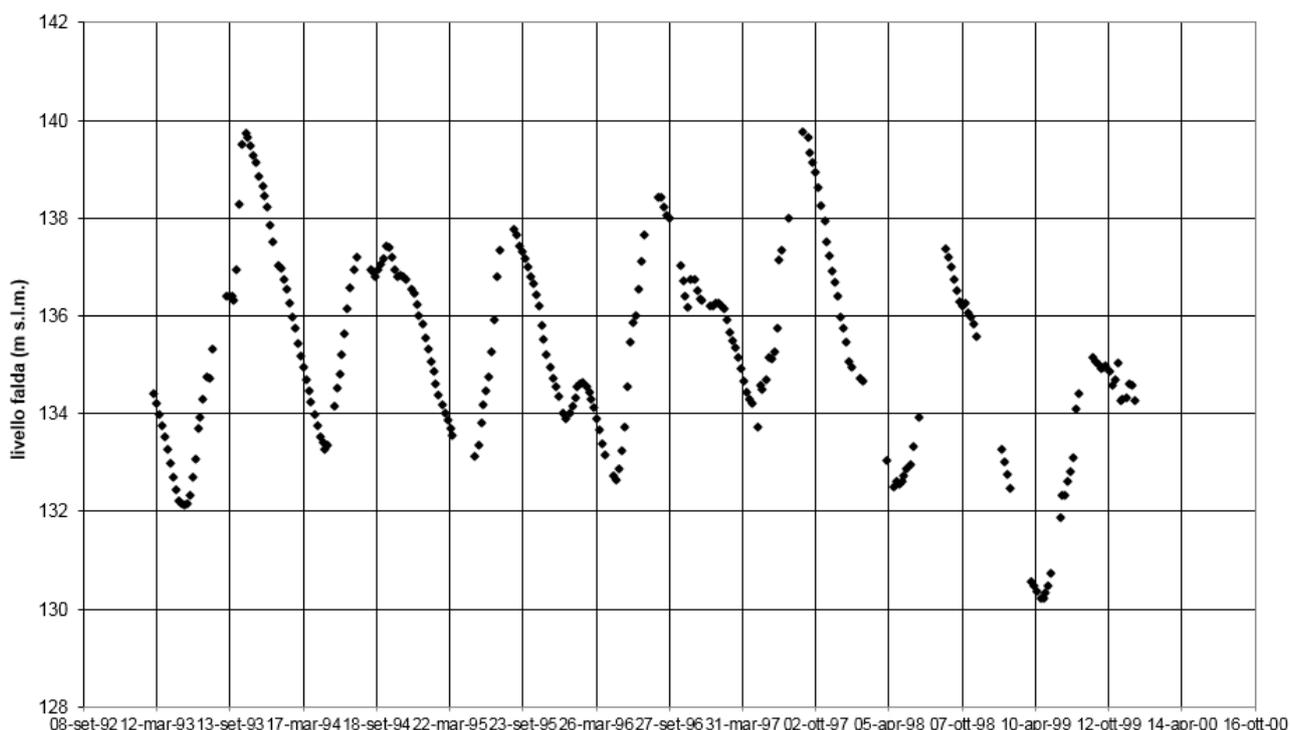


Figura 16: Andamento temporale della falda freatica al pozzo Co-Stamp

Per quanto riguarda le caratteristiche litostratigrafiche profonde di seguito si riporta la stratigrafia del pozzo aziendale Co\_Stamp.

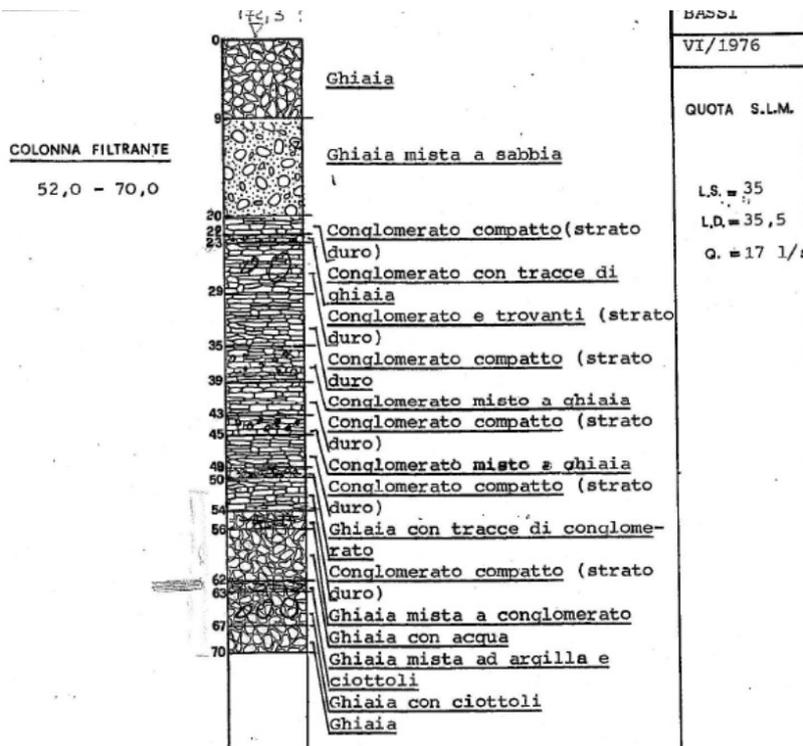


Figura 17: Stratigrafia pozzo Co-Stamp (n. 15)

Di seguito si riporta la stratigrafia di un altro pozzo vicino al sito.

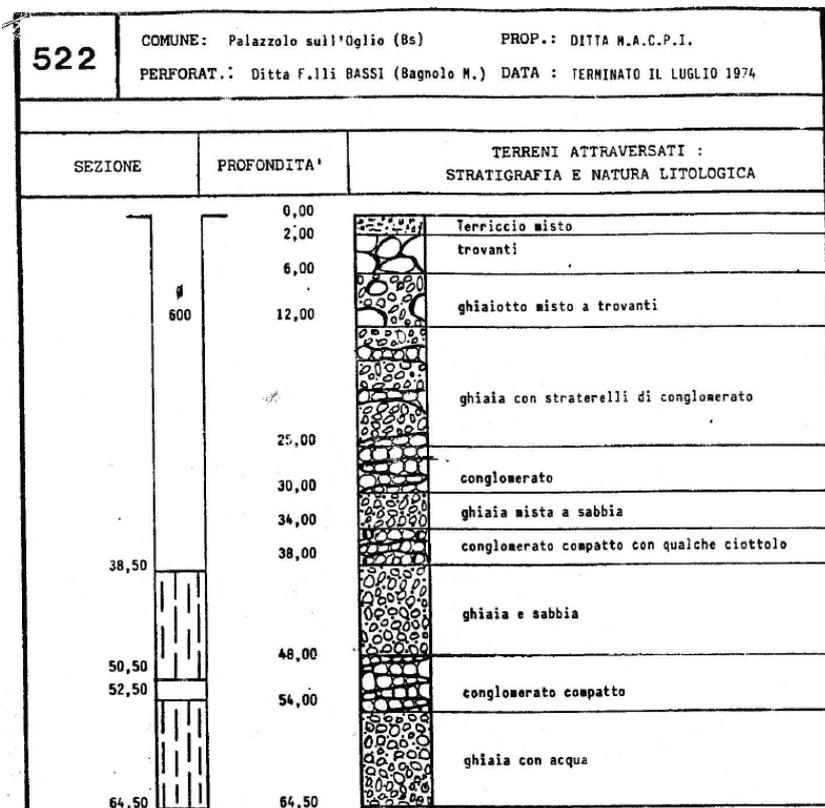


Figura 18: Stratigrafia pozzo Macpi (n. 16)

## 4. PERICOLOSITÀ SISMICA

### 4.1. MAPPA INTERATTIVA DI PERICOLOSITÀ SISMICA

Si riporta di seguito un estratto della mappa interattiva di pericolosità sismica realizzata dall' Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

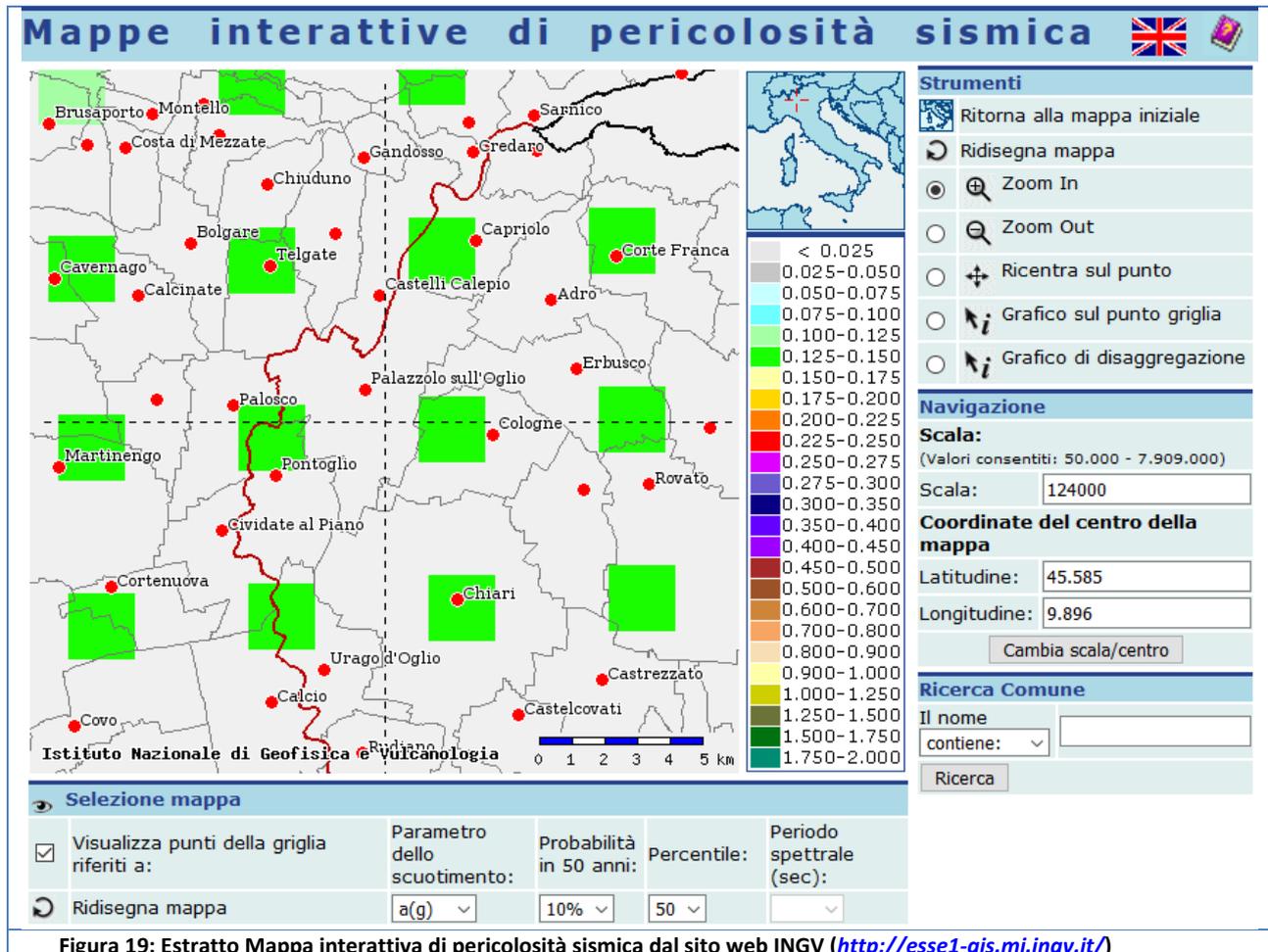


Figura 19: Estratto Mappa interattiva di pericolosità sismica dal sito web INGV (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>)

## 4.2. PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

In base alla classificazione sismica nazionale associata all’Ordinanza del PCM n. 3274 del 20 Marzo 2003 (“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”) il comune di Palazzolo S/O è stato classificato in Zona 3 (con sismicità crescente da zona 4 a zona 1). Nella tabella seguente si riportano i valori di accelerazione ( $a_g$ ) previsti dalla sopra citata ordinanza per tale zona sismica.

zona	accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni [ $a_g/g$ ]	accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [ $a_g/g$ ]
1	> 0,25	0,35
2	0,15-0,25	0,25
3	0,05-0,15	0,15
4	<0,05	0,05

**Figura 20: Estratto Ordinanza PCM 3274 del 20 Marzo 2003**

Tale classificazione è stata rivista con la DGR n. X/2129 del 11 Luglio 2014 che ha confermato il comune in zona sismica 3 (delibera di riclassificazione, pubblicata sul B.U.R.L. n. 29, S.O., del 16/7/2014).

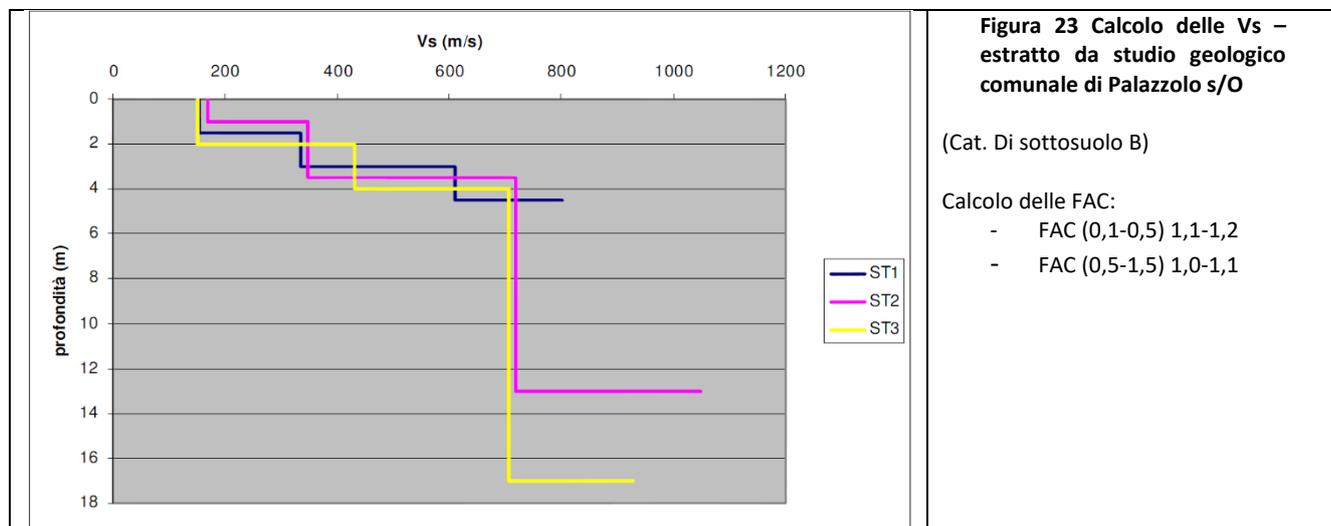
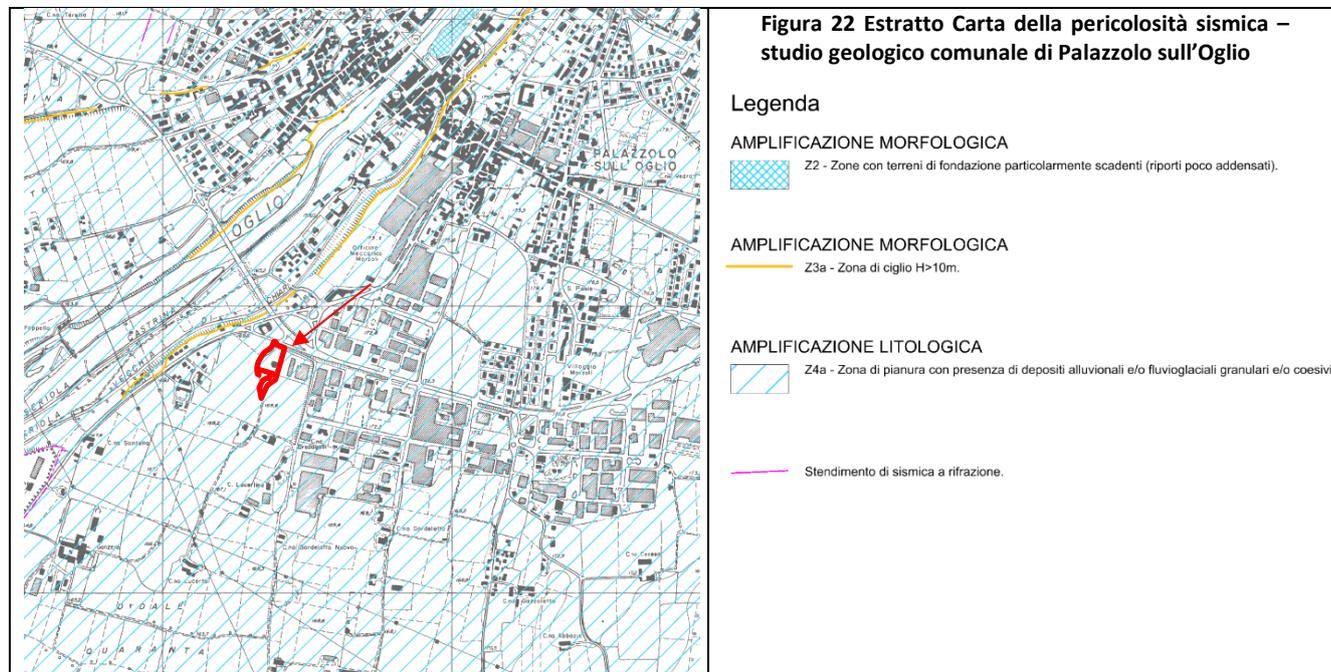
Nella tabella seguente si riportano i valori di accelerazione ( $a_{g\ max}$ ) previsti dalla DGR X/2129/2014 per tale zona sismica.

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

**Figura 21: Estratto DGR n. X/2129/2014**

### 4.3. APPROFONDIMENTO SISMICO DA PIANIFICAZIONE COMUNALE

Per quanto riguarda la pericolosità sismica il sito ricade in zona Z4a: zona di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi.



I FAC vengono messi a confronto con i valori di amplificazione sismica di soglia comunale della tabella allegata alla DGR 7374/2008 (FAS):

Comune	INTERVALLO	Valori soglia - FAS			
		B	C	D	E
PALAZZOLO SULL’OGLIO	0.1 - 0.5	1,5	1,9	2,3	2,0
	0.5 - 1.5	1,7	2,4	4,3	3,1

**Tabella 1: Valori di amplificazione sismica di soglia comunale DGR 7374/2008 (FAS)**

Si ricorda che, secondo quanto espressamente dichiarato da Regione Lombardia con nota dell'ottobre 2016, "si intende che, per la corretta applicazione del metodo, vadano accettati tutti i valori di FAC che una volta applicata la tolleranza (+/- 0,1) soddisfino almeno una volta il non superamento del valore soglia".

Il fattore di amplificazione sismica calcolato (FAC) relativo alle aree inserite in scenario Z4a risulta minore o uguale al valore di soglia comunale (FAS) per la categoria di sottosuolo B e quindi il relativo spettro di normativa è adeguato a tenere conto delle amplificazioni sito-specifiche attese.

#### 4.4. 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 24: 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>Depositati 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>Depositati 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  $S_T$  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 $30^\circ$	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di $30^\circ$	1,4

Tabella 3: Categorie topografiche- Estratto NCT 2018

#### 4.5. 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	latitudine: 45,59	longitudine: 9,88
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	

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



### Coefficienti sismici

Tipo: Stabilità dei pendii e fondazioni

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

H (m): 1      us (m): 0.1

Cat. Sottosuolo: B

Cat. Topografica: T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,20
CC Coeff. funz categoria	1,51	1,47	1,43	1,42
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]: 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.009	0.012	0.039	0.050
kv	0.004	0.006	0.019	0.025
Amax [m/s²]	0.437	0.587	1.586	2.034
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

### Stati limite

Classe Edificio: II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...

Vita Nominale: 50

Interpolazione: Media ponderata

**CU = 1**

Stato Limite	Tr [anni]	a <sub>g</sub> [g]	F <sub>o</sub>	Tc' [s]
Operatività (SLO)	30	0.037	2.425	0.208
Danno (SLD)	50	0.050	2.375	0.231
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.135	2.451	0.272
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.173	2.488	0.282

Periodo di riferimento per l'azione sismica: 50

Figura 25: Parametri sismici del sito  
<http://www.geostru.com/geoapp/parametri-sismici.aspx>

## 5. RELAZIONE GEOTECNICA

### 5.1. ACQUISIZIONE DATI APP-4

Il modello geologico geotecnico è stato ricostruito tramite l'esecuzione di 3 trincee esplorative realizzata nell'area di intervento.

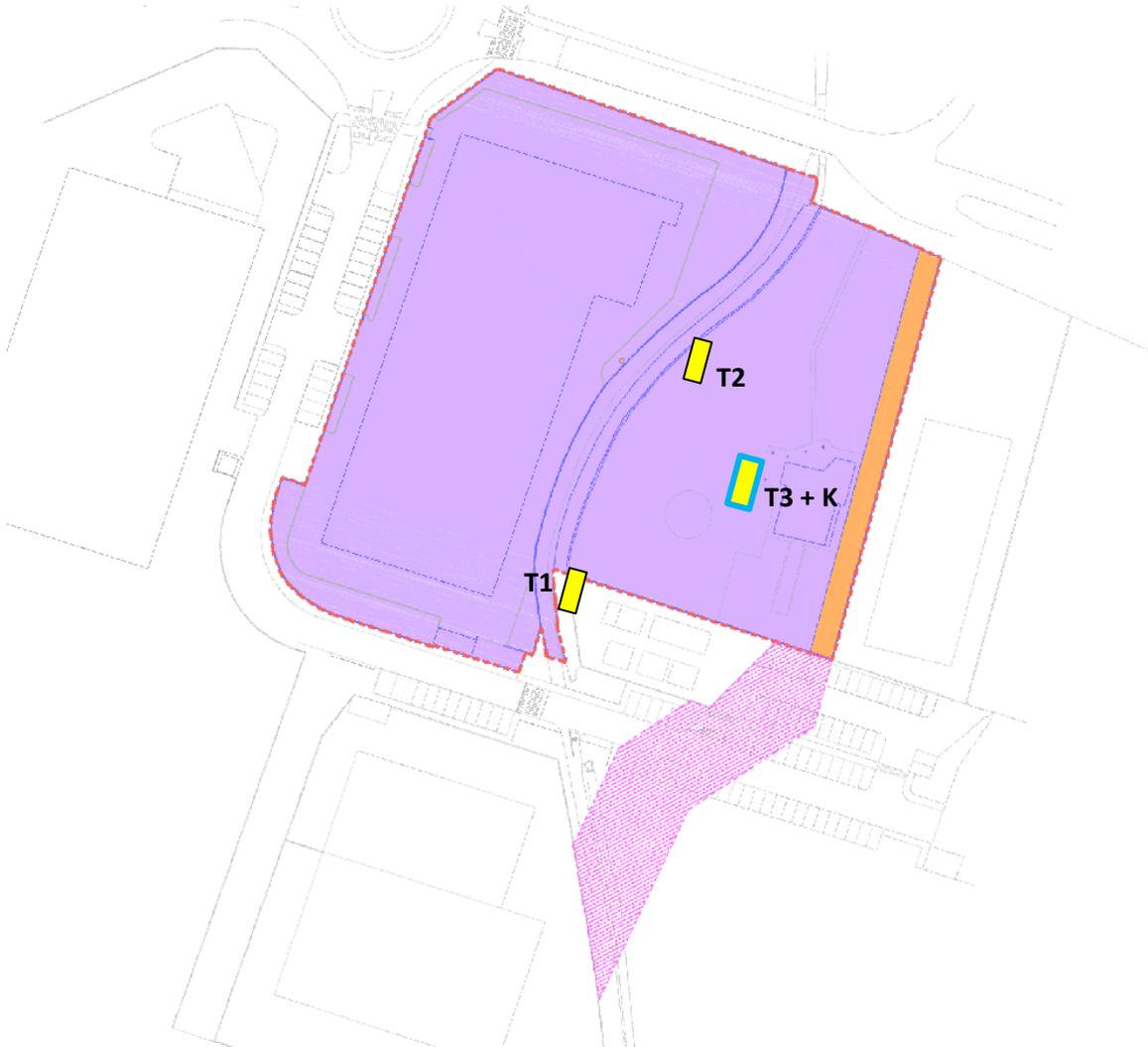
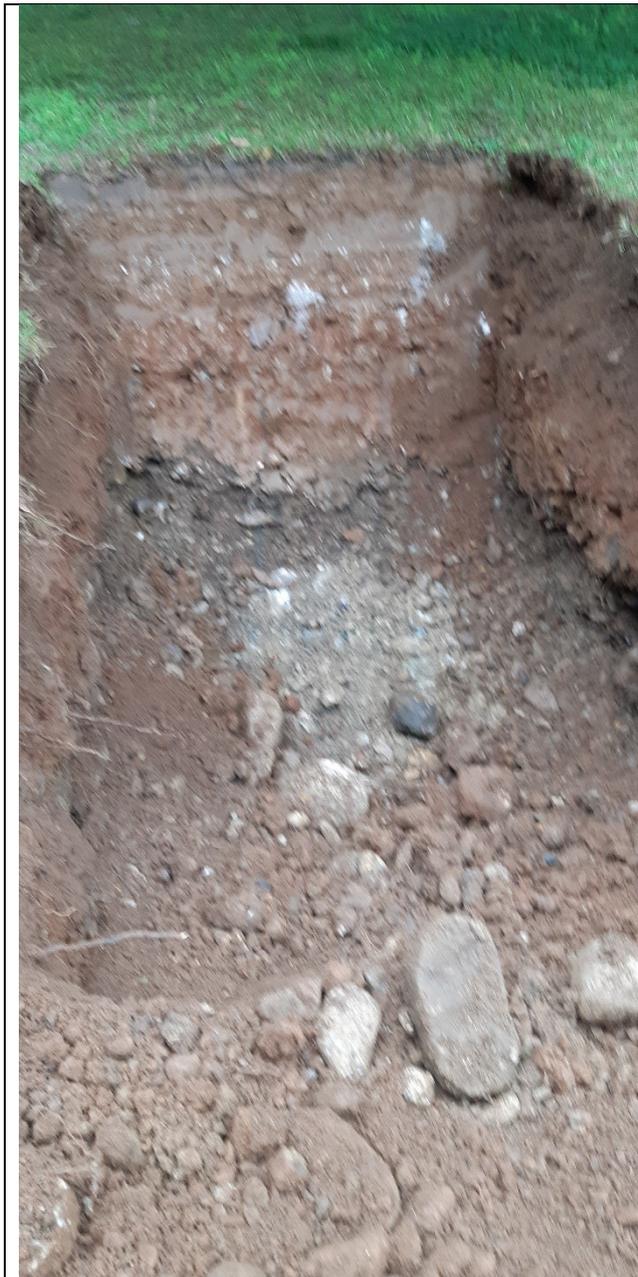


Figura 26: ubicazione trincee esplorative

NB: Nella trincea T3 è stata eseguita una prova di conducibilità idraulica.

Di seguito si riportano le stratigrafie delle trincee e le caratteristiche geotecniche dei terreni, con l'ausilio di documentazione fotografica.



**Figura 27: Trincea T1**

**Stratigrafia**

0,00-0,40 m terreno vegetale humico

0,40-1,30 m eluvio (argille limose per alterazione in posto, debolmente sabbiose e con ciottoli e massi poligenici)

1,30-2,40 m ghiaie sabbiose con ciottoli e massi, debolmente limose e ben addensate (angolo di natural declivio > 35°)

**Visione d'insieme**



**Particolare ghiaie sabbiose con ciottoli**





**Figura 28: Trincea T2**

**Stratigrafia**

0,00-0,30 m terreno vegetale humico

0,30-1,20 m eluvio (argille limose per alterazione in posto, debolmente sabbiose e con ciottoli e massi poligenici)

1,20-1,90 m ghiaie sabbiose con ciottoli e massi, debolmente limose e ben addensate (angolo di natural declivio > 35°)

**Visione d'insieme**





Di seguito si riporta estratto di una prova penetrometrica dinamica eseguita presso l'aiuola vra viale europa e via piantada, presso l'area aziendale, nell'ambito del progetto del collettore fognario a cura di Acque Bresciane.

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.5  
Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)

Committente: AOB2 srl  
Cantiere: Collettore Castelli Calepio - Palazzolo  
Località: Palazzolo s/O (Bs)

Data: 16/09/2014

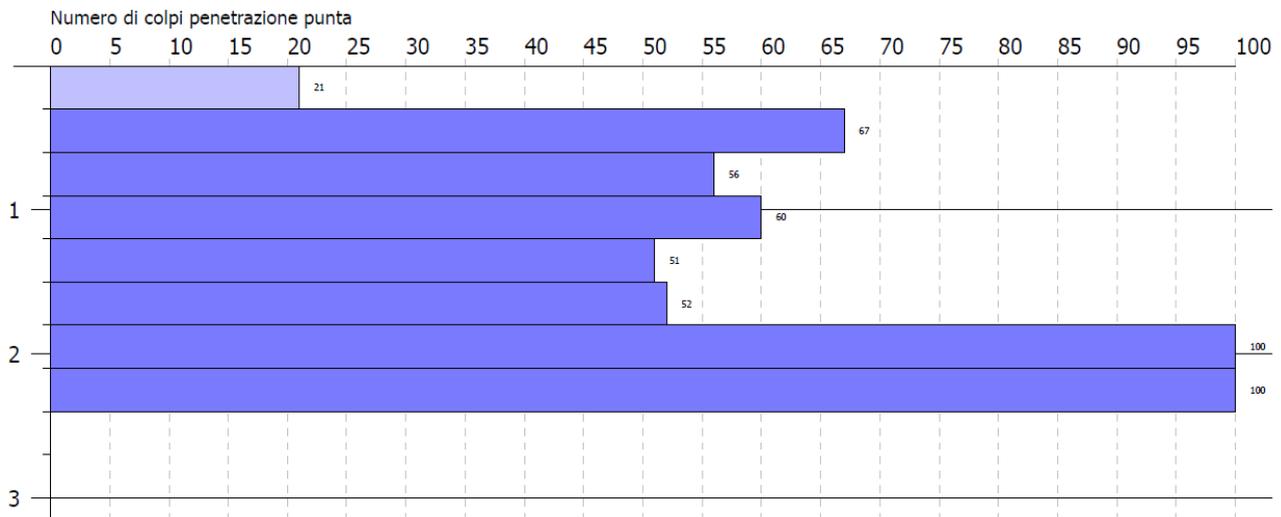


Figura 30: prova penetrometrica dinamica aiuola raccordo viale europa – via piantada

---

## 5.2. VALORI CARATTERISTICI E DI PROGETTO DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Per valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato, partendo dalle informazioni acquisite direttamente in cantiere.

Tali valori caratteristici delle grandezze fisiche e meccaniche da attribuire ai terreni sono stati ottenuti attraverso l'interpretazione dei dati acquisiti nella indagine geotecnica precedentemente esposta. I valori di progetto dei parametri geotecnici si ottengono dai valori caratteristici tenendo conto dei coefficienti parziali  $\gamma_M$ .

Sulla base delle litologie riscontrate, il sottosuolo indagato viene schematicamente suddiviso in 2 litozone cui vengono attribuiti i seguenti parametri:

### **CORPO GEOLOGICO 1 – terreno vegetale / eluviale d'alterazione limoso argillosa**

**Prof. 0,00-1,40 m**

- Angolo di resistenza al taglio ( $\phi'_k$ ) = 29°
- Peso dell'unità di volume ( $\gamma$ ) = 1.600 Kg/mc
- Modulo di deformazione  $E_{yk}$  = 60 Kg/cmq

### **CORPO GEOLOGICO 2 – Depositi fluvioglaciali sabbioso ghiaiosi con ciottoli ben addensati**

**Prof. > 1,40 m**

- Angolo di resistenza al taglio ( $\phi'_k$ ) = 34°
- Peso dell'unità di volume ( $\gamma$ ) = 1.700 Kg/mc
- Modulo di deformazione  $E_{yk}$  = 200 Kg/cmq

### 5.3. CALCOLI AGLI STATI LIMITE

#### 5.3.1. Dati geometrici e azioni sulle fondazioni

Sulla base delle informazioni di progetto ricevute e delle caratteristiche geologiche locali si ricapitolano le condizioni del modello geotecnico per i calcoli delle resistenze di progetto del terreno:

- criterio progettuale: Approccio 2 (NTC 2018)
- trattazione dei depositi del sottosuolo come incoerenti ed in condizioni drenate
- carichi agenti sul terreno verticali e centrati
- geometrie fondazioni: plinti 3,00x3,00 mq prof. = incastro = 1,50 m
- falda: assente nell'orizzonte d'interesse geotecnico

Il criterio progettuale dell'Approccio 2 prevede un'unica combinazione di gruppi di coefficienti (A1+M1+R3) da adottare nelle verifiche geotecniche; di seguito si illustrano i coefficienti parziali da applicare ai parametri geotecnici relativi all'approccio scelto.

	APPROCCIO	2	A1+M1+R3		
M1	$\gamma_\phi'$	1	$\gamma_{c'}$	1	$\gamma_{cu}$
	cap. portante		scorrim.		
R3	2.3		1.1		

#### 5.3.2. Calcoli agli Stati Limite Ultimi (SLU)

La condizione di verifica agli stati limite ultimi è la seguente disequazione:

$$Ed \leq Rd$$

Ed = componente della risultante delle forze in direzione normale al piano di posa

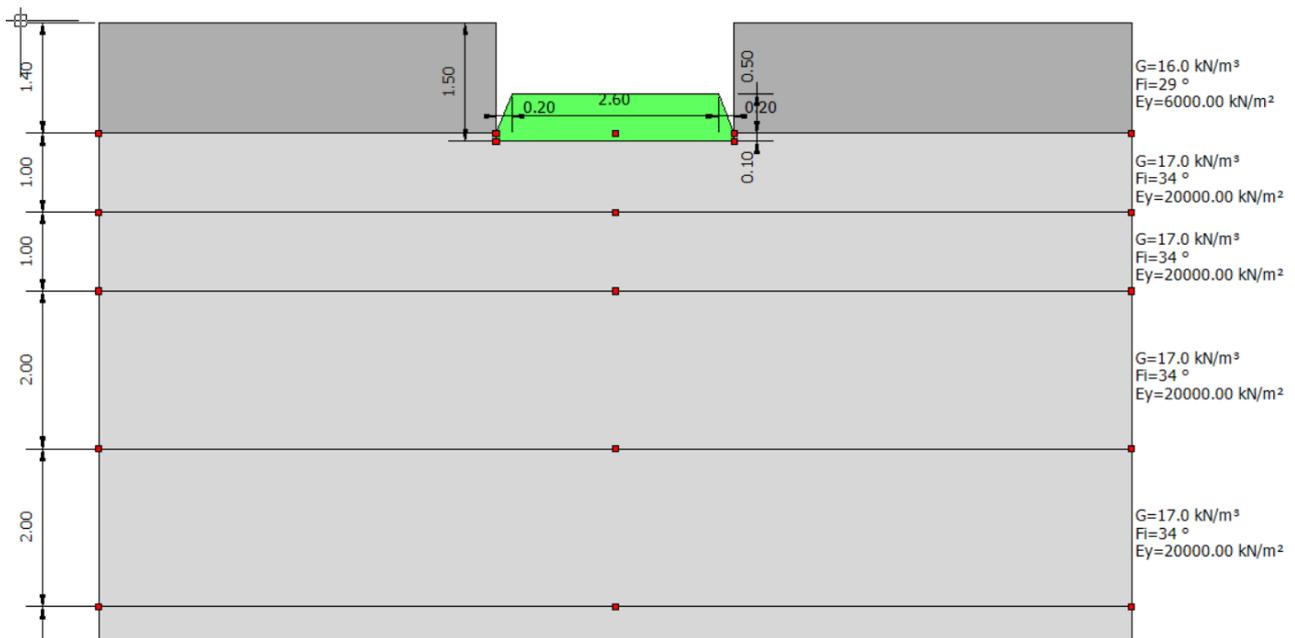
Rd = valore della forza normale al piano di posa cui corrisponde il raggiungimento del carico limite in terreni di fondazione

La formula trinomia per il calcolo del carico ultimo risulta la seguente (Hansen, 1970)

$$q_{lim} = c N_c s_c d_c i_c b_c g_c z_c + \gamma_1 D N_q s_q d_q i_q b_q g_q z_q + 0.5 \gamma_2 B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma z_\gamma \quad (\varphi > 0);$$

$$q_{lim} = 5.14 c_u (1 + s_c + d_c - i_c - b_c - g_c) + \gamma_1 D \quad (\varphi = 0);$$

Le resistenze di progetto Rd dovranno essere confrontate con le azioni Ed calcolate dal progettista al fine di verificare la disequazione  $Ed < Rd$ .



**Figura 31 Modello geotecnico sottosuolo e Resistenze di progetto**

Fondazioni: Plinti 3,00x3,00 mq; prof. = incastro = 1,50 m

**Rd SLU 775 KPa**

**Rd SLV 605 KPa**

### 5.3.3. Calcoli agli Stati Limite di Esercizio (SLE)

Nell'ambito delle verifiche geotecniche delle strutture si riporta quella relativa ai cedimenti, nel rispetto dei requisiti prestazionali della struttura, rispettando la condizione:

$$Ed \leq Cd$$

Ed = valore di progetto dell'effetto delle azioni (cedimento calcolato)  
 Cd = prescritto valore limite dell'effetto delle azioni (cedimento ammissibile)

E' stata eseguita la stima dei cedimenti di fondazione Ed (cm) e del Coefficiente di sottofondo Ks (Kg/cm<sup>2</sup>) considerando le pressioni sotto riportate, mediante il metodo di Schmertmann ottenendo, per le medesime combinazioni di fondazioni riportate nel paragrafo 4.3.1, i seguenti valori:

PLINTI	Combinazione azioni	Pressione (KPa)	Cedimento assoluto calcolato Ed (cm) (Schmertmann)
3,00x3,00 mq; prof. 1,50 m	SLE	200	2,5

Figura 32 Calcolo cedimenti

NB: Si precisa che la valutazione finale se i cedimenti risultino tollerabili dalle strutture in progetto dovrà essere fatta dall'ingegnere strutturale.

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]		K (Kg/cm <sup>3</sup> )	
NATURA DEL TERRENO			
torba leggera.....	0.6 ~ 1.2		
torba pesante.....	1.2 ~ 1.8		
terra vegetale.....	1.0 ~ 1.5		
depositi recenti.....	1.0 ~ 2.0		Corpo geologico 1
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		Corpo geologico 2
ghiaia con sabbia.....	10.0 ~ 25.0		
ghiaia compatta.....	20.0 ~ 30.0		

(Tabella dei Moduli di Winkler secondo POZZATI)

Figura 33:  
 Tabella riepilogativa K di Winkler

Natura dei terreni a contatto con le fondazioni in oggetto (corpo geologico 2)

#### 5.4. 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, novembre 2021

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

