

COMMITTENTI
INTERVENTO
Geom. Gatta Gerardo
Via Don Luigi Sturzo n. 42 – Travagliato (BS)

COMUNE DI TRAVAGLIATO (BS)
LAVORI DI RIQUALIFICAZIONE DEL PARCHEGGIO
DI VIA VITTORIO EMANUELE II
“PICCOLO GIAPPONE”
Fig. 11 mappale 391 – cc Travagliato (BS)

RELAZIONE GEOLOGICA
NTC2018 – DGR 2616/2011

Luglio 2019



Il Tecnico
Geol. Massimo Marella
Via Formiche 3 - Palazzolo s/O (BS)
Tel 3486915165
geologomarella@gmail.com
massimo.marella@pec.enpaia.it

POZZI
AMBIENTE
IDROGEOLOGIA
ACUSTICA AMBIENTALE
GEOLOGIA- GEOTECNICA
PIANIFICAZIONE TERRITORIALE

INDICE

| | |
|--|-----------|
| 1. PREMESSA..... | 3 |
| 2. UBICAZIONE DELL'AREA OGGETTO DELL'INTERVENTO..... | 3 |
| 3. ANALISI DELLO STUDIO GEOLOGICO COMUNALE | 4 |
| 4. ASPETTI GEOLOGICI GEOMORFOLOGICI ED IDROGRAFICI | 6 |
| 5. APP2 – APPROFONDIMENTO IDROGEOLOGICO | 7 |
| 6. PERICOLOSITA' SISMICA | 10 |
| 6.1. SISMOTETTONICA | 10 |
| 6.2. PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE..... | 11 |
| 6.3. SCENARI DI PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE..... | 11 |
| 6.4. CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE E TOPOGRAFICA | 13 |
| 6.5. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI IN CONDIZIONI SISMICHE | 14 |
| 6.6. PARAMETRI SISMICI..... | 15 |
| 7. INDAGINE GEOGNOSTICA E GEOTECNICA..... | 16 |
| 7.1. INDAGINI SUL SITO | 16 |
| 7.2. MODELLO GEOTECNICO | 18 |

1. PREMESSA

La presente relazione geologica è stata eseguita per conto del Geom. Gatta Gerardo con studio in Via Don Luigi Sturzo n. 42 – Travagliato (BS) a supporto del progetto di riqualficazione del parcheggio comunale di via Vittorio Emanuele II a Travagliato (BS), identificato al Fg 11 mappale 391.

L'analisi degli aspetti geologici del sito in esame è stata condotta utilizzando le informazioni rilevate durante i sopralluoghi effettuati ed integrate con le informazioni desunte dallo studio geologico comunale redatto a supporto del PGT, ed ai dati disponibili in letteratura.

Il presente studio è stato condotto ai sensi delle NTC2018 e della Dgr 2616/2011.

Trattandosi di un'indagine di tipo puntuale si premette che il sottoscritto resta disponibile per la verifica (con la D. L. e l'impresa esecutrice dei lavori) all'atto dell'esecuzione degli scavi che le condizioni del sottosuolo descritte nella presente indagine siano proprie 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. UBICAZIONE DELL'AREA OGGETTO DELL'INTERVENTO

Nella figura seguente si riporta l'area interessata dall'intervento in progetto.

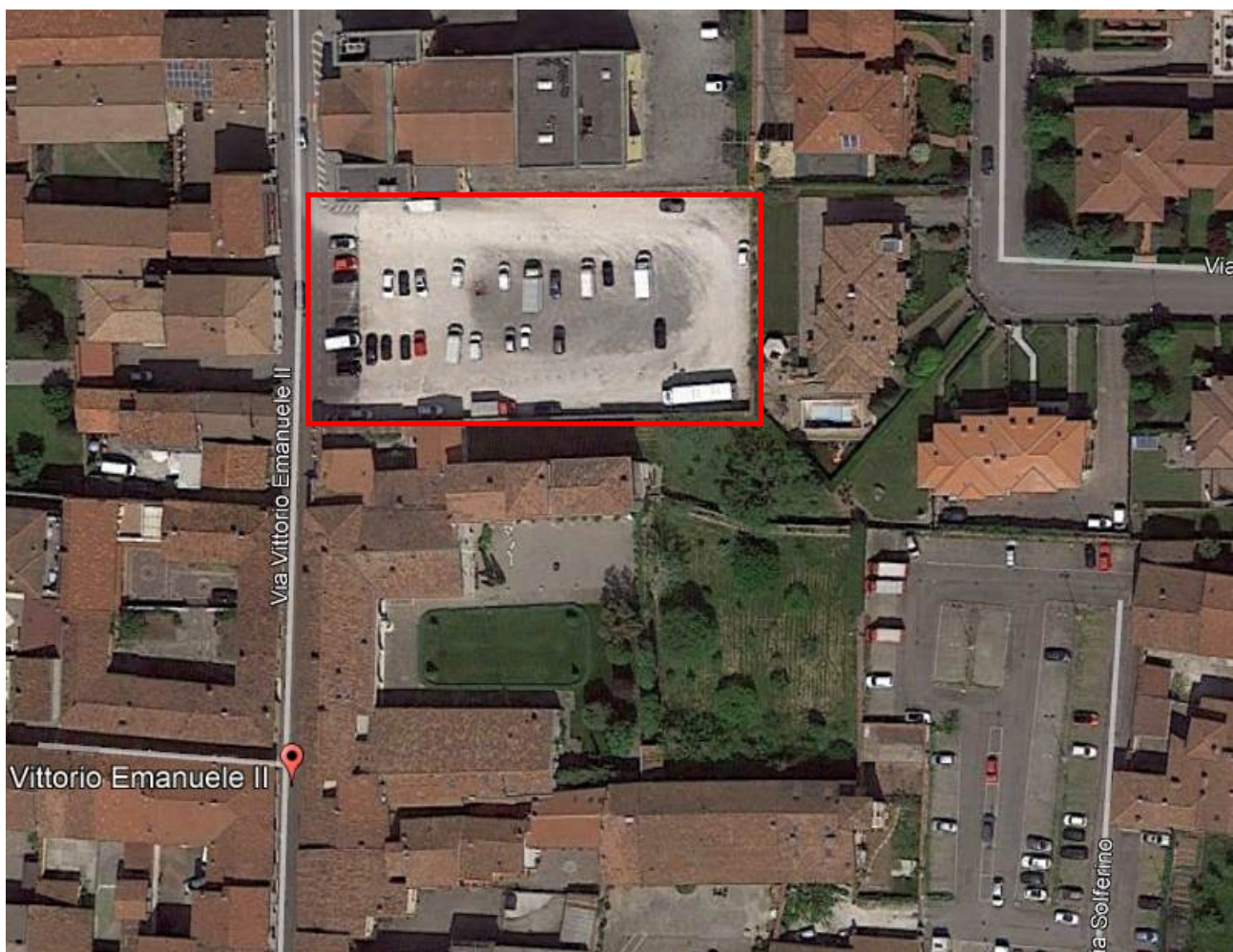


Figura 1: Ubicazione del sito su foto catasto (non in scala)

3. ANALISI DELLO STUDIO GEOLOGICO COMUNALE

Nel presente paragrafo si procede all'esame dello studio geologico comunale redatto dallo Studio Geologia e Ambiente a supporto del Piano di Governo del Territorio.

Dalla carta dei vincoli risulta come l'intervento in progetto non sia interessato dai seguenti vincoli di natura geologica:

- Vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino (PAI- PGRA).
- Vincoli di polizia idraulica.

Lo spigolo NW è compreso all'interno della fascia di rispetto del pozzo comunale. In tale aree è vietata la realizzazione di pozzi perdenti.

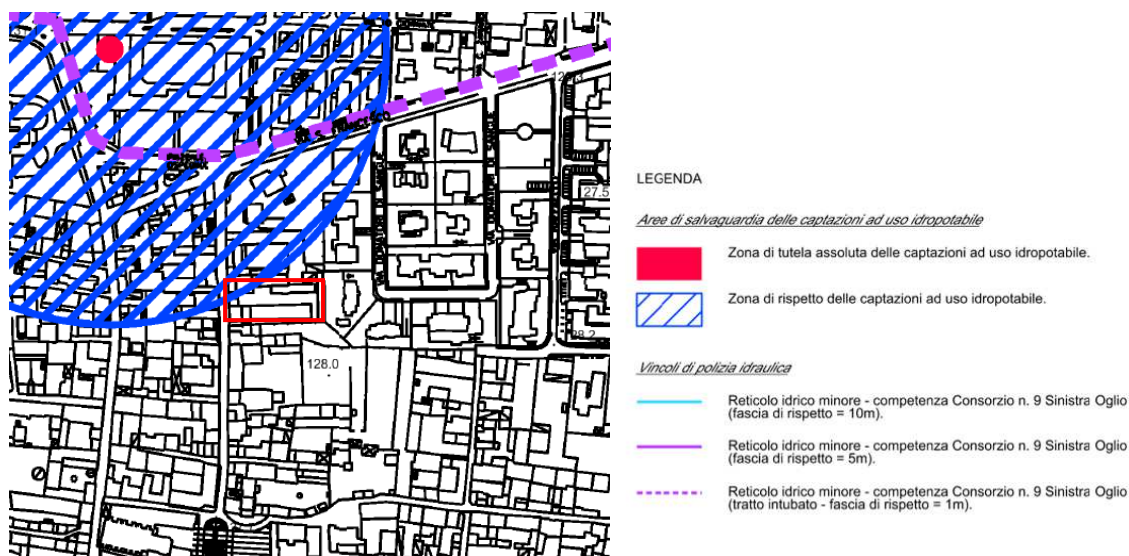


Figura 2: Estratto Carta dei vincoli dello studio geologico comunale.



Figura 3- Estratto Carta di sintesi dello studio geologico comunale

Nella carta di sintesi l'area è classificata come "Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico- Area a vulnerabilità medio- alta delle acque di prima falda".

Il sito ricade in classe di fattibilità geologica 2: Fattibilità con modeste limitazioni- Aree a vulnerabilità delle acque sotterranee mediamente alta.

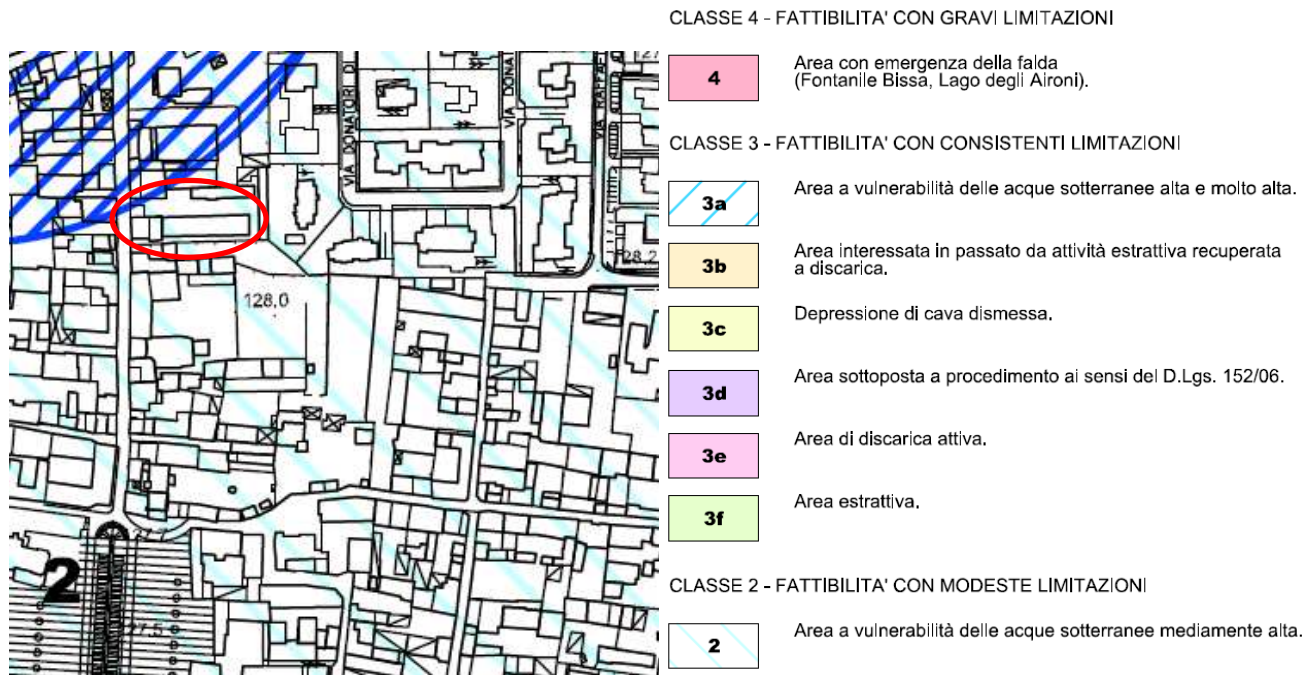


Figura 4- Estratto Carta della fattibilità geologica – Tav6

Di seguito si riporta un estratto delle NdA dello studio geologico relative alle classi di fattibilità geologica attribuite al sito in esame.

CLASSE 2 - FATTIBILITA' CON MODESTE LIMITAZIONI

2 - Area a vulnerabilità delle acque sotterranee mediamente alta.

In caso di insediamenti potenzialmente idroinquinanti la relazione geologica e geotecnica da realizzare ai sensi delle Norme Tecniche per le Costruzioni vigenti verificherà anche la compatibilità dell'intervento con lo stato di vulnerabilità delle risorse idriche sotterranee e, se necessario, darà apposite prescrizioni sulle modalità di attuazione degli interventi stessi.

Figura 5- Estratto NdA studio geologico comunale

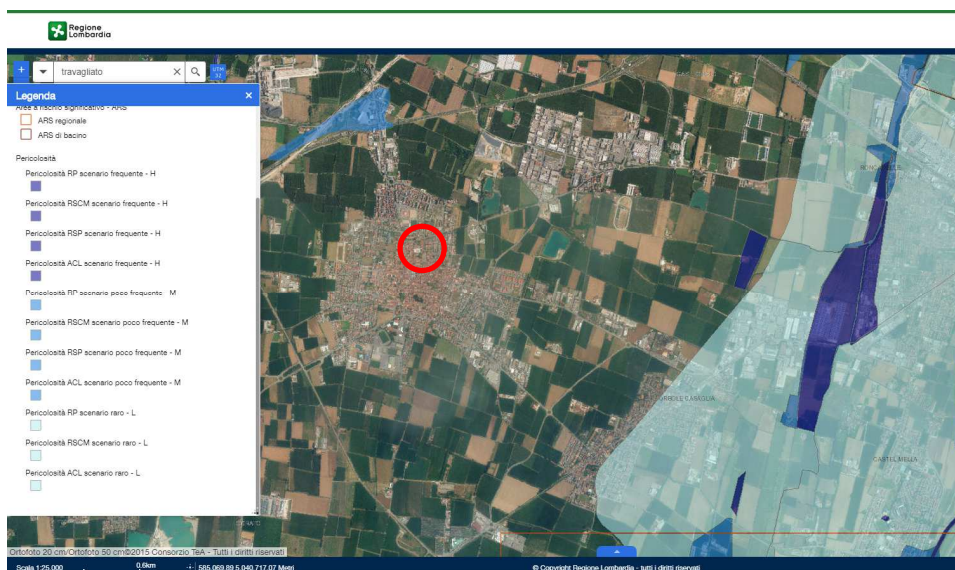


Figura 6- estratto PGRA – Geoportale Regione Lombardia

4. ASPETTI GEOLOGICI GEOMORFOLOGICI ED IDROGRAFICI

L'area in esame è caratterizzata dalla presenza di depositi alluvionali e fluvioglaciali, formati prevalentemente da ghiaie poligeniche e sabbie grossolane con ciottoli. Subordinatamente si può rilevare la presenza di lenti di sabbia o di limi sabbiosi e, localmente, trovanti. Il sito si colloca nell'alta pianura a monte della zona delle risorgive.

A scala comunale si osserva una diminuzione della granulometria dei depositi spostandosi da NW verso SE. Di seguito si riporta un estratto della carta geologica dello studio geologico comunale redatto dallo Studio Geologia e Ambiente.

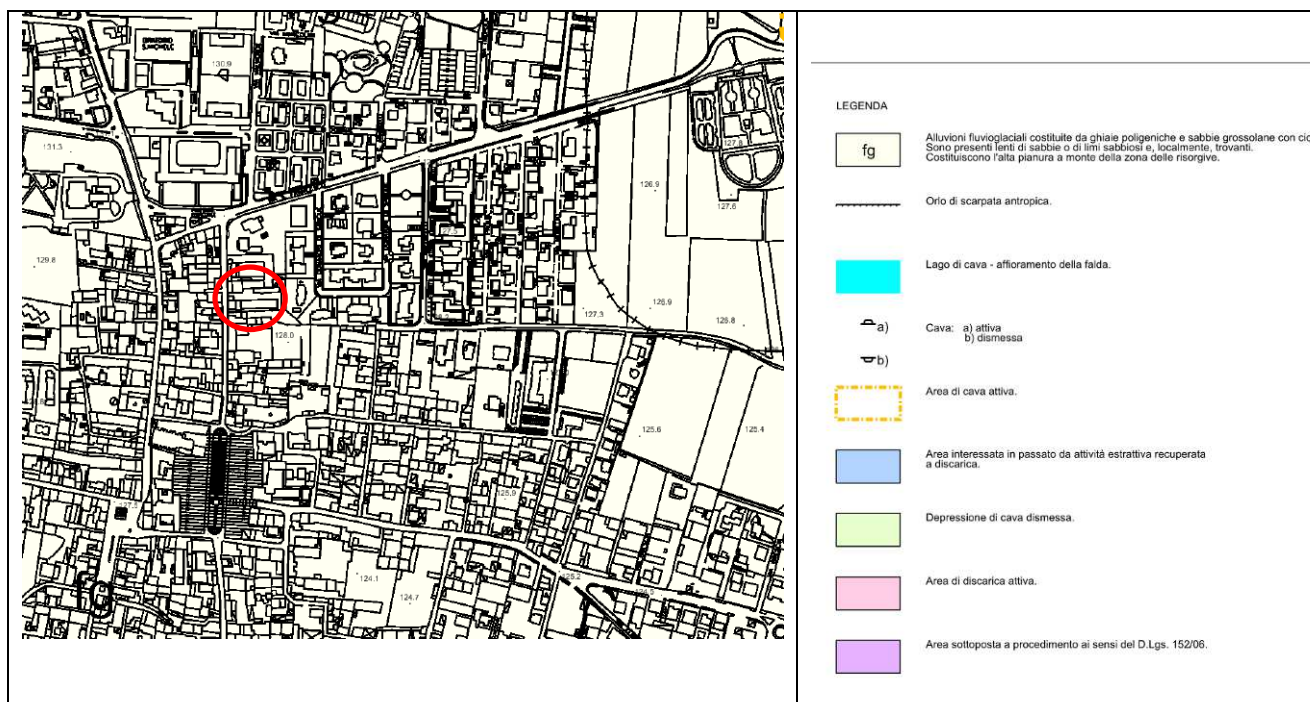


Figura 7: Estratto Carta geologica – Studio geologico comunale.

Nell'area si osserva la presenza di diverse aree estrattive, attive o cessate, alcune delle quali recuperate come discarica. Nelle aree estrattive attive si osserva l'affioramento della prima falda.

Il sito si presenta pianeggiante, ad una quota media di 128 m slm.

In sede di sopralluogo non si è rilevata la presenza di fenomeni morfogenetici attivi in grado d'interagire negativamente con le opere in progetto.

Il sito è caratterizzato dalla presenza di sabbie poco gradate con limo e ghiaia e Ghiaie ben gradate con sabbia (banca dati litologia – Regione Lombardia geoportale).

Il reticolo idrografico del territorio in esame è caratterizzato principalmente da una rete di canali ad uso irriguo, inseriti nel comprensorio di bonifica del Consorzio n. 9 Sinistra Oglio.

Le principali rogge attraversamenti il territorio sono la: Seriola Nuova, la Seriola Castrina, la Seriola Travagliata. Si riconosce inoltre un fitto reticolo di fossi irrigui a maglia prevalentemente ortogonale.

Non si segnalano interferenze dirette fra l'intervento in progetto ed elementi del reticolo idrico.

Nell'intorno del sito non sono presenti elementi di dissesto idrogeologico inseriti nel quadro del dissesto dal PAI. Anche nelle mappe relative alla "Direttiva alluvioni" non sono segnalati elementi di criticità gravanti sul sito.

5. APP2 – APPROFONDIMENTO IDROGEOLOGICO

Dal punto di vista idrogeologico il territorio in esame è caratterizzato dalla presenza di depositi prevalentemente ghiaioso sabbiosi con livelli ciottolosi, caratterizzati da una permeabilità per porosità globalmente medio- alta. Tali sedimenti sono organizzati in grosse lenti a differente granulometria.

Le stratigrafie disponibili evidenziano la presenza di orizzonti conglomeratici a partire dai 15- 20 m dal piano campagna.

Si rileva inoltre la presenza di almeno due livelli argilloso:

- il primo orizzonte, potente alcuni metri, si colloca alla profondità di 30/ 45 m dal piano campagna. Esso presenta una buona continuità areale, con un andamento sostanzialmente parallelo al piano campagna.
- Il secondo livello, con uno spessore di pochi metri, si colloca a 60/ 70 m dal piano campagna.

Nella Figura 9 si riporta un estratto della piezometria riportata nello studio geologico comunale. La superficie piezometrica nel comune di Travagliato passa da una quota di circa 109,5 m slm a nord, ad una di circa 107 m slm nei quadranti meridionali, per un dislivello di 2,5 m.

Globalmente si osserva un deflusso verso S - SE, con un gradiente piezometrico dello 0,6%.

La soggiacenza della falda dal piano campagna diminuisce progressivamente da N verso S, passando da alcune decine di metri (24-30) a valori al di sotto dei 10 m (8 -4). Complessivamente si osservano oscillazioni stagionali di 5- 6 m. Presso il sito in esame si attesta ad una quota di circa 108,5 m slm (dato Aprile 2007- da studio geologico), con una soggiacenza di 20-25 m circa (Quota area 128 m slm – q falda 108.5 m slm= 19.5 m).

A NW del sito è presente il pozzo comunale n. 2. La porzione NW del sito è interessata dalla sua fascia di rispetto.

Il sito è caratterizzato da un grado di vulnerabilità della prima falda medio- alto. Il dato deriva dall'elaborazione effettuata utilizzando il metodo Drastic dall'estensore dello studio geologico comunale.

Nel territorio di Travagliato i parametri sono piuttosto uniformi, ad eccezione della soggiacenza che diminuisce da nord verso sud. Per la valutazione della vulnerabilità sono stati utilizzati cautelativamente i valori di minima soggiacenza.

Nel territorio settentrionale e centrale l'analisi dei parametri sopra esposti ha portato ad attribuire i punteggi riportati nella tabella sottostante.

| | PARAMETRI | CAMPO (RANGE) | PUNTEGGIO (I) | PESO (P) | IxP |
|---|-------------------------|---------------------------------|---------------|----------|------------|
| D | Profondità falda | > 10 m | 4 | 5 | 20 |
| R | Ricarica falda | 50-200 mm | 5 | 4 | 20 |
| A | Mezzo acquifero saturo | Ghiaie e sabbie | 8 | 3 | 24 |
| S | Tipo di suolo | Protettività media | 5 | 2 | 10 |
| T | Pendenza | 0-2 % | 10 | 1 | 10 |
| I | Mezzo non saturo | Ghiaie e sabbie | 8 | 5 | 40 |
| C | Conducibilità idraulica | 4,6 - 9,2 m/s *10 ⁻⁴ | 8 | 3 | 24 |
| | TOTALE (ID) | | | | 148 |

Intervalli di valori dei parametri analizzati e relativi punteggi riferiti al settore settentrionale e centrale del territorio comunale

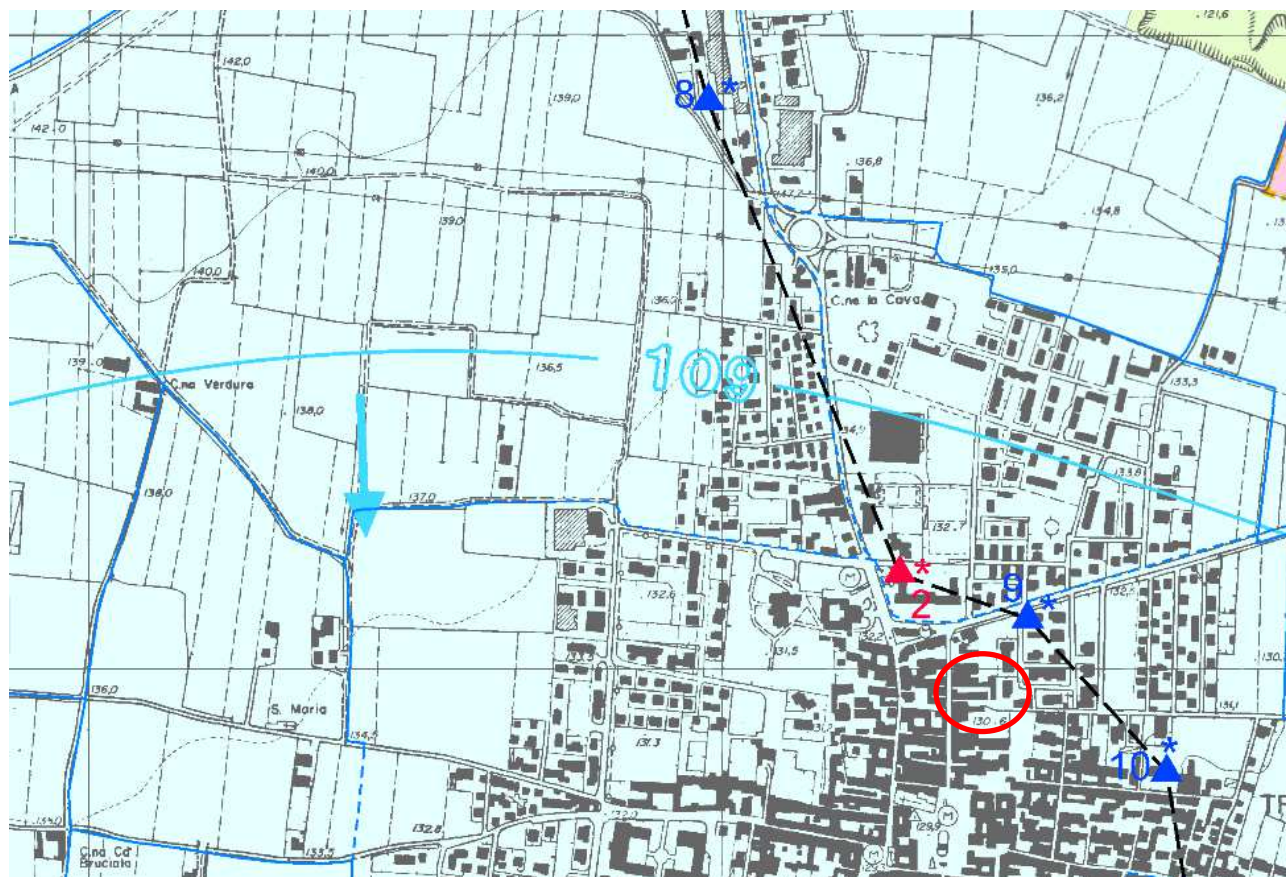
L'indice Drastic risulta pari a 148 e corrisponde alla classe di vulnerabilità medio-alta.

Figura 8- Estratto vulnerabilità della falda - studio geologico comunale

Per quanto riguarda soggiacenza della falda oscillazioni stagionali si rimanda ai capitoli precedenti. Le Nda prevedono per insediamenti potenzialmente idro- inquinanti la verifica della loro compatibilità con il contesto idrogeologico, e l'individuazione di eventuali interventi di mitigazione.

Considerando che il progetto non prevede l'attivazione di nuovi scarichi potenzialmente inquinanti non si prevedono impatti negativi sulla falda e si ritiene l'intervento compatibile con il contesto idrogeologico previo il rispetto di quanto previsto da:

- Regolamenti regionali n. 2 – 3 - 4 del 24 Marzo 2006 e smi;
- Dgr n. 8/2318 del 5 Aprile 2006.
- Deliberazione CITAI n. 04.02.1977.
- D. Lgs. 152/2006 e s.m.i.
- RR n. 7 Novembre 2017.



Elementi idrogeologici

- ▲* Pozzo comunale (* = con stratigrafia)
- ▲* Pozzo comunale dismesso (* = con stratigrafia)
- ▲* Pozzo privato (* = con stratigrafia)
- ▲* Pozzo di cui non sono disponibili dati (tratto da "Studio geologico del territorio", Dott. Geol. A. Speciale - 1998)
- * Piezometro di controllo (* = con stratigrafia)
- 110— Linea isopiezometrica e relativa quota in m s.l.m. riferita ad aprile 2007.
- ← Direzione di deflusso della falda.
- 107.20 Quota della falda (m s.l.m.) relativa ad aprile 2007 in corrispondenza dei punti di misura
- Area di cava attiva.
- Depressione di cava dismessa.
- Area interessata in passato da attività estrattiva recuperata a discarica.
- Area di discarica attiva.
- Area sottoposta a procedimento ai sensi del D. Lgs. 152/06.
- Lago di cava - affioramento della falda.
- Aste idriche del reticolo idrico minore.
- Fontanile Bissa.

LEGENDA

| DEPOSITI QUATERNARI | | | |
|--|------------------------------|---|---|
| LITOLOGIA | PERMEABILITA' DELL'ACQUIFERO | COPERTURA PEDOLOGICA | GRADO DI VULNERABILITA' DELLE ACQUE SOTTERRANEE |
| Depositi fluvio-glaciali ghiaioso-sabbiosi | Alta per porosità | Suoli da moderatamente profondi a profondi, con scheletro ghiaioso e ciottoloso | Da alta a molto alta |

Figura 9: Estratto Carta idrogeologica dello Studio geologico comunale

Di seguito si riporta la stratigrafia dei pozzi n. 2 e n. 8 posti in prossimità dell'area d'indagine.

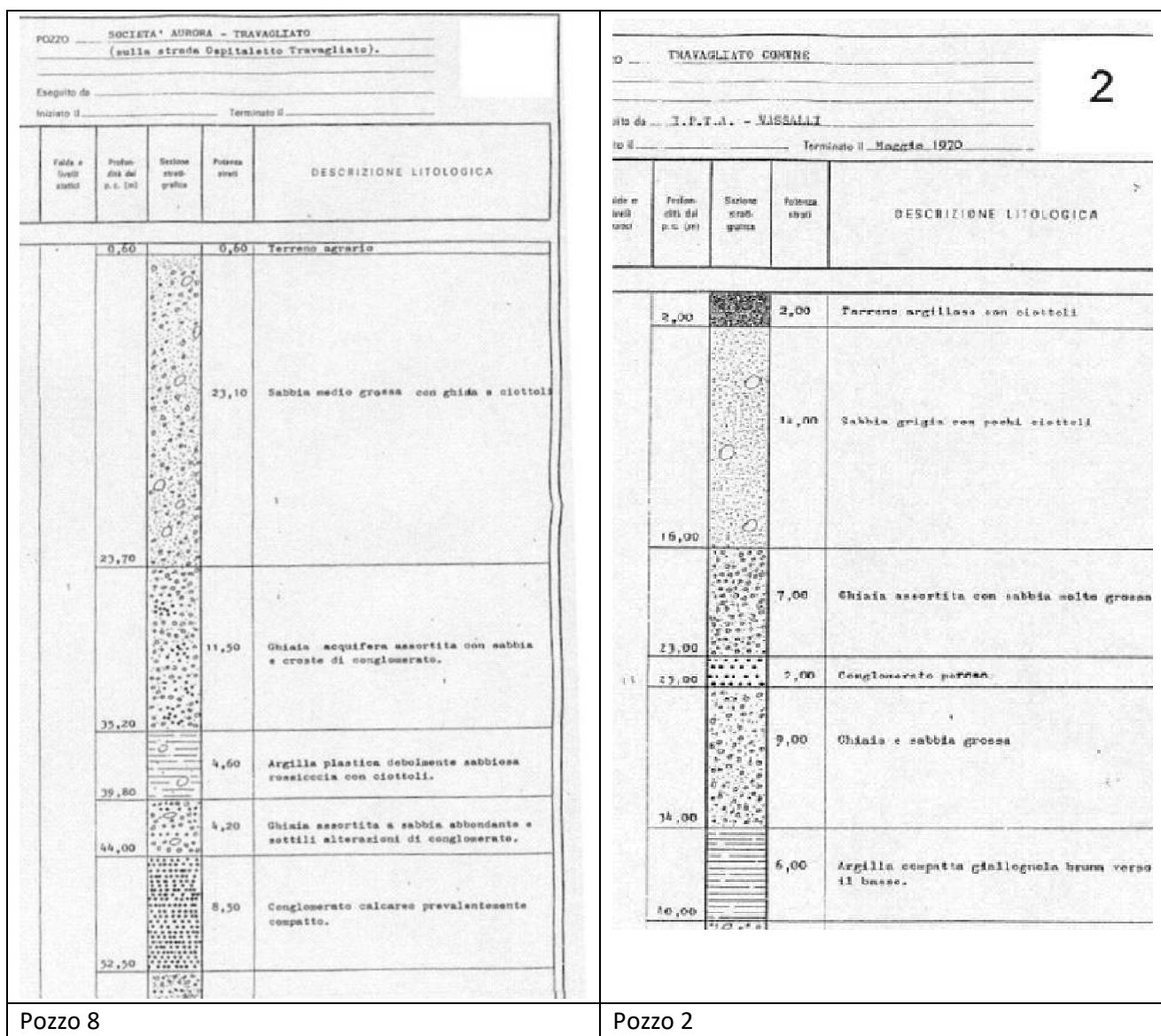


Figura 10: estratto stratigrafia pozzi nell'area.

Sulla base di prove di permeabilità eseguite in cantieri limitrofi, si attribuisce ai depositi ghiaioso- sabbiosi presenti nell'area un valori di $1 \times 10^{-4} \text{ m/s} > k > 5 \times 10^{-5} \text{ m/s}$.

6. PERICOLOSITA' SISMICA

6.1. 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. Tale database evidenzia che il sito in studio si colloca sulla sorgente sismo genetica denominata "ITCS010 Western S- Alps Internal thrust".

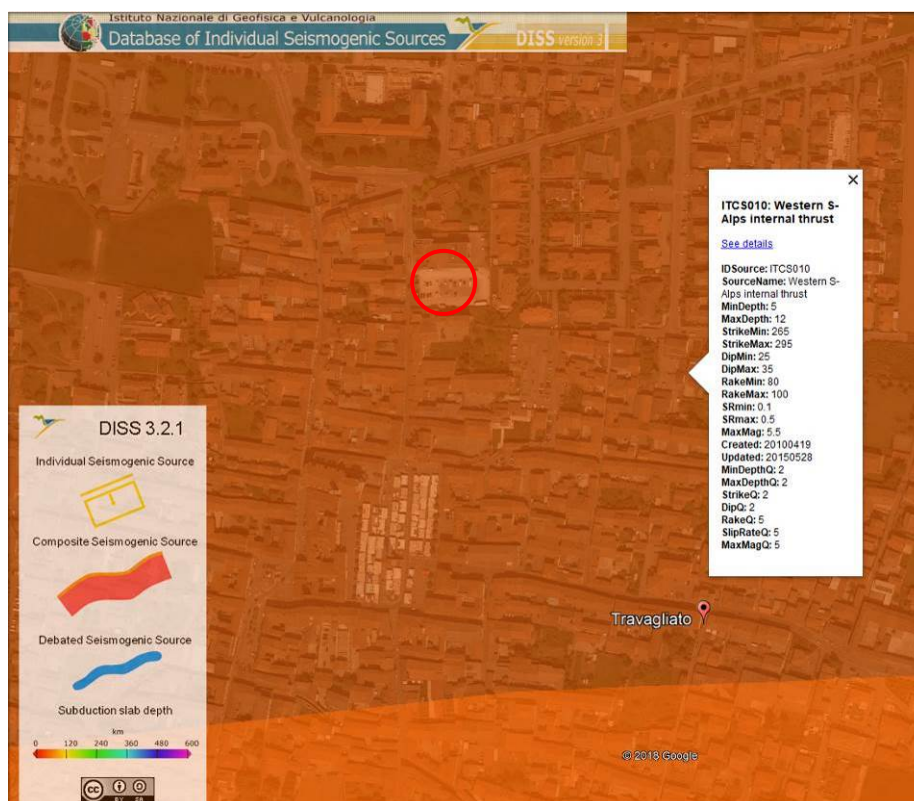


Figura 11- Estratto DISS – Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV)

Nella figura seguente si riportano in dettaglio le caratteristiche della zona sismo genetica precedentemente citata tratta dal DISS.

GENERAL INFORMATION

| | |
|-----------------|--|
| DISS-ID | ITCS010 |
| Name | Western S-Alps internal thrust |
| Compiler(s) | IBurato P.(1) |
| Contributor(s) | IBurato P.(1) |
| Affiliation(s) | 1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sismologia e Tettonofisica, Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy |
| Created | 19-Apr-2010 |
| Updated | 28-May-2015 |
| Display map ... | |
| Related sources | |

PARAMETRIC INFORMATION

| PARAMETER | QUALITY | EVIDENCE |
|-----------------------------|-----------|---|
| Min depth [km] | 5.0 | OD Based on geological data from various authors. |
| Max depth [km] | 12.0 | OD Based on geological data from various authors. |
| Strike [deg] min... max | 265...295 | OD Based on geological data from various authors. |
| Dip [deg] min... max | 25...35 | OD Based on geological data from various authors. |
| Rake [deg] min... max | 80...100 | EJ Inferred from geological data. |
| 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)

6.2. Pericolosità 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). Con la DGR n. X/2129 del 14 Luglio 2014 la Regione Lombardia ha confermato la zona sismica 3.

| ISTAT | Provincia | Comune | Zona Sismica | AgMax |
|----------|-----------|-------------|--------------|----------|
| 03017188 | BS | TRAVAGLIATO | 3 | 0,145532 |

Figura 13- Estratto DGR . X/2129/2014

Con l'entrata in vigore del DM 14/01/2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni 2008, 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.

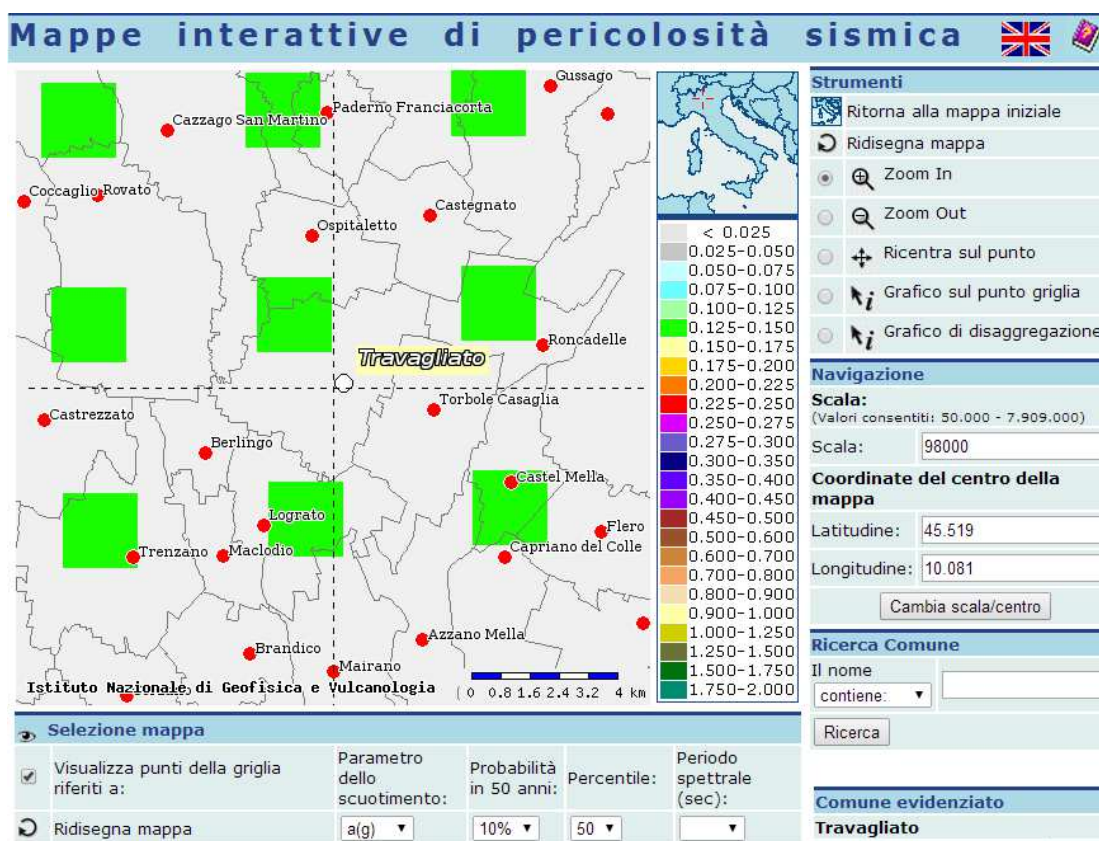


Figura 14- Estratto Mappa interattiva di pericolosità sismica dal sito web INGV (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>)

6.3. Scenari di pericolosità sismica locale

Nella carta della pericolosità sismica locale l'area in esame è inserita nello scenario Z4a: Zone di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali.

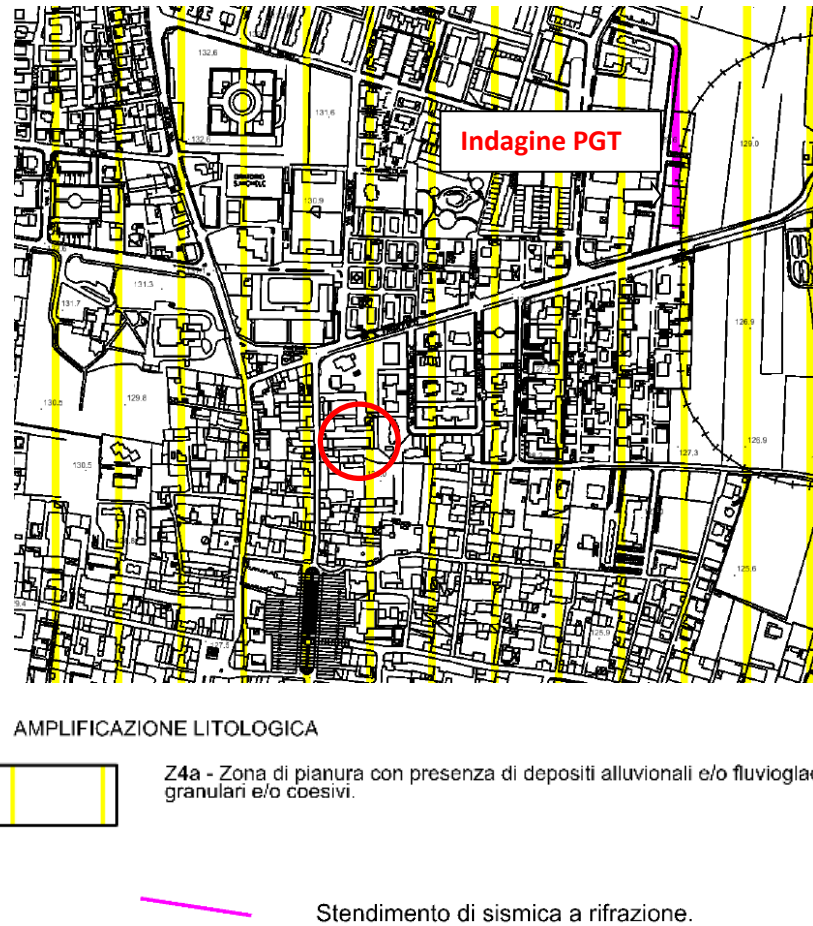


Figura 15- Estratto Carta della pericolosità sismica locale-Tav6b Studio geologico comunale.

Nell’ambito degli approfondimenti di II° livello eseguiti nello studio geologico comunale, è stato effettuato uno stendi mento sismico a rifrazione che ha portato a seguente grafico delle velocità.

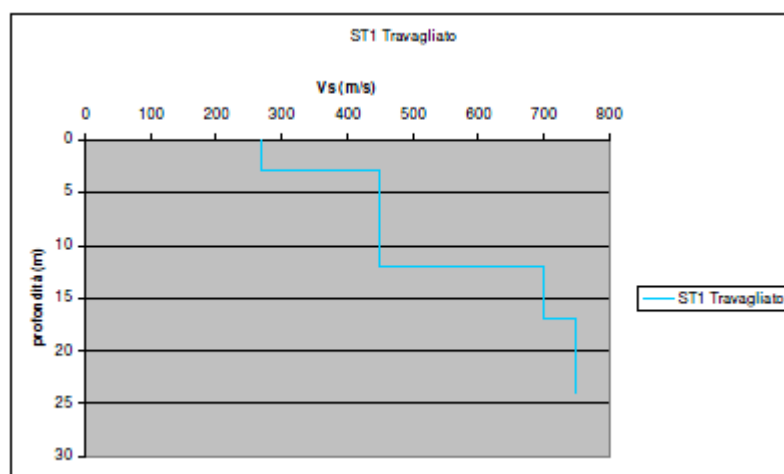


Figura 16 Grafico stendi mento ST1 Travagliato- estratte dallo studio geologico comunale.

Di seguito si riportano un estratto dello studio geologico comunale relativo alle verifiche di II livello eseguite.

ST1 - Travagliato

In base ai valori delle onde di taglio (V_s) ricavati, ai terreni ricompresi nell'area di studio è possibile assegnare una categoria di sottosuolo B "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti" ($V_{s30} = 504$ m/s).

Il modello geofisico del sottosuolo ricavato (variazione delle onde di taglio V_s con la profondità) ha permesso di calcolare il periodo proprio (T) dei depositi presenti nell'area pari a 0.169 s. Utilizzando la scheda relativa alla litologia ghiaiosa (Allegato 5 della D.G.R. n.8/7374 del 28 maggio 2008), facendo riferimento alla curva 3 (colore blu) e inserendo nell'abaco il periodo $T = 0.169$ s, il fattore di amplificazione risulta $F_a = 1.3$ nell'intervallo 0.1-0.5 s e $F_a = 1.1$ 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 Travagliato per la categoria di sottosuolo B.

| Intervallo di periodo 0.1-0.5 s | | Intervallo di periodo 0.5-1.5 s | |
|---------------------------------|----------------|---------------------------------|----------------|
| Fa calcolato | Soglia norma B | Fa calcolato | Soglia norma B |
| 1.3 | 1.4 | 1.1 | 1.7 |

Il confronto mostra come i valore di F_a ottenuti dalla procedura contenuta nell'allegato 5 della D.G.R. n.8/7374 del 28 maggio 2008 risultano minori dei valori di soglia per la categoria di sottosuolo identificata.

Quindi l'applicazione dello spettro previsto dalla normativa nazionale (D.M. 14 gennaio 2008) per la categoria di sottosuolo B risulta sufficiente a tenere in considerazione i reali effetti di amplificazione litologica.

Figura 17 estratto studio geologico comunale II° livello.

6.4. Categoria suolo di fondazione e topografica

Le NTC2018 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 NTC2018

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 $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica |
|-----------|--|
| 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 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. |
| C | 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. |
| D | 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. |
| 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. |

Tabella 1: Categoria di sottosuolo di fondazione- Estratto NCT 2018.

Sulla base dei dati disponibili, a fini progettuali si ritiene corretto l'utilizzo della **categoria di sottosuolo di fondazione B**.

Le NTC prevedono che le categorie topografiche riportate nella tabella seguente si applichino per geometrie con dislivelli > 30 m.

La cat. topografica definita in base alle NTC 2018 è **T1** (superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media <15°) 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° | 1,2 |
| T4 | In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30° | 1,4 |

Tabella 2: Categorie topografiche- Estratto NCT 2018.

6.5. Verifica alla liquefazione dei terreni in condizioni sismiche

Ai sensi del paragrafo 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 qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

- distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

Nello specifico la falda principale si colloca ad una profondità media superiore ai 15 metri dal piano campagna (condizione 2) pertanto la verifica alla liquefazione può essere omessa.

6.6. Parametri sismici

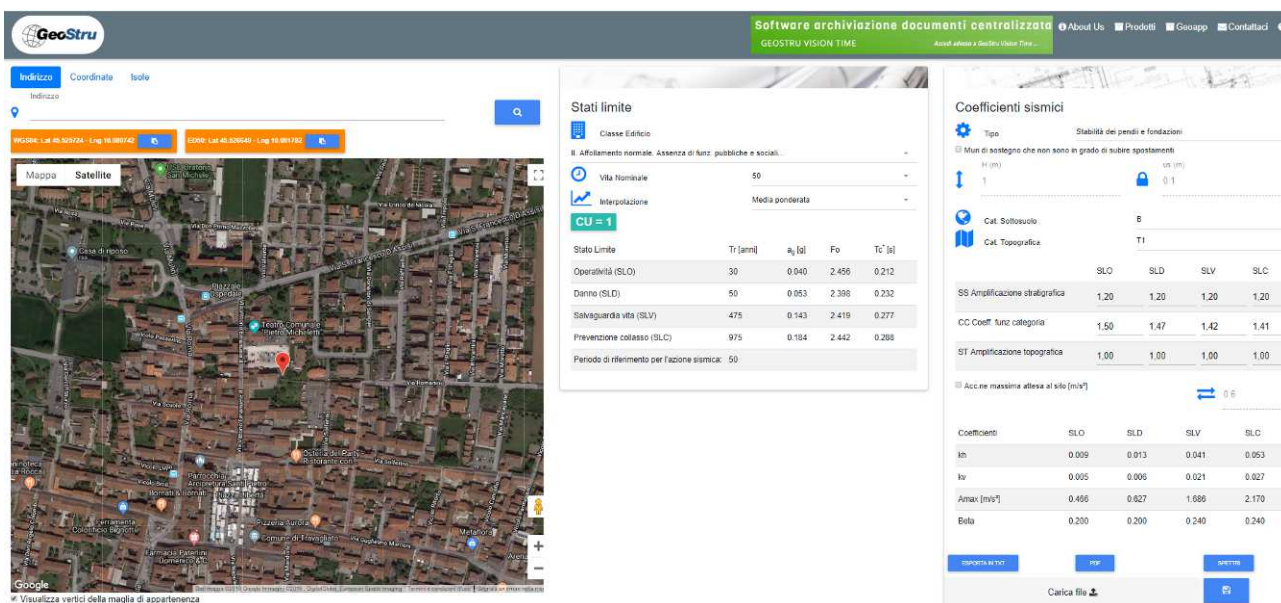


Figura 19: parametri sismici geostru

7. INDAGINE GEOGNOSTICA E GEOTECNICA

7.1. Indagini sul sito

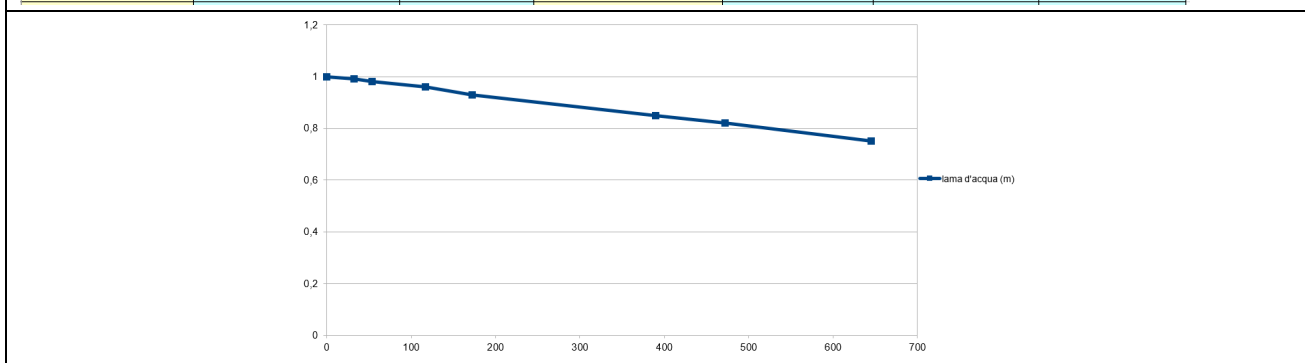
Di seguito si riportano le risultanze stratigrafiche della trincea eseguita in data 05/07/2019.



Figura 20: Trincea T1

All'interno della trincea è stata eseguita anche una prova di svaso.

| orario | tempo (sec) | delta t (sec) | L.D (m da riferimento) | lama d'acqua (m) | Abbassamento (m) | V (m/s) |
|---------------------|-------------|---------------|------------------------|------------------|------------------|----------|
| 05/07/2019 09:00:00 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | |
| 05/07/2019 09:00:32 | 32 | 32 | 2,01 | 0,99 | 0,01 | 3,1E-004 |
| 05/07/2019 09:00:54 | 54 | 22 | 2,02 | 0,98 | 0,01 | 4,5E-004 |
| 05/07/2019 09:01:57 | 117 | 63 | 2,04 | 0,96 | 0,02 | 3,2E-004 |
| 05/07/2019 09:02:52 | 172 | 55 | 2,07 | 0,93 | 0,03 | 5,5E-004 |
| 05/07/2019 09:06:30 | 390 | 218 | 2,15 | 0,85 | 0,08 | 3,7E-004 |
| 05/07/2019 09:07:52 | 472 | 82 | 2,18 | 0,82 | 0,03 | 3,7E-004 |
| 05/07/2019 09:10:45 | 645 | 173 | 2,25 | 0,75 | 0,07 | 4,0E-004 |



Oltre all'indagine sul sito sono stati utilizzati i dati di prove penetrometriche eseguite dal sottoscritto nell'intorno dell'area, in un contesto geologico comparabile.

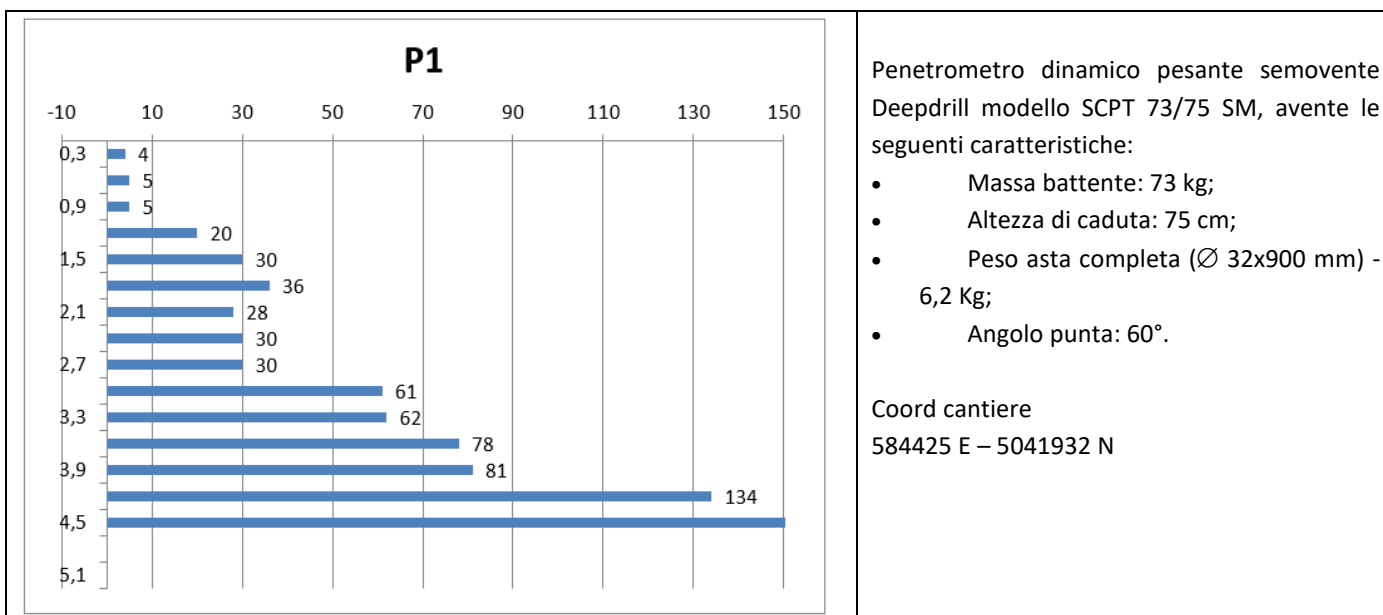


Figura 21: Report prova penetrometrica cantiere limitrofo

La prova penetrometrica ha evidenziato la presenza al di sotto del coltivo/ regolativo (di spessore medio pari a 0,90 m) del substrato ghiaioso sabbioso caratterizzato da un elevato numero di colpi. Il rifiuto è stato registrato tra 3 e 4 m di profondità.

Tale situazione è tipica del territorio di Travagliato.

L'area in passata è già stata interessata da urbanizzazione. Le foto aeree mostrano la presenza di edifici fino al 2012- 2013. Essendo la presente un'indagine di tipo puntuale, in sede d'esecuzione dei lavori andrà verificato il modello geologico/ geotecnico successivamente esposto e la presenza di eventuali opere

interrate o orizzonti significativi di terreno rimaneggiato. Di qualsiasi discrepanza andrà avvisato il sottoscritto per l'esecuzione delle opportune verifiche.

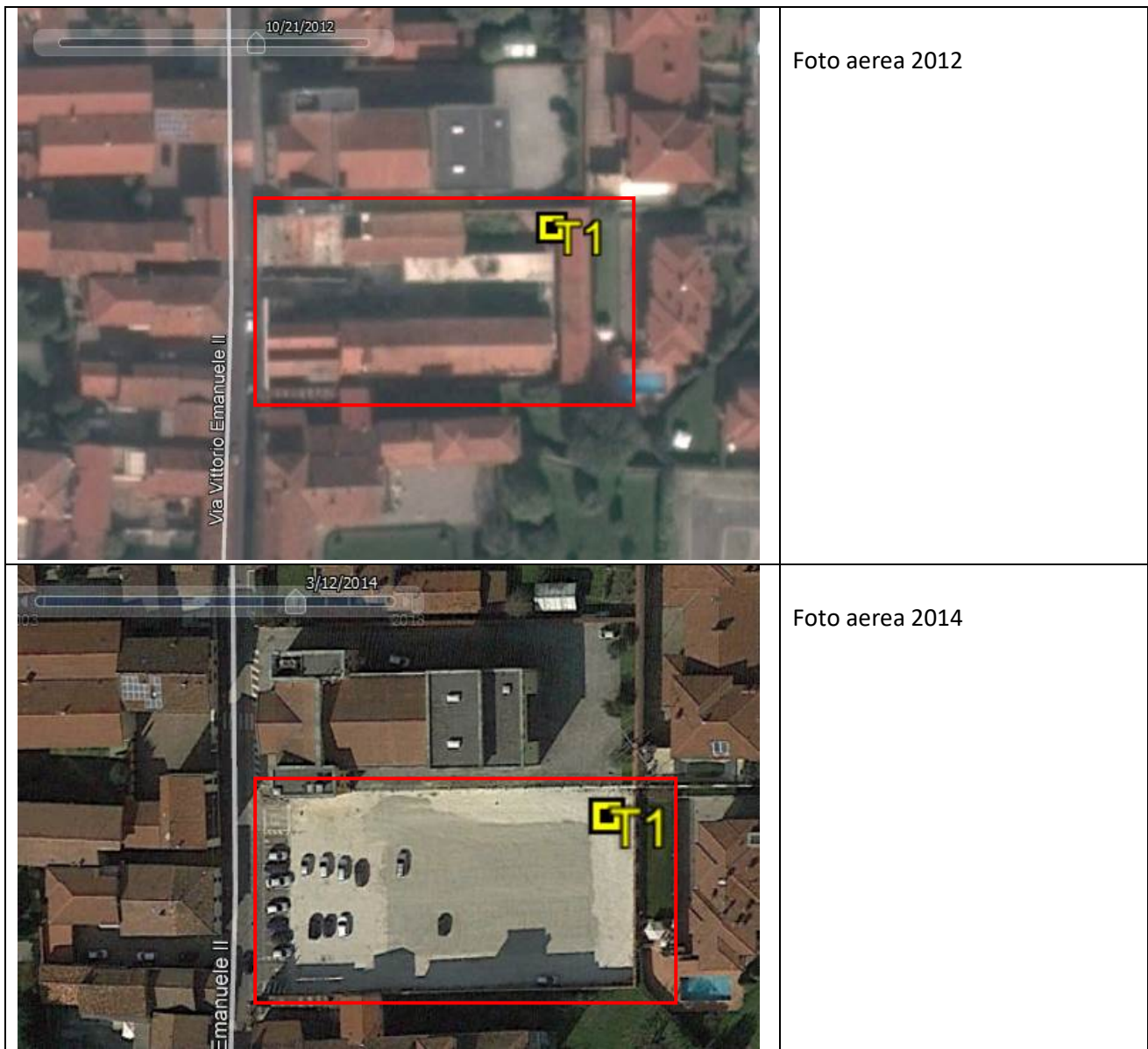


Figura 22: Foto aerea 2012 -14 – si osserva la presenza di edifici sul sito attualmente adibito a parcheggio

7.2. Modello geotecnico

Di seguito si procede alla ricostruzione del modello geologico- geotecnico del sottosuolo nell'area oggetto d'intervento.

L'indagine ha evidenziato la presenza di una litozona superficiale formata dal terreno vegetale e dall'orizzonte d'alterazione. Oltre tale orizzonte si colloca il substrato ghiaioso ciottoloso avente buone caratteristiche geotecniche. La passata edificazione del sito rende necessaria la verifica in corso d'opere della presenza/ assenza di orizzonti significativi di materiale rimaneggiato, e la verifica puntuale della profondità più idonea alla posa delle opere di fondazione in progetto.

Per valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato. Tali valori caratteristici delle grandezze fisiche e

meccaniche da attribuire ai terreni sono stati ottenuti attraverso l'interpretazione dei dati acquisiti nella indagine precedentemente esposta valutando i metodi di correlazione geotecnica esistenti.

I valori di progetto dei parametri geotecnici si ottengono dai valori caratteristici tenendo conto dei coefficienti parziali γ_M .

Il modello geotecnico che caratterizza il volume significativo interessato dall'interazione con le opere e che scaturisce dalle prove effettuate può riassumersi come segue:

STRATO 1- pavimentazione- regolitico

| | |
|---|-------------------------------------|
| Angolo di resistenza al taglio (ϕ'_k): 25° Peso di volume: 16 kN/m ³ Modulo di deformazione di picco (E_{yk})= 5 MPa. Comportamento geotecnico: incoerente | da 0,00 m a -1,00 m/ 2,00 (*) |
|---|-------------------------------------|

STRATO 2 – substrato ghiaioso sabbioso con ciottoli

| | |
|---|---|
| Angolo di resistenza al taglio (ϕ'_k): 34° Peso di volume: 18 kN/m ³ Modulo di deformazione di picco (E_{yk})= 25 MPa Comportamento geotecnico: incoerente | da -1,00 m/ 2,00 m Fino a oltre 10,00 m Orizzonte d'interesse geotecnico |
|---|---|

(*) Spessore variabile sul sito a causa della passata urbanizzazione. Lo spessore di tale orizzonte dovrà pertanto essere oggetto di puntuale verifica durante gli scavi per la posa delle fondazioni.

Per quanto riguarda Modulo di Winkler si riporta una tabella secondo Pozzati, con il riquadro "rosso" relativo al substrato ghiaioso- sabbioso presenti nel sito.

| 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 3: Modulo di Winkler (Pozzati)

Palazzolo S/O, Luglio 2019

Dott. Geol. Massimo Marella o.g.l. 1178

