

Progetto: Ristrutturazione di piattaforma ecologica

Cantiere: Foglio 6 mappale 268 - via Rembrandt – via Fattori – Inveruno (Mi)

**RELAZIONE GEOLOGICA**

D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011 e D.M. 14 gennaio 2008 (N.T.C. p.to 6.2.1)

**RELAZIONE GEOTECNICA**

D.M. 14 gennaio 2008 (N.T.C. 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:mail:info@ecosphera.net)

---



Data emissione  
Commessa  
File  
Referente

01/2018  
18/0038 e 0039  
J:\Geotecnica\Prov\_MI\INVERUNO\RELAZIONE GEOLOGICA e GEOTECNICA.doc  
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 SISMICO .....</b>	<b>12</b>
<b>3.1. PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE .....</b>	<b>12</b>
<b>3.2. APPROFONDIMENTO SISMICO DA PIANIFICAZIONE COMUNALE .....</b>	<b>13</b>
<b>3.3. PARAMETRI SISMICI DI SITO.....</b>	<b>15</b>
<b>4. RELAZIONE GEOTECNICA .....</b>	<b>16</b>
<b>4.1. APPROFONDIMENTO GEOTECNICO (APP-4) .....</b>	<b>16</b>
<b>4.2. VALORI CARATTERISTICI E DI PROGETTO DEI PARAMETRI GEOTECNICI.....</b>	<b>18</b>
<b>4.3. VERIFICHE AGLI STATI LIMITE.....</b>	<b>19</b>
4.3.1. Dati geometrici e azioni sulle fondazioni.....	19
4.3.2. Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU).....	19
4.3.3. Verifiche agli Stati Limite di Esercizio (SLE) .....	24
<b>4.4. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI IN CONDIZIONI SISMICHE .....</b>	<b>26</b>
<b>4.5. SMALTIMENTO IDRICO NEL SOTTOSUOLO .....</b>	<b>26</b>

## 1. PREMESSA

Su incarico del CONSORZIO DEI COMUNI DEI NAVIGLI di via C. Battisti n. 2, 20080 Albairate (Mi), è stata predisposta una RELAZIONE GEOLOGICA ai sensi della D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011 e del D.M. 14 gennaio 2008 (N.T.C. p.to 6.2.1) e una RELAZIONE GEOTECNICA ai sensi del D.M. 14 gennaio 2008 (N.T.C. p.to 6.2.2) a supporto del progetto “Ristrutturazione di piattaforma ecologica” ubicata nel foglio n. 6 mappale n. 268 - via Rembrandt – via Fattori – Inveruno (Mi).

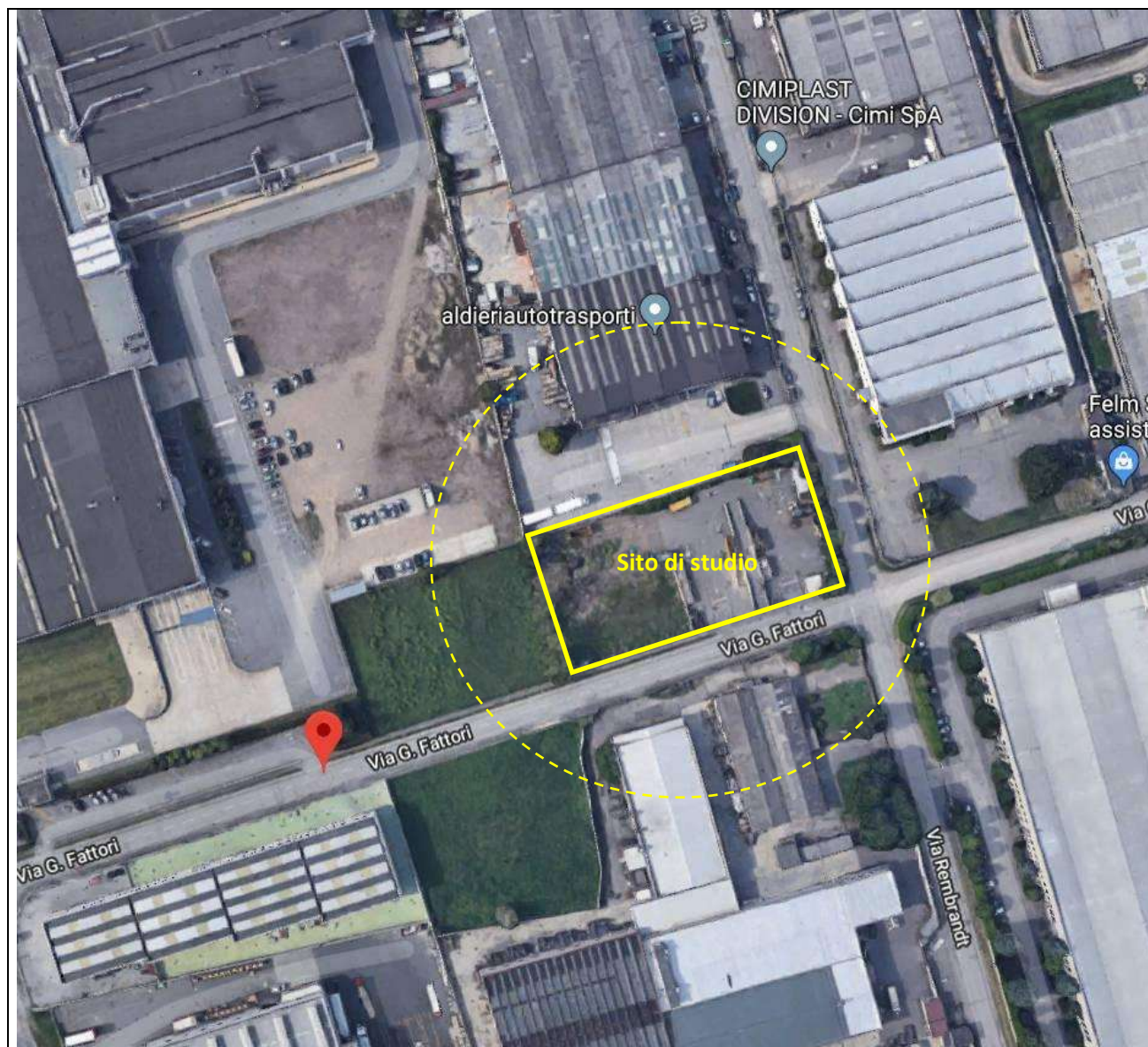


Figura 1: Ubicazione del sito su foto aerea



L'analisi degli aspetti geologici del sito in esame è stata condotta utilizzando le informazioni rilevate durante i sopralluoghi ed integrate con le informazioni riportate nello studio geologico comunale redatto a supporto del PGT. In particolare è stata effettuata un'indagine sito-specifica finalizzata alla ricostruzione delle caratteristiche geotecniche del sottosuolo interessato dall'interazione con le nuove opere.

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 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.

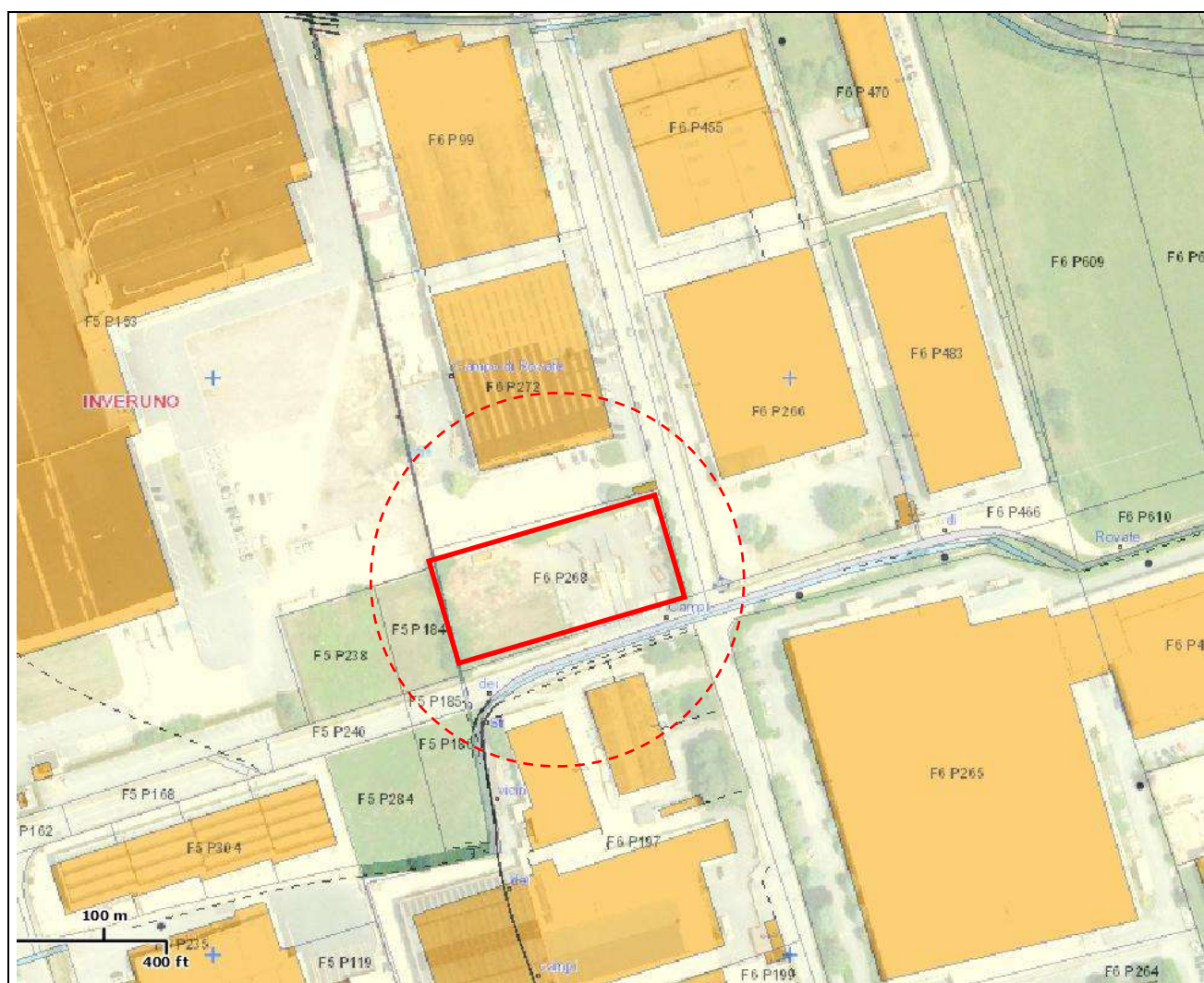


Figura 2: Ubicazione del sito su estratto catastale

## 2. RELAZIONE GEOLOGICA

### 2.1. GEOLITOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

Dal punto di vista geologico il sito si colloca all'interno delle alluvioni fluvioglaciali di età wurmiana, costituite da prevalenti sabbie e ghiaie (*Pleistocene superiore*).

Lo studio geologico comunale redatto a supporto del P.G.T. caratterizza l'intero territorio di Inveruno (Mi) come appartenente all'Allogruppo di Besnate – Unità di Sumirago (*Pleistocene medio –superiore*), di cui se ne riporta la descrizione:

<<costituita da depositi fluvioglaciali/fluvioli con profilo di alterazione relativamente evoluto, di spessore variabile non superiore ai 5 m, e con colore della matrice rientrante nella pagina 10YR delle Munsell Soil Color Charts. L'alterazione, in genere, è limitata al 30 - 50% dei clasti con litotipi calcarei decarbonatati e litotipi cristallini parzialmente arenizzati (per almeno 1 cm di spessore). E' presente localmente una copertura loessica di colore 10YR. Da un punto di vista litologico, i depositi fluvioglaciali/fluvioli sono costituiti da ghiaie stratificate a supporto di clasti o a supporto di matrice sabbiosa, da sabbie grossolane pulite a stratificazione pianoparallela orizzontale o incrociata e da limi a laminazione pianoparallela. I clasti sono poligenici, con netta prevalenza locale della componente prealpina (carbonati e vulcaniti). Localmente si trovano in superficie dei livelli di spessore variabile costituiti da sedimenti fini prevalentemente limoso argillosi e sabbiosi fini con scarsa ghiaia in facies fluviale di bassissima energia [...]>>.

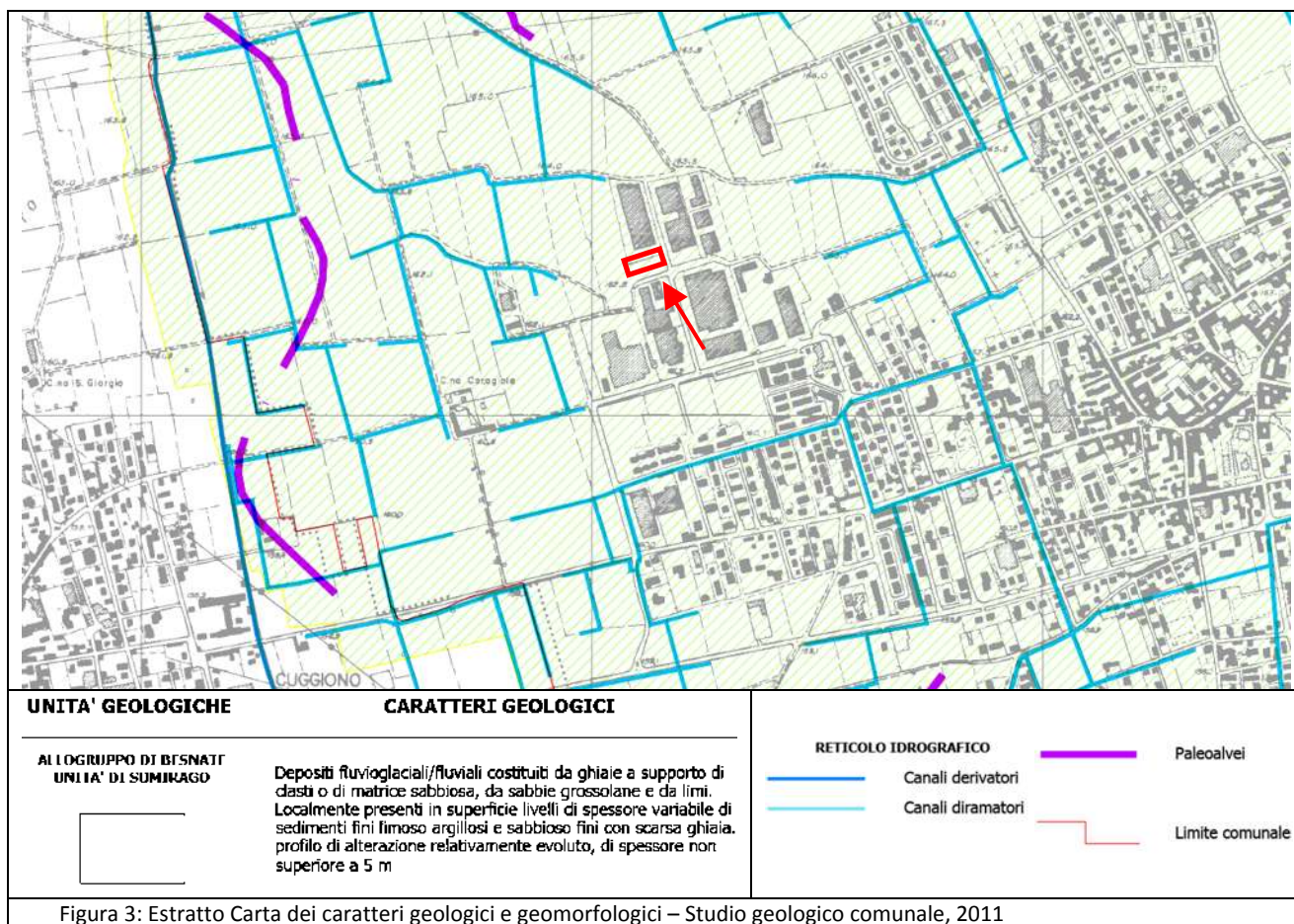
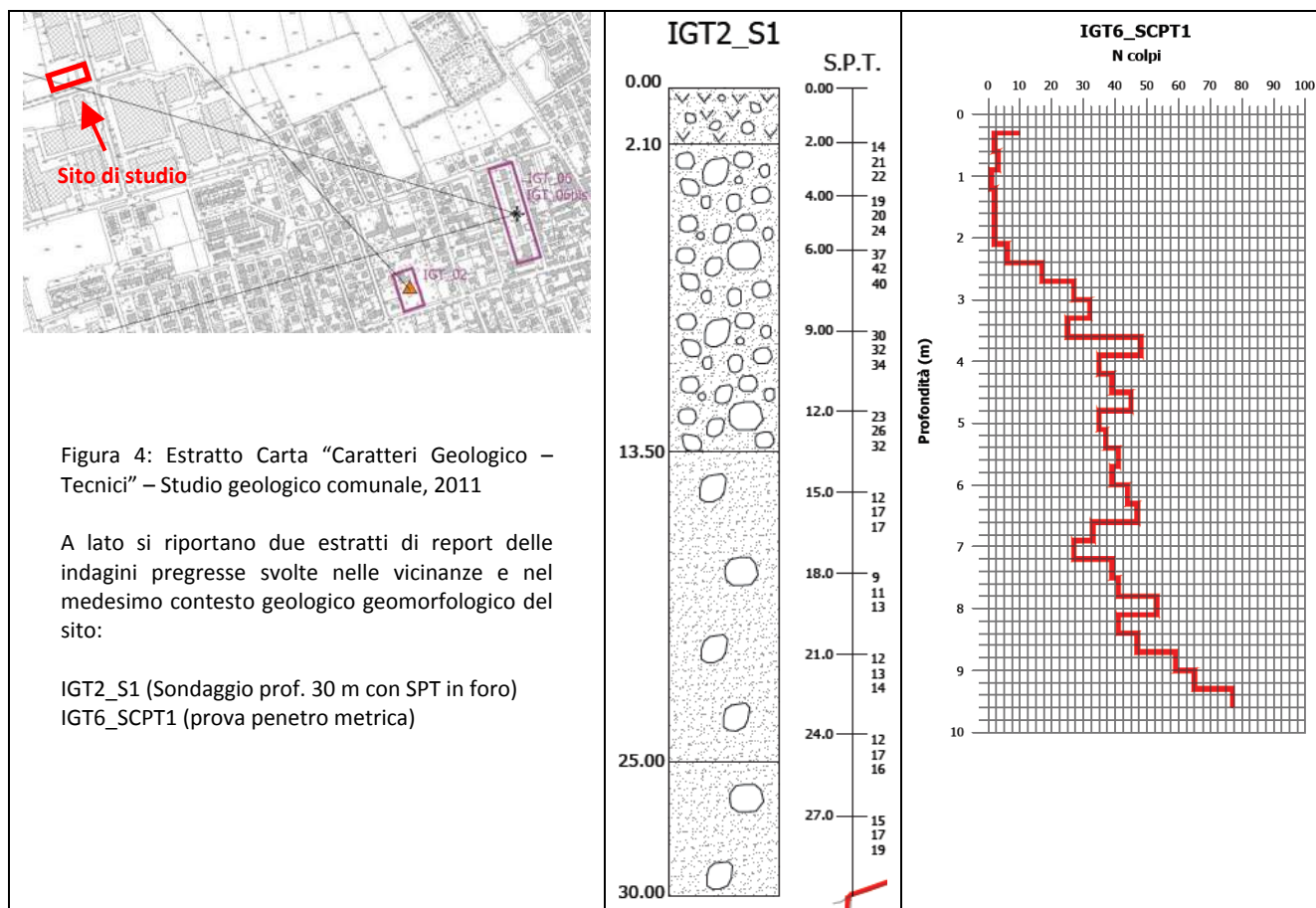


Figura 3: Estratto Carta dei caratteri geologici e geomorfologici – Studio geologico comunale, 2011



Di seguito si riportano i diagrammi riguardanti due indagini pregresse svolte in aree con caratteristiche geologiche e geomorfologiche estensibili al sito di indagine.



Dal punto di vista geomorfologico l’area si presenta sub-pianeggiante con andamento NE→SW, gradiente intorno al 4-8 per mille e quota del piano campagna in corrispondenza del sito pari a 163 m s.l.m.

Non si segnalano dissesti di tipo gravitativo e/o problemi di instabilità dei terreni nell’area oggetto di intervento.

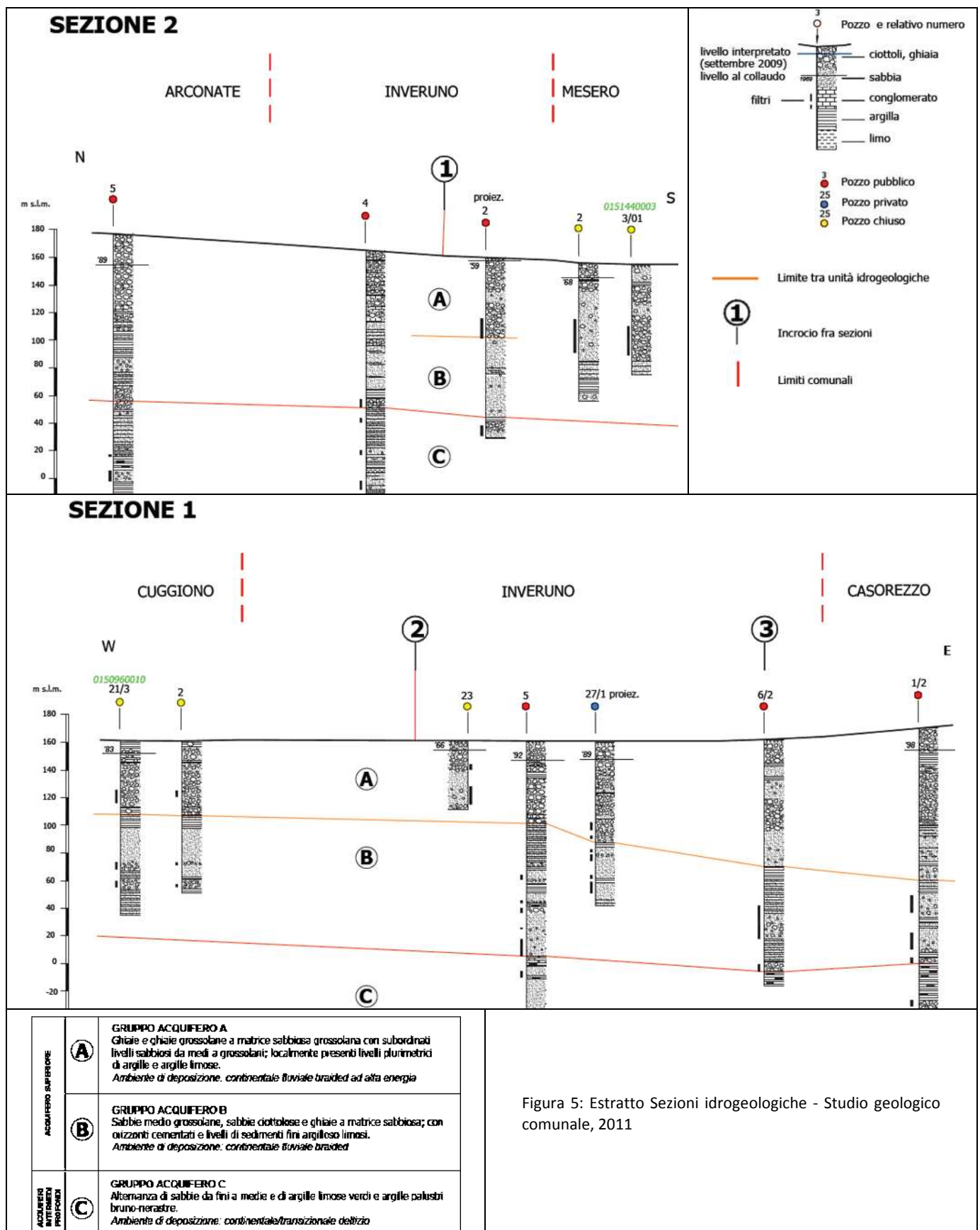
## 2.2. IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA

Il comune di Inveruno (Mi) risulta interessato da una fitta rete idrografica artificiale a scopo irriguo, facente parte del Consorzio di Bonifica Est Ticino – Villorese. Dall'analisi della Carta dei caratteri idrogeologici dello studio geologico comunale non si riscontrano canali irrigui interferenti con il sito in esame.

Dal punto di vista idrogeologico nel territorio comunale vengono riconosciuti n. 3 gruppi acquiferi principali, dal più superficiale verso il più profondo:

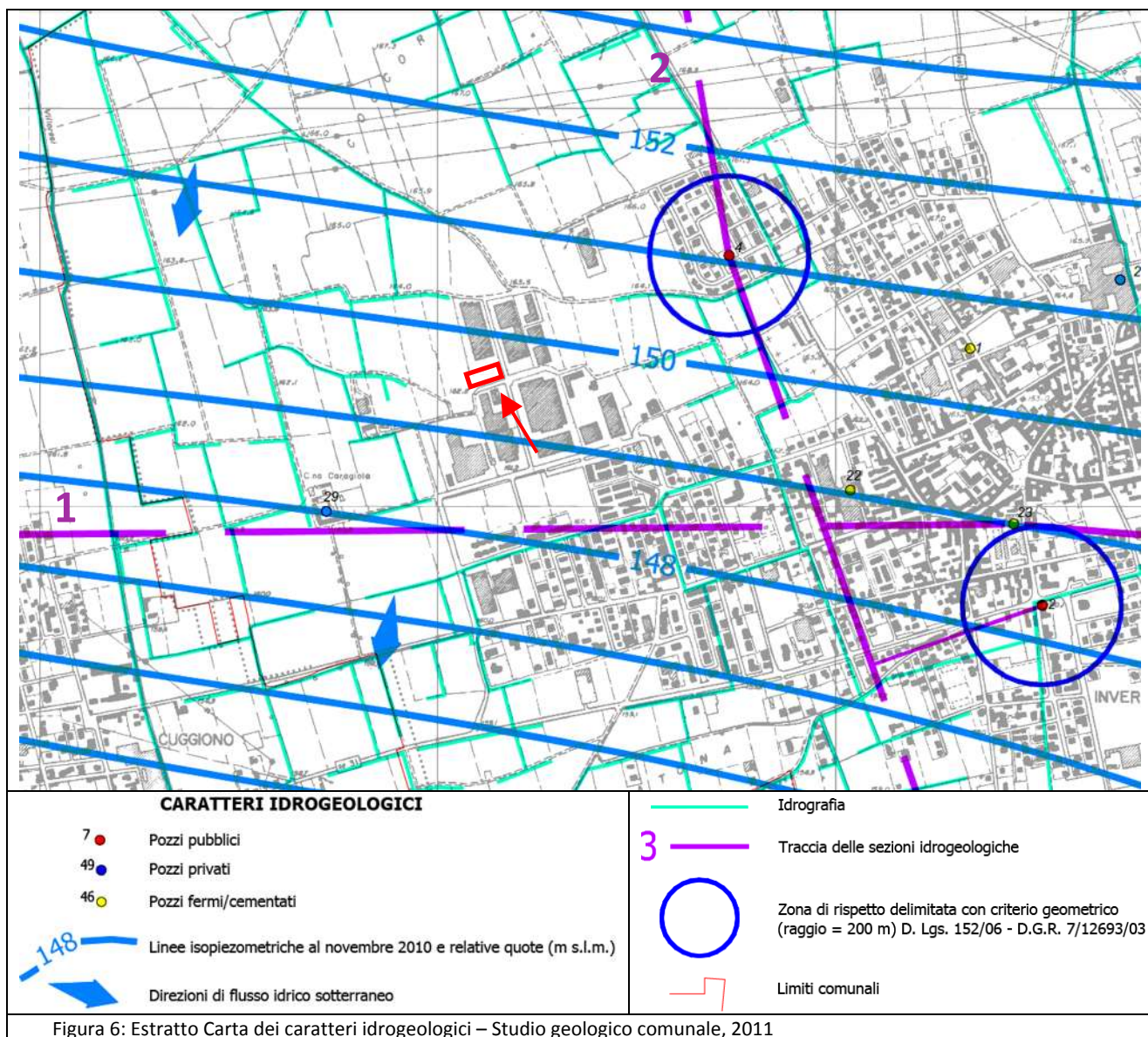
- **Gruppo Acquifero A:** presente con continuità in tutto il territorio, costituito da depositi di ambiente continentale in facies fluvioglaciale/fluviatile di tipo braided ad alta energia. Sono presenti sedimenti grossolani (ghiaie a matrice sabbiosa con intervalli sabbiosi da medi a molto grossolani) con lenti e livelli limosi e limoso-argillosi privi di continuità laterale; spessore medio dell'unità di circa 50-60 m. L'unità è sede dell'acquifero superiore ("primo acquifero"), libero o localmente semiconfinato.
- **Gruppo Acquifero B:** presente con continuità in tutto il territorio, costituito da depositi in facies fluvioglaciale/fluviatile di tipo braided. Composto da sabbie medio-grossolane, sabbie ciottolose e ghiaie a matrice sabbiosa con locali lenti cementate conglomeratiche e con intercalazioni di sedimenti fini limoso-argillosi. Nel settore settentrionale l'unità al tetto è separata dalla precedente da livelli scarsamente permeabili con discreta continuità areale; tali livelli poco permeabili sembrano assenti nei settori sud-orientali; spessore complessivo variabile da 60 a 80 m S. L'unità è sede dell'acquifero superiore ("secondo acquifero") libero o semiconfinato.
- **Gruppo Acquifero C:** presente con continuità in tutto il territorio, costituito da depositi in facies continentale/transizionale deltizia. Litologicamente è costituito da sabbie da fini a medie e argille limose con intercalati livelli ghiaioso-sabbiosi a maggiore permeabilità. Nei livelli permeabili sono presenti acquiferi intermedi e profondi, di tipo confinato, la cui vulnerabilità è mitigata dalla presenza a tetto di strati argillosi arealmente continui, ma non sono da escludere collegamenti ed alimentazione da parte dell'acquifero libero superiore ad alta vulnerabilità.

Si riportano di seguito le sezioni idrogeologiche 1 e 2, le cui tracce sono indicate nell'estratto della Carta dei caratteri idrogeologici dello studio geologico comunale (figura 6).





La falda superficiale mostra un andamento NNE→SSW con livello piezometrico in corrispondenza del sito compreso fra 149-150 m s.l.m., indicativamente a 13-14 m di soggiacenza dal piano campagna.



## 2.3. VINCOLI, SINTESI E FATTIBILITÀ GEOLOGICA

Di seguito si riportano gli estratti della Carta di Sintesi e della Carta dei Vincoli dallo studio geologico comunale. Dall'osservazione di tali carte risulta che il sito non è interessato da:

- aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile;
- vincoli di polizia idraulica;
- siti contaminati o aree di ex discarica SRU e inerti.

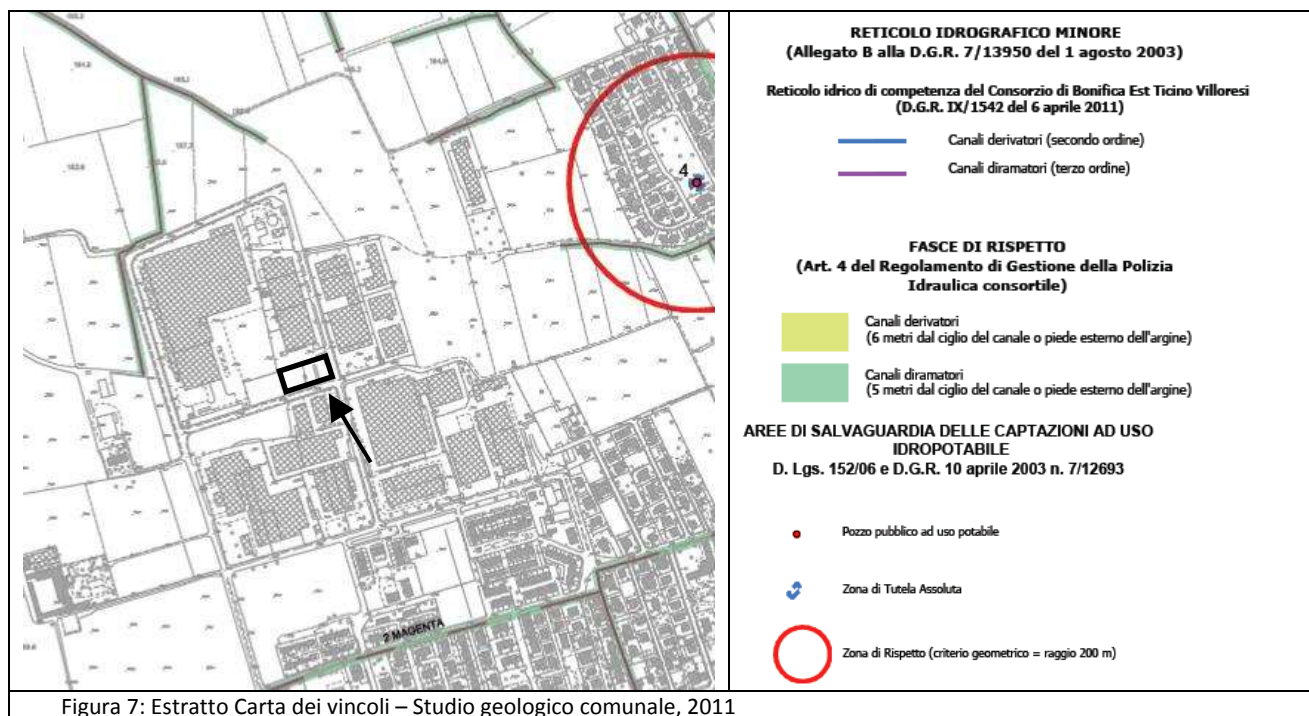


Figura 7: Estratto Carta dei vincoli – Studio geologico comunale, 2011

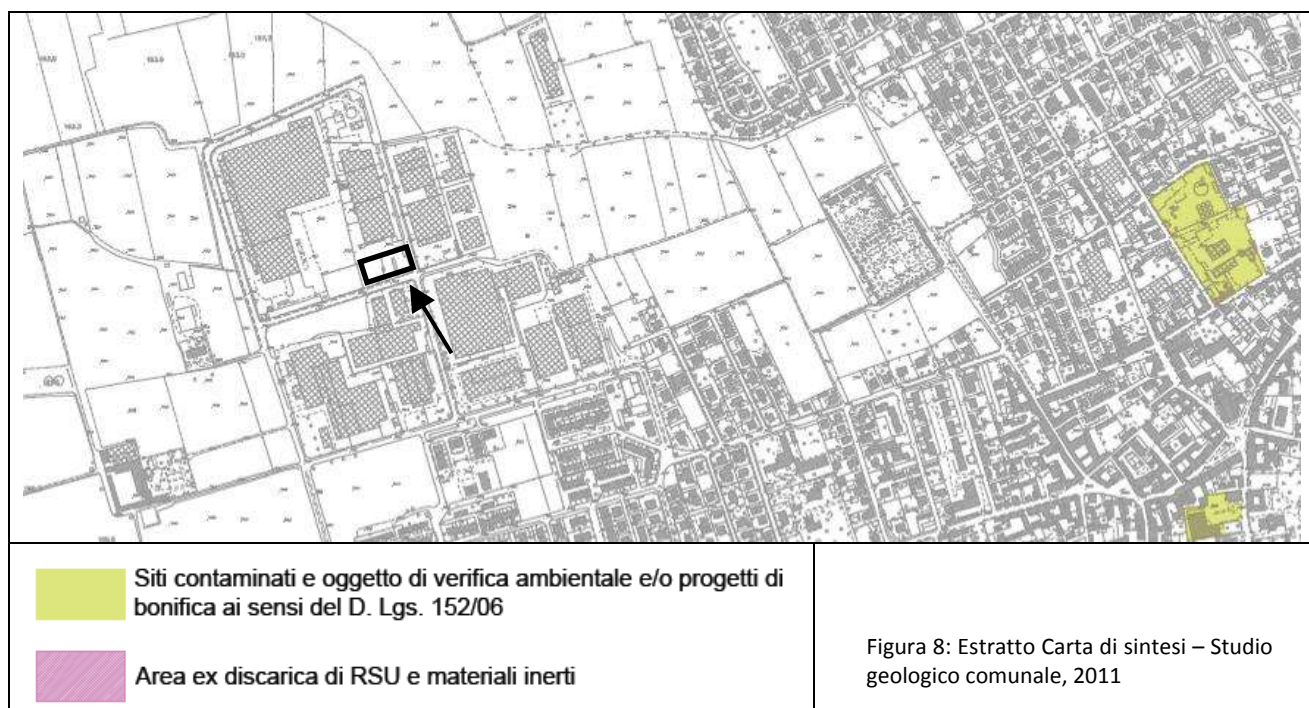


Figura 8: Estratto Carta di sintesi – Studio geologico comunale, 2011



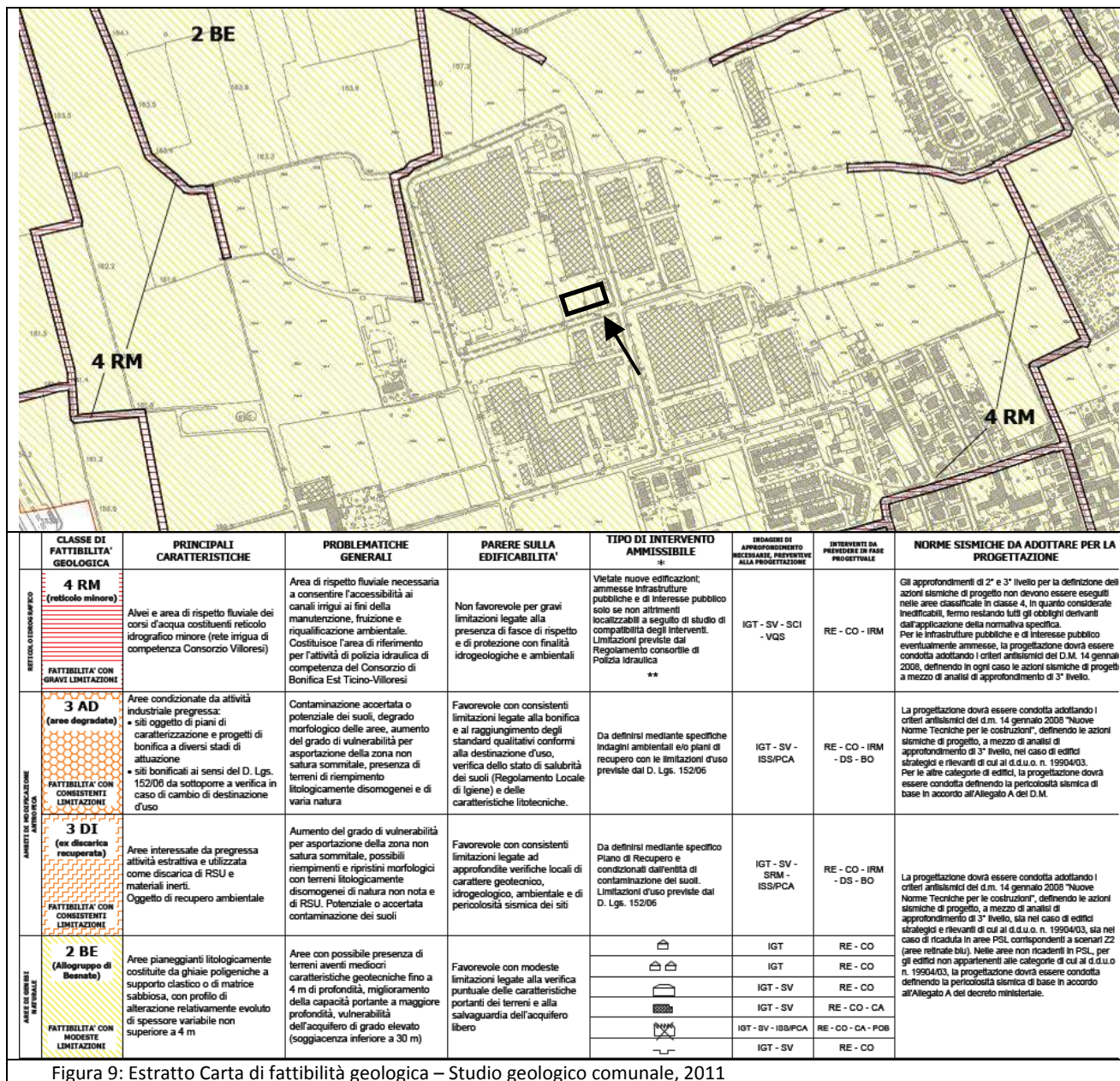


Figura 9: Estratto Carta di fattibilità geologica – Studio geologico comunale, 2011

Indagini di approfondimento necessarie, preventive alla progettazione: si rende necessaria la verifica litotecnica e geotecnica dei terreni mediante rilevamento geologico di dettaglio e l'esecuzione di prove geotecniche per la determinazione della capacità portante, da effettuare preventivamente alla progettazione esecutiva per tutte le opere edificatorie (IGT), ed in particolare dovrà essere valutata la stabilità dei versanti di scavo (SV) nel caso di opere di tipo 3, 4 5, 6 al fine di prevedere le opportune opere di protezione degli scavi durante i lavori di cantiere. Le indagini geognostiche dovranno essere commisurate al tipo di intervento da realizzare ed alle problematiche progettuali proprie di ciascuna opera (secondo quanto indicato nell'art. 2 delle Norme geologiche di Piano)>>.



### 3. APPROFONDIMENTO SISMICO

#### 3.1. 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 Inveruno (Mi) è stato classificato in Zona 4 (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

Tale classificazione è stata rivista con la DGR n. X/2129 del 11 Luglio 2014 che ha confermato il comune in zona sismica 4 (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
03015113	MI	INVERUNO	4	0,039158

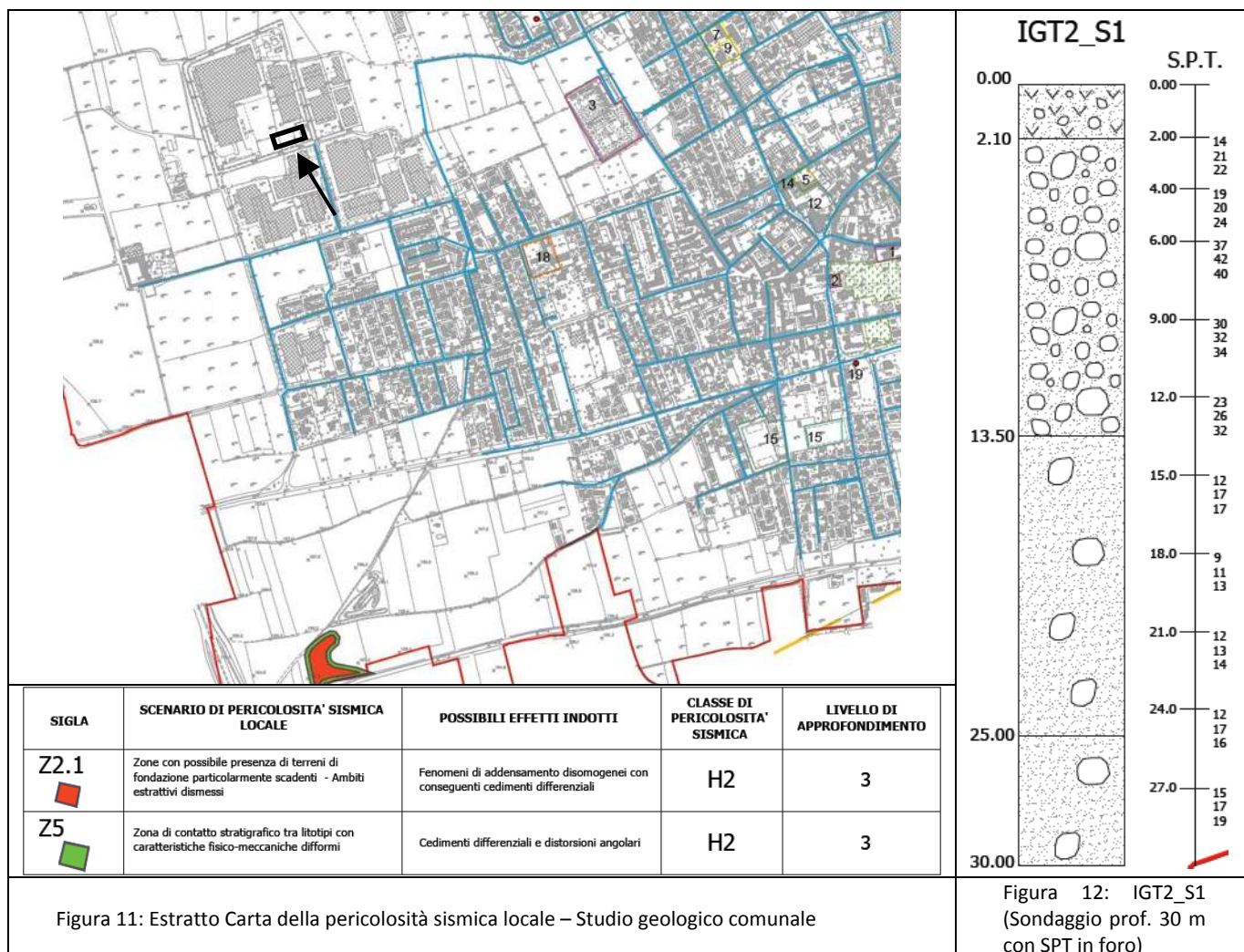
Figura 10: Estratto DGR n. X/2129/2014

### 3.2. APPROFONDIMENTO SISMICO DA PIANIFICAZIONE COMUNALE

Il territorio comunale di Inveruno (Mi) non viene classificato con alcuno scenario di pericolosità sismica locale, come si vede dall'estratto della Carta delle pericolosità sismica locale di figura 11.

Si cita dallo studio geologico comunale:

*<< Si sottolinea che l'ambito di pianura, nel quale ricade l'intero territorio comunale di Inveruno, non è stato individuato come scenario di pericolosità sismica locale (ambito PSL) in quanto le indagini disponibili escludono la presenza di un substrato rigido nei primi 30÷40 m di profondità in grado di dar luogo a significative amplificazioni del moto sismico in superficie superiori a quelle previsti dall'applicazione del D.M. 14 gennaio 2008; numerose evidenze sperimentali, basate su analisi di risposta sismica sito-specifica, evidenziano infatti che l'effetto di amplificazione del segnale sismico, significativo per modesti spessori dei terreni di copertura, diminuisce all'aumentare della profondità del bedrock sismico e che, considerando la magnitudo degli eventi sismici attesi, oltre la profondità di 30÷40 m il fattore di amplificazione si stabilizza su valori paragonabili a quelli ottenuti applicando il D.M. 14/01/08>>.*



Al fine di valutare la categoria di sottosuolo adatta all'attribuzione dei parametri sismici di sito, si riporta in figura 12 (soprastante) il sondaggio IGT2\_S1 (Sondaggio prof. 30 m con SPT in foro), la cui ubicazione è visibile in figura 4. Si è tenuto conto dei valori medi di SPT in foro di sondaggio:  $15 < N_{spt30} < 50$ .

Si attribuisce pertanto la **categoria di suolo di tipo C**.

**Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo**

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di <math>V_{s,30}</math> superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, 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 con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>V_{s,30}</math> compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero <math>N_{SPT,30} &gt; 50</math> nei terreni a grana grossa e <math>c_{u,30} &gt; 250</math> kPa nei terreni a grana fina).</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>V_{s,30}</math> compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero <math>15 &lt; N_{SPT,30} &lt; 50</math> nei terreni a grana grossa e <math>70 &lt; c_{u,30} &lt; 250</math> kPa nei terreni a grana fina).</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>V_{s,30}</math> inferiori a 180 m/s (ovvero <math>N_{SPT,30} &lt; 15</math> nei terreni a grana grossa e <math>c_{u,30} &lt; 70</math> kPa nei terreni a grana fina).</i>
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con <math>V_s &gt; 800</math> m/s).</i>

Figura 13: Estratto categorie di sottosuolo DM 14/01/2008



### 3.3. PARAMETRI SISMICI DI SITO

L'allegato B alle norme tecniche per le costruzioni (NTC D.M. 14.01.08) 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: 45,52	longitudine: 8,84
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	

Dall'esame dello studio geologico comunale e dalle considerazioni espone nel paragrafo precedente il **suolo di fondazione** viene considerato appartenente alla **categoria C**. Trattandosi di area pianeggiante la **categoria topografica** definita in base al D.M. 14/01/08 è **T1** (inclinazione media <15°) cui corrisponde un valore di coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$  pari a 1.

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

The screenshot displays the Geostru-parametri sismici software interface. On the left, there is a map view showing the site location with a red pin. The map includes labels for streets like Via Fattori, Via Modigliani/Amedeo, and Via Giuseppe di Vittorio. A Google map overlay is visible. Below the map, there are checkboxes for 'Visualizza vertici della maglia di appartenenza' and a note about coordinate conversion from WGS84 to ED50.

On the right, the input parameters are defined:

- Coordinate ED50 (\*):** Latitudine 45,517175, Longitudine 8,836056
- Classe dell'edificio:** II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...
- Vita nominale:** 50 (Operative <=10, Ordinary >=50, Grandi opere >=100)
- Interpolazione:** Media ponderata
- Calcola** button

Below the inputs, a table shows the **Stato Limite** results:

Stato Limite	Tr [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$	$T_c$ [s]
Operatività (SLO)	30	0,015	2,544	0,160
Danno (SLD)	50	0,019	2,523	0,168
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,038	2,647	0,282
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,046	2,683	0,307

The **Periodo di riferimento per l'azione sismica:** is 50.

Below this, the **CALCOLO COEFFICIENTI SISMICI** section shows the following settings:

- Muri di sostegno:** ☐ (selected)
- Paratie:** ☐
- Stabilità dei pendii e fondazioni:** ☐
- Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti:** ☐
- H (m):** 1
- us (m):** 0,1
- Categoria sottosuolo:** C
- Categoria topografica:** T1

The **Coefficienti** table is as follows:

	SLO	SLD	SLV	SLC
<b>Ss *</b> Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,50
<b>Cc *</b> Coeff. funz categoria	1,92	1,89	1,59	1,55
<b>St *</b> Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Additional parameters:

- Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]:** 0,6
- Coefficienti table:**

	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,005	0,006	0,012	0,014
kv	0,002	0,003	0,006	0,007
Amax [m/s²]	0,223	0,277	0,566	0,676
Beta	0,200	0,200	0,200	0,200

Figura 14: Parametri sismici del sito (<http://www.geostru.com/geoapp/parametri-sismici.aspx>)

## 4. RELAZIONE GEOTECNICA

### 4.1. APPROFONDIMENTO GEOTECNICO (APP-4)

L'acquisizione delle informazioni geotecniche nel sito è stata fatta mediante l'esecuzione di n. 3 prove penetrometriche dinamiche scpt. Le prove scpt1e2 sono state fatte all'interno dell'area, mentre la prova scpt3 è stata eseguita al perimetro del sito al fine di verificare se la piazzola ecologica insistesse su una ex buca riempita.

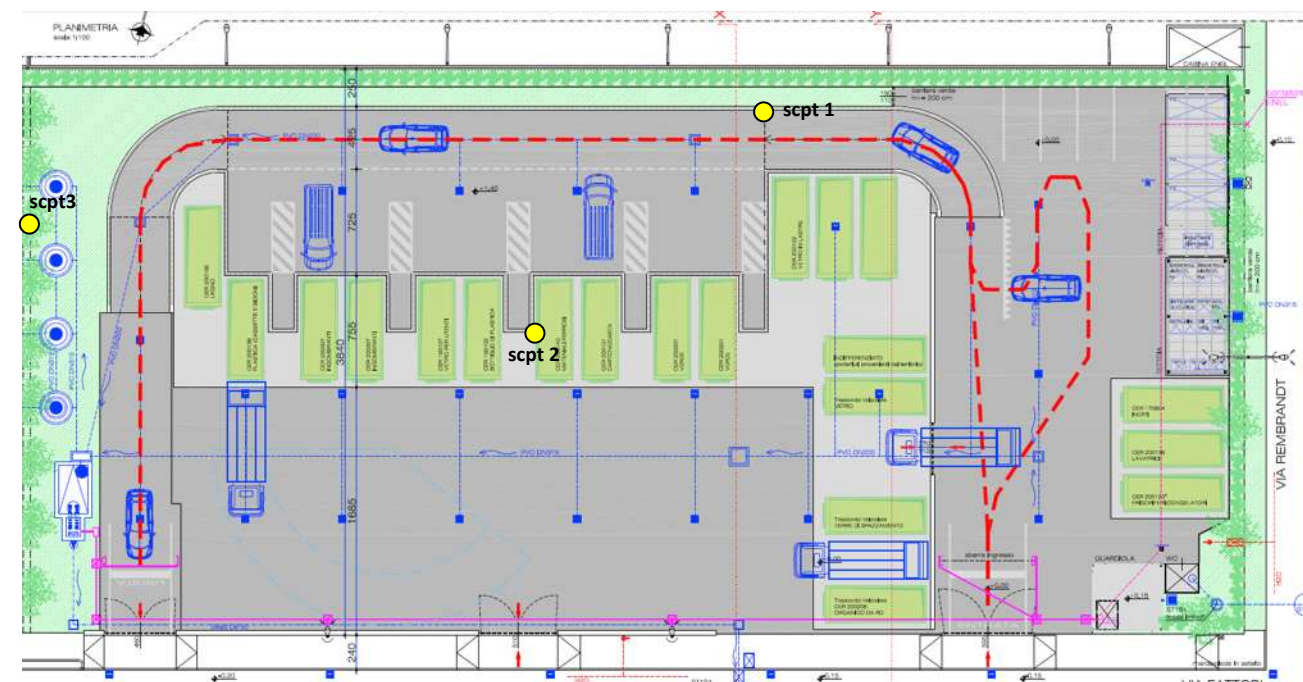


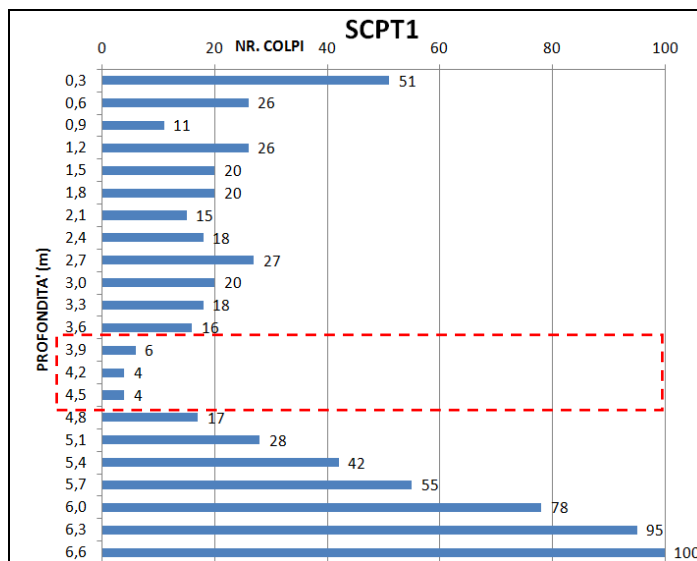
Figura 15: Ubicazione penetrometrie scpt

Le prove sono state eseguite tramite penetrometro dinamico avente:

- Massa battente: 73 kg;
- Altezza di caduta: 75 cm;
- Peso asta completa ( $\varnothing 32 \times 900$  mm): 5,5 Kg;
- Angolo punta: 60°.

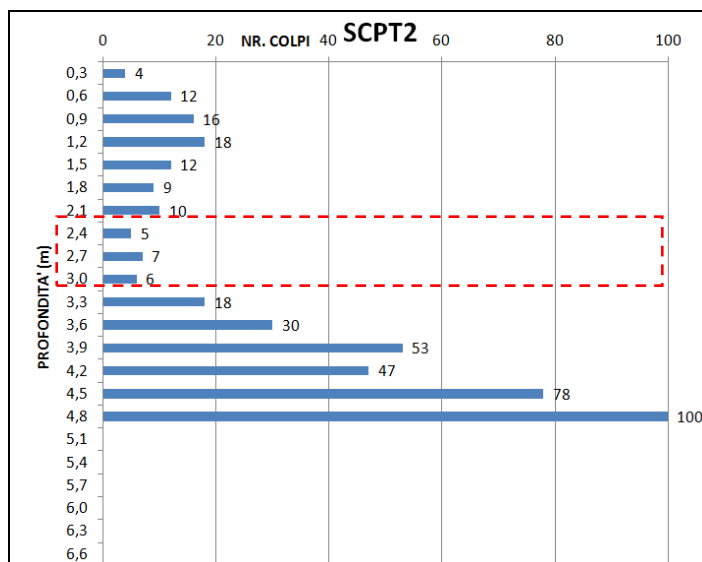
Di seguito si riportano i diagrammi Nscpt/prof. e la documentazione fotografica di ciascuna prova.

Dalla lettura dei diagrammi si riscontra innanzitutto una buona corrispondenza fra tutte le tre prove eseguite, confermando ragionevolmente la presenza di materiale naturale in posto, sostanzialmente omogeneo nei diversi settori indagati. Dal punto di vista stratigrafico si rileva uno strato superficiale addensato di spessore compreso fra 1,0-2,0 m seguito da un corpo geologico poco addensato (evidenziato con riquadro rosso nelle successive figure) sino ad una profondità compresa fra 3,30 m e 4,50 m, dove si segnala un significativo incremento della resistenza e quindi dell'addensamento dei terreni sino al rifiuto alla penetrazione di aste entro i 6-7 m di profondità.



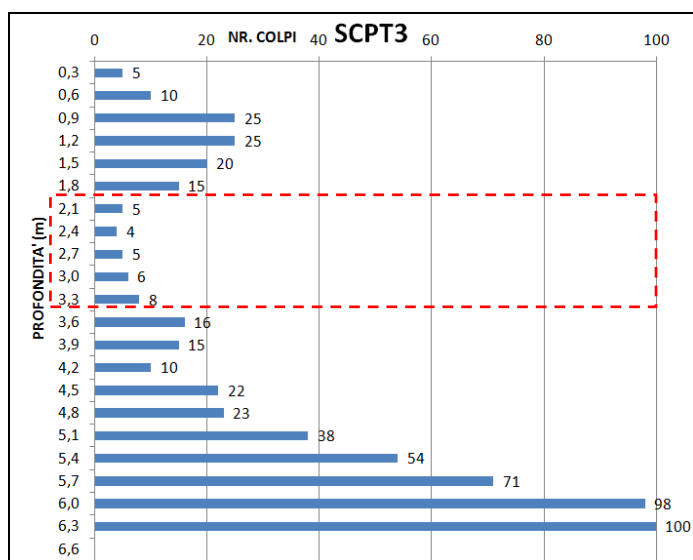
**Figura 16 Prova scpt1**  
**Diagramma Nscpt/prof.**

Documentazione fotografica



**Figura 17 Prova scpt2**  
**Diagramma Nscpt/prof.**

Documentazione fotografica



**Figura 18 Prova scpt3**  
**Diagramma Nscpt/prof.**

Documentazione fotografica





## 4.2. 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 litologie riscontrate. 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 prove penetrometriche effettuate il sottosuolo indagato viene schematicamente suddiviso in 3 litozone cui vengono attribuiti i seguenti parametri geotecnici valutati scegliendo il più cautelativo fra i vari metodi di correlazione esistenti (Metodo Road Bridge Specification; Metodo di Japanese National Railway – per l'Angolo di attrito; Metodo Gibbs & Holtz per la densità relativa; Metodo di Schmertmann, Metodo di Terzaghi e Metodo di Schultze e Menzebach per il Modulo di deformazione):

### **CORPO GEOLOGICO 1 – terreno eluviale addensato (0,00-1,50m)**

- Angolo di resistenza al taglio ( $\phi'_k$ ) = 31°
- Peso dell'unità di volume ( $\gamma$ ) = 1.700 Kg/mc
- Modulo di deformazione ( $E_y$ ): 90 Kg/cmq.
- Comportamento geotecnico: incoerente

### **CORPO GEOLOGICO 2 – Depositi alluvionali sabbioso limosi (prof. 1,50-4,50 m)**

- Angolo di resistenza al taglio ( $\phi'_k$ ) = 26°
- Peso dell'unità di volume ( $\gamma$ ) = 1.600 Kg/mc
- Modulo di deformazione  $E_{yk}$  = 40 Kg/cmq
- Comportamento geotecnico: granulare

### **CORPO GEOLOGICO 3 – Depositi alluvionali sabbioso ghiaiosi (prof. >4,50 m)**

- Angolo di resistenza al taglio ( $\phi'_k$ ) = 35°
- Peso dell'unità di volume ( $\gamma$ ) = 1.800 Kg/mc
- Modulo di deformazione  $E_{yk}$  = 150 Kg/cmq
- Comportamento geotecnico: granulare

### 4.3. VERIFICHE AGLI STATI LIMITE

#### 4.3.1. 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 2008)
- trattazione dei depositi del sottosuolo come incoerenti ed in condizioni drenate
- carichi agenti sul terreno: verticali e centrati e in condizioni statiche
- geometrie delle fondazioni:
  - Muri (nastriiformi) larghezza B da 1,40 a 2,30m prof. 0,60 m
  - Tettoia (platea) 8,00x4,30 mq prof. 0,50 m
- soggiacenza falda: 10 m da pc

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
	cap. portante			
R3	2.3		scorrim.	1.1

#### 4.3.2. Verifiche 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

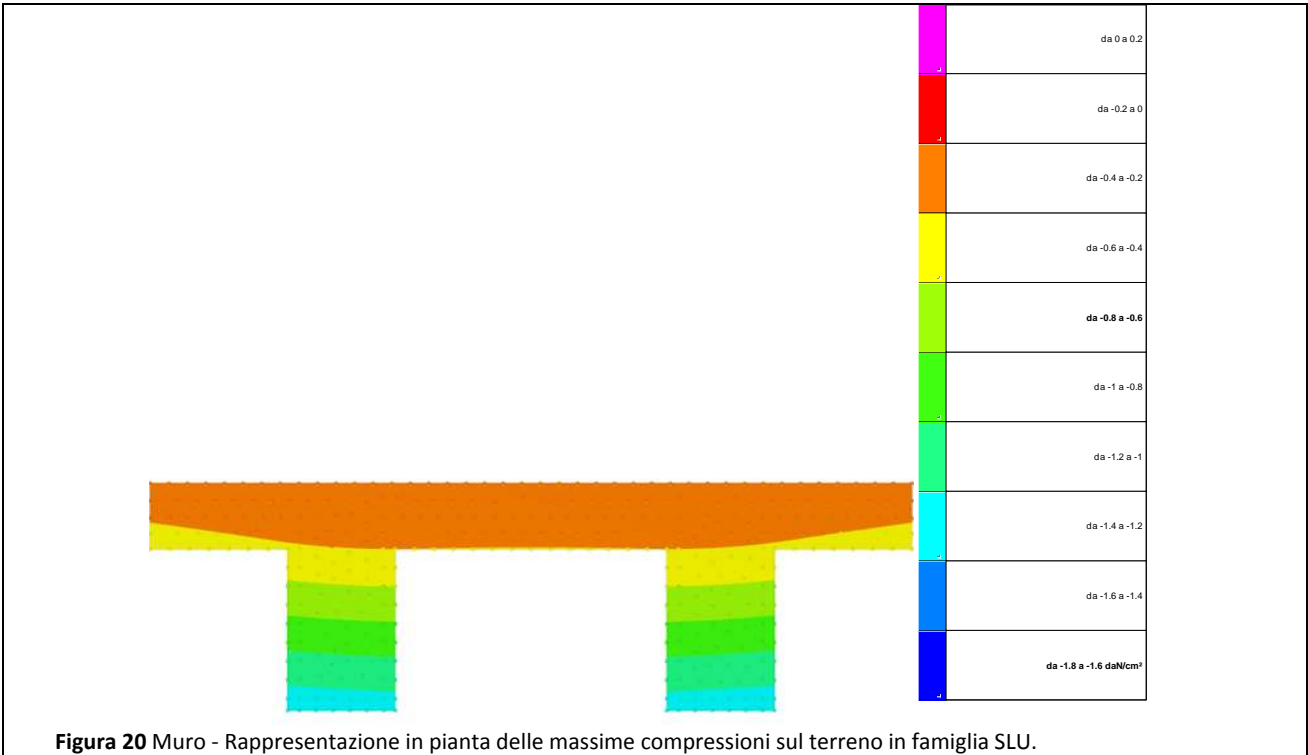
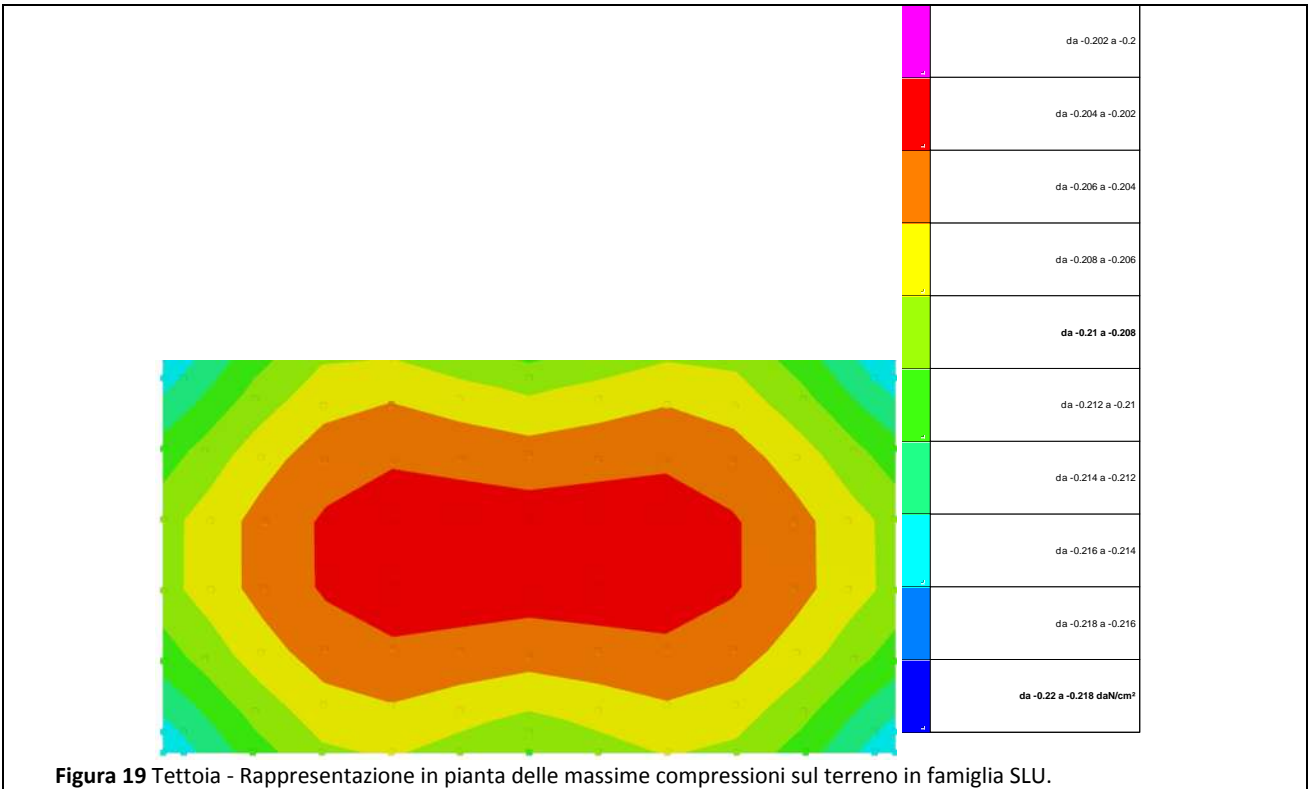
Rd = valore della forza normale al piano di posa cui corrisponde il raggiungimento del carico limite in terreni di fondazione

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

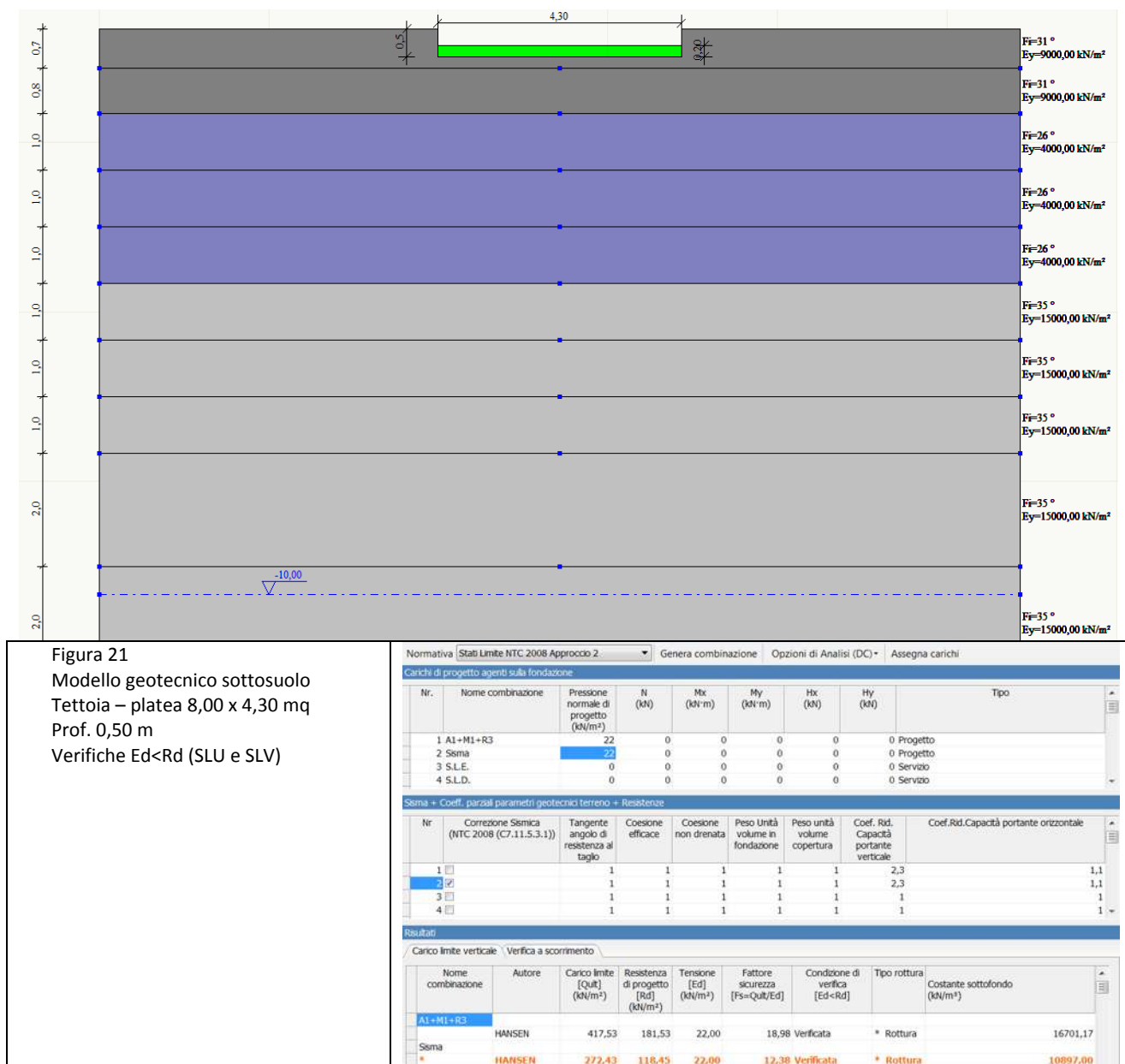
$$q_{lim} = c N_c s_c d_c i_c b_c g_c z_c + \gamma_1 D N_q s_q d_q i_q b_q g_q z_q + 0.5 \gamma_2 B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma z_\gamma \quad (\varphi > 0);$$

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

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







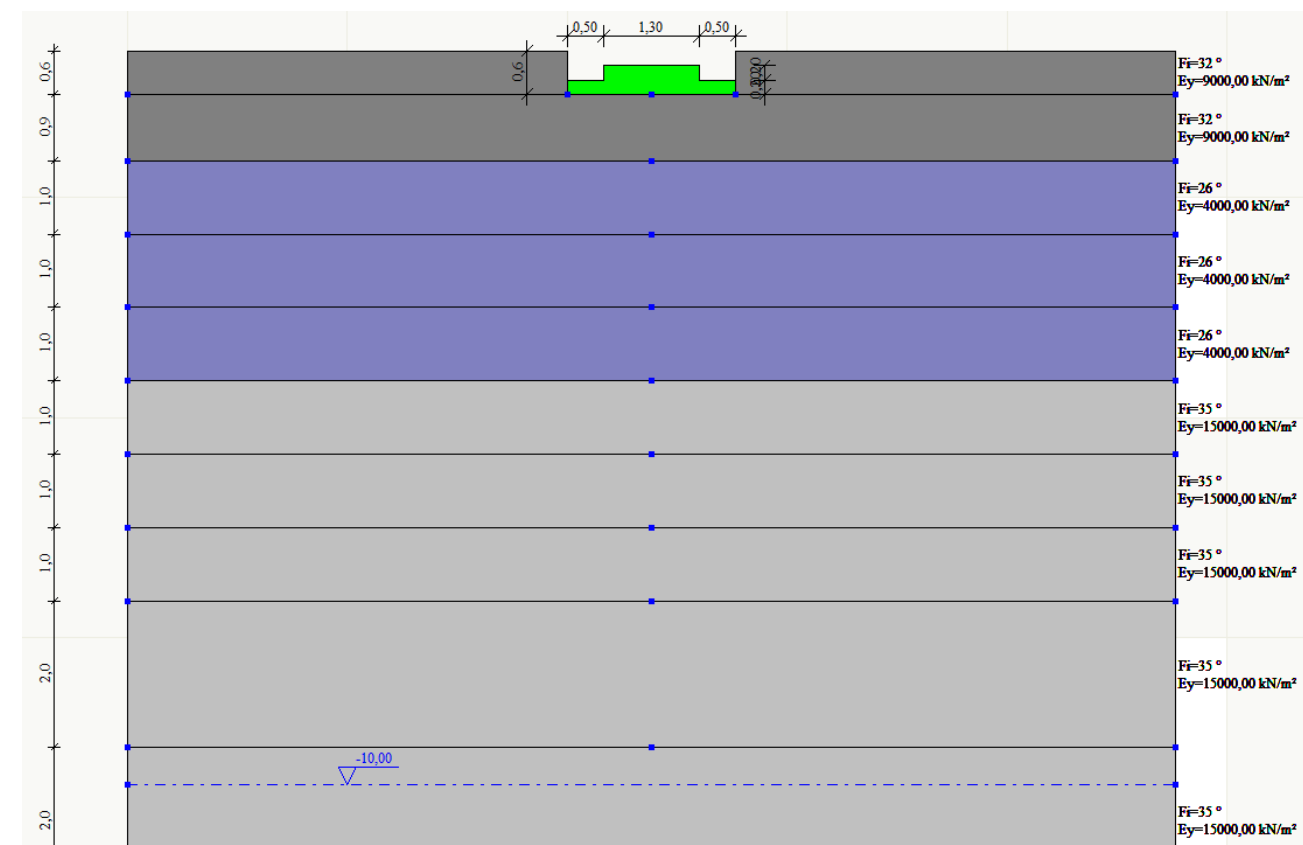


Figura 22

Modello geotecnico sottosuolo

Muri B=230 cm

Prof. 0,60 m

Verifiche  $E_d < R_d$  (SLU e SLV)

Normativa Stati Limite NTC 2008 Approccio 2									
Genera combinazione Opzioni di Analisi (DC) Assegna carichi									
Carichi di progetto agenti sulla fondazione									
Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto (kN/m²)	N (kN)	Mx (kN·m)	My (kN·m)	Hx (kN)	Hy (kN)	Tipo	
1	A1+M1+R3	100	0	0	0	0	0	Progetto	
2	Sema	100	0	0	0	0	0	Progetto	
3	S.L.E.	0	0	0	0	0	0	Servizio	
4	S.L.D.	0	0	0	0	0	0	Servizio	
Sima + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze									
Nr	Correzione Sismica (NTC 2008 (C7.11.5.3.1))	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coeff. Rid. Capacità portante verticale	Coeff.Rid.Capacità portante orizzontale	
1	<input type="checkbox"/>	1	1	1	1	1	2,3	1,1	
2	<input checked="" type="checkbox"/>	1	1	1	1	1	2,3	1,1	
3	<input type="checkbox"/>	1	1	1	1	1	1	1	
4	<input type="checkbox"/>	1	1	1	1	1	1	1	
Risultati									
Carico limite verticale Verifica a scorrimento									
Nome combinazione	Autore	Carico limite [Quk] (kN/m²)	Resistenza di progetto [Rd] (kN/m²)	Tensione [Ed] (kN/m²)	Fattore sicurezza [Fs=Quk/Ed]	Condizione di verifica [Ed<Rd]	Tipo rottura	Costante sottofondo (kN/m³)	
A1+M1+R3	HANSEN	387,79	168,61	100,00	3,88	Verificata	* Rottura	15511,79	
Sema	HANSEN	270,97	117,81	100,00	2,71	Verificata	* Rottura	10838,96	

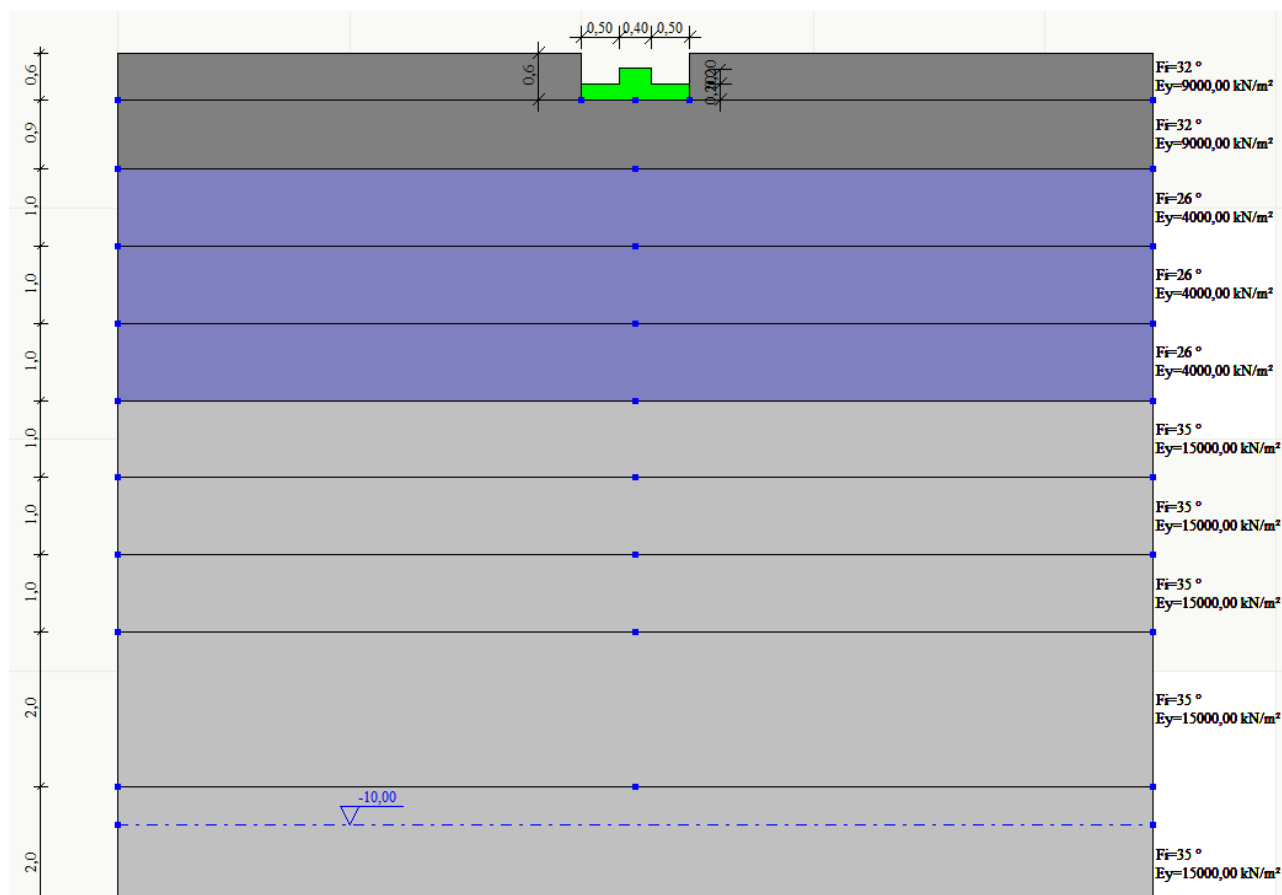


Figura 23

Modello geotecnico sottosuolo

Muri B=140 cm

Prof. 0,60 m

Verifiche  $E_d < R_d$  (SLU e SLV)

Carico limite									
Normativa		Stati Limite NTC 2008 Approccio 2		Genera combinazione		Opzioni di Analisi (DC)		Assegna carichi	
Carichi di progetto agenti sulla fondazione									
Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto (kN/m²)	N (kN)	Mx (kN·m)	My (kN·m)	Hx (kN)	Hy (kN)	Tipo	
1	A1+M1+R3	50	0	0	0	0	0	Progetto	
2	Sisma	50	0	0	0	0	0	Progetto	
3	S.L.E.	0	0	0	0	0	0	Servizio	
4	S.L.D.	0	0	0	0	0	0	Servizio	
Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze									
Nr	Correzione Sismica (NTC 2008 (C7.11.5.3.1))	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef. Rid. Capacità portante orizzontale	
1	<input type="checkbox"/>	1	1	1	1	1	2,3	1,1	
2	<input checked="" type="checkbox"/>	1	1	1	1	1	2,3	1,1	
3	<input type="checkbox"/>	1	1	1	1	1	1	1	
4	<input type="checkbox"/>	1	1	1	1	1	1	1	
Risultati									
Carico limite verticale Verifica a scorrimento									
Nome combinazione	Autore	Carico limite [Quk] (kN/m²)	Resistenza di progetto [Rd] (kN/m²)	Tensione [Ed] (kN/m²)	Fattore sicurezza [Fs=Quk/Ed]	Condizione di verifica [Ed<Rd]	Tipo rottura	Costante sottofondo (kN/m²)	
A1+M1+R3	HANSEN	380,71	165,53	50,00	7,61	Verificata	* Rottura	15228,32	
Sisma	HANSEN	284,68	123,77	50,00	5,69	Verificata	* Rottura	11387,04	



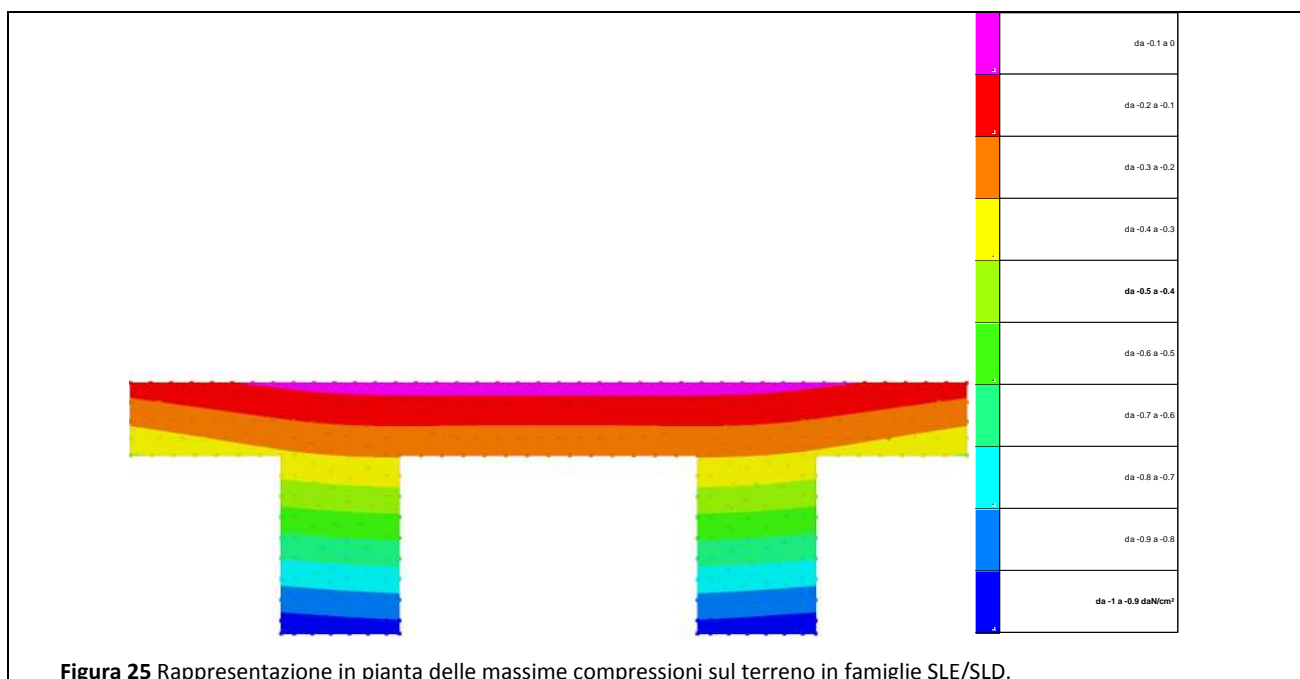
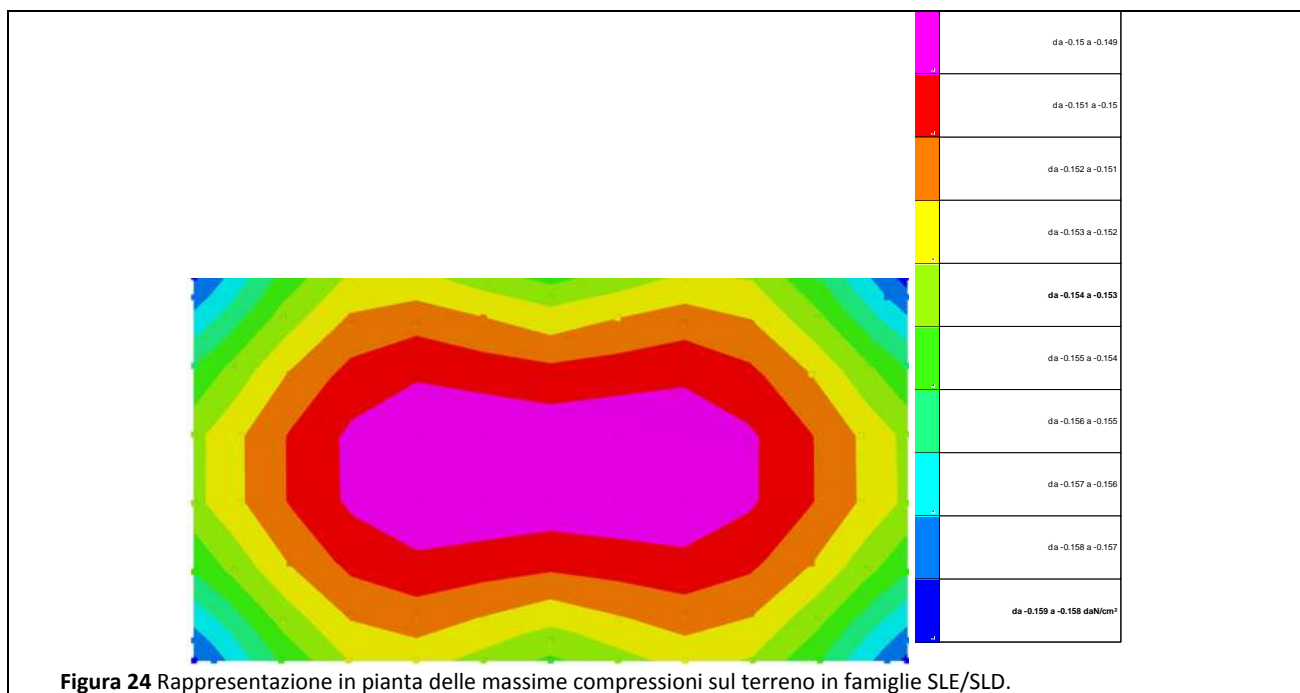
#### 4.3.3. Verifiche agli Stati Limite di Esercizio (SLE)

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  $E_d$  (cm) e del Coefficiente di sottofondo  $K_s$  (Kg/cmc) considerando pressioni medie ripartite sul terreno, mediante il metodo di Schmertmann ottenendo, per le medesime combinazioni di fondazioni riportate nel paragrafo 4.3.1, i seguenti valori:

Fondazioni (m)	Combinazione azioni	Pressione (KPa)	Cedimento assoluto calcolato $E_d$ (cm) (Schmertmann)	Coefficiente di sottofondo $K_s$ (Kg/cmc)
Platea 8,00x4,30 mq Prof. 0,50 m	SLE	16	0,2	0,80
Muri B=2,30 m Prof. 0,60 m	SLE	70	2,5	0,28
Muri B=1,40 m Prof. 0,60 m	SLE	30	0,8	0,38

Figura 26 Calcolo cedimenti e Coefficienti di sottofondo  $K_s$

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 sottofondo si riporta una tabella secondo Pozzati, con il riquadro "rosso" relativo ai terreni presenti a contatto con le fondazioni.

<b>MODULO DI REAZIONE "VERTICALE" DEL TERRENO [WINKLER]</b>		Figura 27 Tabella riepilogativa K di Winkler
NATURA DEL TERRENO	K (Kg/cm <sup>3</sup> )	
torba leggera.....	0.6 ~ 1.2	Natura dei terreni a contatto con le fondazioni in oggetto
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)		

#### 4.4. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI IN CONDIZIONI SISMICHE

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. eventi sismici attesi di magnitudo  $M$  inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di  $0,1g$ ;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. 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;
5. 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  $U_c > 3,5$ .

La verifica a liquefazione è omessa in quanto i terreni indagati risultano molto compatti oltre i 6-7 m di profondità (non saturo) e che la falda principale si trova oltre 10 m di profondità dal piano campagna.

#### 4.5. SMALTIMENTO IDRICO NEL SOTTOSUOLO

Si ritiene che sulla base delle considerazioni esposte nella presente relazione il sito risulti idoneo allo smaltimento delle acque meteoriche nel suolo / sottosuolo, con valori di conducibilità idraulica nell'ordine dei  $8 \times 10^{-5}$  m/s per lo strato superficiale (indicativamente entro 4,5 m di profondità) con incremento graduale in profondità.

Palazzolo s/O, gennaio 2018

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

