

## **STUDIO ASSOCIATO GEOLOGIA TECNICA**

dott. geol. MARCO CAVALIERI

dott. geol. STEFANO LOZZA

☎ 3356248609

☎ 3356248617

- Geologia applicata
- Idrogeologia
- Geofisica

Email: [studio@geotec.it](mailto:studio@geotec.it)

via Malfatti, 27 - 38122 TRENTO

via Montallegro, 32G - 16145 GENOVA

PEC: [geologiatecnica@pec.epap.it](mailto:geologiatecnica@pec.epap.it) p.iva / c.f. 01521040228



PROVINCIA DI TRENTO

COMUNE DI TRENTO



**STUDIO GEOLOGICO-TECNICO RELATIVO AL  
PIANO DI LOTTIZZAZIONE "GIARDINO DEI FIORI"  
– PIANO ATTUATIVO COMPARTO C3 SULLE PP.FF.  
90/1 E 91/1 – C.C. ROMAGNANO LOC. CHIESURA.**

### **Relazione geologica**

Sulle indagini e modellazione geologica del sito  
(Contiene la relazione sulla modellazione sismica)

### **Relazione geotecnica**

Sulle indagini e caratterizzazione modellazione geotecnica

Trento, agosto 2024

Rel. 5895/24

dr. geol. Marco Cavalieri

N° 56 MARCO CAVALIERI

Questa relazione, se trasmessa in forma cartacea, costituisce copia dell'originale informatico firmato digitalmente e conservato presso lo studio, in conformità alle regole tecniche (art.3 bis e 71-D.Lgs. 82/05). La firma autografa è sostituita dall'indicazione a stampa del nominativo del responsabile (art. 3-D.Lgs. 38/1993).†



**STUDIO GEOLOGICO-TECNICO RELATIVO AL PIANO  
DI LOTTIZZAZIONE “GIARDINO DEI FIORI” – PIANO  
ATTUATIVO COMPARTO C3 SULLE PP.FF. 90/1 E 91/1  
– C.C. ROMAGNANO LOC. CHIESURA.**

*Indice*

1. PREMESSA.....	2
2. RELAZIONE GEOLOGICA.....	9
2.1 ASSETTO GEOLOGICO GENERALE.....	9
2.2 MODELLO STRATIGRAFICO DEL SOTTOSUOLO.....	10
2.3 PARAMETRI SPETTRALI SISMICI.....	15
2.4 VINCOLO IDROGEOLOGICO.....	17
2.5 DISCIPLINA DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO.....	18
2.6 CONCLUSIONI GEOLOGICHE.....	21
3. RELAZIONE GEOTECNICA.....	27
3.1 MODELLO GEOLOGICO TECNICO DEL SOTTOSUOLO.....	27
3.2 PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI E DI PROGETTO.....	29
3.3 SCELTA DEL TIPO DI FONDAZIONE.....	31
3.4 SCAVI.....	31
3.5 SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE.....	34
3.5.1 Indicazioni esecutive.....	43
3.6 MIGLIORAMENTO DEL TERRENO.....	46
3.7 CONCLUSIONI GEOTECNICHE.....	47

---

*Allegati*

*COROGRAFIA scala 1:5.000  
ESTRATTO CARTA DI SINTESI PERICOLOSITA' [P.U.P]  
ESTRATTO CARTA DELLE RISORSE IDRICHE  
ESTRATTO CARTA DEL VINCOLO IDROGEOLOGICO  
ESTRATTO RILIEVO DTM DEL LIDAR  
ESTRATTO CARTA GEOLOGICA TRENINO  
ORTOFOTO VOLO 2020*

## **1. PREMESSA**

Il piano di lottizzazione - elaborato per commissione della società Carlini costruzioni s.r.l. – coinvolge un'area di circa 14.000 m<sup>2</sup> in località Chiesura, di cui 9300 m<sup>2</sup> circa a uso residenziale e 4700 m<sup>2</sup> circa ad uso parco e parcheggio pubblico.

A fini residenziali è prevista la costruzione di dodici palazzine disposte su quattro file lungo il declivio, ognuna sviluppata su tre/quattro piani fuori terra (di cui uno sottotetto); ciascuna fila sarà dotata di un piano interrato per tutte le palazzine della fila, esteso lateralmente e volto ad occupare quasi l'intera larghezza del lotto edificabile.

Nella stesura della relazione geologica che segue si è fatto ampio riferimento ai dati contenuti nella relazione geologica e geotecnica preliminare del 2012 dal dott. Geol. Dario Zulberti<sup>1</sup> (fornita dalla committenza), redatta a sostegno di un precedente piano di lottizzazione.

Gli estratti cartografici a carattere geologico e idrogeologico attualmente in vigore in Provincia di Trento di seguito allegati evidenziano:

---

<sup>1</sup> ZULBERTI dott. Geol. Dario – *Progetto di lottizzazione in località Chiesura sulle pp. ff. 90/1 e 91/1 nel C.C. Romagnano nel Comune di Trento (TN) – Relazione geologica preliminare e relazione geotecnica preliminare* – Trento, gennaio 2012.

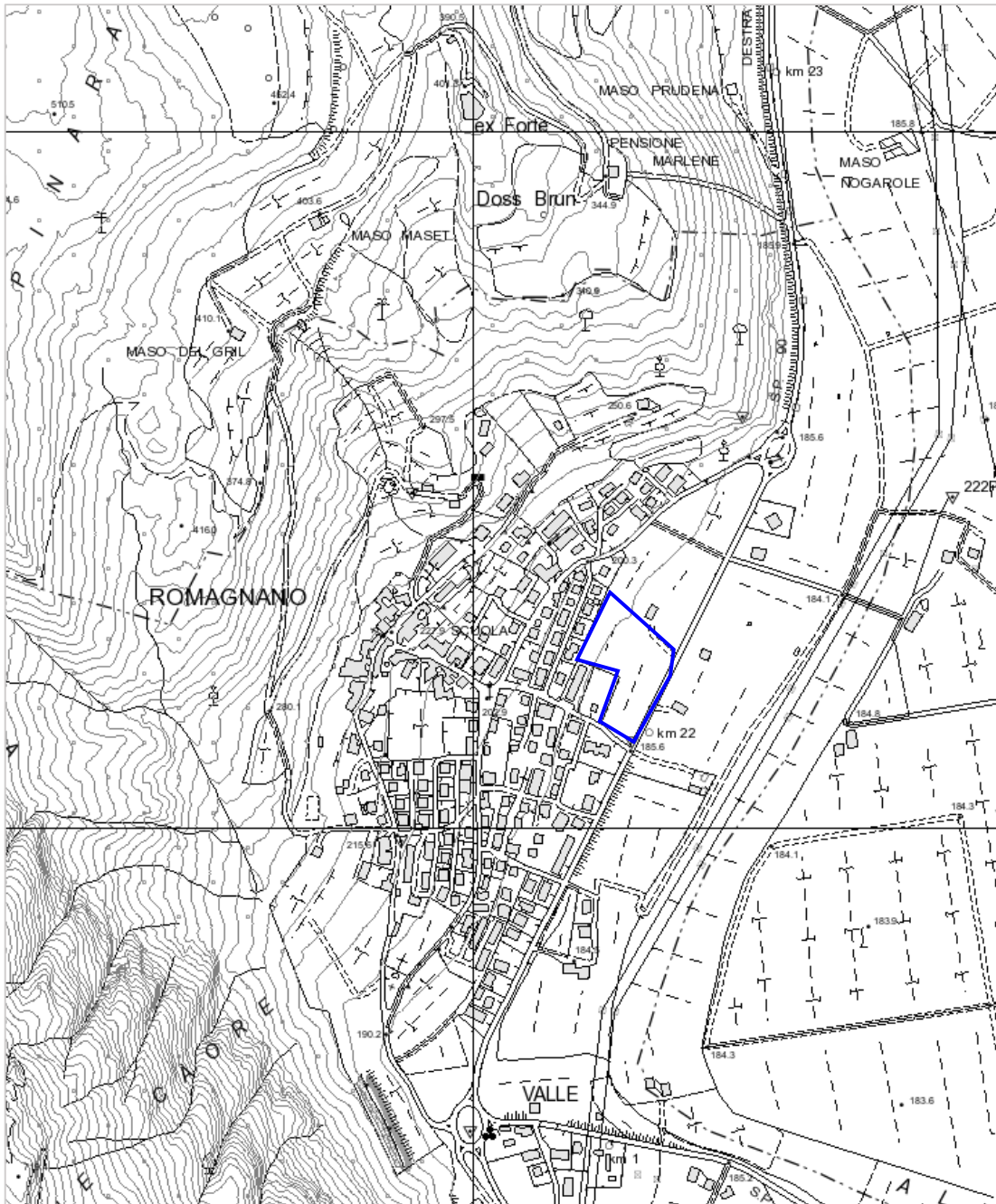
➤ L'estratto della *CARTA DI SINTESI della PERICOLOSITA'* (P.U.P legge prov. N. 5 del 27.05.2008 - Delib. G.P. n. 1748 del 29.09.2023) mostra come l'area d'intervento rientri ***in classe di penalità P1 – trascurabile o assente (art. 18)***.

➤ L'estratto della *CARTA DELLE RISORSE IDRICHE* (3° agg. con Delib. n°1941 dd. 12.10.2018), **non evidenzia interferenze spaziali/localizzative** con le aree di salvaguardia (D.G.P. 1197 del 7/7/2023) di sorgenti, pozzi, e captazioni superficiali destinate al consumo umano.

➤ L'estratto della *CARTA DEL VINCOLO IDROGEOLOGICO*, in ossequio alle disposizioni contenute nel "*Regolamento in materia di vincolo idrogeologico... della L.P. n. 11 del 23 maggio 2007*" – (emanato con DPGP n° 13-45/Leg. del 27 aprile 2010 ed entrato in vigore dal 30/06/2010), ed in particolare a quanto previsto dagli artt. 5, 6 e 7, mostra come l'area interessata all'intervento **rientri** in area a Vincolo Idrogeologico.

**COROGRAFIA**

**scala 1:5.000**

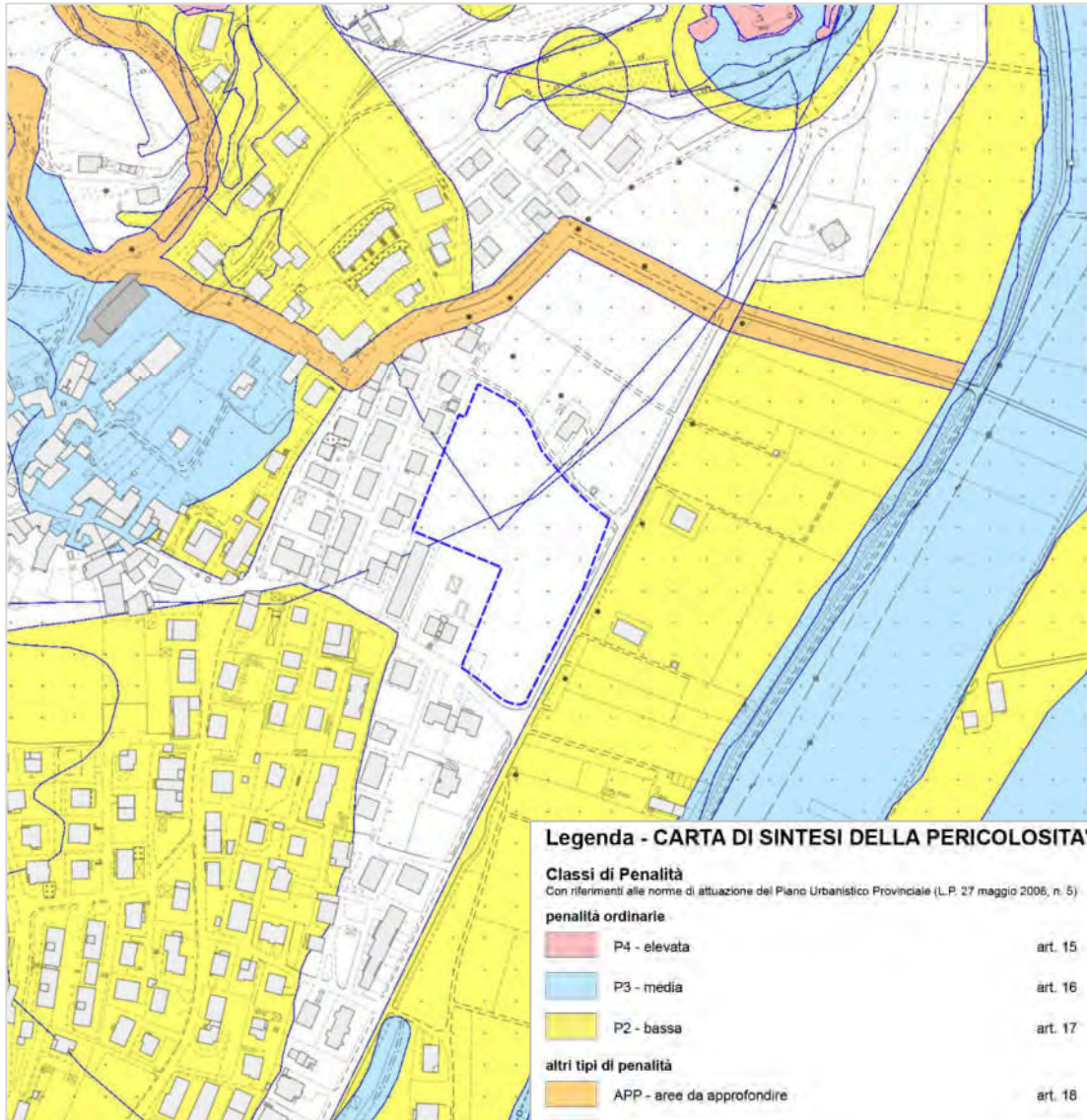


**ESTRATTO MAPPA CATASTALE**

**scala 1:2.000**



**ESTRATTO CARTA SINTESI PERICOLOSITÀ**  
**1° aggiornamento - D.G.P. n°1748 del 29/9/2023**

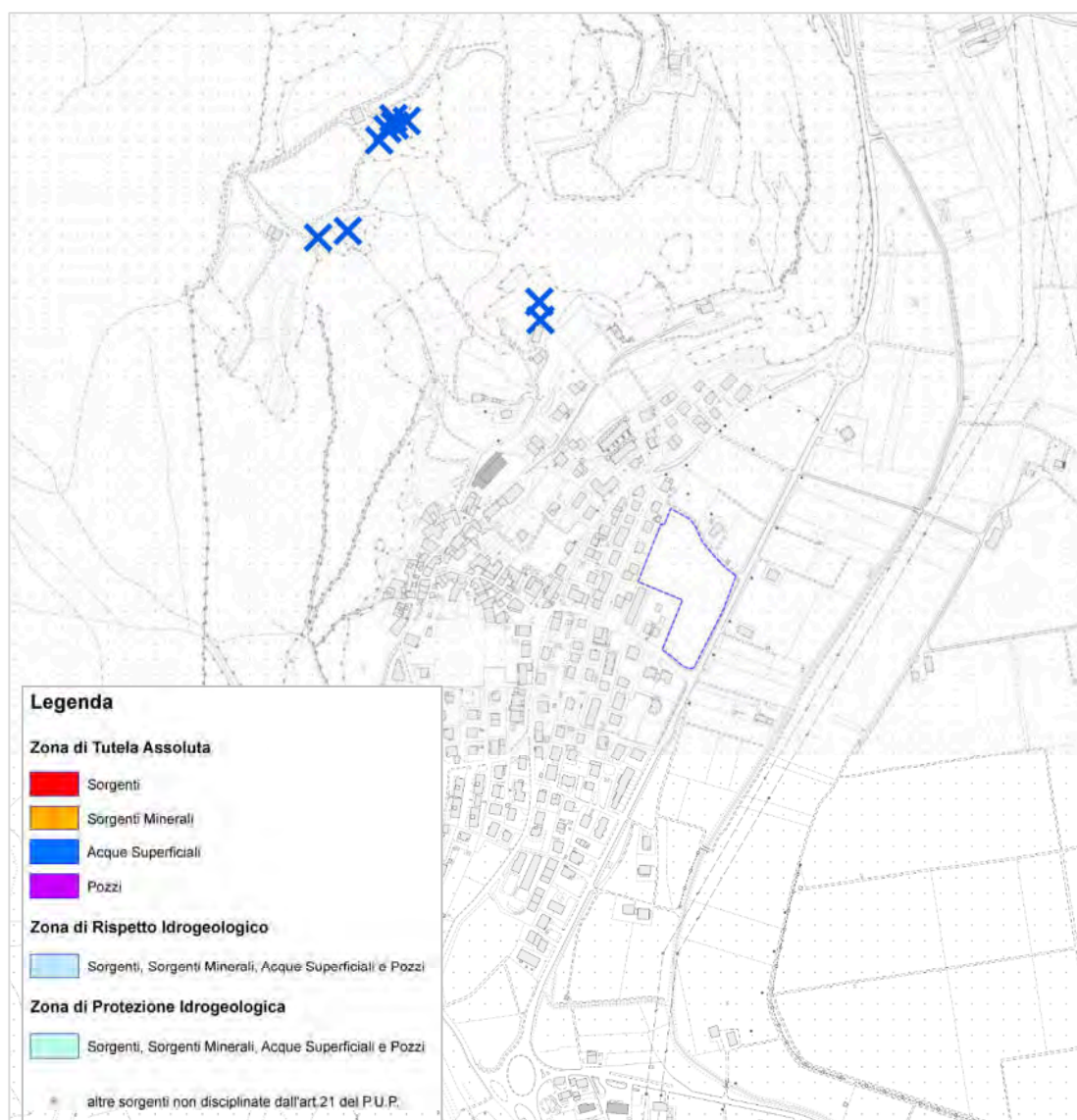


**Legenda - CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITA'**

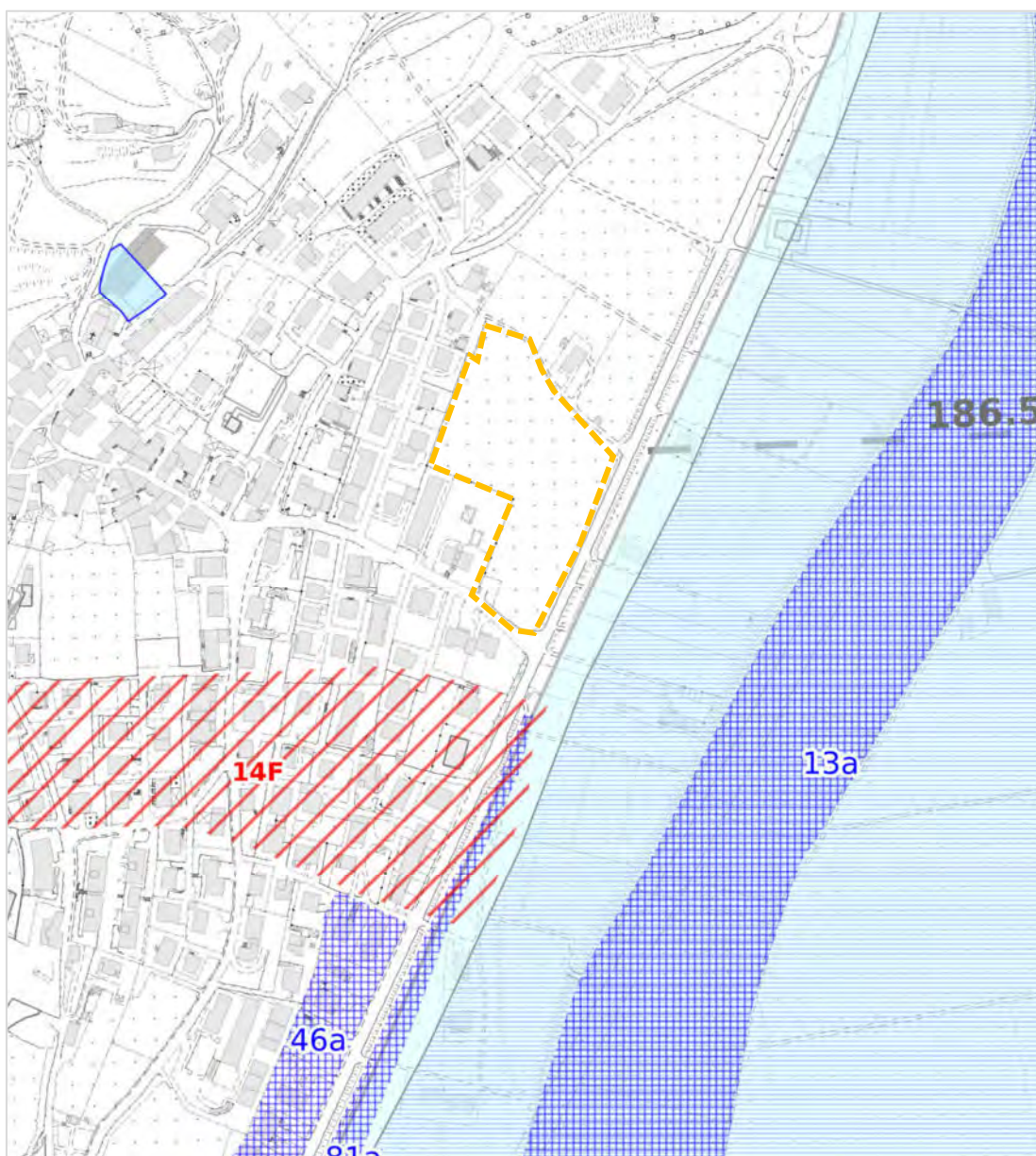
Con riferimenti alle norme di attuazione del Piano Urbanistico Provinciale (L.P. 27 maggio 2006, n. 5)

<b>penalità ordinarie</b>		
	P4 - elevata	art. 15
	P3 - media	art. 16
	P2 - bassa	art. 17
<b>altri tipi di penalità</b>		
	APP - aree da approfondire	art. 18
	PRV - residua da valanga	art. 18
	P1 - trascurabile o assente	art. 18
<b>tutele speciali</b>		
	AFI - ambiti fluviali di interesse idraulico previsti dal Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche	art. 14
	IMP - aree riservate a interventi di mitigazione del pericolo	art. 18
	RSS - area di rispetto stazione sismometrica	art. 18
	stazione sismometrica	

**Art. 21 – Norme di attuazione P.U.P. – 2008**  
**ESTRATTO CARTA UTILIZZO RISORSE IDRICHE**  
**3° aggiornamento - D.G. P. n. 1943 di data 12/10/2018**



**Comune di Trento**  
**Servizio sostenibilità e transizione ecologica**  
**ESTRATTO CARTOGRAFIA AMBIENTALE - IDROGEOLOGIA**  
**Scala 1:5.000**



## **2. RELAZIONE GEOLOGICA**

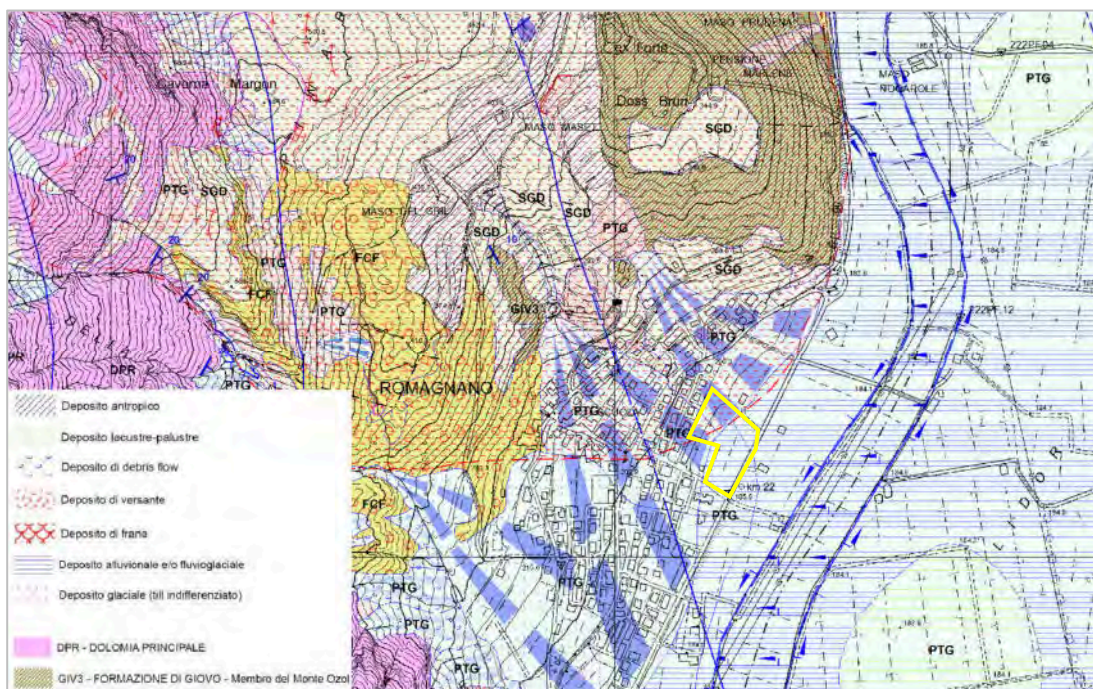
### **2.1 Assetto geologico generale**

Indicata negli estratti cartografici alle pagine precedenti, la proprietà in esame si colloca nel blando declivio che sale all'abitato di Romagnano, in fregio alla S.P. n° 90 all'incrocio tra le vie dei Pomari e dei Rimoni, nella fascia altimetrica 185 ÷ 193 metri s.l.m.

Dal punto di vista geomorfologico, essa si situa nella fascia di passaggio tra il dominio di piana alluvionale (p.f. 91/1) e quello di versante (p.f. 90/1).

Il dominio di versante è costituito – per l'abitato di Romagnano – dalla coalescenza degli apparati di conoide torrentizia dei rii Val Limonara e Prà dell'Acqua (Carta geologica di Fig. 1, pagina seguente) che hanno confinato l'estensione del dominio di piana alluvionale del F. Adige a una "lunetta" a lato della S.P. corrispondente all'area di proprietà.

L'assetto stratigrafico del sottosuolo (di natura esclusivamente detritica per spessori molto superiori al volume di influenza delle opere in progetto) varia rapidamente da termini alluvionali a granulometria fine (p.f. 91/1) a termini torrentizi a granulometria medio grossolana (p.f. 90/1). I terreni sono permeabili per porosità primaria, con conducibilità variabile da molto bassa per i termini alluvionali a valle a discreta/elevata per i termini più grossolani a monte.



**Figura 1 – Estratto da “Carta Geologica della Provincia Autonoma Trento” – scala 1:15.000.**

## 2.2 Modello stratigrafico del sottosuolo

L’abitato di Romagnano si localizza all’interno di un’ampia “insenatura” alle pendici del massiccio del monte Bondone, una vera e propria golena chiusa in destra orografica dell’antico corso del fiume (indicato in Fig. 1) sopra la quale si sono accresciuti gli apparati di conoide torrentizia dei rii Val Limonara e Prà dell’Acqua. La “lunetta” in corrispondenza della p.f. 91/1 rappresenta l’estrema - relitta - propaggine occidentale della piana alluvionale del F. Adige le cui esondazioni hanno trovato qui ostacolo nell’accrezione degli apparati di conoide torrentizia sopra citati.

Per effetto dell'estrusione morfologica del Doss Brun a nord dell'abitato le rotte del fiume avvenivano prevalentemente in sinistra orografica verso il centro della valle: la golena chiusa in destra rappresentava un bacino di calma a bassa/bassissima energia di trasporto, con conseguente tendenza all'impaludamento. Il minimo assoluto dell'energia si raggiungeva proprio in corrispondenza dell'attuale incrocio tra le vie dei Pomari e dei Rimoni, che era (è) il punto in assoluto più interno della golena.

La singolarità di questo settore è dimostrata dalle stratigrafie dei sondaggi meccanici reperiti in zona (ubicati in Fig. 2, pagina successiva, e allegati a fine relazione) e, in particolare, di due sondaggi meccanici realizzati a cura del Dott. Geol. Dario Zulberti nella proprietà. All'incrocio di cui sopra e - per estensione - in tutta la fascia più depressa corrispondente alla p.f. 91/1, nei primi 8 metri dal p.c. la successione stratigrafica è tipica di ambiente di palude in fase di interrimento (sondaggio 2): sequenza di livelli di limo, talora debolmente sabbioso, a variabile contenuto organico culminante in un livello di torba tra 3 e 5 metri, con qualche sporadica intercalazione di sabbia fine.

Salendo di quota, nei sondaggi realizzati nella p.f. 90/1 è presente una successione in netta prevalenza di sabbia (sondaggio 1) con solo un intervallo di limo sabbioso nell'intervallo di profondità dal p.c. 2,5 ÷ 5 metri, passante gradualmente a ghiaia di conoide nel sondaggio 2108.

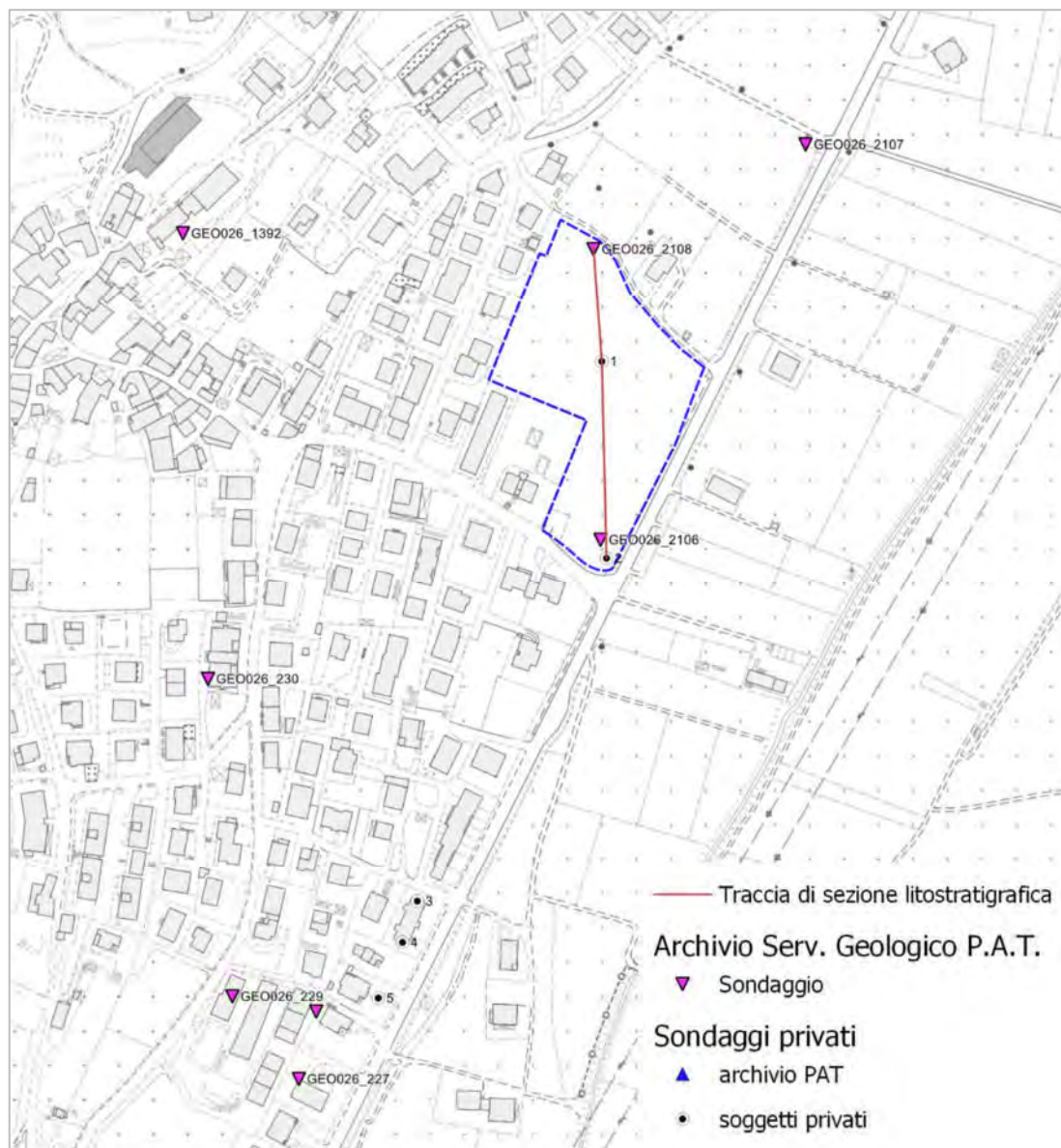


Figura 2 – localizzazione dei sondaggi meccanici (scala 1:5.000).

La successione stratigrafica in una sezione trasversale alla proprietà congiunte i tre sondaggi di Fig. 2 è illustrata in Fig. 3 alla pagina seguente.

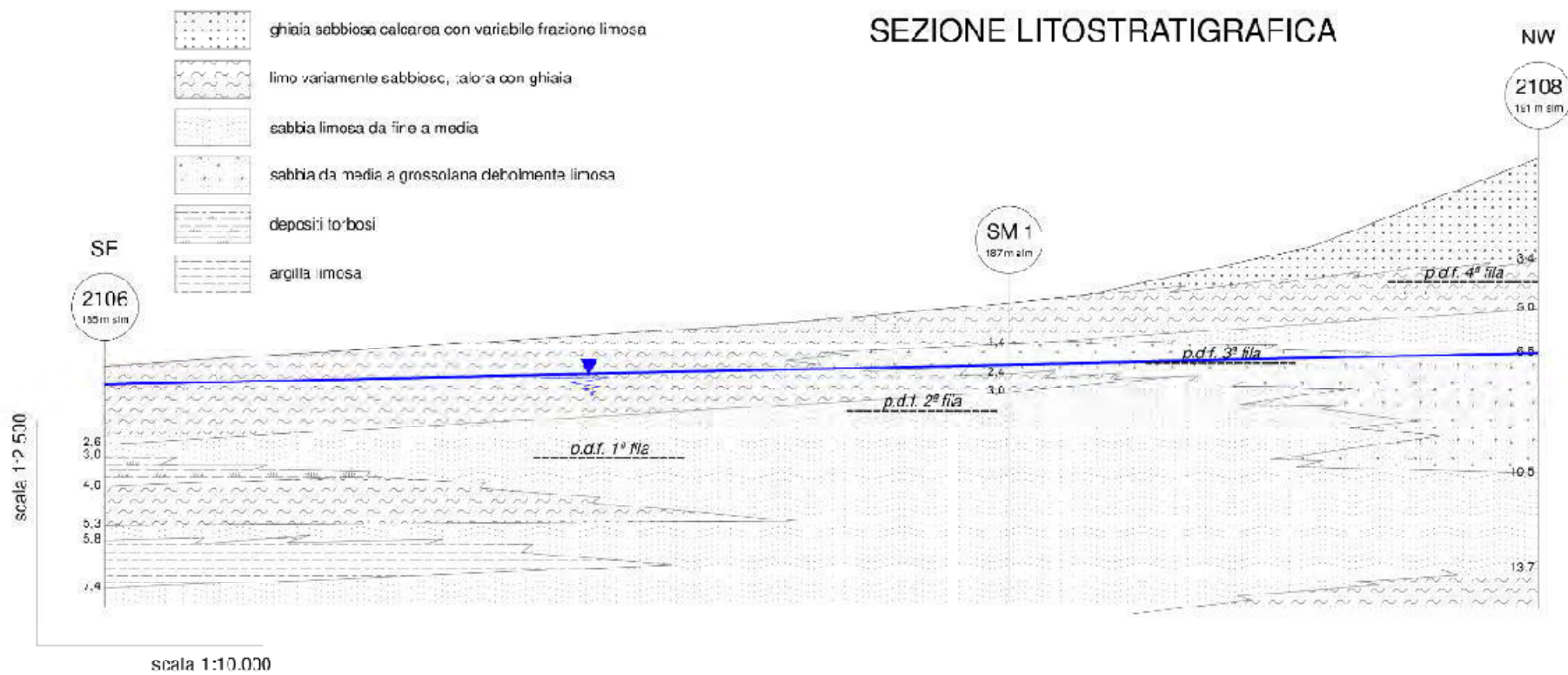


Figura 3

I terreni hanno bassa permeabilità per l'elevato tenore limoso (quando non argilloso), anche nei termini sabbiosi; essi ospitano la falda acquifera di fondo valle del F. Adige che, in condizioni "normali", si attesta a profondità minima dal p.c. (soggiacenza) di poco più di 1 metro nella fascia più depressa a fianco della S.P. Tuttavia, è noto che nelle sue oscillazioni essa può risalire fino al p.c., come certificato dai valori misurati nei rilevamenti del gennaio 1997 estratti dal sito del Comune di Trento (webgis Cartografia ambientale, tematismo "Falda", di cui estratto in Fig. 4).



**Figura 4 – estratto della carta delle isofreatiche (Comune di Trento) – scala 1:4.000.**

*In particolare, nel sondaggio n°2106 la soggiacenza minima misurata è stata di 60 cm dal p.c., il che significa che nei punti più depressi della fascia a ridosso del rilevato della S.P. essa affiorava e ristagnava in superficie.*

## 2.3 Parametri spettrali sismici

Nota che il substrato rigido (bedrock) è a profondità notevole, in base all'assetto stratigrafico descritto e ai valori della prova penetrometrica SPT si associa il sottosuolo corrispondente alla p.f. 91/1 e alla fascia più a valle della p.f. 90/1 alla **categoria D** di suolo di fondazione, riservando alla sola porzione medio superiore della p.f. 90/1 la **categoria C** (D.M. 17/1/2018, aggiornamento N.T.C.).

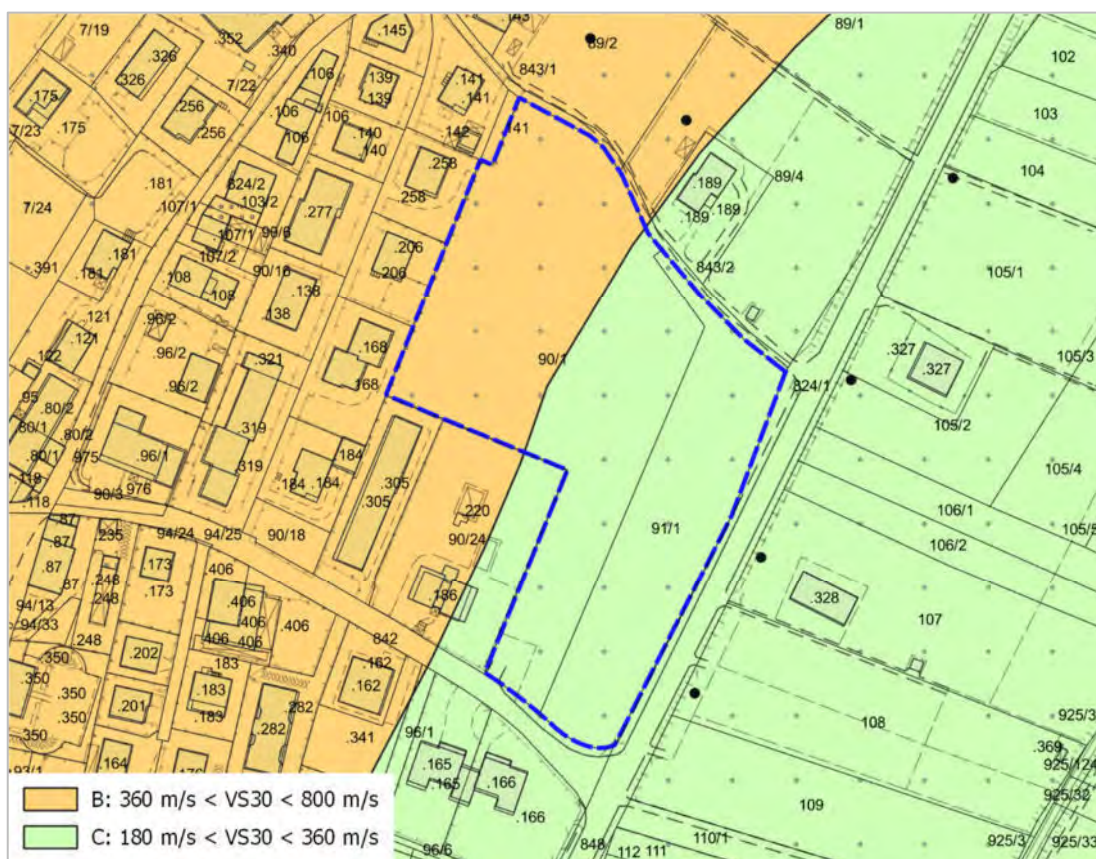


Figura 5 – Carta delle caratteristiche sismiche dei suoli” – scala 1:2.500 (Serv. Geol. PAT).

Si osserva che, rispetto alla classificazione elaborata dal Servizio

geologico provinciale di cui estratto in Fig. 5, i terreni sono stati scalati verso il basso di una categoria.

Per la costruzione dello spettro di risposta, in ottemperanza alle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/1/2008) si forniscono i dati necessari alla determinazione dei *parametri su sito rigido orizzontale* ( $a_0$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$ : Tab. 1) e i coefficienti sismici per il dimensionamento di fondazione e fronti di scavo:

Zona sismica .....	<b>3</b>
Categoria di suolo .....	<b>C/D</b>
Coordinate geografiche (ED50).....	<b>X 11,1095° – Y 46,0194°</b>
Caratteristiche della superficie topografica .....	<b>T1</b>
Classe d'uso.....	<b>II</b>
Vita nominale $V_N$ (anni) .....	<b><math>\geq 50</math></b>
Coefficiente d'uso $C_u$ .....	<b>1,0</b>
Periodo di riferimento $V_R$ (anni) .....	<b>50</b>
Coefficiente di amplificazione stratigrafica $S_s$ .....	<b>1,5/1,8</b>
Coefficiente di amplificazione topografica $S_T$ .....	<b>1,00</b>

**Tabella 1 - Parametri dello scuotimento per i vari stati limite.**

	Prob. superamento [%]	$T_r$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,029	2,527	0,199
Danno (SLD)	63	50	0,036	2,558	0,233
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,080	2,673	0,312
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,106	2,587	0,324

**Tabella 2 – coefficienti sismici per fondazioni – CATEGORIA C.**

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s <sup>2</sup> ]	Beta [-]
SLO	1,500	1,790	1,000	0,009	0,004	0,428	0,200
SLD	1,500	1,700	1,000	0,011	0,005	0,524	0,200
SLV	1,500	1,540	1,000	0,024	0,012	1,183	0,200
SLC	1,500	1,520	1,000	0,038	0,019	1,562	0,240

**Tabella 3 – coefficienti sismici per fondazioni – CATEGORIA D.**

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s <sup>2</sup> ]	Beta [-]
SLO	1,800	2,800	1,000	0,010	0,005	0,514	0,200
SLD	1,800	2,590	1,000	0,013	0,006	0,629	0,200
SLV	1,800	2,240	1,000	0,029	0,014	1,419	0,200
SLC	1,800	2,200	1,000	0,046	0,023	1,874	0,240

**Tabella 4 – coefficienti sismici per fronti di scavo – CATEGORIA C.**

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s <sup>2</sup> ]	Beta [-]
SLO	1,500	1,790	1,000	0,000	--	0,428	--
SLD	1,500	1,700	1,000	0,025	0,013	0,524	0,470
SLV	1,500	1,540	1,000	0,046	0,023	1,183	0,380
SLC	1,500	1,520	1,000	0,000	--	1,562	--

**Tabella 5 – coefficienti sismici per fronti di scavo – CATEGORIA D.**

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s <sup>2</sup> ]	Beta [-]
SLO	1,800	2,800	1,000	0,000	--	0,514	--
SLD	1,800	2,590	1,000	0,030	0,015	0,629	0,470
SLV	1,800	2,240	1,000	0,055	0,027	1,419	0,380
SLC	1,800	2,200	1,000	0,000	--	1,874	--

## 2.4 Vincolo idrogeologico

In merito alle disposizioni contenute nel *“Regolamento in materia di vincolo idrogeologico... della L.P. 23 maggio 2007”* – (D.P.P. 27/10/2010 n°13), si attesta che l'area coinvolta non è soggetta a vincolo idrogeologico (Fig. 6)

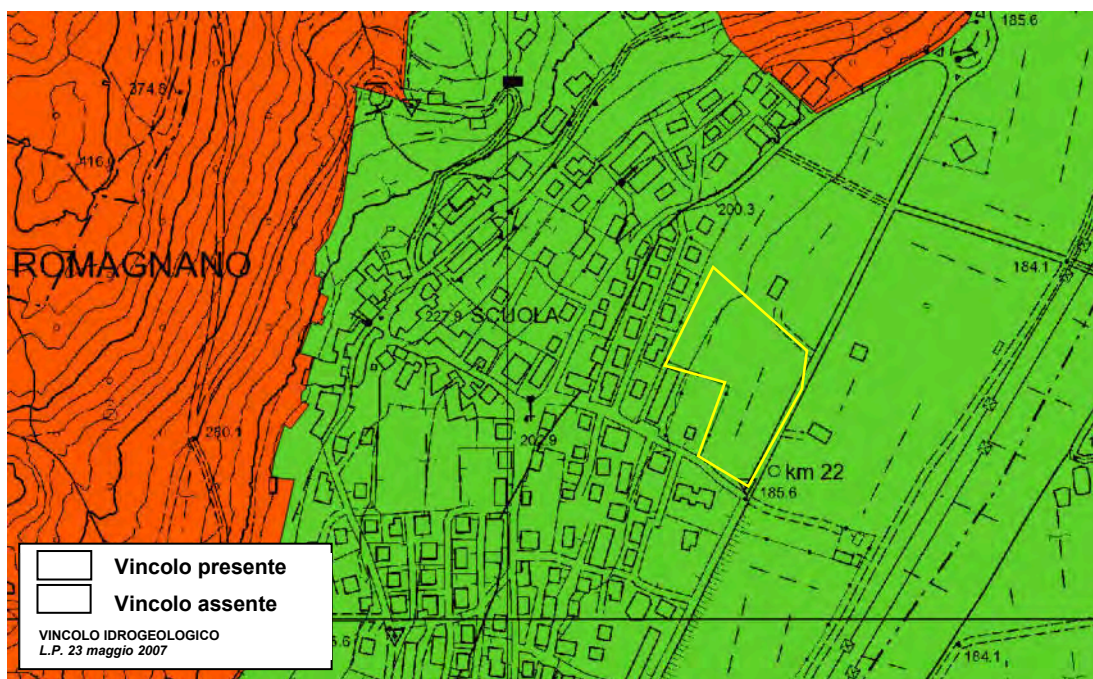


Figura 6 – perimetrazione delle aree soggette a vincolo idrogeologico (scala 1:10.000).

## 2.5 Disciplina delle terre e rocce da scavo

Preliminarmente in base ai sopralluoghi effettuati in sito e alle lavorazioni di scavo previste, si dichiara che il materiale di scavo è almeno parzialmente **a condizionamento antropico – Tipo 2** visto l'attuale utilizzo dell'area.

Posto che:

- non è esclusa la presenza di serbatoi o cisterne interrato, dismessi o rimossi o in uso, per lo stoccaggio di idrocarburi e/o sostanze etichettate ai sensi della direttiva 67/548/CE e successive modifiche e integrazioni;

- l'area non è interessata da attività che rientrano fra quelle definite dal D.M. 16/05/1989 (Criteri e linee guida per l'elaborazione e la predisposizione, con modalità uniformi da parte di tutte le Regioni e Provincia Autonome, dei piani di bonifica, nonché definizione delle modalità per l'erogazione delle risorse finanziarie);

- nella stessa non sono localizzati impianti assoggettati alla disciplina del D.Lgs. n°334/1999 relativo al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose;

- il sito non è inserito nel perimetro d'attività industriali rientranti nelle categorie contemplate dall'allegato 1 al D.Lgs. 4/08/1999, n°372 (Attuazione della direttiva 96/61/CE relativa alla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento);

- non ricade in aree interne a impianti autorizzati allo svolgimento di attività di smaltimento e/o recupero di rifiuti ai sensi dell'art. 28 del D.Lgs. n°22/1997 o in aree nelle quali siano effettuate attività di recupero avvalendosi del regime semplificato di cui agli articoli 31 e 33 del D.Lgs. 22/1997, con esclusione degli impianti mobili;

- non è interessata da interventi di bonifica o compresa nell'anagrafe dei siti da bonificare della Provincia Autonoma di Trento;

In base al vigente Decreto del Presidente della Repubblica n°120 del 13 giugno 2017 attualmente la gestione delle terre e rocce da scavo fa riferimento ai seguenti regimi:

**REIMPIEGO NEL SITO DI PRODUZIONE:** Ai fini dell'esclusione dall'ambito di applicazione della normativa sui rifiuti, le terre e rocce da scavo devono

essere conformi ai requisiti di cui all'art. 185, comma 1, lettera c) del D.Lgs. 152 del 3 aprile 2006, purché il materiale non sia contaminato. Fermo restando quanto previsto dall'articolo 3, comma 2, del decreto-legge 25 gennaio 2012, n. 2, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 marzo 2012, n. 28, la non contaminazione è verificata ai sensi dell'allegato 4 del D.P.R. n. 120 del 13 giugno 2017.

**RIFIUTO:** è sempre possibile conferire le terre come rifiuto in discarica o impianti di recupero con formulario (codice CER 17.05.04 –terre e rocce da scavo).

**SOTTOPRODOTTO:**

- 1) Per opere soggette a VIA e AIA si deve far riferimento all'art. 9 e succ. del D.P.R. 120 del 13 giugno 2017 (**Piano di Utilizzo**);
- 2) Negli altri casi la qualificazione come sottoprodotto delle terre e rocce da scavo è fissata dall'art. 4 del D.P.R. 13 giugno 2017 n. 120, in attuazione dell'art. 184-bis, comma 1 del D.Lgs. 152 del 3 aprile 2006. I requisiti richiesti in base al D.P.R. e ai sensi dell'art. 183, comma 1, lettera *qq*, del decreto legislativo 3 aprile 2006 n. 152 sono:
  - a) siano generate durante la realizzazione di un'opera, di cui costituiscono parte integrante e il cui scopo primario non è la produzione di tale materiale;
  - b) il loro utilizzo è conforme alle disposizioni del piano di utilizzo di cui all'articolo 9 o della dichiarazione di cui all'articolo 21, e si realizza:
    - 1) nel corso dell'esecuzione della stessa opera nella quale è stato generato o di un'opera diversa, per la realizzazione di rinterri, riempimenti, rimodellazioni, rilevati, miglioramenti fondiari o viari, recuperi ambientali oppure altre forme di ripristini e miglioramenti ambientali;
    - 2) in processi produttivi, in sostituzione di materiali di cava;
  - c) siano idonee ad essere utilizzate direttamente, ossia senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale.

Si rammenta che, se nel corso delle movimentazioni del terreno si evidenziasse traccia anche solo della minima quantità di materiale

sospettabile come rifiuto o stati d'inquinamento - non determinabili nelle fasi di indagine finora condotte – si dovrà provvedere a darne tempestiva comunicazione agli uffici comunali competenti.

## **2.6 Conclusioni geologiche**

Dalle indagini dirette condotte nella proprietà e nelle aree contigue è emerso che i mappali interessati si collocano al passaggio dal dominio deposizione alluvionale di fondo valle a quello di conoide torrentizia dell'abitato di Romagnano. Dal punto di vista stratigrafico ciò implica che la fascia prospiciente la S.P. (p.f. 91/1 e la contigua fascia di valle della p.f. 90/1) è caratterizzata dalla presenza di terreni fini - culminanti in un tratto a contenuto organico e torba - tipici di ambiente a bassissima energia (palustre); solo nella porzione medio sommitale sono presenti depositi di ambiente torrentizio distale a netta prevalenza sabbiosa in matrice limosa. Nel sottosuolo è ospitata la falda acquifera del F. Adige che si attesta a profondità prossime al p.c. nella p.f. 91/1 (minima misurata nel sondaggio 2106 di 60 cm), per aumentare progressivamente con la quota del p.c.

Per effetto dell'assetto stratigrafico, in prospettiva sismica i terreni sono classificabili in Categoria D nella metà a valle, in Categoria C nel settore medio

superiore.

Nell'area in esame non sono stati rilevati fenomeni di dissesto in atto, potenziali e/o quiescenti connessi all'evoluzione geomorfologica, idrogeologica e/o idraulica: né essa risulta essere esposta a dinamiche esterne ad essa, come esposto anche nelle cartografie ambientali, provinciale e comunale.

**Relativamente alle indicazioni della Carta di Sintesi della Pericolosità, l'area è classificata P1 con Pericolosità assente o trascurabile (Art. 18); si dichiara che la presente relazione rappresenta documentazione sufficiente ad escludere la necessità di misure precauzionali.**

In merito alla gestione del materiale di scavo, (D.P.R. 13 giugno 2017 n. 120 - *Linee guida e indicazioni operative per l'utilizzo di terre e rocce da scavo*) si dichiara che i terreni sciolti presenti nell'area sono di ***interessamento antropico T2.***

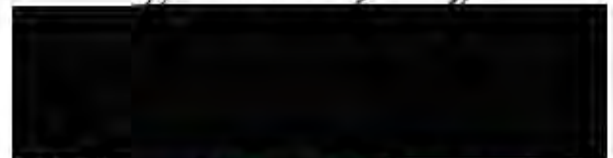
Buona parte del materiale scavato nella zona residenziale sarà riutilizzato nel rilevato di riempimento della depressione naturale a lato della S.P. destinata a parco pubblico. Nell'eventualità di *conferimento in discarica o centro di recupero*, sono da considerare "rifiuti speciali" la cui gestione deve avvenire ai sensi della normativa in materia di gestione rifiuti (Parte IV del D.Lgs. 152/06 s.m.i.).

In conclusione, la morfologia e la natura dei litotipi presenti nell'area non precludono, operando con gli opportuni accorgimenti, la fattibilità dell'intervento che risulta ampiamente compatibile e realizzabile.

Il presente elaborato è redatto in ottemperanza ai contenuti del D.M. 17 gennaio 2018 "*Nuove norme tecniche per le costruzioni*" e soddisfa i requisiti urbanistici e normativi di rilevanza geologica. In corso d'opera si dovrà controllare la rispondenza tra il modello geologico di riferimento assunto in progetto e la situazione effettiva, differendo di conseguenza il modello geotecnico ed il progetto esecutivo, così come previsto dalla normativa di settore.

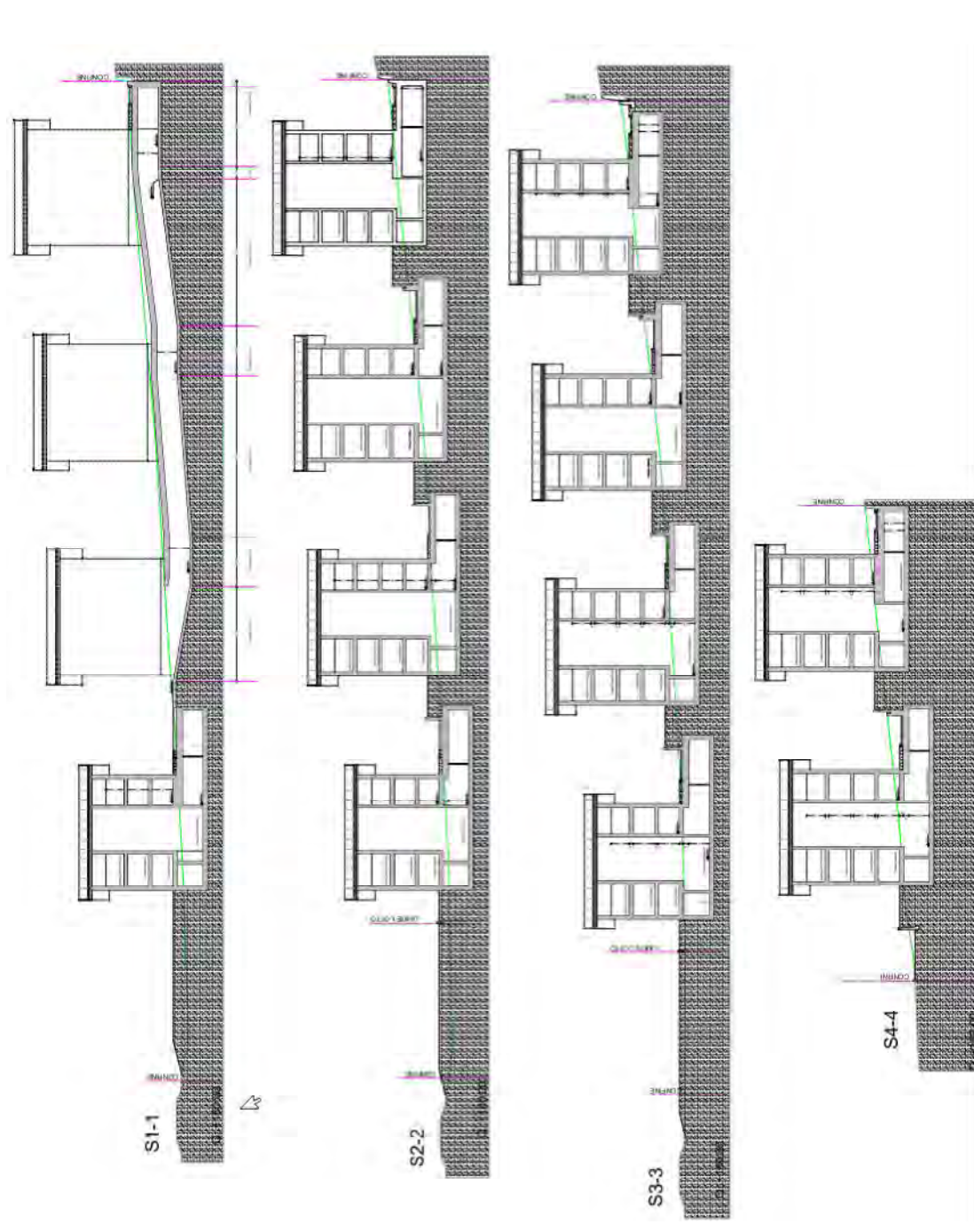
Trento, agosto 2024

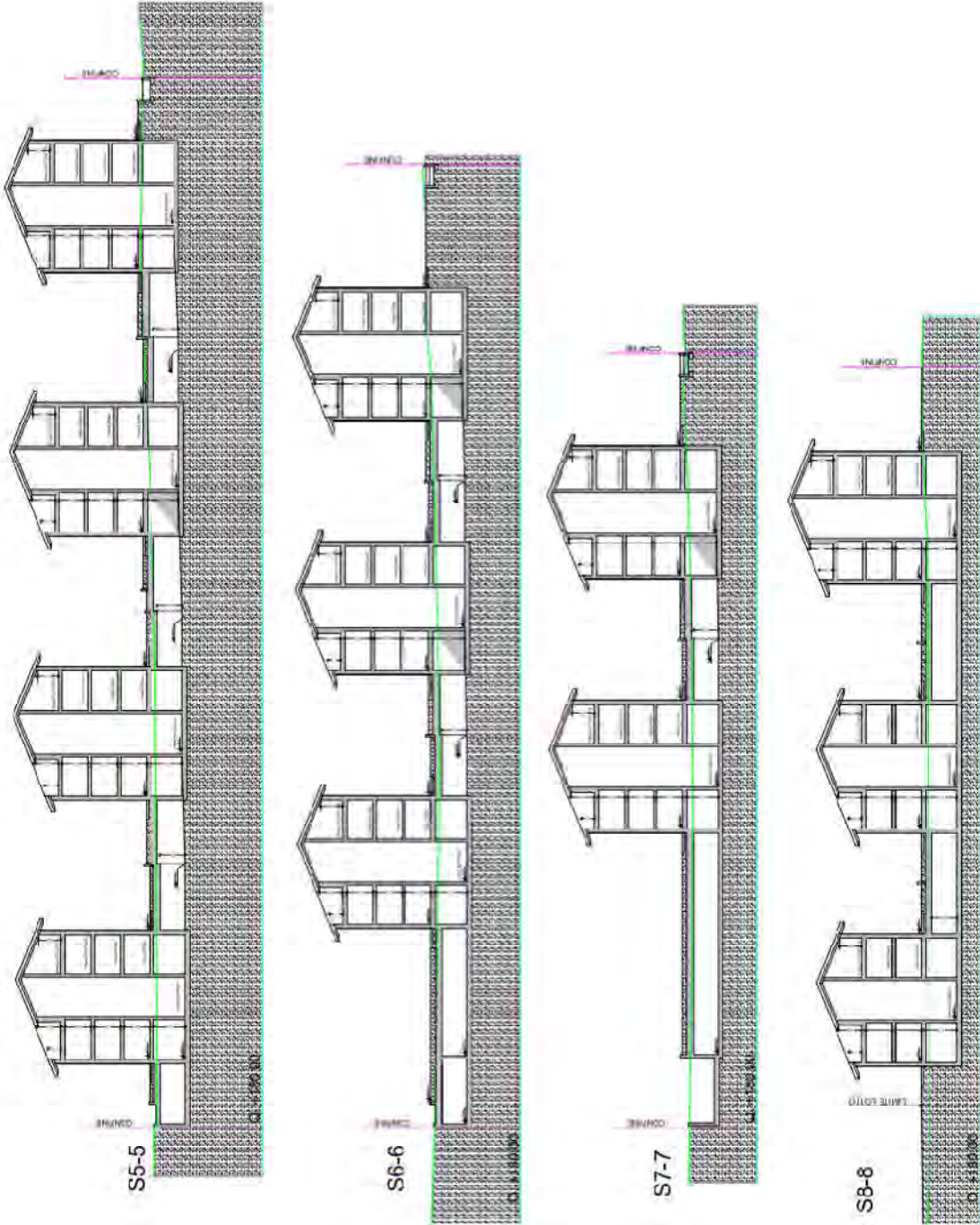
dr. geol. Marco Cavalieri



 ORDINE DEI GEOLOGI  
GEOLOGENKAMMER  
TRENTO/ALTO ADIGE/SÜDTIROL  
INGEG. GEOLOGI  
N° 56 MARCO CAVALIERI







## 3. RELAZIONE GEOTECNICA

### 3.1 Modello geologico tecnico del sottosuolo

Per effetto della transizione da un sistema deposizionale alluvionale a uno di conoide torrentizia (versante), il sottosuolo è caratterizzato dalla transizione da terreni a netta prevalenza limosa a depositi gradualmente più grossolani con la quota (da sabbia fine/media limosa a ghiaia sabbiosa).

Al netto delle inevitabili interdigitazioni tra i due termini litologici rappresentativi dei due ambienti, il sottosuolo dell'area di lottizzazione è schematizzabile in un modello a due unità giustapposte circa in corrispondenza del confine tra le pp. ff. 91/1 e 90/1:

- **UNITÀ A** (sondaggi n°2 e 2106): occupa la fascia prospiciente la S.P. a comprendere tutta la sistemazione a verde e le prime due file di edifici. Il volume di terreno interessato dalle opere in progetto (volume d'influenza) è costituito prevalentemente di limo, a tratti argilloso, culminante in intervallo di argilla organica e torba (3 ÷ 4 metri dal p.c.); sporadici episodi di sabbia fine sempre molto limosa;
- **UNITÀ B** (sondaggio 2108): occupa la fascia medio superiore della p.f. 90/1 a comprendere le due file di edifici più a monte. Si attua qui il rapido passaggio a depositi di conoide distale, con netta prevalenza di sabbia medio/fine di medio addensamento, chiusi a tutto (superficie) da un livello di ghiaia sabbiosa, sempre di addensamento medio.

Per l'Unità A, i termini organici e torbosi incontrati nei sondaggi in prossimità dell'incrocio stradale sono – con ogni probabilità – una singolarità locale, legata alla posizione più interna di una golena (§ 2.2, pag. 11). Questi sono assenti nei sondaggi n°3, 4 e 2107 (Fig. 2, pag. 12) ubicati anch'essi in fregio alla S.P. Inoltre, l'andamento delle isofreatiche (Fig. 4, pag. 14) segnala presenza di una dorsale/displuviale in corrispondenza dell'incrocio stradale (fascia meridionale della lottizzazione) contrapposta a un asse di drenaggio preferenziale lungo il margine settentrionale dell'area (zona residenziale); giustificata la dorsale dalla presenza di granulometrie molto fini al limite dell'impermeabilità, la transizione a un asse di drenaggio può essere spiegata con la scomparsa di questi e l'aumento percentuale delle taglie sabbiose.

Per l'aspetto idraulico, nelle sue oscillazioni la falda acquifera nel sottosuolo è stata rilevata a profondità minima di 60 cm in corrispondenza dell'incrocio stradale, con pendenza longitudinale dell'ordine del 9‰. Per quanto la soggiacenza aumenti progressivamente con la quota altimetrica, in presenza di piani interrati *i piani di fondazione (p.d.f.) degli edifici – ad eccezione della fila più a monte - saranno pressoché perennemente immersi in falda*; sicuramente per le prime due a valle, la terza in occasione delle maggiori risalite del livello di falda rimanendo, comunque, il p.d.f. assai prossimo a quello anche nei periodi di maggiore abbassamento (sezione di Fig. 3, pag. 14).

## 3.2 Parametri geotecnici caratteristici e di progetto

I parametri geotecnici caratteristici sono dedotti dall'interpretazione delle prove penetrometriche standard S.P.T. realizzate nel corso dei sondaggi meccanici e delle prove di laboratorio geotecniche allegare alla relazione del dott. Geol. Dario Zulberti. Stratigrafie dei sondaggi, certificati di laboratorio e interpretazioni sono allegati a fine relazione.

**UNITÀ A (due file di edifici a valle):** masso a nettissima prevalenza di limo da sabbioso a debolmente sabbioso, a tratti argilloso, a comportamento geotecnico misto attritivo e pseudoesivo:

Peso di volume saturo	$\gamma_b = 20 \text{ kN/m}^3$
Peso di volume	$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$
Angolo di resistenza al taglio	$\phi = 29^\circ$
Pseudocoazione	$c_a = 15 \text{ kPa}$
Modulo di taglio iniziale	$G_0 = 28 \text{ MPa}$
Modulo di deformazione iniziale	$E_0 = 40 \text{ MPa}$
Modulo di deformazione (25% rottura)	$E = 24 \text{ MPa}$
Modulo confinato	$M = 20 \text{ MPa}$
Conducibilità idraulica <sup>2</sup>	$K = 7 \times 10^{-6} \text{ m/s}$

---

<sup>2</sup> VISINTAINER dott. Geol. Paola – *Studio idrogeologico teso alla caratterizzazione dell'acquifero di fondo valle compreso nel territorio comunale di Trento* – Trento, 31 maggio 2000.

**UNITÀ B (due file di edifici a monte):** masso a nettissima prevalenza di sabbia da fine a media, da limosa a debolmente limosa, di addensamento medio:

Peso di volume saturo	$\gamma_b = 20 \text{ kN/m}^3$
Peso di volume	$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$
Angolo di resistenza al taglio	$\phi = 32^\circ$
Pseudocoazione	$c_a = 8 \text{ kPa}$
Densità relativa	$D_r = 45\%$
Modulo di taglio iniziale	$G_0 = 65 \text{ MPa}$
Modulo di deformazione iniziale	$E_0 = 90 \text{ MPa}$
Modulo di deformazione (25% rottura)	$E = 55 \text{ MPa}$
Modulo confinato	$M = 65 \text{ MPa}$
Conducibilità idraulica (stimato)	$K = 5 \times 10^{-5} \text{ m/s}$

Dati i valori caratteristici (M1) dei parametri geotecnici ora esposti, i valori di progetto (M2: Tab. 7) sono dedotti da quelli per introduzione dei coefficienti parziali  $\gamma_m$  di Tabella 6.

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coazione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

Tabella 6

Tabella 7 – Parametri geotecnici di progetto.

COMBINAZIONE		M1	M2
<b>UNITÀ A (limo)</b>			
Angolo di resistenza al taglio	$\phi'$	29°	23,9°
Pseudocoazione	$c_a$	15 kPa	10,7 kPa
Peso di volume	$\gamma$	18 kN/m <sup>3</sup>	18 kN/m <sup>3</sup>
<b>UNITÀ B (sabbia di media densità)</b>			
Angolo di resistenza al taglio	$\phi'$	32°	26,6°
Coazione apparente	$c_a$	8 kPa	5,7 kPa
Peso di volume	$\gamma$	18 kN/m <sup>3</sup>	18 kN/m <sup>3</sup>

### 3.3 Scelta del tipo di fondazione

Le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione e la presenza della falda acquifera a piccola profondità (tanto che le prime due file di edifici ne risulteranno perennemente immersi) impongono il ricorso a fondazione del tipo platea: la tipologia più idonea a garantire il comportamento uniforme della fondazione nei confronti sia delle spinte idrauliche connesse alle fluttuazioni della falda freatica sia di ipotetici cedimenti. Ovviamente, tutte le strutture interrato dovranno essere impermeabilizzate.

### 3.4 Scavi

Datate tutte le palazzine di autorimessa interrata, sono previsti scavi a profondità variabile da 2 a 5 metri rispetto al p.c. naturale, la cui apertura

implica le seguenti problematiche:

1. per le due file di palazzine più a valle il fondo scavo sarà a profondità certamente superiori a quella della falda acquifera: per la terza, nella migliore delle ipotesi in prossimità di questa (Fig. 7);
2. le maggiori profondità di scavo (5 metri) sono previste a filo o in adiacenza al confine di monte della proprietà (p.f. 90/1) con lotti edificati retrostanti: la distanza degli edifici esistenti dal confine varia da 5 a 8 metri;
3. il grado mediocre – al più medio - di consistenza/addensamento dei terreni a fondo scavo – soprattutto nel settore inferiore – può risultare di ostacolo all'accesso e alla circolazione delle macchine operatrici.

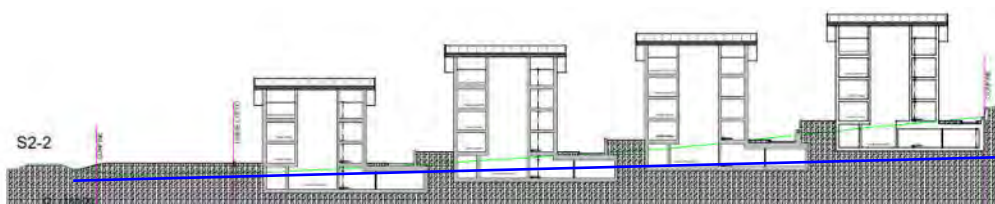


Figura 7 – andamento indicativo della falda al suo massimo livello misurato (gennaio 1997).

Per il **punto 1**, s'impone la necessità di deprimere il livello della falda tramite un sistema di pompaggio (diffuso tipo "well points" oppure con serie di pozzi in pompaggio opportunamente dimensionati e posizionati) abbinato a opere di contenimento provvisoria del fronte di scavo lungo tutto il suo perimetro (diaframma plastico, palancole, ...). Opportunamente dimensionate per la profondità, queste sono necessarie a costituire una barriera al flusso sia

verso l'esterno (contenimento dell'abbassamento indotto dal pompaggio del livello di falda all'interno della zona di scavo evitando interferenze con i manufatti circostanti) sia verso l'interno (impedimento dell'alimentazione laterale della falda del F. Adige, quindi minore portata di emungimento).

Per il **punto 2**, lo scavo lungo il confine a monte e il tratto meridionale corrispondente alla contigua p.ed. 305 dovrà essere sostenuto da opere di sostegno provvisoriale. Si sconsiglia il ricorso a palancole infisse per la presenza di livelli ghiaiosi in superficie (sondaggio 2108) e la prossimità con edifici preesistenti: poiché la falda si attesta qui a profondità superiori al fondo scavo, si può ricorrere alla berlinese di micropali tirantati in luogo del diaframma plastico.

Per il **punto 3**, è opportuno che la falda sia abbassata al di sotto del p.d.f. ad una profondità tale da consentire la "bonifica" del fondo scavo per sostituzione di non meno di 1 metro dei terreni mediocri in posto con detrito grossolano di riporto da compattare per via meccanica in fase di stendimento. Per migliorare la portanza della "bonifica" è opportuno che – sull'intera superficie trattata - tra terreno naturale e riporto sia interposto un geotessuto di elevata resistenza a trazione.

Per quanto concerne gli scavi all'interno del perimetro di lottizzazione, saranno organizzati in una successione di gradoni ciascuno alla quota del

p.d.f. della corrispondente fila di edifici, con dislivelli variabili tra 1,5 e 3,5 metri circa, con valori massimi tra le due file più a monte.

*I fronti potranno essere profilati a fronte libera con angolo massimo di 45° (non sussistendo particolari vincoli) solo ed esclusivamente trascorso l'intervallo di tempo dall'abbassamento della falda necessario ad assicurare la "asciugatura" (per drenaggio) dei terreni: si ricorda, infatti, che i termini sabbiosi in condizioni sature o prossime ad esse rifluiscono.*

### 3.5 Smaltimento acque meteoriche

► Per tutta l'area a **destinazione parco pubblico** (con l'eccezione del campo multiuso e del parcheggio) è stato concordato la dispersione diretta nel sottosuolo.

► Per il **comparto residenziale**, l'estensione del lotto comporta la gestione di elevati volumi d'acqua che, a fronte della bassa conducibilità idraulica del sottosuolo, implica il ricorso alla dispersione diretta negli strati superficiali del sottosuolo a mezzo di trincee disperdenti: l'unico sistema in grado di garantire lo stoccaggio dei volumi d'acqua temporaneamente eccedenti la capacità del recettore (suolo) e la dilazione nel tempo della loro infiltrazione.

Nel dimensionamento e nell'ubicazione delle trincee si sono adottati i due seguenti criteri:

1. il volume di stoccaggio deve essere almeno uguale al volume di pioggia raccolto nell'ora, perché – considerata la bassa permeabilità media - sia sempre garantita la capacità di contenere il picco di pioggia anche in caso di minima soggiacenza della falda;
2. l'altezza utile H della trincea deve garantire un franco minimo rispetto alla falda acquifera nella sua minima soggiacenza, sempre a garanzia della piena disponibilità del volume di stoccaggio.

Noto il volume di pioggia raccolto dalle superfici scolanti (funzione del corrispondente coefficiente di deflusso  $\psi$ ), il dimensionamento della trincea procede dalla determinazione della portata di filtrazione  $Q_F$  della trincea calcolata con la formula dell'*Association of the Rainwater Storage and Infiltration Technology*;

$$Q_f = C \cdot K \cdot L \cdot (a \cdot H + b)$$

$$a = 3.093 \quad b = 1.34 \cdot W + 0.677$$

C = coefficiente recessione della pioggia = 0,85

L = lunghezza trincea (m)

H = altezza utile trincea (m)

W = larghezza trincea (m)

Lo stoccaggio avverrà nel volume  $V_v$  dei vuoti del detrito di riporto grossolano costituente la trincea (in sostituzione del terreno in posto), che

ammonta a circa il 30% del volume totale della trincea ( $V_T$ ).

In termini di altezza d'acqua  $h$ , la pioggia di progetto è definita dalla linea segnalatrice di possibilità pluviometrica ricavata dai massimi di precipitazione relativi alla stazione di Aldeno (San Zeno, 182 metri s.l.m.) nel periodo 1991 ÷ 2021 (25 misure) per tempo di ritorno  $T_r$  di 50 anni:

$$h = 43,89 \cdot t^{0,281}$$

dove  $h$  è in millimetri e il tempo  $t$  in ore.

La pioggia di progetto ha durata di un'ora ( $h_{max} = 44,6$  mm).

I valori del coefficiente di deflusso sono stati determinati dagli uffici tecnici del Comune di Trento e sono i seguenti:

Copertura edifici (tetti)	$\psi = 0,90$
Strade asfaltate, piastre di pietra cementate	$\psi = 0,85$
Verde	$\psi = 0,17$

Saranno calcolati i seguenti parametri:

$V_P$  = volume d'acqua meteorica concentrata dalle superfici scolanti:

$$V_P = A' \cdot h_{max}$$

$A'$  = area scolante effettiva =  $\sum A_i \cdot \psi_{medio}$

$L$  = lunghezza della trincea

$W$  = larghezza trincea

$H$  = altezza trincea

$Q_F$  = portata di filtrazione dalla trincea

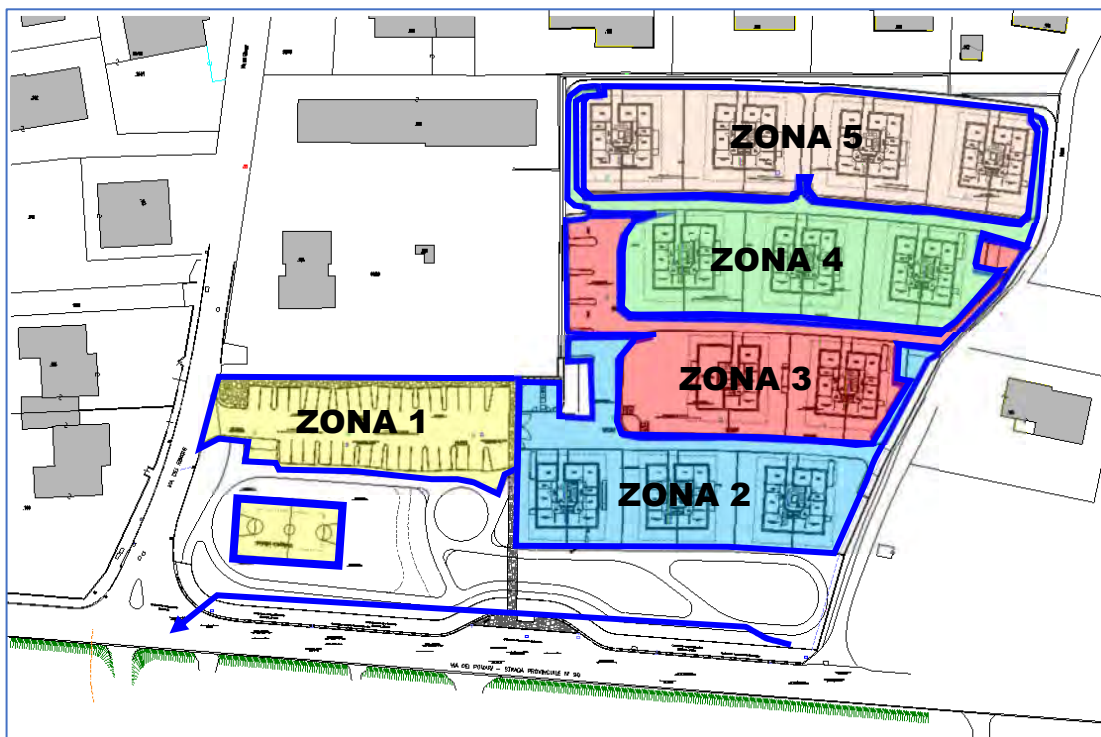
$V_F$  = volume di filtrazione dalla trincea nell'ora

$V_{TR}$  = volume totale trincea

$V_{TR:30}$  = volume di stoccaggio della trincea per 30% vuoti

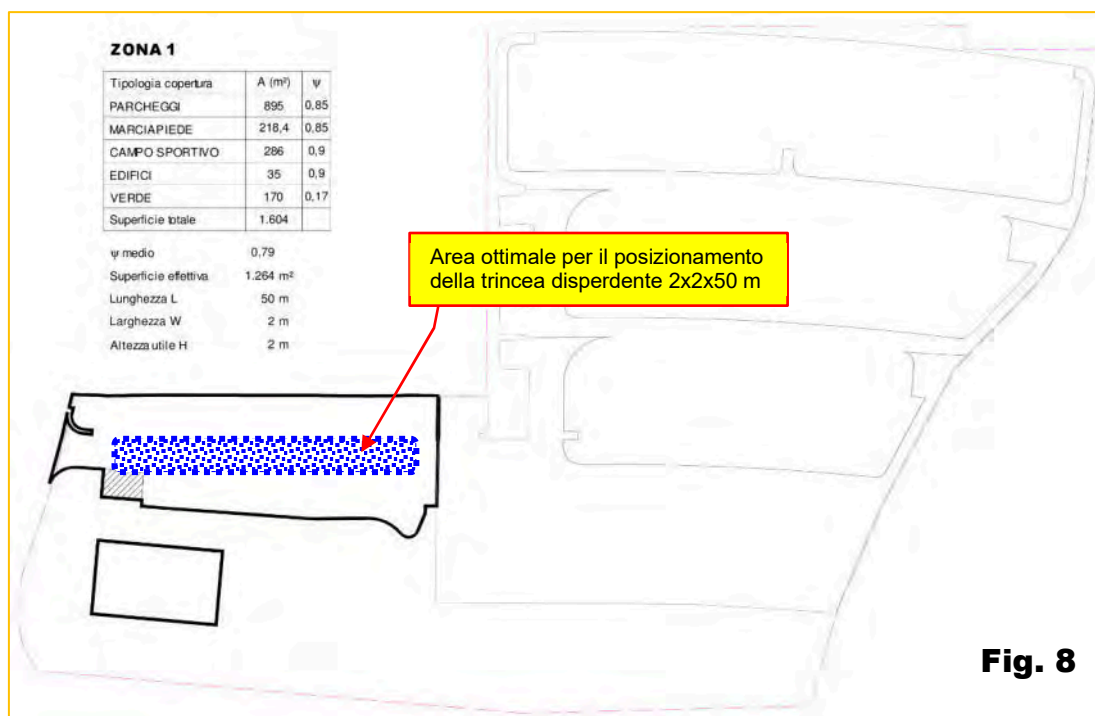
$V_{REG}$  = somma volumi di filtrazione e di stoccaggio ( $\geq V_P$ )

Il progetto è suddiviso in **cinque settori** (Zone) corrispondenti alla zona parcheggio affacciato su via dei Rimoni e alle quattro fasce altimetriche su cui si sviluppa l'edificazione.



I perimetri di ciascuna zona sono stati tracciati in funzione della quota e allo scopo di ripartire il più omogeneamente possibile i quantitativi di acqua meteorica da smaltire.

**ZONA 1:** Corrisponde al parcheggio affacciato su via dei Rimoni cui è accorpato il campo multiuso nella zona di parco pubblico.



**Fig. 8**

ZONA 1 (1.604 m²)			
	A (m²)	ψ	A' (m²)
PARCHEGGIO	895	0,85	761
MARCIAPIEDE	218	0,85	185
EDIFICI	35	0,9	32
CAMPO SPORT	286	0,9	257
VERDE	170	0,17	29
<b>AREA SCOLANTE EFFETTIVA (m²)</b>			<b>1.264</b>

$$V_P = 56 \text{ m}^3$$

$$L = 50 \text{ metri}$$

$$W = 2 \text{ metri}$$

$$H = 2 \text{ metri}$$

$$K = 7 \times 10^{-6} \text{ m/s}$$

$$Q_F = 2,8 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

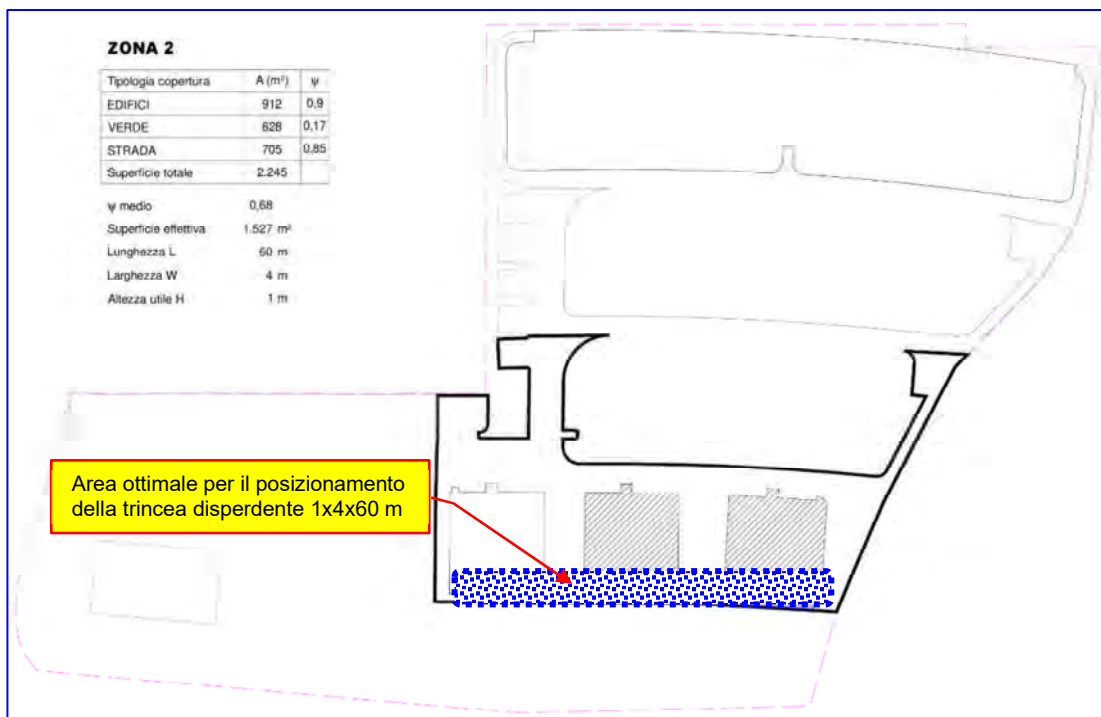
$$V_F = 10 \text{ m}^3$$

$$V_{TR} = 160 \text{ m}^3$$

$$V_{TR_{30}} = 48 \text{ m}^3$$

$$V_{REG} \approx 58 \text{ m}^3 (> V_P)$$

**ZONA 2:** È il settore più delicato perché le caratteristiche idrauliche del sottosuolo sono impegnative causa la bassa permeabilità dei terreni e la bassa soggiacenza della falda acquifera; ciò comporta la limitazione della dispersione a piccola profondità (nonostante la presenza di modesti riporti) e, contestualmente, l'allargamento della trincea.



ZONA 2 (2.245 m <sup>2</sup> )			
	A (m <sup>2</sup> )	ψ	A' (m <sup>2</sup> )
EDIFICI	912	0,9	821
VERDE	628	0,17	107
STRADA	705	0,85	599
<b>AREA SCOLANTE EFFETTIVA (m<sup>2</sup>)</b>			<b>1.528</b>

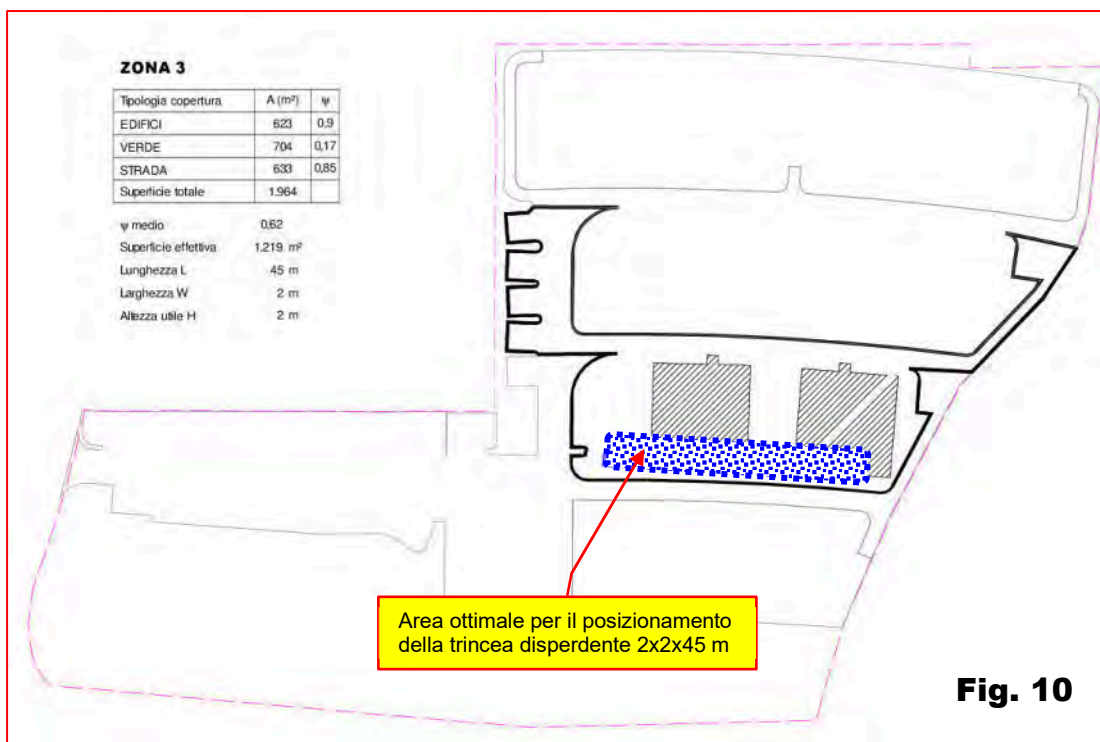
$V_P = 68 \text{ m}^3$

$L = 60 \text{ metri}$

W = 4 metri  
H = 1 metri  
K =  $7 \times 10^{-6}$  m/s  
Q<sub>F</sub> =  $2,5 \times 10^{-3}$  m<sup>3</sup>/s

V<sub>F</sub> = 9 m<sup>3</sup>  
V<sub>TR</sub> = 240 m<sup>3</sup>  
V<sub>TR\_30</sub> = 72 m<sup>3</sup>  
V<sub>REG</sub> ≈ 81 m<sup>3</sup> (> V<sub>P</sub>)

### ZONA 3



**Fig. 10**

ZONA 3 (1.964 m <sup>2</sup> )			
	A (m <sup>2</sup> )	ψ	A' (m <sup>2</sup> )
EDIFICI	623	0,9	561
STRADA	633	0,85	538
VERDE	704	0,17	120
<b>AREA SCOLANTE EFFETTIVA (m<sup>2</sup>)</b>			<b>1.219</b>

V<sub>P</sub> = 54,4 m<sup>3</sup>  
L = 45 metri

W = 2 metri  
H = 2 metri

$$K = 7 \times 10^{-6} \text{ m/s}$$

$$Q_F = 2,6 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

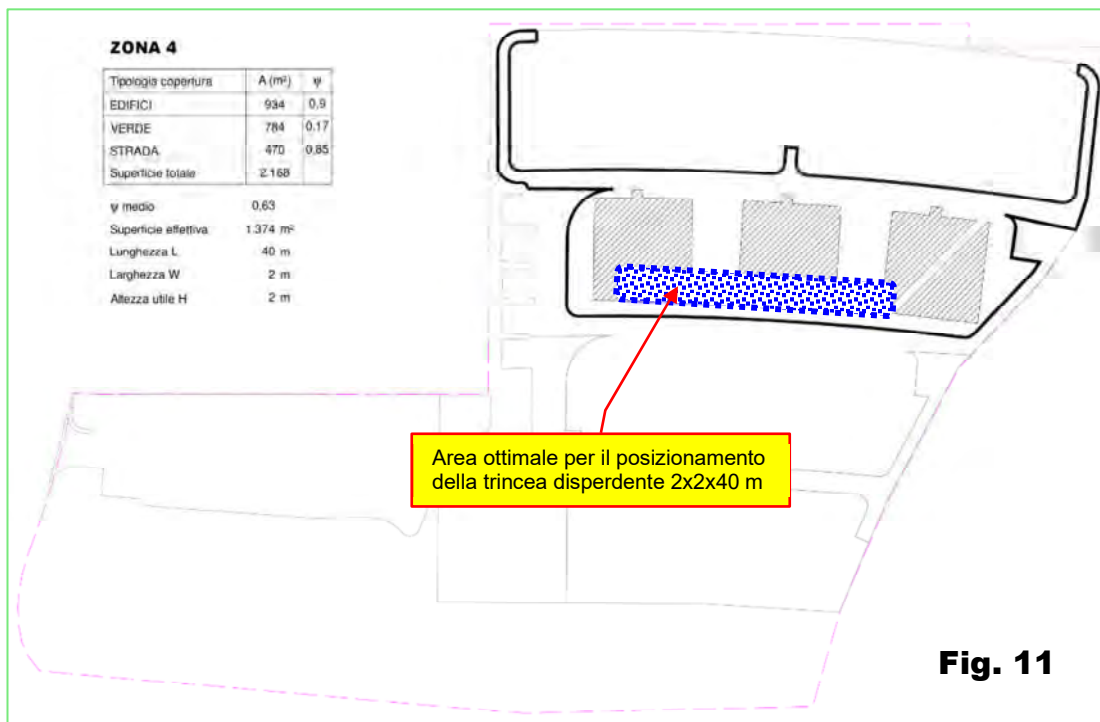
$$V_F = 9,2 \text{ m}^3$$

$$V_{TR} = 180 \text{ m}^3$$

$$V_{TR\_30} = 54 \text{ m}^3$$

$$V_{REG} \approx 63 \text{ m}^3 (> V_P)$$

## ZONA 4



ZONA 4 (2.188 m <sup>2</sup> )			
	A (m <sup>2</sup> )	ψ	A' (m <sup>2</sup> )
EDIFICI	934	0,9	841
STRADA	470	0,85	400
VERDE	784	0,17	133
<b>AREA SCOLANTE EFFETTIVA (m<sup>2</sup>)</b>			<b>1.374</b>

$$V_P = 61,3 \text{ m}^3$$

$$L = 40 \text{ metri}$$

$$W = 2 \text{ metri}$$

$$H = 2 \text{ metri}$$

$$K = 5 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

$$Q_F = 1,6 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$$

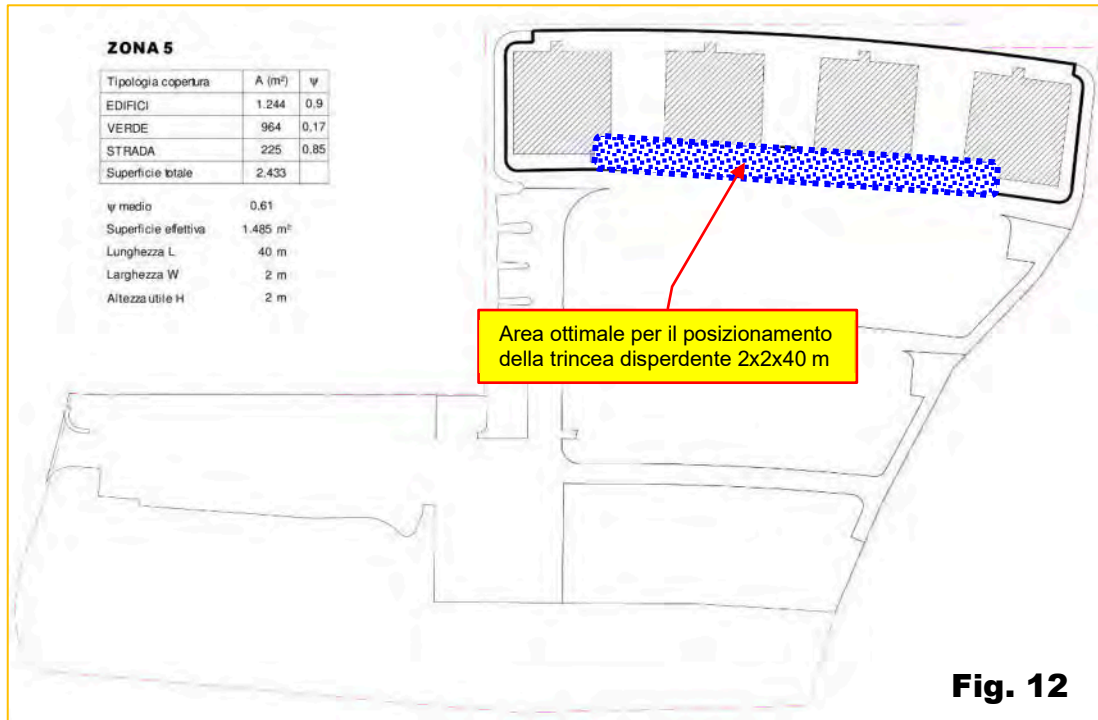
$$V_F = 57 \text{ m}^3$$

$$V_{TR} = 160 \text{ m}^3$$

$$V_{TR\_30} = 48 \text{ m}^3$$

$$V_{REG} \approx 105 \text{ m}^3 (>> V_P)$$

## ZONA 5



<b>ZONA 5 (2.434 m<sup>2</sup>)</b>			
	<b>A (m<sup>2</sup>)</b>	<b>ψ</b>	<b>A' (m<sup>2</sup>)</b>
EDIFICI	934	0,9	841
STRADA	470	0,85	400
VERDE	784	0,17	133
<b>AREA SCOLANTE EFFETTIVA (m<sup>2</sup>)</b>			<b>1.485</b>

$$V_P = 66,2 \text{ m}^3$$

$$L = 40 \text{ metri}$$

$$W = 2 \text{ metri}$$

$$H = 2 \text{ metri}$$

$$K = 5 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

$$Q_F = 1,5 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$$

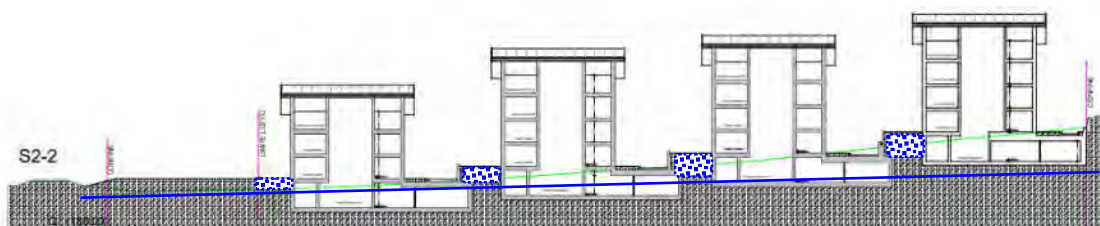
$$V_F = 54,3 \text{ m}^3$$

$$V_{TR} = 160 \text{ m}^3$$

$$V_{TR\_30} = 48 \text{ m}^3$$

$$V_{REG} \approx 100 \text{ m}^3 (>> V_P)$$

Per le quattro Zone residenziali, lo sviluppo degli interrati di progetto obbliga a interrare le trincee nei terrapieni sovrastanti le strade trasversali, nella stretta fascia tra il muro di sostegno del terrapieno e gli edifici.



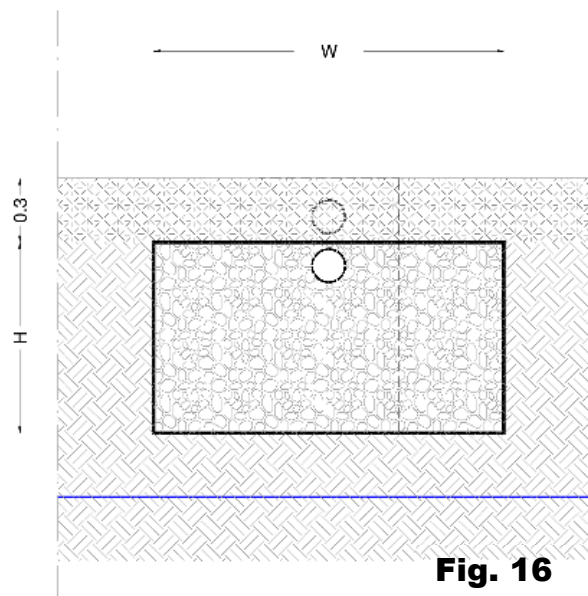
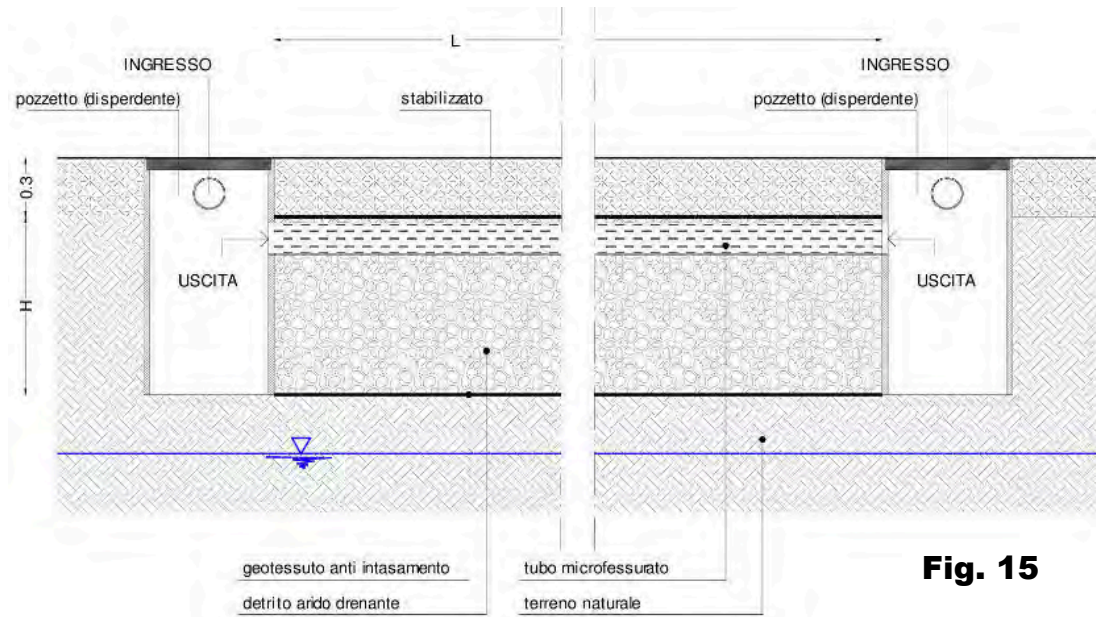
### 3.5.1 Indicazioni esecutive

Nella tabella sottostante sono riassunte le dimensioni minime delle trincee disperdenti per ciascuno dei settori di suddivisione dell'area di lottizzazione.

LOTTO RESIDENZIALE/PARCO - PARCHEGGI			
	Lunghezza L (m)	Larghezza W (m)	Altezza H (m)
ZONA 1	60	2,5	2
ZONA 2	45	2	1
ZONA 3	45	2	2
ZONA 4	40	2	2
ZONA 5	40	2	2

La trincea disperdente sarà realizzata per scavo della profondità utile H della trincea stessa più lo spessore (usualmente 30 cm) dello strato superficiale di stabilizzato o altro (Figg. 15 e 16): si raccomanda che il fondo

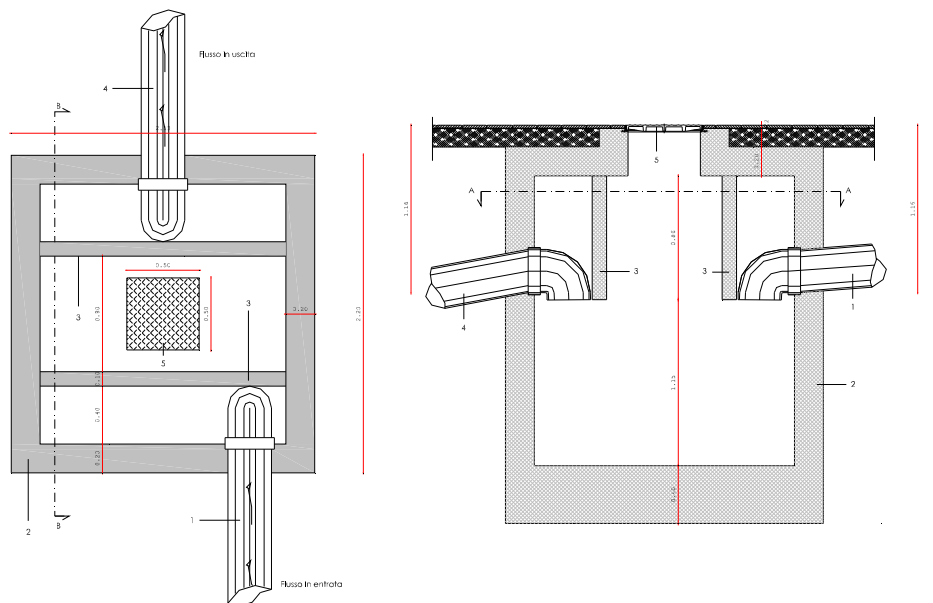
della trincea sia perfettamente orizzontale affinché sia garantita la disponibilità dell'intero volume di stoccaggio.



La trincea sarà riempita di detrito di riporto grossolano (indicativamente

30/70) lavato (privo di fine), a tetto del quale sarà alloggiata una tubazione micro fessurata in uscita da pozzetti alle estremità della trincea; riporto grossolano e tubazione dovranno essere avvolti entro un geotessuto di idonee qualità drenanti di separazione dal terreno in posto, a prevenzione da ogni commistione.

I due pozzetti alle estremità della trincea (che possono anche essere drenanti a loro volta) sono i terminali della rete di raccolta delle acque bianche; entrambi dovranno essere preceduti da un dissabbiatore (Fig. 17) che impedisca l'ingresso di detrito in trincea (prevenendo il parziale intasamento).



**Fig. 17**

### 3.6 Miglioramento del terreno

Considerate le mediocri qualità meccaniche dei terreni – tanto più in falda o in sua prossimità – è decisamente opportuno procedere al loro miglioramento per garantire sia l'accessibilità ai mezzi pesanti in cantiere sia un comportamento più omogeneo a fronte dei carichi trasmessi a fondazione.

*Il miglioramento dovrà avvenire in condizioni di falda depressa artificialmente tassativamente trascorso il tempo necessario al drenaggio dei terreni (altrimenti saturi e non "lavorabili").*

Per l'**accessibilità e il transito** in cantiere sarà sufficiente lo stendimento sul fondo scavo di uno strato di inerte grossolano tipo "scarto di porfido", dello spessore – indicativamente - di 50 cm.

Per il **miglioramento dei terreni di fondazione** la "bonifica" procederà per sostituzione di 1 metro di terreno in posto con le seguenti modalità:

- asporto del livello superficiale per uno spessore di circa 1,0 metro;
- riporto di circa 20 m di scarti della lavorazione di porfido;
- stendimento di un geotessile ad elevata resistenza;
- posa di uno strato di materiale inerte per uno spessore di circa 80 cm;
- stesa di una seconda guaina di geotessile ad elevata resistenza;

Il materiale di riporto dovrà essere costituito da inerte - calcareo o porfirico – disposto per strati successivi di 30 cm ciascuno da compattare per

rullatura meccanica: la pezzatura del riporto sarà indicativamente 30/70.

Lo strato così realizzato sarà perfettamente drenante e fungerà da "*platea naturale*" e da ripartitore dei carichi.

### **3.7 Conclusioni geotecniche**

La caratteristica geotecnica saliente nell'area di lottizzazione "GIARDINO DEI FIORI" è la presenza nel sottosuolo di terreni detritici sciolti di caratteristiche meccaniche mediocri: limi da argillosi a sabbiosi (con livelli organici) nella fascia depressa immediatamente a ridosso della S.P. passanti a sabbia fine variamente limosa nella settore medio superiore del comparto residenziale. I terreni ospitano una falda acquifera che nella minima soggiacenza misurata (gennaio 1997) ha raggiunto i 60 cm dal p.c. a ridosso della S.P.

Gli assetti stratigrafico e idraulico e la prossimità con manufatti preesistenti implicano pertanto i seguenti interventi:

- preliminarmente alle operazioni di scavo la falda acquifera dovrà essere eventualmente depressa artificialmente e mantenuta tale durante tutte le lavorazioni;
- per il comparto residenziale, lo scavo del tratto di perimetro a monte (ovest) e il contiguo tratto sud dovrà avvenire in presenza di opere di

sostegno provvisoriale;

- gli scavi per i p.d.f. all'interno della lottizzazione potranno essere profilati a fronte libera di pendenza massima di 45° solo dopo il prosciugamento dei terreni con l'eventuale abbassamento della falda;
- tutti i vani interrati dovranno essere impermeabilizzati, sia perché in falda o prossimi ad essa sia per l'obbligata contiguità con le trincee di dispersione delle acque meteoriche;
- per garantire accessibilità e transito nell'area di cantiere si dovrà realizzare a fondo scavo un "tappeto" stabile in materiale granulare (scarto della lavorazione del porfido);
- i terreni di fondazione degli edifici saranno migliorati nelle caratteristiche di resistenza e deformazione per sostituzione di 1 metro di terreno in posto con riporto grossolano compattato per rullatura meccanica, entro cui saranno inseriti due fogli di geotessuto ad alta grammatura (alta resistenza a trazione) in funzione di ripartizione dei carichi;
- nel comparto residenziale e nell'area pubblica, la gestione delle acque meteoriche sarà organizzata tramite trincee disperdenti dimensionate per garantire lo stoccaggio del volume d'acqua raccolto nell'ora di pioggia di progetto e per lasciare sempre un franco minimo rispetto alla falda acquifera.
- nel comparto residenziale, l'estensione dei piani interrati obbliga a ubicare le trincee disperdenti nella sottile fascia a verde (giardini) retrostante i muri di sostegno dei ripiani di edificazione.

***Si pone l'accento sul fatto che, relativamente ai singoli edifici,***

***questo elaborato non sostituisce in alcun modo la relazione geologica e geotecnica prevista dai DD.MM. 11/3/1988 n°127 e 17/1/2018 (aggiornamento N.T.C.) e non costituisce perciò documento progettuale idoneo per il rilascio della concessione a edificare degli edifici.***

***Per questi, in sede di concessione edilizia, a supporto delle soluzioni progettuali scelte, dovrà essere prodotta specifica relazione geologica, geotecnica ed idraulica, come previsto anche dall'art. 20 del R.E.C.***

Sempre in riferimento ai citati decreti, è richiesto il coinvolgimento dello scrivente nella fase esecutiva allo scopo di [...] *controllare la rispondenza tra la caratterizzazione geotecnica assunta in progetto e la situazione effettiva, differendo di conseguenza il progetto esecutivo [...]; dallo stesso decreto, poi, si evince che [...] la validità delle ipotesi di progetto dovrà essere controllata durante la costruzione considerando, oltre ai dati raccolti in fase di progetto, anche quelli ottenuti con misure ed osservazioni nel corso dei lavori per adeguare, eventualmente, l'opera alle situazioni riscontrate [...].*

Trento, agosto 2024



GEOLOGENKAMMER  
TRENTO - ALTO ADIGE (SÜDTIROL)  
DIPT. GEOL.  
N° 56 MARCO CAVALIERI

**SONDAGGI MECCANICI ESPLORATIVI**

## **SONDAGGIO GEOGNOSTICO PZ1**

0,0 m – 0,15 m = Terreno Vegetale,  
0,15 m – 1,4 m = Sabbia limosa debolmente ghiaiosa di colore marron scuro,  
1,4 m – 2,4 m = Sabbia con ghiaia,  
2,4 m – 3,0 m = Argilla debolmente sabbiosa di colore grigio scuro,  
3,0 m – 10,0 m = Sabbia di colore marron chiaro

Falda a profondità di -4,2 m dal p.c.

prova SPT a 4 m = valori  $N_{spt} = 5 - 8 - 9$

prova SPT a 5 m = valori  $N_{spt} = 5 - 8 - 11$

## **SONDAGGIO GEOGNOSTICO PZ2**

0,0 m – 1,8 m = Limo sabbioso con ghiaia di colore marrone scuro,  
1,8 m – 2,6 m = Limo sabbioso di colore marrone chiaro,  
2,6 m – 3,6 m = Torba di colore grigio scuro-nero,  
3,6 m – 4,5 m = Materiale non recuperato dal sondaggio, probabile passaggio fra le torbe e le sabbie sottostanti,  
4,5 m – 6,6 m = Sabbia fine di colore grigio,  
6,6 m – 7,4 m = Sabbia argillosa di colore grigio,  
7,4 m – 7,7 m = Limo sabbioso di colore marron chiaro,  
7,7 m – 10,0 m = Sabbia debolmente limosa di colore marrone chiaro.

Falda a profondità di -1,2 m dal p.c.

prova SPT a 4,5 m = valori  $N_{spt} = 2-3-5$

prova SPT a 5 m = valori  $N_{spt} = 3-5-7$

ESTRATTO DALLA BANCA DATI SONDAGGI				località: Romagnano opera: Piano attuativo fini speciali committente: Comune di Trento		foglio n° 1 coordinate x(m): 663217,06 y(m): 5098144,72		
ID sondaggio: 2106 n° sondaggio: 1 data: 14/01/1997		prof. sondaggio (m): 8 bedrock (m): 0		prof. falda (m): 0,6 quota pc (m): 184,8		tipo falda: libera inclinazione: Verticale (0°-20°)		
campionatore	campione	liv. falda	profondità	stratigrafia	note:	pocket (Kg/cmq)	S.P.T.	
							prof.	N°
descrizione litologica								
		0,6	0		suolo di colore marrone con limo sabbioso			
			0,1		limo di colore marrone con sabbia e ghiaia calcarea angolare			1,5
			2,2		limo di colore marrone	2,5		
			2,6		sabbia fine con limo di colore beige	0,2		
			3		torba di colore nero alternata a limo torboso			3
			4		limo di natura organica di colore grigio con argilla	4,5		
			4,5		limo debolmente sabbioso	0,1		4,5
			5,3		sabbia fine di colore beige con limo			
			5,8		argilla di colore grigio localmente limosa	6,5		
			7,4		sabbia media di colore grigio	0,1		
			8					

<b>ESTRATTO DALLA BANCA DATI SONDAGGI</b>					località: Romagnano		<b>foglio n° 1</b>	
					opera: Piano attuativo fini speciali		coordinate	
					committente: Comune di Trento		x(m): 663342,78 y(m): 5098386,86	
ID sondaggio: 2107		prof. sondaggio (m): 12		prof. falda (m): 1,2		tipo falda: libera		
n° sondaggio: 2		bedrock (m): 0		quota pc (m): 184,8		inclinazione: Verticale (0°-20°)		
data: 15/01/1997								
campionatore	campione	liv. falda	profondità	stratigrafia	note:		S.P.T.	
					descrizione litologica		prof.	N°
		1,2	0		suolo di colore marrone con limo sabbioso			
			0,4		sabbia media di colore marrone debolmente ghiaiosa		1,5	10 11 16
			4,5		sabbia media di colore marrone localmente debolmente limosa			
			10		sabbia fine di colore marrone con limo		7	9 11 16
			12				12	10 13 17

ESTRATTO DALLA BANCA DATI SONDAGGI					località: Romagnano opera: Piano attuativo fini speciali committente: Comune di Trento	foglio n° 1 coordinate x(m): 663212,73 y(m): 5098322,91	
ID sondaggio: 2108 n° sondaggio: 3 data: 15/01/1997		prof. sondaggio (m): 15 bedrock (m): 0		prof. falda (m): 6,5 quota pc (m): 191		tipo falda: libera inclinazione: Verticale (0°-20°)	
campionatore	campione	liv. falda	profondità	stratigrafia	note:	S.P.T.	
					descrizione litologica	prof.	N°
			0		ghiaia di natura calcarea con sabbia di colore marrone		
			2		ghiaia con limo		
			3		ghiaia fine di natura calcarea	3	9 11 4
			3,4		limo di colore marrone con sabbia e ghiaia		
			4		limo di colore marrone molto compatto con argilla		
			4,5		limo di colore marrone con ghiaia		
			5		sabbia fine di colore marrone con limo		
		6,5	6,5		sabbia media di colore marrone localmente debolmente ghiaiosa	7,5	1 1 1
			10,5		sabbia fine localmente limosa		
			13,7		limo di colore beige	12	10 13 17
			15				

**PROVE PENETROMETRICHE STANDARD  
 S.P.T.**

<b>Sondaggio 2016</b>												
<b>z</b>	<b><math>\sigma'_{v0}</math></b>	<b><math>\sigma_{v0}</math></b>	<b>N</b>	<b>(N)<sub>60</sub></b>	<b>(N1)<sub>60</sub></b>	<b>Dr</b>	<b><math>\phi</math></b>	<b>V<sub>s</sub></b>	<b>G<sub>0</sub></b>	<b>E</b>	<b>E<sub>0</sub></b>	<b>M</b>
<i>m</i>	<i>kPa</i>	<i>kPa</i>				%	°	<i>m/s</i>	<i>MPa</i>	<i>MPa</i>	<i>MPa</i>	<i>MPa</i>
1.5	19	29	7	5	9	37	29	107	24	20	35	24
3	34	59	4	3	5	25	28	109	24	21	36	25
4.5	49	89	8	7	10	38	29	137	38	33	58	39

<b>Sondaggio 2108</b>												
<b>z</b>	<b><math>\sigma'_{v0}</math></b>	<b><math>\sigma_{v0}</math></b>	<b>N</b>	<b>(N)<sub>60</sub></b>	<b>(N1)<sub>60</sub></b>	<b>Dr</b>	<b><math>\phi</math></b>	<b>V<sub>s</sub></b>	<b>G<sub>0</sub></b>	<b>E</b>	<b>E<sub>0</sub></b>	<b>M</b>
<i>m</i>	<i>kPa</i>	<i>kPa</i>				%	°	<i>m/s</i>	<i>MPa</i>	<i>MPa</i>	<i>MPa</i>	<i>MPa</i>
3	54	54	15	11	15	41	30	167	57	49	86	58
7.5	127	137	2	2	2	16	27	128	33	28	50	34
12	172	227	30	30	23	61	34	251	129	109	193	131

**Normalizzazione del numero dei colpi (N<sub>60</sub>)**

$$(N)_{60} = C_E \times C_B \times C_S \times C_R \times N$$

N = numero dei colpi (2° + 3° tratto d'infissione)

$C_E = \frac{ER_{60}}{ER}$  = fattore di conversione al 60% dell'energia trasmessa al campionatore

ER<sub>60</sub> = 60%

ER = 60% (le strumentazioni in uso in Italia hanno un rendimento del 60%)

$C_B = \begin{cases} 1,00 & 60 < D < 115 \text{ mm} \\ 1,05 & D = 150 \text{ mm} \\ 1,15 & D = 200 \text{ mm} \end{cases}$  = correzione per il diametro di perforazione (D = 110 mm)

$C_S = \begin{cases} 1,0 & \text{s tan dard} \\ 1,1 \div 1,3 & \text{con portacampi oni} \end{cases}$  = correzione per tipo di campionatore (standard)

$C_R =$	3 ÷ 4 m	0,75	= correzione per la lunghezza delle aste
	4 ÷ 6 m	0,85	
	6 ÷ 10 m	0,95	
	10 ÷ 30 m	1	
	> 30 m	1	

**Densità relativa (Yoshida, Ikemi & Kokusho, 1988)**

$$D_r = 22 \cdot N_{60}^{0,57} \cdot (\sigma'_{v0})^{-0,14}$$

$\sigma'_{v0}$  = tensione verticale geostatica efficace (kPa)

**Angolo di resistenza al taglio (Shioi & Fukuni, 1982)**

$$\phi = 0,36 \cdot N_{70} + 27$$

**Modulo di taglio iniziale (media di varie formulazioni)**

$$G_0 = \frac{\gamma}{g} \cdot V_v^2$$

$$G_0 = 15,56 \cdot N_{60}^{0,68} \quad \text{Hara (FHWA), 1974}$$

$$V_s = 54,33 \cdot N_{60}^{0,173} \cdot F_A \cdot F_B \cdot \left(\frac{z}{0,3048}\right)^{0,193} \quad \text{Ohta & Goto, 1978}$$

$$F_A = \begin{cases} 1, & \text{Olocene} \\ 1,303, & \text{Pleistocene} \end{cases} \quad \square$$

$$F_B = \begin{cases} 1, & \text{argilla} \\ 1,086, & \text{sabbia} \end{cases} \quad \square$$

$$V_s = 72,9 \cdot N_{60}^{0,224} \cdot F_A \cdot \left(\frac{z}{0,3048}\right)^{0,13} \quad \text{Andrus, 2003}$$

$$F_A = \begin{cases} 1, & \text{Olocene} \\ 1,23, & \text{Pleistocene} \end{cases} \quad \square$$

$$V_s = N^{0,25} \cdot \beta \cdot \sigma'_{v0} \quad \text{Yoshida & Monotori, (1988)}$$

$$\beta = \begin{cases} 55, & \text{tutti i terreni} \\ 49, & \text{sabbie fini} \end{cases} \quad \square$$

$V_s = \alpha \cdot (N_{60})^{\beta_1} \cdot (\sigma'_{v0})^{\beta_2}$	Wair et al., 2012	$\alpha$	$\beta_1$	$\beta_2$
sabbia		30	0,23	0,23
argilla		26	0,17	0,32
ghiaia	Olocene	53	0,19	0,18
	Pleistocene	115	0,17	0,12

$\gamma$  = peso di volume

$g$  = accelerazione di gravità

$V_s$  = velocità delle onde di taglio

### Modulo di deformazione iniziale

$$E_0 = 2 \cdot G_0 \cdot (1 - \nu)$$

$\nu$  = coefficiente di Poisson  $\approx 0,25$

### Modulo di deformazione (legge di decadimento del modulo)

Metodo del decadimento normalizzato sotto forma di curva iperbolica (Bruschi, 2014):

$$\frac{E}{E_0} = 1 - f \times \left( \frac{q}{q_u} \right)^g$$

$$\frac{q}{q_u} = \frac{1}{F_s}$$

$f = 1$   
 $g = 0,3$  } in prima approssimazione

$q/q_u$  è il fattore di mobilitazione delle tensioni ed è pari all'inverso del fattore di sicurezza  $F_s$ ; il modulo operativo (secante) può essere calcolato noto il fattore di sicurezza rispetto alla rottura oppure, che è lo stesso, nota la percentuale di tensione  $q$  rispetto alla rottura  $q_u$ . Per esempio, per il modulo secante al 25% della tensione a rottura:  $q/q_u = 1/4 = 0,25$ , corrispondente a  $F_s = 4$ .

### Modulo confinato

$$M = E \cdot \frac{1 - \nu}{(1 + \nu) \cdot (1 - 2 \cdot \nu)}$$

### PLANIMETRIA STATO FINALE - scala 1:1.000



