



di Carmignani e Seghieri

## COMUNE DI MONSUMMANO TERME

### RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITA'

(ai sensi del DPGR n. 53/R del 25 ottobre 2011 - *Regolamento di attuazione dell'art. 62 della legge regionale 3 gennaio 2005 n. 1 – Norme per il governo del territorio – in materia di indagini geologiche*, dei D.P.C.M. 5/11/1999 *Pian Stralcio Rischio Idraulico dell'Autorità di Bacino del F. Arno*, del Piano di Gestione Rischio Idraulico del Distretto Idrografico Appennino Settentrionale (P.G.R.A. 2016), della L.R.T. 24/07/2018 n. 41 "disposizioni in materia di rischio di alluvioni e tutela dei corsi di acqua in attuazione del D.Lgs 23.02.2010 n. 49 ...." ed in riferimento al P.S. ed R.U. comunali vigenti - Variante al PS-RU 2014)

### Piano Attuativo Comparto C8

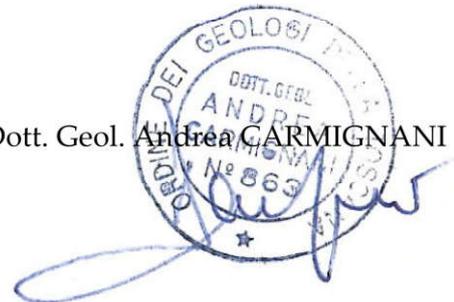
loc. **Pozzarello** - via **Occhibelli**

Proprietà:

**omissis**

novembre 2019

Dott. Geol. **Andrea CARMIGNANI**



**Studio Associato di Geologia di CARMIGNANI Andrea e SEGHERI Giorgio**

Sede legale : via Turati, 15/1 ALTOPASCIO ( LU ) P. IVA 01664030465

Uffici: via Savorniana, 3 – 51019 PONTE BUGGIANESE ( PT )

tel. e fax 0572-635589 cell. 335-5652208 e-mail [andreacarmignani@interfree.it](mailto:andreacarmignani@interfree.it)

---

# **COMUNE DI MONSUMMANO TERME**

## **Piano Attuativo Comparto C8**

loc. **Pozzarello** - via **Occhibelli**

Proprietà: **omissis**

### **RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITA'**

(ai sensi del DPGR n. 53/R del 25 ottobre 2011 - *Regolamento di attuazione dell'art. 62 della legge regionale 3 gennaio 2005 n. 1 – Norme per il governo del territorio – in materia di indagini geologiche*, dei D.P.C.M. 5/11/1999 *Pian Stralcio Rischio Idraulico dell'Autorità di Bacino del F. Arno*, del Piano di Gestione Rischio Idraulico del Distretto Idrografico Appennino Settentrionale (P.G.R.A. 2016), della L.R.T. 24/07/2018 n. 41 “*disposizioni in materia di rischio di alluvioni e tutela dei corsi di acqua in attuazione del D.Lgsl 23.02.2010 n. 49 ....*” ed in riferimento al P.S. ed R.U. comunali vigenti - Variante al PS-RU 2014)

---

### **1 - PREMESSA**

Il presente rapporto espone i risultati di un'indagine geologica e geognostico - sismica di approfondimento, eseguita in un'area nella parte centro orientale del territorio di pianura del Comune di Monsummano in frazione Pozzarello lungo la via Occhibelli, a supporto del PIANO ATTUATIVO di comparto C8 posizionato a valle dell'area sportiva pubblica (vedi **Corografia Generale** in scala 1:10.000).

Così come meglio indicato nelle cartografie di progetto redatte dallo Studio Tecnico Associato Lapardi – Moncini di Monsummano Terme a cui si rimanda per i dettagli, l'intervento complessivamente riguarda un'area piana posta a ridosso verso SW della strutturazione urbanistica di Pozzarello, articolandosi in una estesa area a verde, viabilità e parcheggi pubblici, oltre a n. 6 lotti edificabili per 2 U.I. ciascuno.

L'attuale fase di predisposizione del Piano Attuativo, si confronta con uno strumento urbanistico generale (P.S. e R.U. così come modificato dalle Varianti 2014) realizzati in rispetto al D.P.G.R.T. 53/R/2011 comprensivi di una caratterizzazione di MOPS di 1° livello ed una serie di approfondimenti di verifiche idrauliche sul sistema idrografico del territorio, tali da caratterizzare la pericolosità di alluvionamento in maniera approfondita e circostanziata.

In ragione dei dettami contenuti nel Decreto del Presidente della Giunta Regionale **25 ottobre 2011 n. 53/R** (Regolamento di attuazione dell'art. 62 della L.R. 1 del 3 gennaio 2005 – *norme per il governo del territorio – in materia di indagini geologiche*), il Piano in esame può assumersi ricadere nella valenza degli art. 2.1. c) d) relativi alle indagini geologiche da effettuarsi per la formazione dei *Piani complessi di intervento e loro varianti* e dei *Piani Attuativi e loro varianti*, indagini finalizzate ad individuare le condizioni di fattibilità degli interventi di trasformazione (art. 3.1.b).

---

Tali indagini sono da effettuarsi in conformità a quanto prescritto dalle direttive tecniche contenute nell'*allegato A* del suddetto regolamento regionale; limitatamente agli aspetti sismici di tali indagini geologiche, l'art. 3.3 indica la non necessità di effettuare specifici studi di microzonazione sismica, alla luce anche della caratterizzazione di MOPS contenuta negli Strumenti Urbanistici.

Riferendosi al R.U. vigente, in esso viene definita una specifica scheda di fattibilità per il Comparto C8 in oggetto, da cui risultano condizioni di pericolosità *basse* o *medie* relativamente agli aspetti geologici, idraulici e sismici) e conseguentemente una fattibilità con *normali vincoli* (geologica ed idraulica) o *condizionata* (sismica) di cui tenere conto nella predisposizione dell'attuale P.A.

Nella necessità di approfondire la caratterizzazione stratigrafica del sottosuolo ai fini edificatori ed in particolare quella di tipo sismico per la determinazione della presenza o meno di contrasti di impedenza sismica capaci di produrre effetti di amplificazione sismica locale, si sono effettuate prove penetrometriche statiche C.P.T. ed uno stendimento geofisico MASW sul sito di futuro intervento edificatorio, capaci di affrontare le indicazioni contenute nella scheda di fattibilità del R.U.

Il confronto tra la cartografia tematica di supporto al PS e RU comunale con le condizioni rilevate in campagna e dedotte dalle indagini geognostiche e geofisiche eseguite, indica che allo stato attuale non si rilevano nuove condizioni di criticità territoriale rispetto a quelle considerate nelle carte del PS-RU (piuttosto è stato possibile escludere la esistenza di condizioni di significativa impedenza sismica nel sottosuolo tale da poter ingenerare incrementi locali di amplificazione) e che quindi **non sono intervenute modifiche** rispetto al quadro conoscitivo di riferimento (assetto geomorfologico, idraulico, sismico e idrogeologico) che è stato assunto a riferimento dell'analisi di pericolosità del territorio comunale, alle cui carte verrà fatto riferimento per l'attuale studio di Piano Attuativo, carte di sintesi delle criticità, di cui si riportano in Appendice gli stralci riferiti all'area di intervento, e che sono:

- Carta della Pericolosità idraulica con relative condizioni di fattibilità (DPGR n. 53/R del 25/10/2011)
- Carta della Pericolosità geologica con relative condizioni di fattibilità (DPGR n. 53/R del 25/10/2011)
- Carta della Pericolosità sismica locale (DPGR n. 53/R del 25/10/2011)

L'attuale analisi ha infine tenuto conto sia delle norme contenute nei Piani Stralcio Rischio Idraulico ed Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del F. Arno (**D.P.C.M. 05/11/1999** e **D.P.C.M. 06/05/2005**), che del **D.P.C.M. del 26/10/2016 P.G.R.A.** Distretto Idrografico Appennino Settentrionale UoM Arno "Piano di Gestione del Rischio Alluvioni" e della **L.R.T. 24/07/2018 n. 41** "*disposizioni in materia di rischio di alluvioni e tutela dei corsi di acqua in attuazione del D.Lgs 23.02.2010 n. 49* ...

---

## **2 – NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Il presente lavoro è stato effettuato ai sensi della normativa vigente ed in particolare:

- **PS e RU** comunale vigente e relative Varianti 2014;
- **DPGR n. 53/R del 25 ottobre 2011** (*Regolamento di attuazione dell'art. 62 della legge regionale 3 gennaio 2005 n. 1 – Norme per il governo del territorio – in materia di indagini geologiche*).
- **L.R.T. 24/07/2018 n. 41** “*disposizioni in materia di rischio di alluvioni e tutela dei corsi di acqua in attuazione del D.Lgsl 23.02.2010 n. 49 ....*”
- **D.P.C.M. 5/11/1999** *Pian Stralcio Rischio Idraulico dell'Autorità di Bacino del F. Arno*
- **D.P.C.M. 06/05/2005** *Piano Stralcio Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del F. Arno*
- **D.P.C.M. del 26/10/2016 P.G.R.A.** Distretto Idrografico Appennino Settentrionale UoM Arno  
“Piano di Gestione del Rischio Alluvioni”

## **3 - CARATTERIZZAZIONE GEOMORFOLOGICA E GEOLOGICA**

### **3.1 - Inquadramento geografico**

L'area oggetto di indagine è situata a meridione della città di Monsummano Terme nei pressi dell'urbanizzato in frazione Pozzarello, in corrispondenza del raccordo territoriale tra la bassa pianura ad Ovest e le parti di piana che si collegano poi ad oriente con i primi contrafforti pedecollinari dei rilievi di Monsummano Alto – Monte Albano (vedi allegata COROGRAFIA GENERALE in scala 1:10.000).

I terreni oggetto di Piano Attuativo, sono caratterizzati da piatti coltivati con leggera pendenza verso SW, posti a ridosso verso Sud rispetto all'area pubblica sportiva di Pozzarello e tra le vie Occhibelli e via Pozzarello-Violi, ad oggi caratterizzati da una superficie erbata incolta.

### **3.2 – Elementi geomorfologici**

La zona in esame, (vedi cartografie di ubicazione) è posta entro un ambito di pianura con moderata pendenza (1-2 %) verso Sud-Ovest, caratterizzato da tessuto territoriale agricolo in cui si intercalano viabilità ed urbanizzazioni lineari lungo di esse, con formazione di nuclei abitati e frazioni, in contesto di reticolo idrografico di pianura con fossi di sgrondo dei campi e corsi di acqua provenienti dalle propaggini collinari orientali ed in flusso verso la zona di bassa pianura posta ad occidente.

Le indagini eseguite sia sotto forma di rilievi di superficie dell'area di intervento, che riferite alle prove geognostiche eseguite o reperite nella zona limitrofa, non hanno rilevato condizioni di instabilità attiva o potenziali che possano coinvolgere il sito, ma una generalizzata situazione di equilibrio dei terreni.

Facendo riferimento alla CARTA GEOLOGICA ed alla CARTA GEOMORFOLOGICA della Variante al P.S., l'area è esente da depositi o elementi connessi a processi di dinamica di versante;

---

l'assenza di problemi di stabilità è avvalorata dalle carte del PROGETTO DI PIANO STRALCIO ASSETTO IDROGEOLOGICO dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno (DPCM 6/05/2005) – *carte di pericolosità per motivi geomorfologici* - dove il sito risulta classificato in condizioni di pericolosità P.F.1.

### 3.3 – Elementi geologici e strutturali

Per quanto attiene la geologia dell'area, i rilievi collinari e pedecollinari di Monsummano Terme si collocano nell'ambito della dorsale del Monte Albano formatasi a seguito della tettonica compressiva che, a partire dal Miocene, ha corrugato le formazioni sia della Serie Toscana che di quella Ligure sovrascorsa, che delimitano verso settentrione ed oriente la vasta pianura della Valdinievole.

La città di Monsummano Terme si trova inoltre nelle vicinanze di un importante elemento strutturale tettonico costituito dal rilievo di Monsummano Alto, prodottosi per movimenti tettonici dislocativi su cui si sono impostate importanti manifestazioni idrotermali e che ha determinato la presenza in affioramento della parte inferiore della Successione Toscana, costituite da formazioni mesozoiche calcaree e calcareo-silicee.

La formazione geologica che caratterizza invece l'asse primario del Monte Albano è costituita da arenarie quarzoso-feldspatiche, talora grossolanamente stratificate ed alternate ad arenarie fini e siltiti denominata “*macigno*” (di età Oligocene medio–superiore/Oligocene superiore) e che costituisce l'ultimo termine della Successione Toscana (Falda Toscana Auctt.).

Stratigraficamente al di sotto sono presenti, a lembi, argilliti rossastre della Scaglia Rossa Toscana ed un insieme di litofacies piuttosto complesse e differenziate, comunque con prevalenza di quella pelitica in strati sottili intercalati ad argilliti.

Sovrapposte alle suddette formazioni geologiche della Serie Toscana, sono presenti in giacitura alloctona le formazioni delle Successioni Liguri che, a lembi, costituiscono parti significative del rilievo del Monte Albano, costituite dalla Formazione di Sillano ( **SIL** ) e di Monte Morello ( **MLL** ).

La parte di territorio su cui si sviluppa Monsummano Terme è infine caratterizzata da depositi detritici di versante nella parte pedecollinare di collegamento tra la zona delle cave e la città, e da *depositi alluvionali attuali e recenti*, come nel caso dell'area di intervento; localmente sono presenti estesi accumuli di depositi alluvionali terrazzati e, lungo i fondovalle, di materiali sedimentari alluvionali recenti ed attuali.

Nella CARTA GEOLOGICO-TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA della Variante al P.S. sono state ricostruite le strutture principali sepolte nella pianura di Monsummano ed i loro rapporti con il Colle di Monsummano Alto, da cui risulta che vi è una serie di faglie con direzione Nord-Sud che creano gradini strutturali nel bed-rock litico in progressivo approfondimento da Est verso Ovest e conseguente incremento dello spessore dei depositi Pleistocenici-Oligocenici di copertura, mascherati da materiali di copertura prima detritici di falda e poi (in superficie) da sedimenti alluvionali.

---

Tale ricostruzione viene ripresa nella CARTA DELLE M.O.P.S. che attribuisce all'area di pianura una condizione di *zona stabile suscettibile di amplificazioni locali Zona 13* con copertura di ghiaie argillose, miscela di ghiaie, sabbie ed argilla di depositi alluvionali, moderatamente addensate, da moderatamente consistenti a consistenti, stratificate, di spessore dell'ordine di 30 m e posti al di sopra di un substrato costituito da alternanza di litotipi stratificati.

### 3.4 – Elementi litologico-tecnici

Facendo riferimento alla CARTA LITOTECNICA della Variante al P.S., alle numerose prove esistenti da altre indagini nella zona e dalle indagini eseguite in questa sede, nell'area di Vergine dei Pini – Pozzarello, risulta la esistenza generalizzata di depositi alluvionali recenti e terrazzati costituiti da alternanze di sedimenti grossolani (in vicinanza del rilievo di Monsummano Alto) e fini (allontanandosi verso la pianura ad Ovest): nel caso specifico le prove hanno rilevato, sino alla profondità di 9.0 m di fine indagine, la esistenza di materiali alluvionali sabbioso-argillosi in genere di media o buona consistenza nei primi metri e poi decisamente addensati e compatti verso la parte inferiore della successione stratigrafica caratterizzata.

## **4 – CARATTERIZZAZIONE IDROLOGICA E DEL RISCHIO IDRAULICO**

### 4.1 -Idrografia superficiale

L'idrografia superficiale della zona è costituita dalle fognature della viabilità (area della frazione di Pozzarello) e dalle fosse campestri, che raccolgono le acque piovane drenandole verso il Rio Gerbi – Rio Vecchio, che funge da ricettore dell'intera area edificata di Pozzarello e di una significativa area agricola ed in parte edificata posta tra i rilievi di Montevettolini a NE e la pianura tra le località della Vergine dei Pini e Violi a SW.

Non sono presenti nella zona esaminata e di intervento risorgenze od altro che possa essere attribuito alla presenza di acqua di sottosuolo sia termale che non, o ad un sistema idrografico permanente di scorrimento di acque.

Nello specifico dell'area di P.A. sono esistenti fosse lineari con andamento NW-SE parallele alla via Occhibelli e via per Violi, che smaltiscono verso SW le acque di ruscellamento superficiali degli appezzamenti agricoli di intervento.

### 4.2 –Elementi per la valutazione degli aspetti idraulici

Da un'analisi delle carte tematiche disponibili risulta che:

- La **CARTA GUIDA DELLE AREE ALLAGATE**, redatta nell'ambito della **Approvazione del Piano Stralcio relativo alla riduzione del rischio idraulico nel bacino del Fiume Arno**

- 
- DPCM 5/11/1999, non inserisce l'area di studio in zone soggette ad allagamenti seppur eccezionali, legati ad eventi precipitazionali di notevole entità e durata;
  - Il **Piano di Gestione Rischio Alluvioni del Distretto Idrografico Appennino Settentrionale (D.C.I. 3/3/2016 *carte di pericolosità per rischio idraulico*** – non contempla per la parte di territorio di pianura di Pozzarello ed in particolare anche per la zona dell'intervento di P.A., condizioni di una qualche rilevanza ai fini della pericolosità per alluvionamento, escludendo tali zone da una classificazione in tal senso
  - La **CARTA DEI BATTENTI con Tr 200 anni** dello studio idraulico di supporto allo S.U. comunale, evidenzia che l'area di intervento non è interessata da eventi alluvionali;
  - La **CARTA DELLA PERICOLOSITA'** di supporto al P.S. (Variante 2014) definisce per il sito di intervento una situazione di pericolosità *media* **I.2** in quanto “aree interessate da allagamenti per eventi di piena con un Tr superiore a 200 anni”, e quindi in sicurezza idraulica.

Riferendosi alle norme regionali contenute nella L.R.T. 41/2018, questa si riferisce alle aree identificate a pericolosità idraulica dal P.G.R.A. e quindi, stante la assenza di indicazioni di criticità sull'area di P.A., questa non viene ad agire sulla libera utilizzabilità dell'area ai fini edificatori.

#### 4.3 – Mitigazione degli effetti della impermeabilizzazione dei suoli

Facendo riferimento alle NTA del RU comunale ed in particolare all'art. 134 risulta che:

**3.3 Ai fini della mitigazione degli effetti della impermeabilizzazione del suolo i volumi di acqua intercettati dalle superfici impermeabili saranno dimensionati in relazione alla variazione del coefficiente di deflusso (C) indotta dalle nuove superfici impermeabili e/o semipermeabili (nuove superfici coperte, piazzali, strade, parcheggi) rispetto all'uso del suolo esistente. In particolare si assumerà un'altezza di pioggia pari a 76 mm. per ogni metro quadro di nuova superficie ed un coefficiente di deflusso C=0,4 per le aree semipermeabili e C=1 per le aree impermeabili da confrontare con un coefficiente C=0,1 per le aree permeabili. Nel caso sia previsto un accumulo direttamente in aree permeabili, dovranno essere adeguatamente gestite le acque potenzialmente contaminate. Dovranno inoltre essere previste eventuali misure di mitigazione degli effetti prodotti al fine di non determinare un aggravio del carico idraulico nelle aree contermini.**

Seguendo tali indicazioni si sono effettuate valutazioni della entità volumetrica dell'incremento di ruscellamento prodotto dalla realizzazione dell'intervento pubblico relativo alla viabilità, parcheggi e verde, rimandando alle singole istanze progettuali dei lotti edificabili la identificazione e realizzazione dei sistemi di mitigazione da adottare per ogni intervento edilizio.

Le superfici in gioco di iniziativa pubblica considerate in questa sede sono le seguenti:

---

• area da urbanizzare e cedere al Comune	8.338,66 mq
• superficie impermeabile (strade e marciapiedi)	1.606,17
• superficie semipermeabile (parcheggi)	316,00 mq
• superficie permeabile (verde pubblico ed aiuole)	6.416,49 mq

La valutazione della *portata* ( $Q$ ) defluente nell'ora di tempo da una data *superficie* ( $A$ ) viene calcolata mediante la seguente relazione in ragione del *coefficiente di deflusso* del tipo di terreno ( $Cd$ ):

$$Q = Hc \times A \times Cd$$

Per la condizione planimetrica del lotto nella situazione attuale ed in quella di progetto, utilizzando i dati imposti dalle NTA relativamente alla entità di pioggia e coefficiente di deflusso delle diverse tipologie di aree, si ha nell'ora di tempo adotta a riferimento:

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{attuale}} &= 8.338,66 \times 0,10 \times 0,076 = && \mathbf{63,37} \text{ mc/h} \\
 Q_{\text{progetto}} &= [(6.416,49 \times 0,1) + (316,00 \times 0,4) + (1.606,17 \times 1,0)] \times 0,076 = && \mathbf{180,44} \text{ mc/h} \\
 Q_{\text{incremento}} &= \mathbf{180,44} - \mathbf{63,37} = && \mathbf{117,07} \text{ mc/h}
 \end{aligned}$$

Il principio dell'invarianza idraulica prevede che i maggiori apporti dovuti dall'aumento delle superfici impermeabili o semipermeabili siano laminati in modo da mantenere invariata la portata in ingresso al corpo idrico recettore. Il sistema di drenaggio deve pertanto prevedere adeguati volumi di invaso e uno scarico regolato in modo da garantire che la portata defluente nello stato post-operam risulti pari a quella dello stato ante-operam.

Le modalità di stoccaggio provvisorio possono essere:

- vasche ad hoc (vasche volano, cisterne ecc...);
- aree a verde ribassate;
- fosse e collettori fognari a diametro maggiorato

**Nel caso specifico dovrà esser creata una capacità di accumulo superiore a 117 mc che, dotata di bocca tarata dimensionata sulla portata attuale di ruscellamento, determinerà la mitigazione dei flussi in uscita dall'area di intervento pubblico secondo le indicazioni delle NTA del RU.**

**La portata effluente sarà tarata a 63,37 mc/h cui corrispondono 17,6 l/sec**

---

## **5 – CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA**

Il contesto territoriale di pianura di Monsummano Terme vede la presenza di una falda freatica superficiale collegata ai livelli sabbioso – ghiaiosi di depositi alluvionali che si intercalano con frequenza sempre minore andando dalle aree limitrofe ai corsi di acqua di cui costituiscono paleo alvei, verso la bassa pianura in cui prevalgono i sedimenti fini palustri e di colmata.

Nella zona pedecollinare del Colle di Monsummano Alto si sovrappone a tale assetto, anche la presenza di localizzate falde superficiali collegate agli accumuli detritici di falda alimentati da impluvi e vie di percolazione di acque da monte verso valle. Del tutto avulsa a tale costituzione idrogeologica del sottosuolo è la zona degli affioramenti mesozoici sede del termalismo delle Grotte Parlanti e Giusti, connesso a strutture di faglie profonde che fanno risalire a giorno risorsa da acquiferi profondi.

Nello specifico della zona di intervento, questa è posta nella parte di pianura alimentata ed al contempo drenata dai corsi di acqua che provengono dai rilievi collinari del Montalbano, tra cui lo stesso Rio Gerbi – Rio Vecchio, e pertanto si considera possibile l'esistenza di una falda superficiale, collegata ai flussi in alveo, nell'ambito dei primi 4-5 m di sottosuolo a secondo delle oscillazioni stagionali di flusso e del rapporto altimetrico tra i terreni ed i suddetti alvei torrentizi.

Riguardo al **compendio idrotermale** di Monsummano Terme, posto in corrispondenza della dorsale di Monsummano Alto e legato alle strutture tettoniche che lo hanno determinato, il sito di intervento si colloca ad Occidente ed a valle di esso ed in ambito geologico-strutturale avulso dal contesto di formazione della risorsa idrotermale sfruttata dai complessi termali della Grotta Giusti e della Grotta Parlanti che, agli spigoli apposti della struttura del Colle, vedono la loro alimentazione dal versante meridionale del Colle di Monsummano Alto stesso (area delle cave).

La CARTA DELLE PROBLEMATICHE IDROGEOLOGICHE della Variante al Piano Strutturale 2014, colloca il sito di intervento al di fuori della perimetrazione delle aree di rispetto e di protezione ambientale delle sorgenti e delle aree di ricarica delle falde termali ed all'interno delle "aree di ricarica dell'acquifero della Valdinievole" identificate dal Piano Stralcio Bilancio Idrico dell'Autorità di Bacino del F. Arno.

La stessa carta di P.S. definisce la *media vulnerabilità delle acque sotterranee* nell'ambito delle formazioni geologiche di terreni sciolti, condizione questa che rende possibile la realizzazione di scavi di modesta profondità collegati alla realizzazione di strutture fondazionali, come nel caso dell'attuale intervento.

Analogamente esclusa è la interferenza con le aree di rispetto dei punti di captazione di risorsa idrica di sottosuolo destinata al consumo umano

## 5 - CARATTERIZZAZIONE DI PERICOLOSITA' E FATTIBILITA'

Si riportano di seguito le sintesi delle valutazioni di pericolosità e fattibilità della scheda del Comparto C8 contenute nel R.U. vigente:

### **Problematiche geologiche, idrauliche e sismiche**

#### Pericolosità geologica

Classe G.1: substrato pianeggiante senza fattori predisponenti alla formazione di processi morfoevolutivi, costituito prevalentemente da terreni argillosi e limosi. Per una preliminare caratterizzazione del terreno di fondazione è presente soltanto una prova di microtremore individuata nella tavola G04 - Carta litotecnica e delle indagini geognostiche.

#### Pericolosità idraulica

Classe I.2: areale non soggetto ad allagamenti dovuti all'esonazione dei corsi d'acqua per tempi di ritorno trentennali e duecentennali.

#### Pericolosità sismica:

Classe S.2: zona sismica stabile caratterizzata dalla presenza del substrato litoide posto a una profondità al limite dei 30 metri oltre la quale non si determinano effetti di amplificazione significativi per contrasto di impedenza tra copertura alluvionale e substrato lapideo. La misura di microtremore (HVSr 23) effettuata nelle vicinanze, anche se più verso monte, mostra però un alto contrasto di impedenza  $A_0=3,25$  e un valore della frequenza di picco  $f_0=1,07$ . Di fatto l'areale oggetto di intervento rientra nella zona 13 della carta delle MOPS anche se è molto prossimo alla fascia pedecollinare dove è possibile che si verifichino effetti di amplificazione sismica dovuti ad un alto contrasto di impedenza tra i terreni alluvionali di copertura ed il substrato lapideo entro una profondità significativa rispetto al piano di campagna.

### **Condizioni e prescrizioni per le realizzazioni**

#### Fattibilità geologica F2:

L'attuazione dell'intervento è subordinata alla effettuazione dei normali studi geologico-tecnici previsti dalla normativa vigente in materia (DPGR.n.36/R/09 e NTC 2008) e finalizzati alla verifica delle caratteristiche geotecniche del substrato di fondazione a livello di progetto esecutivo.

#### Fattibilità idraulica F.2:

La pericolosità idraulica di classe due non impone particolari condizioni per la realizzazione degli interventi previsti. Dato che la realizzazione dell'intervento comporta la copertura di terreno non edificato per un areale superiore a 500 mq, ai fini della limitazione degli effetti della impermeabilizzazione del suolo si dovranno prevedere impianti e/o manufatti per l'immagazzinamento temporaneo delle acque meteoriche così come richiesto dall'art.39 comma 5 lettera c delle NTA del PTC quantificando il volume di acqua secondo le indicazioni di cui al punto 3.3 dell'art.134 delle NTA.

#### Fattibilità sismica F.3:

In sede di redazione del piano attuativo, oltre all'effettuazione dei normali studi geologico-tecnici previsti dalla normativa vigente in materia (DPGR.n.36/R/09 e NTC 2008), sono da realizzare adeguate indagini geofisiche, costituite da profili sismici a rifrazione e/o profili MASW e/o prove sismiche in foro, finalizzate a definire gli spessori, le geometrie e le velocità sismiche dei litotipi sepolti in relazione alla individuazione o meno del substrato lapideo entro una profondità significativa ai fini degli effetti di amplificazione sismica.

---

Quanto effettuato in questa sede non definisce la necessità di modificare tali determinazioni di pericolosità e fattibilità individuate nella suddetta scheda, riproponendo tali classi anche in questa sede di approfondimento.

Le attuali indagini di tipo geognostico e geofisico hanno rispettato quanto indicato nei punti di fattibilità relativi ai suddetti temi territoriali, permettendo di accertare fattibile la utilizzazione geotecnica dei terreni di futura imposta dei fabbricati e delle opere connesse al Piano Attuativo, ed hanno permesso di escludere la presenza di condizioni di bruschi contrasti di impedenza sismica nel sottosuolo, capaci di determinare amplificazione sismica locale, dato che la prova MASW ha rilevato rifrattori che progressivamente vanno incrementando gradualmente la loro velocità Vs e quindi un sottosuolo non critico per quanto paventato da parte del R.U. nella attribuzione cautelativa della classe di fattibilità al sito di intervento e al quale può essere attribuito una categoria di sottosuolo di tipo B.

Riguardo alla condizione di fattibilità idraulica, preso atto e confermati anche in questa sede la sicurezza idraulica da possibili alluvioni e quindi la libera utilizzazione dei terreni, si è effettuata la valutazione volumetrica dell'entità dell'incremento di ruscellamento idrico prodotto dalla impermeabilizzazione delle aree oggetto di intervento pubblico (strade, parcheggi, marciapiedi, ecc.), rispettando quindi quanto sancito dalle indicazioni di fattibilità della scheda C8 e pertanto rendendo possibile la utilizzazione edificatoria del sito, fermo restando la necessità di provvedere singolarmente per i diversi lotti, alla valutazione e realizzazione di singole opere di mitigazione per ciascun intervento edificatorio.

#### 5.1 – Fattibilità riferita alle norme e Piani sovracomunali

Relativamente al **P.G.R.A.** del Distretto Idrografico Appennino Settentrionale, il sito di intervento ricade all'esterno delle aree a pericolosità idraulica e conseguentemente non indica alcuna limitazione e condizionamento alla utilizzazione edificatoria dei terreni.

Relativamente alla **L.R.T. 24/07/2018 n. 41** “*disposizioni in materia di rischio di alluvioni e tutela dei corsi di acqua in attuazione del D.Lgs 23.02.2010 n. 49 ....*”, l'applicazione dei suoi principi normativi vede la necessità di definire la entità dell'evento atteso, in riferimento alla sua tempistica di ritorno (frequenza) ed alla altezza e velocità di battente (magnitudo) relativamente alle aree classificate negli atti di pianificazione di bacino in attuazione del D.lgs 49/2010 e quindi nelle carte di pericolosità di alluvione del P.G.R.A. In assenza di condizione di pericolosità da P.G.R.A. tali norme non introducono effetti sulla utilizzazione dei siti.

Riguardo al **P.A.I.** dell'Autorità di Bacino del F. Arno – criticità per frana e per problematiche geomorfologiche, l'attribuzione della classe P.f.1 permette il libero uso edificatorio del sito.

---

## **6 - CARATTERIZZAZIONE GEOGNOSTICO-STRATIGRAFICA DEL TERRENO**

Così come evidenziato nella UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE in scala 1:1.000 in Appendice, la caratterizzazione preliminare e di prima fattibilità dell'area è costituita da n. 3 prove penetrometriche statiche CPT eseguite lungo l'asse su cui si svilupperanno i fabbricati previsti.

La prova penetrometrica C.P.T. è stata eseguita utilizzando un penetrometro abilitato ad eseguire sia prove statiche che dinamiche, modello TG 63-200 prodotto dalla ditta PAGANI GEOTHECNICAL EQUIPMENT e spingendole in profondità sino alla quota di ca. 8,0 m dal p.c., dove è stato impedito l'ulteriore approfondimento per l'elevata resistenza offerta alla penetrazione ed il conseguente disancoramento della strumentazione di prova.

Le caratteristiche del mezzo consentono 20 t. di spinta, l'utilizzazione di punta conica meccanica tipo *Begemann*, cella di carico di sommità *Hottinger* classe 0.2 e centralina elettronica di rilevamento dei dati. La prova consiste nella misurazione, per successivi tratti di infissione di 20 cm, delle seguenti grandezze:

- *Resistenza alla punta*            **Qc**
- *Resistenza laterale*            **fs**

Dai dati ricavati è così possibile ottenere una ricostruzione preliminare e di massima delle caratteristiche di resistenza meccanica del terreno e, tramite il rapporto *Begemann* ( $Qc/fs$ ), risalire al tipo litologico.

Unitamente a tali determinazioni, utilizzando metodiche di bibliografia, sono state effettuate e riportate nelle schede di analisi di prova, le interpretazioni dei parametri geotecnici di resistenza e compressione dei materiali indagati.

### **6.1 - Stratigrafia**

Sulla base dei dati derivanti dalle prove C.P.T., si sono distinti gli orizzonti litologici che costituiscono il modello geologico del sottosuolo nell'area studiata, caratterizzato da materiali sabbioso-argillosi ed argillo-sabbiosi di consistenza da media a molto elevata.

In particolare, nello spessore di sottosuolo indagato dalle prove, la successione stratigrafica rilevata è la seguente:

- **A - limo argilloso debolmente sabbioso di media consistenza:** caratterizzato da  $Qc$  15-25 kg/cm<sup>2</sup> si rileva sino alla profondità di 1.2 – 3.0 m dal p.c. andando incrementandosi da Ovest verso Est, costituisce la parte superficiale fine dei depositi alluvionali terrazzati, comprendendo anche la parte di coltivo superiore.

- 
- **B - Argilla sabbiosa di buona consistenza:** caratterizzata da  $Q_c = 30-40$  kg/cmq è presente con un deposito omogeneo sino alla profondità di 4.5 – 5.0 m dal p.c., costituendo livello di buona consistenza a prevalente comportamento coesivo.
  - **C - Sabbia argillosa addensata:** costituisce un livello di spessore dell'ordine di 50-100 cm alla profondità di 4.5 – 5.0 m dal p.c., caratterizzata da materiali compatti ed addensati in cui si associano frazioni sabbiose alla matrice, con valori di resistenza penetrometrica  $Q_c = 90-120$  kg/cmq.
  - **D - Sabbia limosa a tratti argillosa di medio-buona consistenza:** rilevata sino alla profondità di 6.5 – 8.0 m dal p.c. in approfondimento da Ovest verso Est, è caratterizzata da materiali misti nel complesso consistenti anche se con una certa differenziazione dello stato di addensamento con valori di resistenza penetrometrica  $Q_c = 20-50$  kg/cmq.
  - **E - Sabbia argillosa a tratti con ghiaietto, addensata:** rilevata a partire da 6.5 – 8.0 m dal p.c. e sino a fine prove a 9.0 m dal p.c., è caratterizzata da materiali nel complesso ben addensati di tipo misto sabbiosi ed argillosi compatti, con valori di resistenza penetrometrica  $Q_c = 70-120$  kg/cmq.

## 6.2 - Caratteristiche geotecniche

Sulla base dei risultati delle correlazioni empiriche e semiempiriche proposte dalla letteratura specializzata per interpretare le prove C.P.T., è stata effettuata una valutazione complessiva delle caratteristiche geotecniche dei terreni che costituiscono il sottosuolo indagato, concludendo quanto segue:

- i terreni indagati sono tutti caratterizzati da condizione di resistenza e compressibilità nel complesso di tipo “standard” relativamente a terreni alluvionali terrazzati di media pianura rialzate rispetto alle zone occidentali di bassa piana, che permettono, anche per l'assenza di condizioni di falda alta, l'assunzione di fondazioni superficiali tradizionali o comunque usualmente dimensionabili in rapporto alle entità di carico che saranno previste;
- nel complesso si tratta di material a prevalente comportamento coesivo nei primi metri e poi coesivo – attritivo nella parte inferiore della successione stratigrafica, di medio-buona consistenza, anche se nei primi metri possono esservi differenziazioni di stato di addensamento e consistenza anche se le prove eseguite hanno sempre rilevato valori di  $Q_c > 20$  kg/cmq, una volta asportato il primo metro di spessore di terreno in parte di coltivo.
- globalmente non si riscontrano condizioni di particolare compressibilità edometrica, nè spessori di terreni compressibili scadenti.

---

In riferimento a quanto sopra risulta positivamente accertato in questa sede che l'area indagata è utilizzabile ai fini edificatori come previsto dal Piano di Lottizzazione.

Permane la necessità che le campagne geognostiche da eseguire in sede di progettazione esecutiva degli interventi (NTC 2018 e DGRT 36/R/2009) consentano la specifica caratterizzazione stratigrafica e geotecnica del sottosuolo di ciascun edificio, con riferimento alla necessità di verificare l'esistenza o meno di variazioni laterali significative di costituzione e resistenza dei terreni presenti.

## 7 - CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL TERRENO

Dato che, come sopra detto, al sito è attribuita la classe di *fattibilità 3 per motivi sismici* ed in particolare per la possibilità che si abbiano nel sottosuolo condizioni di eccessivo contrasto di impedenza sismica tale da determinare amplificazioni locali di accelerazione sismica, è stato eseguito, in ottemperanza alle indicazioni della scheda di fattibilità del comprato C8 del R.U., un accertamento geofisico con tecnica MASW sul sito di intervento.

### PROSPEZIONE SISMICA CON METODOLOGIA MASW

L'indagine MASW è stata effettuata per la caratterizzazione della velocità delle onde Sh dei terreni presenti, per determinare il parametro  $VS_{30}$ , necessario al fine della classificazione dei suoli per la definizione dell'azione sismica di progetto, come richiesto dalle "Norme Tecniche per le Costruzioni" (D.M. 17/01/2018).

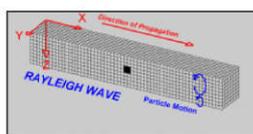
L'interpretazione dei dati acquisiti in campagna ha consentito di ricavare una sequenza sismo-stratigrafica relativamente all'area di indagine, con suddivisione in strati aventi analoghe caratteristiche delle velocità di propagazione delle onde sismiche trasversali.

E' stato possibile, per ottimizzare l'interpretazione, riferirsi al locale assetto geolitologico-geotecnico.

### GENERALITÀ SUL METODO MASW

Le onde sismiche che si propagano in un mezzo si dividono, principalmente, in Onde di corpo e onde di superficie. Fra queste ultime si hanno le onde di Rayleigh, le onde di Love e le onde di Lamb.

Le onde di Rayleigh, in particolare, sono originate dall'interazione fra le onde di pressione e le onde di taglio verticali quando esista una superficie libera in un mezzo omogeneo e isotropo.

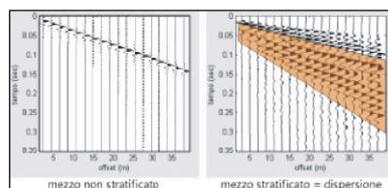


Il moto delle particelle è di tipo ellittico retrogrado, il quale si inverte a una profondità di  $\lambda/2\pi$ . L'ampiezza dello spostamento decresce secondo una legge esponenziale.

L'energia convertita in onde di Rayleigh è, in percentuale, molto maggiore rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P ed S. Inoltre l'ampiezza delle onde di superficie varia con la radice quadrata di  $r$ , e non con  $r$  come avviene per le onde di corpo. Le onde di Rayleigh presentano una velocità del 90% circa rispetto a quella delle onde di taglio.

In presenza di un semispazio omogeneo, la velocità di tali onde non varia in funzione della

frequenza, non si ha cioè dispersione, la deformazione di un treno di onde dovuta alla variazione della velocità di propagazione in funzione della frequenza. Questa deformazione si manifesta invece quando il terreno presenti una stratificazione; la velocità di propagazione per una certa lunghezza d'onda viene influenzata dalle proprietà che il mezzo possiede fino a una profondità dell'ordine di  $\lambda/2$  circa.



Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Quindi una metodologia che utilizzi le onde superficiali è in grado di rilevare variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità.

Nel caso che l'obiettivo sia di verificare le caratteristiche delle velocità delle onde S nel terreno, questo tipo di indagine è molto utile, in quanto la  $V_s$  è il fattore che governa le caratteristiche della dispersione.

Inoltre il metodo non è limitato dalla presenza di inversioni di velocità, e presenta una buona risoluzione.

L'indagine secondo la tecnica MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves) prevede l'energizzazione mediante sorgente attiva, con registrazione simultanea su 12 o più canali. Vengono utilizzati geofoni a componente verticale sensibili alle basse frequenze (un valore tipico sono 4,5 Hz).

La distanza dalla sorgente di energizzazione e il primo ricevitore condiziona  $\lambda_{max}$ , e quindi la profondità di indagine; anche la lunghezza dello stendimento geofonico è in relazione alla profondità di indagine, mentre la distanza intergeofonica condiziona lo spessore dello strato più sottile rilevabile.

E' importante osservare che nel sismogramma possono comparire diversi tipi di onde: onde di corpo, onde superficiali non piane, onde riverberate dalle disomogeneità superficiali, oltre al rumore ambientale e quello imputabile alle attività umane. Questo comporta una difficoltà aggiuntiva nella "lettura" dello spettro di velocità e quindi nella successiva individuazione della curva di dispersione.

Le onde di corpo sono di solito riconoscibili; le onde superficiali riverberate (back scattered) possono risultare prevalenti in un sismogramma quando siano presenti discontinuità orizzontali. Le ampiezze relative di ciascuna tipologia di rumore generalmente cambiano con la frequenza e la distanza dalla sorgente. Ciascun rumore, inoltre, ha diverse velocità e proprietà di attenuazione che possono essere identificate sulla registrazione multicanale grazie all'utilizzo di modelli di coerenza e in base ai tempi di arrivo e all'ampiezza di ciascuno.

In sintesi l'indagine comporta:

- l'acquisizione delle onde superficiali (ground roll);
- la determinazione di uno spettro di velocità, con velocità di fase in funzione della frequenza;
- l'identificazione della curva di dispersione, cioè la determinazione dei punti che, sullo spettro di velocità, appartengono a un certo modo di propagazione dell'onda superficiale di Rayleigh;
- la modellazione diretta sulla scorta delle indagini geognostiche effettuate.

#### ATTREZZATURA E METODOLOGIE IMPIEGATE

Per l'indagine in oggetto si è impiegata un'attrezzatura AMBROGEO "ECHO 12-24/2002 Sismic Unit", avente le seguenti caratteristiche:

. numero di canali: 24	. sampling: 130 microsec
. sampler interval: 0,296 msec	. filter low pass: 50/950 Hz, step 1 Hz
. A/D conversion: 16 bit	. digital filter low pass: 1000-50
. input impedance: 1KOhm	. digital filter high pass: 0-250

<ul style="list-style-type: none"> <li>. Gain: 10 dB – 100 dB (step 1 dB)</li> <li>. saturation tension: +/- 2,3 V</li> <li>. saturation level: 100 dB</li> <li>. distortion: 0,01%</li> <li>. sampler: <ul style="list-style-type: none"> <li>25 msec (191 punti)</li> <li>50 msec (383 punti)</li> <li>100 msec (756 punti)</li> <li>200 msec (1530 punti)</li> <li>400 msec (3060 punti)</li> <li>1000 msec (7560 punti)</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. frequency response: 7-950 Hz, filter at 950 Hz</li> <li>. dynamic range: 93 dB</li> <li>. noise: 0,66 uV RMS, gain = 55 dB</li> <li>. crosstalk: 52 dB, gain = 55 dB</li> <li>. power: 12 V.</li> </ul>
--	--

Il software di acquisizione dati è “ECHO 12-24” vers. 7.00. L’attrezzatura è completata da 2 cavi sismici a 12 takes out spazati a 5 m, con connettori cannon, montati su rullo, geofoni “Geospace” a 4,5 Hz, cannoncino per cartucce industriali, mazza di battuta da 8 Kg con interruttore starter, geofono starter, cavo trigger da 200 m montato su rullo.

Lo stendimento impiegato per il profilo MASW in oggetto ha le seguenti caratteristiche ( vedi documentazione fotografica ):

- n. geofoni: 12
- spaziatura fra i geofoni: 2 m
- n. shots: sono state effettuate 2 rilevazioni, impiegando esclusivamente la mazza di battuta, a distanze di 8 e 10 metri dalla linea geofonica.
- tempo di acquisizione : 1.000 msec.

Il profilo è assimilabile ad orizzontale, in quanto i dislivelli massimi lungo lo stendimento sono non significativi.

#### INTERPRETAZIONE DEI DATI

Per il processo di interpretazione è stata utilizzata la curva di dispersione relativa allo “shot” posto a offset di 8 m dalla linea geofonica.

Per l’interpretazione dei dati è stato impiegato il software winMASW, il quale consente la determinazione di profili verticali della velocità delle onde di taglio Vs tramite l’inversione delle curve di dispersione ottenute, effettuata con algoritmi “genetici”. Tale programma è in grado di operare sui records in formato SGY prodotti dalla strumentazione Ambrogeo secondo la procedura specifica descritta nel capitolo introduttivo.

I diagrammi ed il report relativi al procedimento di elaborazione sono allegati alla presente relazione. Si individuano 5 strati a differente velocità Vsh:

- secondo il MODELLO MEDIO:

strato	1	2	3	4	5	6
VSh (m/sec)	220	233	280	364	556	681
spessore (m)	3,3	1,8	2,7	5,8	7,8	

Nell’ambito del contesto litostratigrafico in oggetto, le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni sono riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II delle **NTC 2018**, e si può quindi fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_s$ .

La classificazione del sottosuolo si effettua 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:

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

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.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite nella seguente Tab. 3.2.II:

<b>Categoria</b>	<b>Caratteristiche della superficie topografica</b>
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , 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	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , 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	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali.

Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera.

Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

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.

Con i dati ottenuti, per la zona di indagine si ha una  $V_{S,eq}$  (corrispondente alla  $V_{S,30}$  per quanto sopra detto) di **399 m/s** riferita al p.c., cui corrisponde una categoria di sottosuolo **“B”**.

Relativamente alla possibilità di esistenza di un importante contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo, la prova eseguita ha rilevato un graduale incremento della  $V_s$  con la profondità, non rilevando significativi contrasti di passaggio tra i livelli rifrattori, permettendo di identificare un sottosuolo che, anche per la presenza di un substrato a profondità  $> 30$  m, si mostra di tipo standard per

---

terreni alluvionali e non suscettibile di amplificazioni sismiche per contrasto di impedenza al suo interno nell'ambito della profondità usualmente considerata critica per tale condizione di incremento della risposta sismica del sito.

## **8 – CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE**

E' stata eseguita un'indagine geologica e geognostico - sismica di approfondimento, realizzata in frazione Pozzarello lungo la via Occhiobello, a supporto del PIANO ATTUATIVO del Comparto C8.

In questa sede di P.A. vengono riproposte le classificazioni di pericolosità e fattibilità per il sito di intervento, così come presenti nell'attuale PS-RU ed in particolare nella scheda C8 di fattibilità, non essendovi intervenute ulteriori condizioni conoscitive o valutative che ne dovessero far rivedere le attribuzioni.

**Alla luce della analisi effettuata, salvo la necessità di eseguire indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche ai sensi delle NTC 2018 e della DGRT 36/R/2009, l'intervento edificatorio risulta pienamente fattibile e privo di limitazioni e condizionamenti sotto il profilo geologico, geomorfologico ed idrogeologico.**

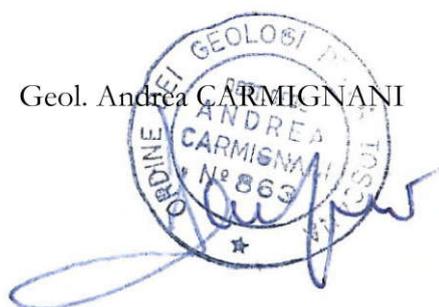
**L'approfondimento sismico condotto con la prova MASW ha infatti escluso che vi siano nel sottosuolo le condizioni di potenziale criticità che avevano spinto alla attribuzione della fattibilità condizionata F.s.3 per motivazioni sismiche e quindi rende utilizzabile nelle normali condizioni standard per tali interventi il sito di P.A.**

Riguardo all'assetto idraulico, l'insieme delle norme di cui alle NTA del PS-RU comunale, PGRA dell'Autorità di Distretto Idrografico Appennino Settentrionale e della LRT 41/2018, sanciscono la condizione di sicurezza idraulica per l'area e la libera utilizzazione della stessa senza provvedere a presidi o precauzioni nei confronti del rischio idraulico, assente.

Riguardo invece alla maggior produzione di ruscellamento per la impermeabilizzazione dei suoli e della conseguente necessità di loro mitigazione, in questa sede si sono effettuate valutazioni della volumetria di maggior produzione idrica nei confronti dell'intervento pubblico (strade, parcheggi, marciapiedi, verde, ecc.), rimandando alle singole sedi progettuali dei lotti edificabili la identificazione dei metodi e dimensioni dei presidi di mitigazione da adottare singolarmente per ciascun lotto di intervento.

Altopascio, 22.11.2019

Geol. Andrea CARMIGNANI



---

**TAVOLE:**

COROGRAFIA scala 1:10.000

*Carta di pericolosità geomorfologica del P.A.I. (Aut.Bac.F.Arno)*

*Carta della pericolosità di alluvionamento – P.G.R.A. – Distretto Idrografico Appennino Settentrionale*

CARTOGRAFIA DEL P.S. COMUNALE (VARIANTE 2014) – DPGRT 53/R/2011

Carta geologica

Carta geomorfologica

Carta litotecnica

Carta delle problematiche idrogeologiche

Carta idrogeologica

Carta della pericolosità geologica

Carta della pericolosità idraulica

Carta della pericolosità sismica

Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica

Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica

SCIENDA DI FATTIBILITA' comparto C8 - Pozzarello – via Occhibelli

CARTOGRAFIE DI SINTESI DEL P.A. (DGRT 53/R/2011)

*- carta della pericolosità geologica e delle condizioni di fattibilità geologica*

*- carta della pericolosità idraulica e delle condizioni di fattibilità idraulica*

*- carta della pericolosità sismica locale e delle condizioni di fattibilità sismica*

UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE in scala 1:1.000

SEZIONE DI CORRELAZIONE STRATIGRAFICA scala orizzontale 1:500 – scala verticale 1:100

**ALLEGATI:**

*prove penetrometriche statiche C.P.T.*

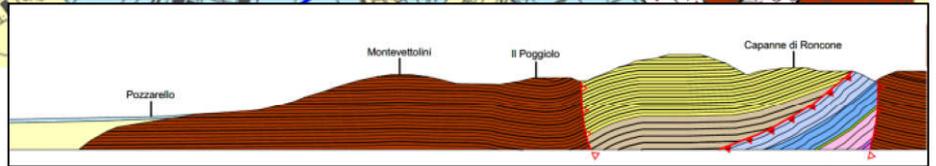
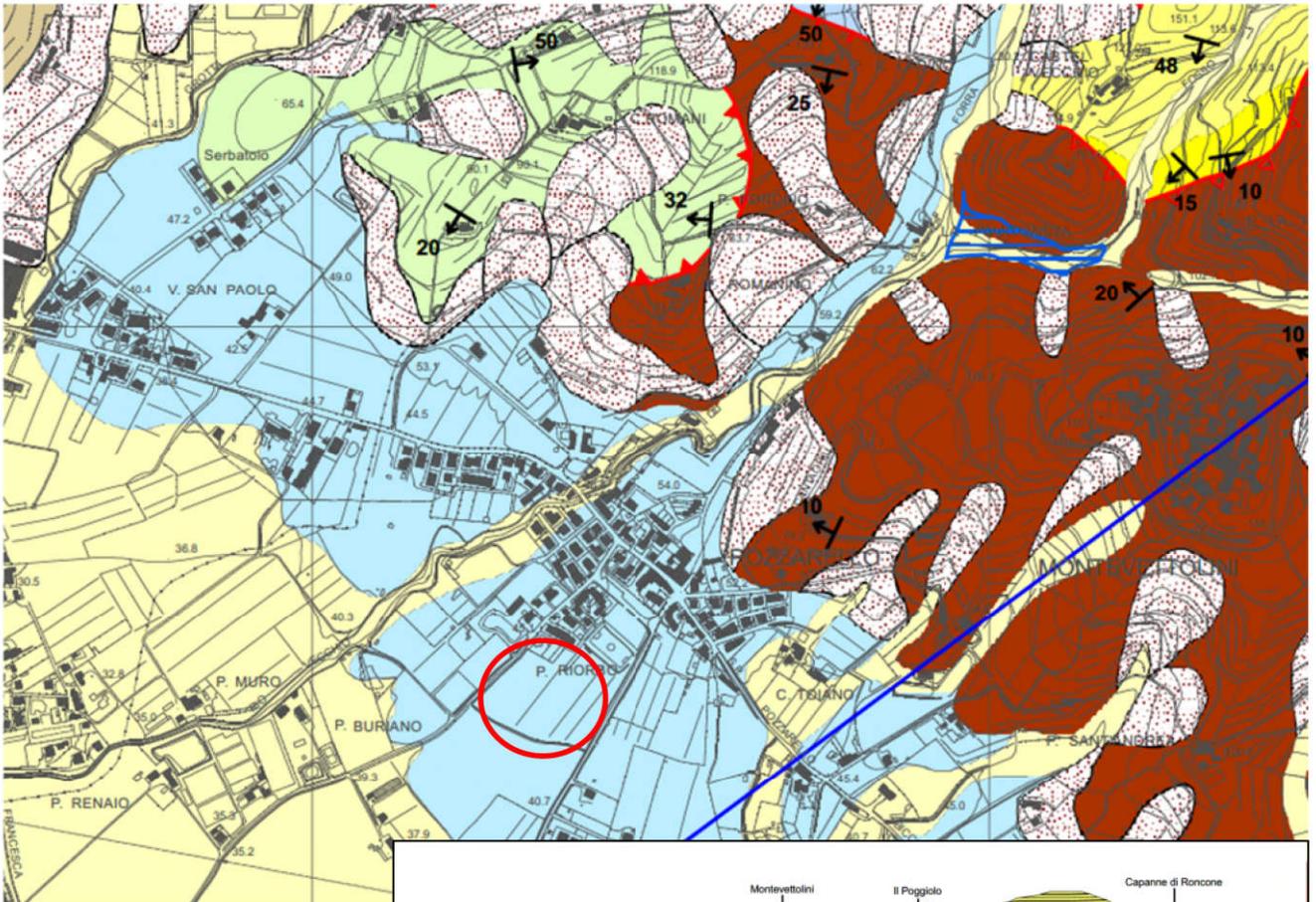
*indagine geofisica MASW*





# CARTA GEOLOGICA

## Stralcio da Variante al P.S.



### DEPOSITI ALLUVIONALI

- attuali e recenti
- terrazzati
- di colmata
- palustri
- conoide alluvionale

### DEPOSITI DI ACCUMULO

- depositi eluviali
- detrito di versante
- detrito di cava
- travertini e calcari continentali

### Unità tettonica Morello

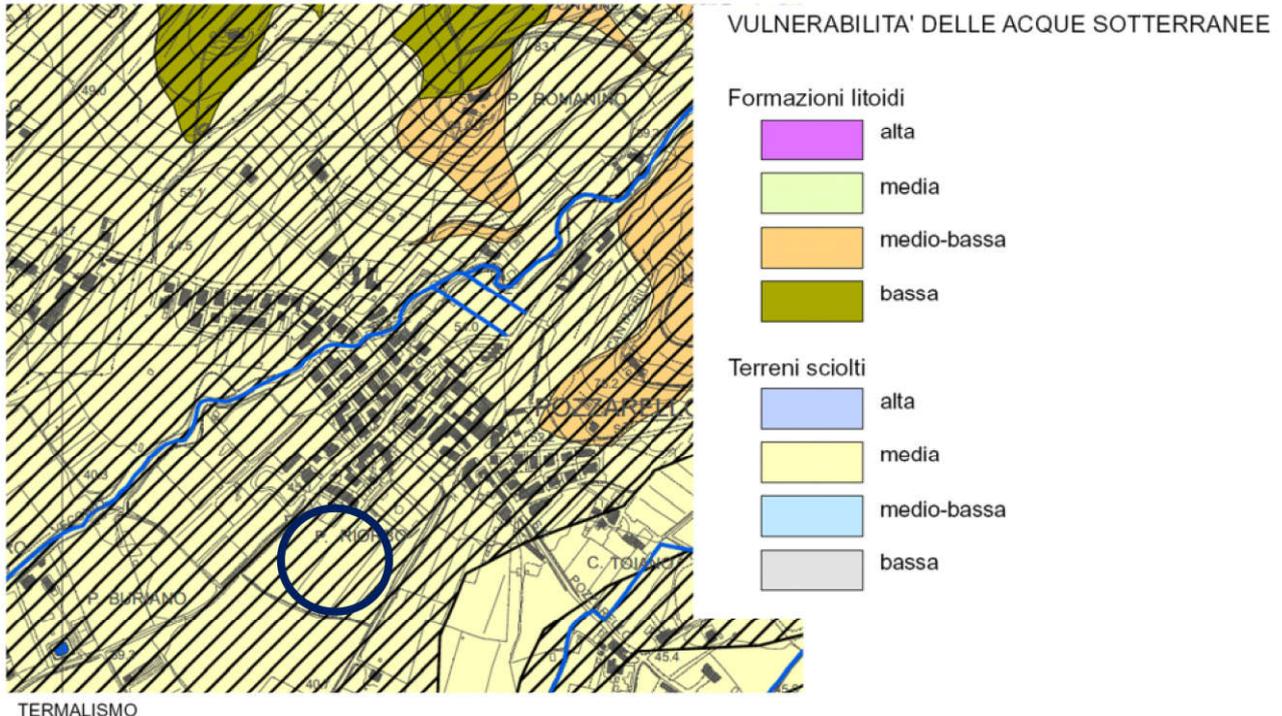
- Formazione di M. Morello (Eocene inf. - Eocene medio/? sup.)
- Formazione di Sillano (Albiano inf. - Campaniano inf.)

### UNITA' TETTONICHE TOSCANE

#### Falda Toscana

- Macigno (Oligocene sup. - Miocene inf.)
- Macigno (facies olistostromica) (Oligocene sup. - Miocene inf.)
- Scaglia Toscana (Aptiano inf. - Oligocene sup.)
- Scaglia Toscana (Membro delle Calcareni di Monte Grossi) (Cretaceo inf.? - Paleocene)
- Maiolica (Titoniano sup. - Aptiano inf.)
- Diaspri (Bajociano sup./ Batoniano inf. - Titoniano sup.)
- Calcare Selcifero della Val di Lima (Bajociano sup./ Batoniano inf. - Titoniano sup.)
- Marne a Posidonia (Pliensbachiano sup./ Toarciano inf. - Bajociano sup./ Batoniano inf.)
- Calcare Selcifero di Limano (Pliensbachiano sup. - Pliensbachiano sup./ Toarciano inf.)
- Rosso Ammonitico (Sinemuriano s.s./ Pliensbachiano inf. - Pliensbachiano sup.)
- Calcari ad angulati (Hettangiano sup./ Sinemuriano s.s. - Pliensbachiano inf.)
- Calcare Massiccio (Hettangiano - Hettangiano sup./ Sinemuriano s.s.)

# CARTA IDROGEOLOGICA E DELLE PROBLEMATICHE IDROGEOLOGICHE Stralcio da Variante al P.S.



- manifestazione termale
- zona di rispetto delle sorgenti e dei pozzi ad uso termale (art.18 della L.R.n.38 del 27/07/2004)
- zona di protezione ambientale delle aree di ricarica delle falde termali (art.18 della L.R. n.38 del 27/07/2004)

## APPROVVIGIONAMENTO IDRICO DELL'ACQUEDOTTO

- pozzo
- sorgente
- area di rispetto dei pozzi e delle sorgenti ad uso acquedottistico (D.Lgs.n°152/06)
- area di ricarica delle sorgenti

## Autorità di Bacino del fiume Arno - Piano Stralcio Bilancio Idrico

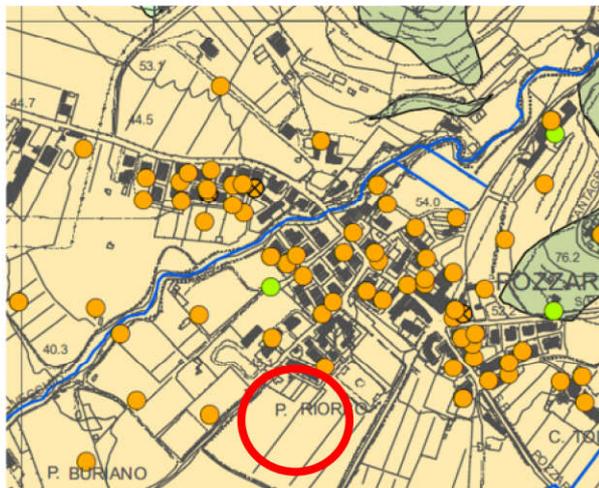
- area di potenziale interferenza significativa con il reticolo idrografico superficiale (art.15)
- area di ricarica dell'acquifero della Valdinievole

## PERMEABILITA' DEL SUBSTRATO

primaria per porosità

- alta (light blue)
- media (orange)
- medio-bassa (yellow)
- bassa (grey)

- areale dove la falda è prossima alla superficie (profondità minore di 5 metri dal p.c.)
- corpo d'acqua



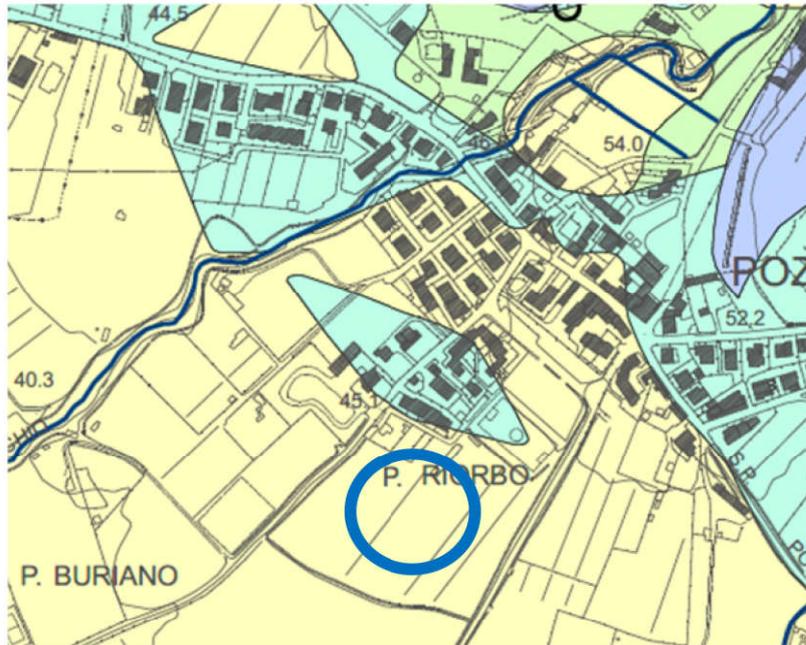
## Approvvigionamento idrico dell'acquedotto

- pozzo
- sorgente

## Pozzi di vario utilizzo

- agricolo attivo (green circle)
- agricolo inattivo (light green circle)
- domestico attivo (orange circle)
- domestico inattivo (light orange circle)
- beni e servizi (purple circle)
- pubblica utilità (red circle)

**CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA**  
Stralcio da Variante al P.S.



Pericolosità geologica molto elevata (G.4)

-  frana attiva
-  alveo in approfondimento

Pericolosità geologica elevata (G.3)

-  frana quiescente
-  area potenzialmente instabile in base alla giacitura delle formazioni stratificate
-  area di potenziale instabilità dovuta alla pendenza del versante:
  - terreni argillosi con pendenze >10%
  - terreni sabbiosi con pendenze >25%
  - terreni litoidi molto fratturati con pendenze >35%
  - terreni litoidi poco fratturati e di buona qualità con pendenze >50%
-  corpo detritico su versante con pendenza >25%
-  area interessata da rilevanti manomissioni antropiche
-  corpo d'acqua e relativo paramento
-  scarpata di erosione non attiva o quiescente
-  area caratterizzata da terreni con scadenti caratteristiche geotecniche

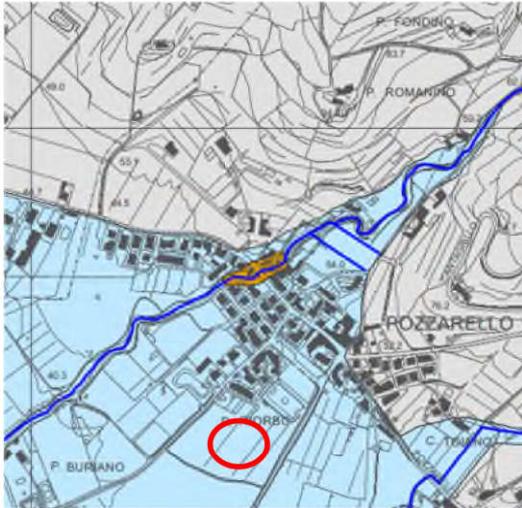
Pericolosità geologica media (G.2)

-  area interessata da frane non attive
-  corpo detritico su versante con pendenza <25%
-  area di potenziale instabilità dovuta alla pendenza del versante:
  - terreni argillosi con pendenze <10%
  - terreni sabbiosi con pendenze <25%
  - terreni litoidi molto fratturati con pendenze <35%
  - terreni litoidi poco fratturati e di buona qualità con pendenze <50%

Pericolosità geologica bassa (G.1)

-  area in cui non sussistono fattori litologici e giacaturali predisponenti il verificarsi di processi morfologici

## CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA Stralcio da Variante al P.S.



Perimetrazioni ottenute con studi idrologico-idraulici di dettaglio sul reticolo idrografico principale

I.4 - Pericolosità idraulica molto elevata\* (Tr=tempo di ritorno)

aree interessate da allagamenti per eventi di piena con un Tr inferiore o uguale a 30 anni  
\* per queste aree si applicano anche le disposizioni di cui alla LR.n.21/2012

I.3 - Pericolosità idraulica elevata

aree interessate da allagamenti per eventi di piena con un Tr compreso tra 30 e 200 anni

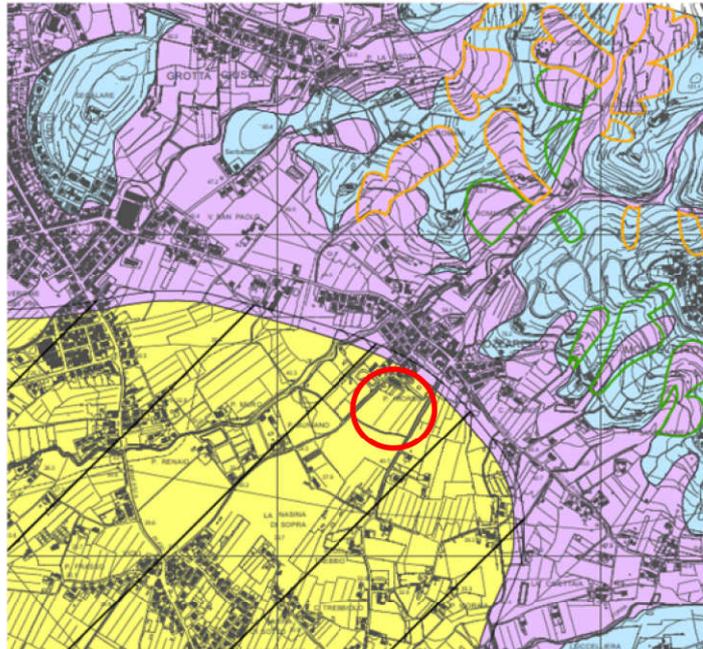
I.2 - Pericolosità idraulica media

aree interessate da allagamenti per eventi di piena con un Tr superiore a 200 anni

I.1 - Pericolosità idraulica bassa

aree collinari e/o di alto morfologico non soggette alle dinamiche fluviali

## CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA Stralcio da Variante al P.S.



Pericolosità sismica locale elevata (S.3)

- frana quiescente
- zona con terreni di fondazione scadenti
- zona suscettibile di amplificazioni locali dovute ad un alto contrasto d'impedenza sismica tra terreni di copertura e substrato rigido entro 30 metri di profondità

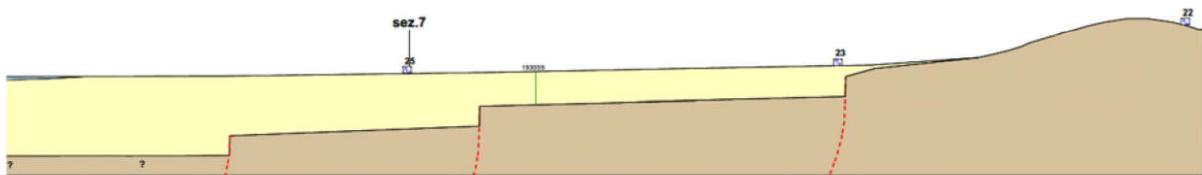
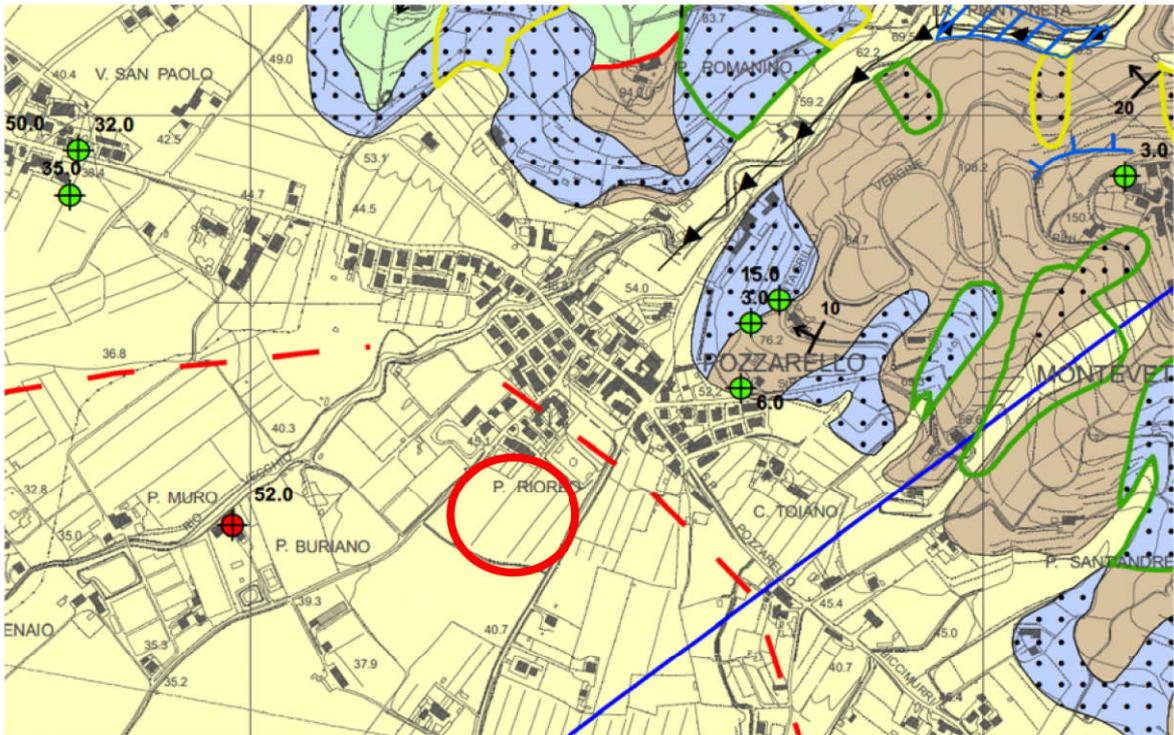
Pericolosità sismica locale media (S.2)

- frana inattiva
- zona stabile con substrato litoide affiorante o sub-affiorante potenzialmente suscettibile di amplificazioni dovute ad effetti morfologici
- zona stabile con substrato litoide posto ad una profondità superiore a 30 metri potenzialmente suscettibile di amplificazioni dovute ad effetti stratigrafici

area in cui il substrato geologico si ritrova a profondità estremamente variabili in relazione alla possibile presenza di un sistema di faglie dirette con direzione prevalente NO-SE

# CARTA GEOLOGICO TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA

## Stralcio da Variante al P.S.



### TERRENI DI COPERTURA (spessore minimo considerato 3,0 m)

	GClc	ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla di depositi alluvionali, moderatamente addensate, da moderatamente consistenti a consistenti
	GMes	ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo di depositi alluvionali di colmata, da scarsamente a moderatamente addensate, da scarsamente a moderatamente consistenti
	PTIc	torbe ed altri terreni fortemente organici di depositi palustri da scarsamente a moderatamente consistenti
	SMec	sabbie limose, miscela di sabbia e limo di depositi eluvio-colluviali, moderatamente addensati, da moderatamente consistenti a consistenti
	GMfd	ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo di detrito di versante moderatamente addensate, da moderatamente consistenti a consistenti
	FA	terreni contenenti resti di attività antropiche, detrito di cava

### SUBSTRATO RIGIDO E NON RIGIDO

	LP	lapideo
	ALS	flysch calcarei ed arenacei, con alternanza di litotipi, stratificati
	NR	substrato non rigido
	GRS	granulare cementato, stratificato

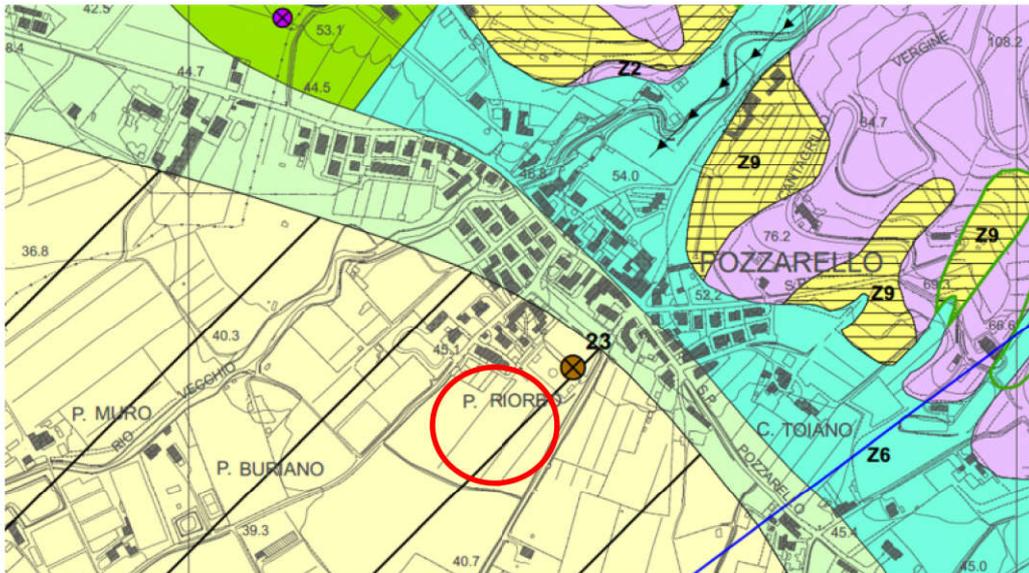
### ELEMENTI TETTONICO STRUTTURALI

	faglia diretta certa non attiva
	faglia diretta incerta non attiva

### INDAGINI GEOGNOSTICHE

- 20 profondità in metri del substrato geologico raggiunto da un sondaggio o da un pozzo
- 32 profondità in metri di un sondaggio o di un pozzo che non ha raggiunto il substrato geologico

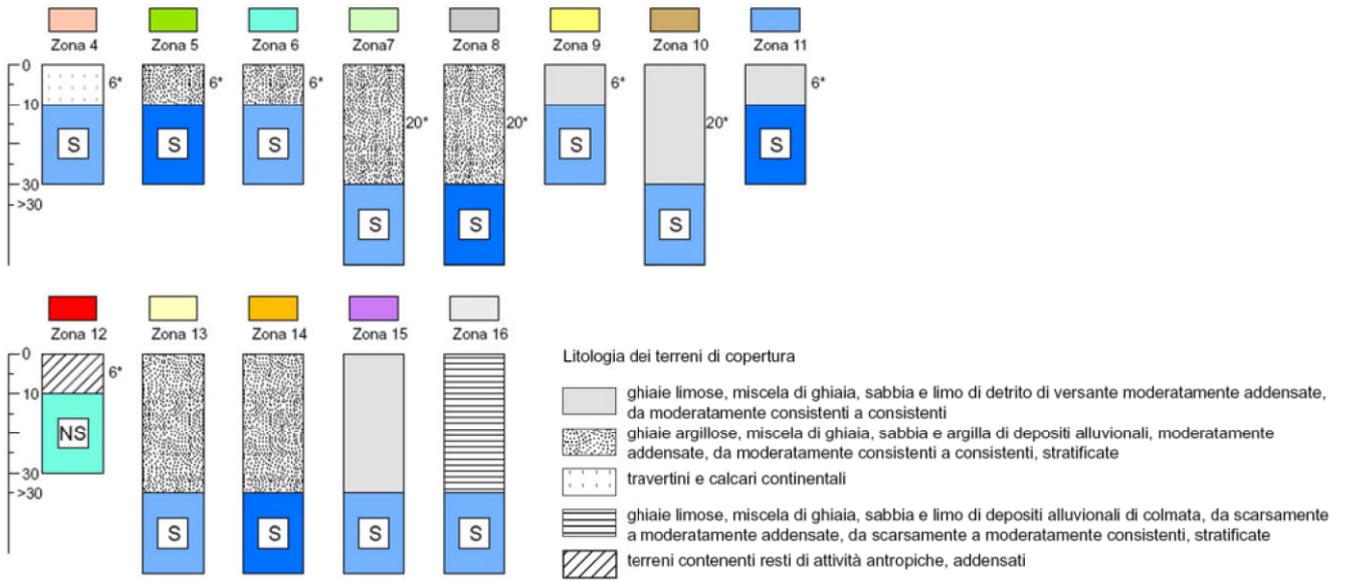
# CARTA delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica Stralcio da Variante al P.S.



### ZONE STABILI



### ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI



(\*) spessore medio dei terreni di copertura in metri

### MISURE HVSR - FREQUENZE FONDAMENTALI (6) numero riferimento scheda

f0 (hz)
^ nessuna risonanza
{ 0.1 < f0 < 0.5
( 0.5 < f0 < 1.0
( 1.0 < f0 < 2.5
( 2.5 < f0 < 5.0
( 5.0 < f0 < 7.5
( 7.5 < f0 < 10.0
( 10.0 < f0 < 15.0
( 15.0 < f0 < 20.0
( 20.0 < f0

f0(hz)=frequenza di picco

A0
^ nessuna risonanza
? 1.1 < A0 < 2.0
? 2.0 < A0 < 3.0
? 3.0 < A0 < 5.0
? 5.0 < A0

A0=ampiezza di picco

prova 1 - f0=12.06 A0=2.61	prova 18 - f0=18.34 A0=2.69
prova 2 - f0=17.72 A0=2.13	prova 20 - f0=11.02 A0=2.25
prova 3 - f0=2.11 A0=6.55	prova 21 - f0=0.75 A0=2.53
prova 4 - f0=2.82 A0=6.67	prova 22 - f0=8.05 A0=3.79
prova 5 - f0=7.34 A0=2.82	prova 23 - f0=1.07 A0=3.25
prova 6 - f0=1.73 A0=6.03	prova 24 - f0=0.40 A0=3.83
prova 7 - f0=6.43 A0=3.88	prova 25 - f0=0.65 A0=4.45
prova 8 - f0=2.40 A0=2.50	prova 26 - f0=0.37 A0=3.62
prova 9 - f0=21.45 A0=2.46	prova 29 - f0=0.50 A0=4.24
prova 10 - f0=3.38 A0=4.33	prova 30 - f0=30.51 A0=2.07
prova 11 - f0=0.63 A0=4.64	prova 32 - f0=0.70 A0=3.39
prova 12 - f0=47.72 A0=1.63	prova 33 - f0=0.43 A0=4.32
prova 13 - f0=10.85 A0=2.21	prova 34 - f0=0.65 A0=5.89
prova 14 - f0=27.60 A0=3.85	prova 35 - f0=0.65 A0=5.28
prova 15 - f0=14.86 A0=4.69	prova 36 - f0=0.51 A0=7.66
prova 16 - f0=0.81 A0=3.60	prova 37 - f0=0.80 A0=3.61
prova 17 - f0=0.46 A0=3.93	

## SCHEDA DI FATTIBILITA' SF11

### C8 - Pozzarello. Via Occhibelli

#### Parametri urbanistici ed edilizi:

ST mq	Sul mq	h max mt	RC	F3p Verde mq	F4p Parcheggio mq
<a href="#">1464012372</a>	1100	7,50	40% SF	<del>6373</del> 7344	<del>682</del> 1058

#### Destinazione d'uso:

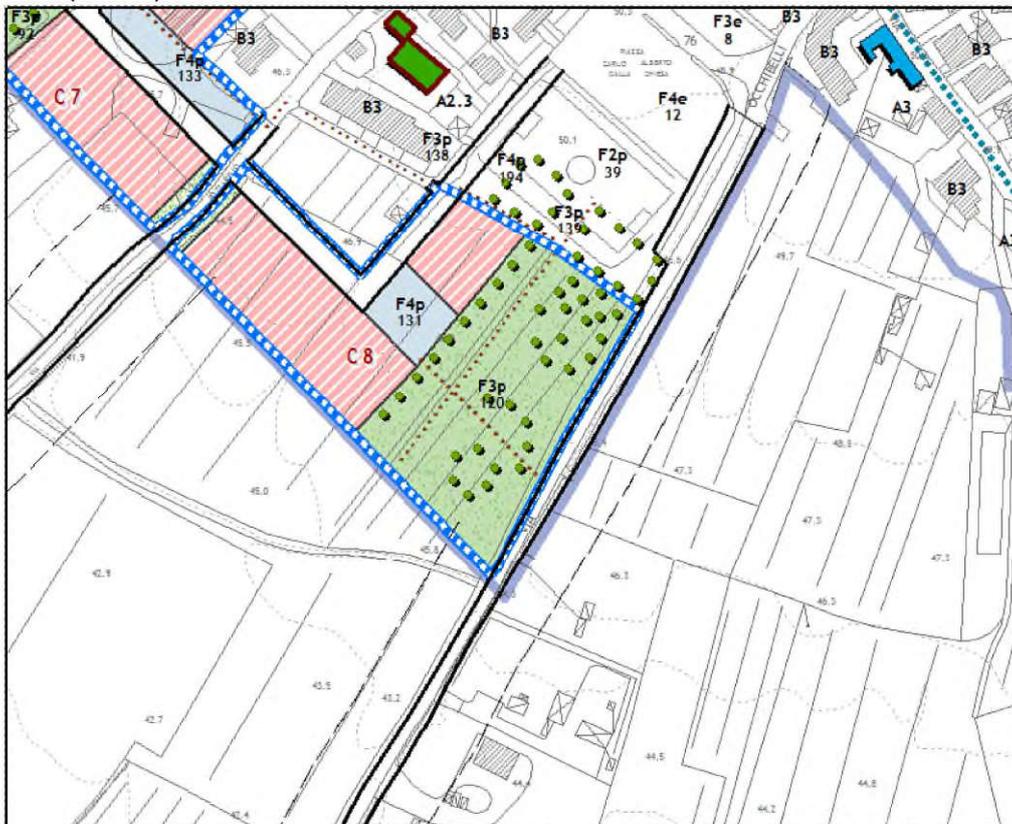
- residenza;
- artigianale di servizio alla residenza
- commerciale al dettaglio escluse medie e grandi strutture di vendita, somministrazione alimenti e bevande, vendita della stampa;
- direzionale
- di servizio ad eccezione delle funzioni f3, f4, f18, f19, f20, f21, f22.

#### Elementi vincolanti per la progettazione e l'attuazione del Piano:

- assetto viario;
- cessione dell'area a verde pubblico lungo via Occhibelli.

#### Modalità di attuazione:

Piano Attuativo (P.d.L.)



## **Problematiche geologiche, idrauliche e sismiche**

### Pericolosità geologica

Classe G.1: substrato pianeggiante senza fattori predisponenti alla formazione di processi morfoevolutivi, costituito prevalentemente da terreni argillosi e limosi. Per una preliminare caratterizzazione del terreno di fondazione è presente soltanto una prova di microtremore individuata nella tavola G04 - Carta litotecnica e delle indagini geognostiche.

### Pericolosità idraulica

Classe I.2: areale non soggetto ad allagamenti dovuti all'esonazione dei corsi d'acqua per tempi di ritorno trentennali e duecentennali.

### Pericolosità sismica:

Classe S.2: zona sismica stabile caratterizzata dalla presenza del substrato litoide posto a una profondità al limite dei 30 metri oltre la quale non si determinano effetti di amplificazione significativi per contrasto di impedenza tra copertura alluvionale e substrato lapideo. La misura di microtremore (HVSR 23) effettuata nelle vicinanze, anche se più verso monte, mostra però un alto contrasto di impedenza  $A_0=3,25$  e un valore della frequenza di picco  $f_0=1,07$ . Di fatto l'areale oggetto di intervento rientra nella zona 13 della carta delle MOPS anche se è molto prossimo alla fascia pedecollinare dove è possibile che si verifichino effetti di amplificazione sismica dovuti ad un alto contrasto di impedenza tra i terreni alluvionali di copertura ed il substrato lapideo entro una profondità significativa rispetto al piano di campagna.

## **Condizioni e prescrizioni per le realizzazioni**

### Fattibilità geologica F2:

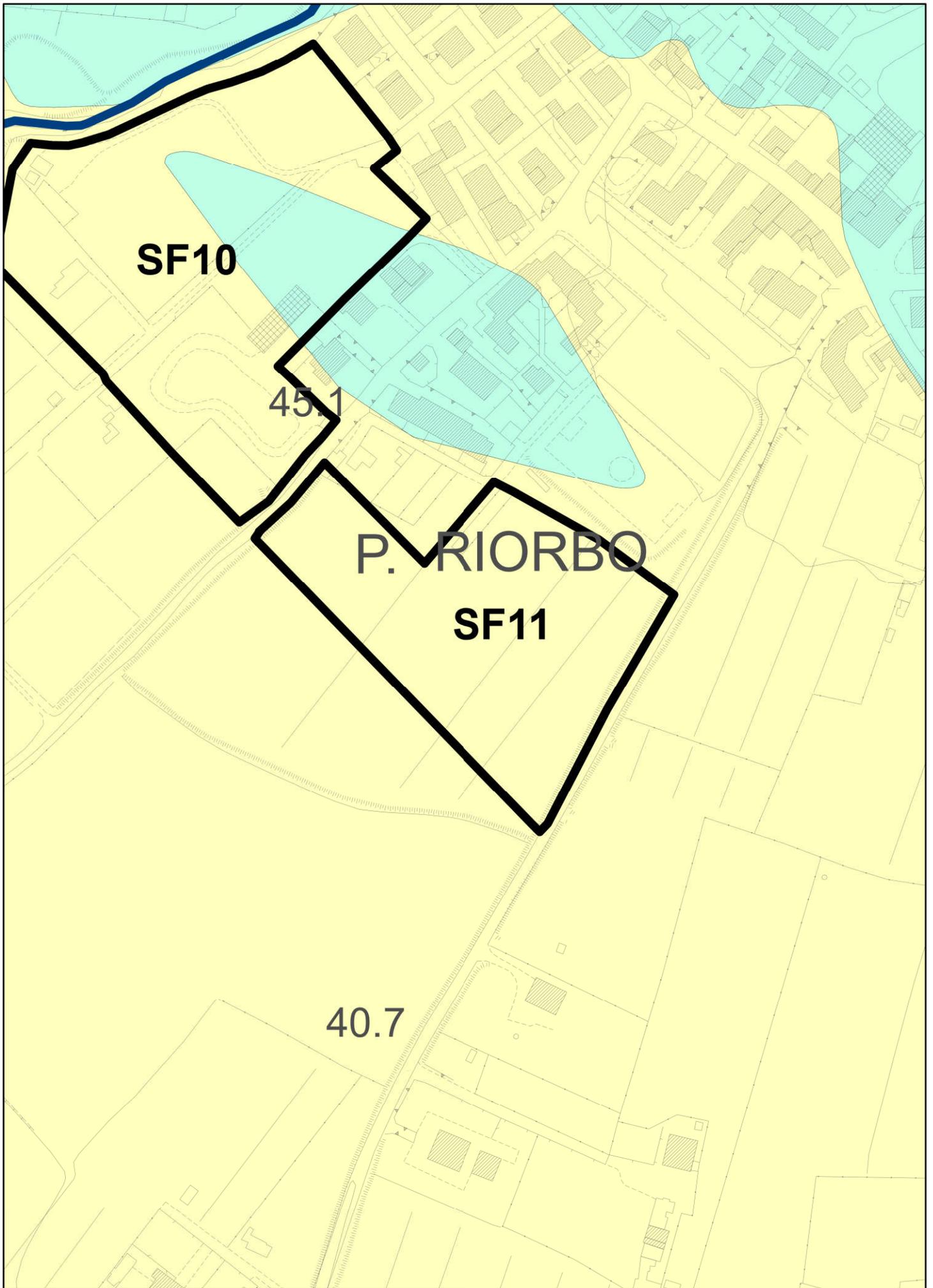
L'attuazione dell'intervento è subordinata alla effettuazione dei normali studi geologico-tecnici previsti dalla normativa vigente in materia (DPGR.n.36/R/09 e NTC 2008) e finalizzati alla verifica delle caratteristiche geotecniche del substrato di fondazione a livello di progetto esecutivo.

### Fattibilità idraulica F.2:

La pericolosità idraulica di classe due non impone particolari condizioni per la realizzazione degli interventi previsti. Dato che la realizzazione dell'intervento comporta la copertura di terreno non edificato per un areale superiore a 500 mq, ai fini della limitazione degli effetti della impermeabilizzazione del suolo si dovranno prevedere impianti e/o manufatti per l'immagazzinamento temporaneo delle acque meteoriche così come richiesto dall'art.39 comma 5 lettera c delle NTA del PTC [quantificando il volume di acqua secondo le indicazioni di cui al punto 3.3 dell'art.134 delle NTA.](#)

### Fattibilità sismica F.3:

In sede di redazione del piano attuativo, oltre all'effettuazione dei normali studi geologico-tecnici previsti dalla normativa vigente in materia (DPGR.n.36/R/09 e NTC 2008), sono da realizzare adeguate indagini geofisiche, costituite da profili sismici a rifrazione e/o profili MASW e/o prove sismiche in foro, finalizzate a definire gli spessori, le geometrie e le velocità sismiche dei litotipi sepolti in relazione alla individuazione o meno del substrato lapideo entro una profondità significativa ai fini degli effetti di amplificazione sismica.



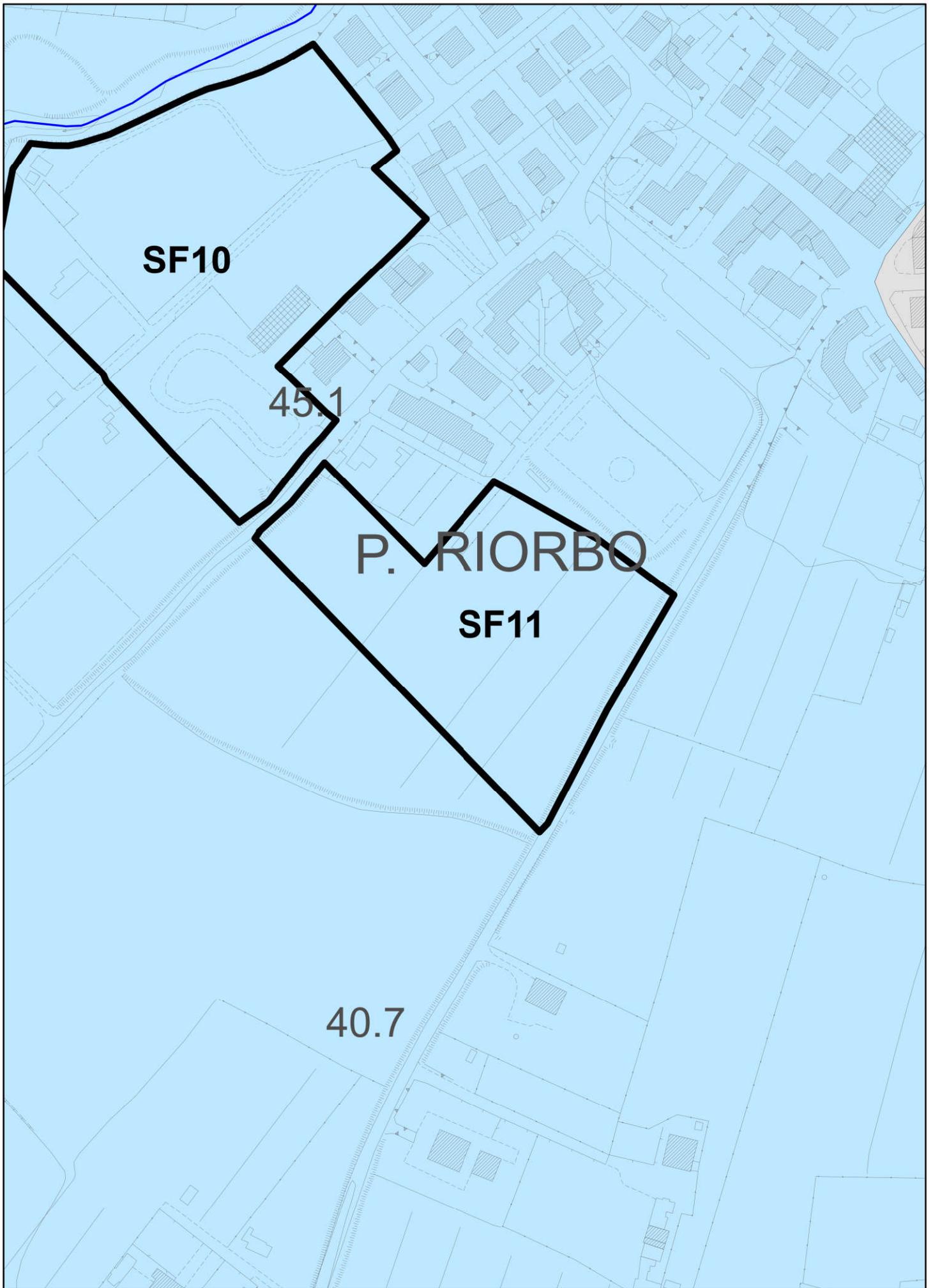
**SF10**

45.1

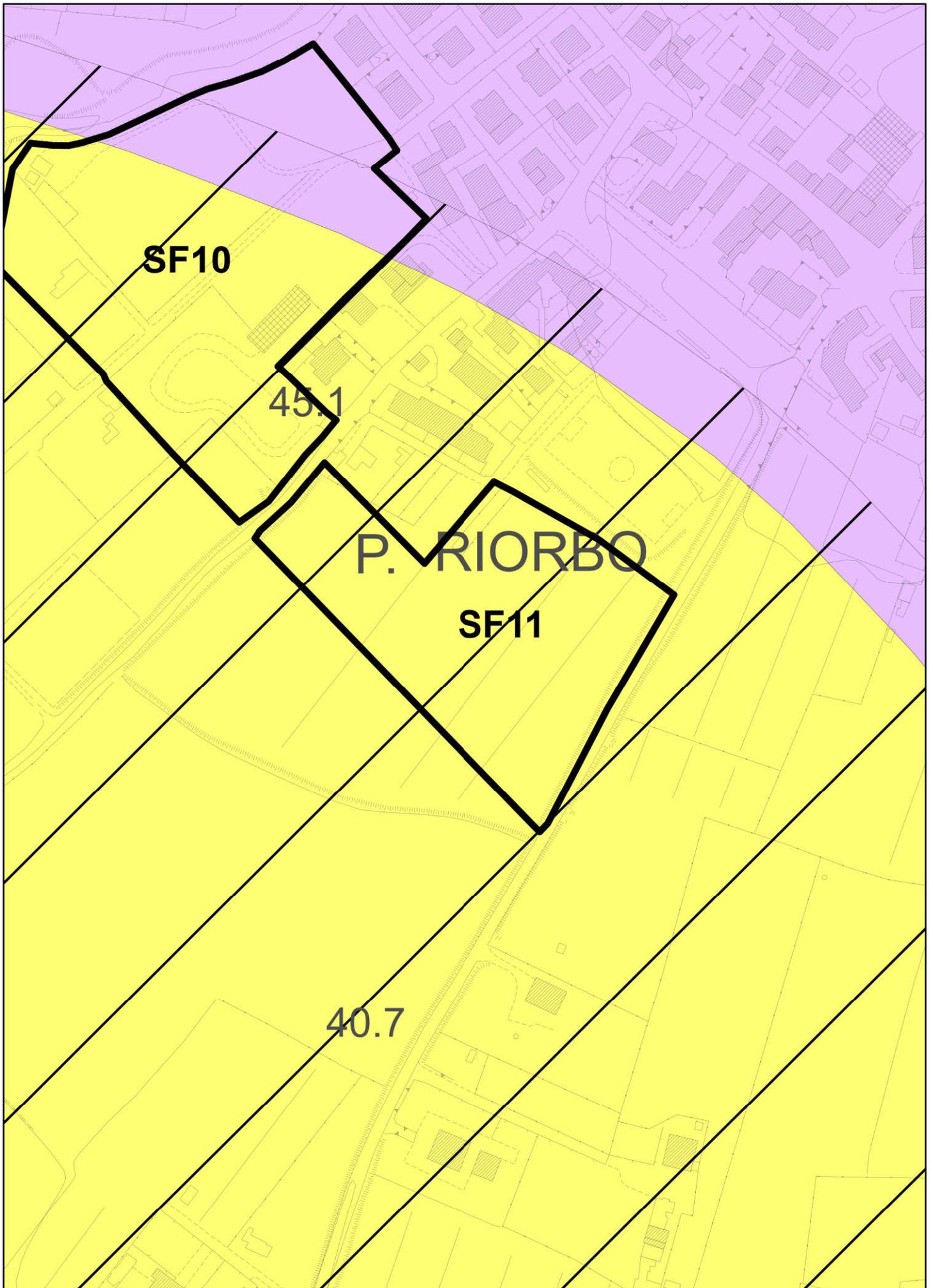
**P. RIORBO**

**SF11**

40.7

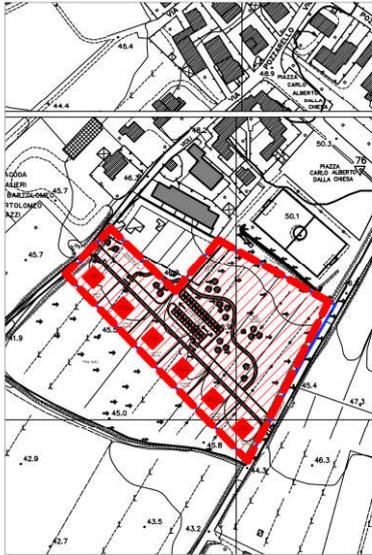


pericolosità idraulica



pericolosità sismica

**PIANO ATTUATIVO comp. C8 - CARTE DELLE PERICOLOSITA'  
E RELATIVE CONDIZIONI DI FATTIBILITA' - D.P.G.R.T. 53/R/2011 (All A)  
scala 1:5.000**



**2.1. C.1. - Valutazione della pericolosità: aree a pericolosità geologica**

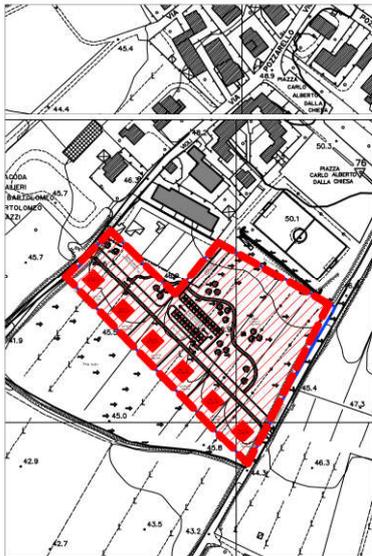
**G.1**

**PERICOLOSITA' GEOLOGICA BASSA** - Aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi

**3.1. - condizioni di fattibilità**

**F.2**

**FATTIBILITA' CON NORMALI VINCOLI** - si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali è necessario indicare la tipologia di indagini e/o specifiche prescrizioni ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia (indagini geognostiche e geotecniche in base alle NTC 2018 - DPGRT 36/R/2009)



**2.1. C.2. - Valutazione della pericolosità: aree a pericolosità idraulica**

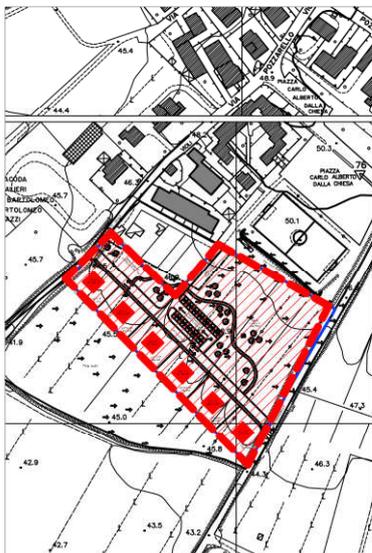
**I.2**

**PERICOLOSITA' IDRAULICA MEDIA** - Aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra  $200 < TR < 500$  anni

**3.1. - condizioni di fattibilità**

**F.2**

**FATTIBILITA' CON NORMALI VINCOLI** - si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali è necessario indicare la tipologia di indagini e/o specifiche prescrizioni ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia (mitigazione degli effetti della impermeabilizzazione art. 134.3.3 NTA RU)



**2.1. C.5. - Valutazione della pericolosità: aree a pericolosità sismica**

**S.2**

**PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE MEDIA** - Aree stabili suscettibili di amplificazioni locali, caratterizzate dalla presenza del substrato litoide al limite della profondità di 30 m e quindi con potenzialità di contrasto di impedenza significativo tra coperture e substrato

**3.1. - condizioni di fattibilità**

**F.3**

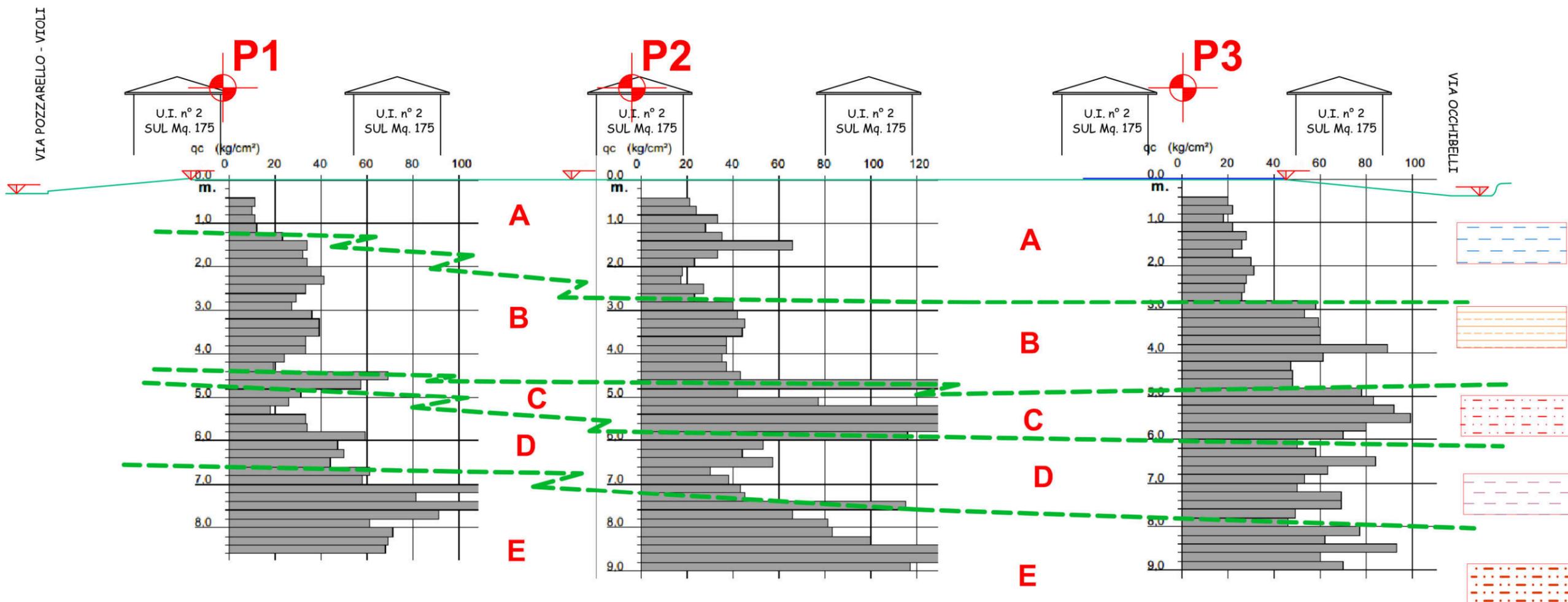
**FATTIBILITA' CONDIZIONATA** - si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali sono indicate specifiche prescrizioni ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia; in questo caso costituite dalla esecuzione di una indagine sismica ai sensi delle NTC/2018 e DPGRT 36/R/2009 per accertare l'assenza di contrasti di impedenza sismica significativi

**UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE**  
 scala 1:1.000



masw Indagine geofisica MASW     
 Ps1-2 Prove penetrometriche statiche - C.P.T.     
 A-A Sezione di correlazione stratigrafico - geotecnica

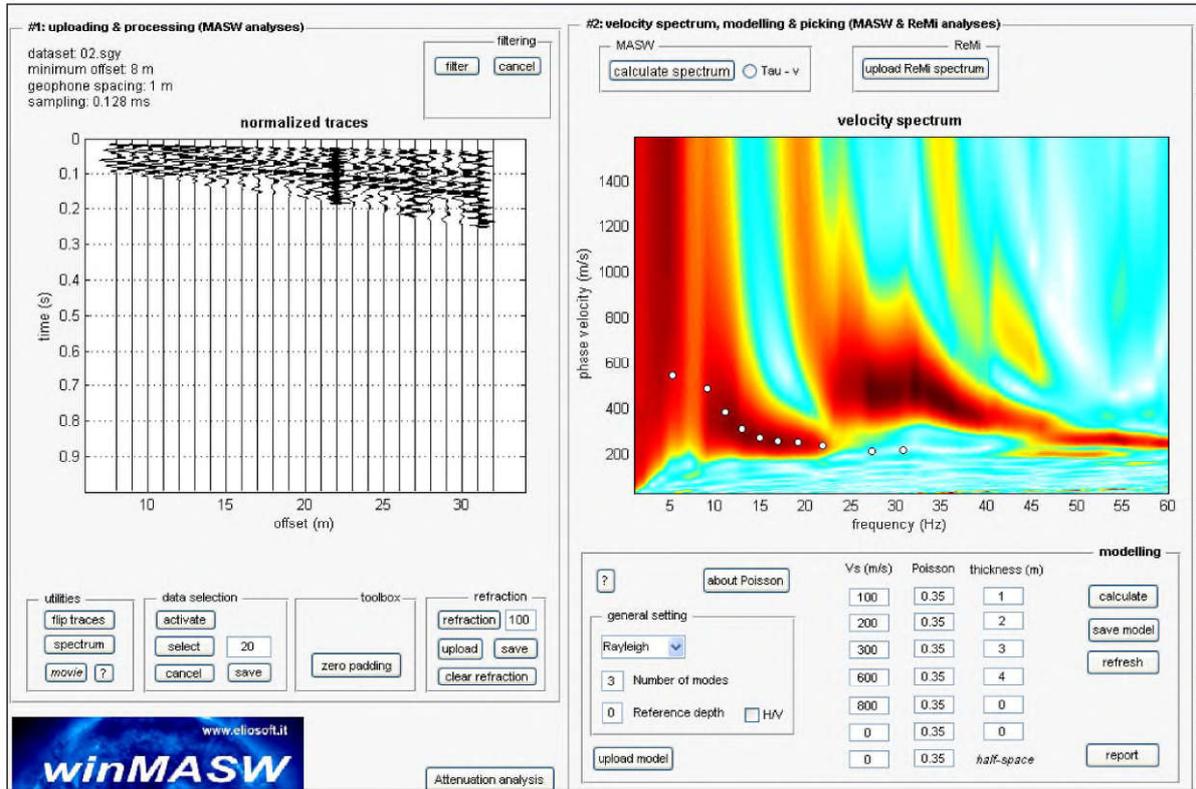
**SEZIONE DI RICOSTRUZIONE STRATIGRAFICA**  
 scala orizzontale 1:500      scala verticale 1:100



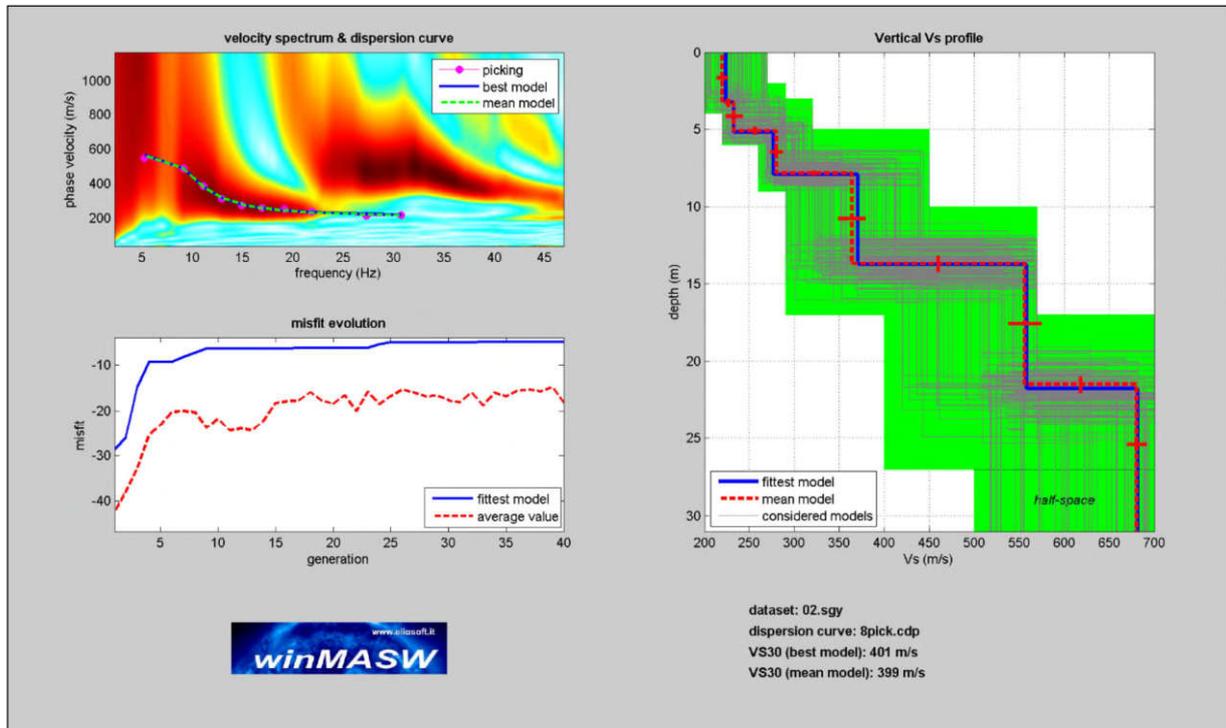
**STRATIGRAFIA DEL SOTTOSUOLO**

COSTITUZIONE SEDIMENTOLOGICA		CONSISTENZA - prove C.P.T.	
	limo argilloso debolmente sabbioso di media consistenza	<b>media</b> <b>Qc = 15-25 kg/cmq</b>	<b>A</b>
	argilla sabbiosa di buona consistenza	<b>buona</b> <b>Qc = 30-40 kg/cmq</b>	<b>B</b>
	sabbia argillosa addensata	<b>elevata</b> <b>Qc = 90-120 kg/cmq</b>	<b>C</b>
	sabbia limosa a tratti argillosa di medio buona consistenza	<b>medio-buona</b> <b>Qc = 20-50 kg/cmq</b>	<b>D</b>
	sabbia argillosa a tratti con ghiaietto, addensata	<b>elevata</b> <b>Qc = 70-120 kg/cmq</b>	<b>E</b>

## GRAFICI INDAGINE SISMICA MASW



Common-shot gather e spettro di velocità



Risultato inversione

**RISULTATI ELABORAZIONE MASW – via Occhibelli, Monsummano Terme**  
**Richiedente: sig.ri SATTI Carlo e Teresa Orietta**

Dispersion curve: number of frequency-velocity points=10

dataset: 02.sgy  
minimum offset (m): 8  
geophone spacing (m): 1  
sampling (ms): 0.128  
Dispersion curve: 8pick.cdp  
Number of individuals: 30  
Number of generations: 31

Rayleigh-wave dispersion analysis

Adopted search space (minimum Vs & thickness): 200 2 220 1 260 2 290 5 400 7 500  
Adopted search space (maximum Vs & thickness): 270 4 290 2 320 3 450 8 570 10 700  
Adopted Poisson values: 0.45 0.4 0.4 0.4 0.35 0.35

Output folder: C:\WINMAS~1\output

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits:	-42.5019	-28.7217
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits:	-37.9424	-26.0371
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits:	-32.6969	-14.7102
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits:	-25.6182	-9.216
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits:	-23.2082	-9.216
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits:	-20.2752	-9.216
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits:	-20.0974	-8.20827
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits:	-20.3556	-7.21587
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits:	-23.877	-6.30907
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits:	-21.7809	-6.30907
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits:	-24.4677	-6.30907
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits:	-24.1201	-6.30907
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits:	-24.4594	-6.29653
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits:	-22.0284	-6.29653
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits:	-18.2744	-6.29653
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits:	-17.9606	-6.29653
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits:	-17.6938	-6.18442
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits:	-15.9628	-6.18442
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits:	-17.83	-6.18442
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits:	-18.5257	-6.18442
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits:	-16.6076	-6.18442
Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits:	-20.073	-6.18442
Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits:	-15.7748	-6.18442
Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits:	-18.5648	-5.40478
Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits:	-16.7652	-4.99964
Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits:	-15.3854	-4.99964
Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits:	-16.0689	-4.99964
Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits:	-16.8107	-4.99964
Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits:	-16.676	-4.99964
Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits:	-17.6707	-4.99964
Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits:	-18.1094	-4.99964

Checking the new search space (for the finer search)

Now a finer search around the most promising search space area

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -15.9599	-4.99964
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -18.8407	-4.86174
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -16.0432	-4.86174
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -16.8061	-4.86174
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -15.6054	-4.86174
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -15.3535	-4.86174
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -15.752	-4.86174
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -14.8163	-4.86174
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -18.2322	-4.86174

Model after the Vs & Thickness optimization (fixed Poisson values):

Vs (m/s):	224	233	277	371	558	682
Poisson:	0.45	0.4	0.4	0.4	0.35	0.35
Thickness (m):	3.3	1.9	2.7	5.8	8	

Number of models considered to calculate the average model: 20

```
#####  
RESULTS winMASW Pro  
#####
```

Dataset: 02.sgy  
Analyzed curve: 8pick.cdp

MEAN MODEL

VS (m/s):	220	233	280	364	556	681
Standard deviations (m/s):	6	9	7	15	18	11
Thickness (m):	3.3	1.8	2.7	5.8	7.8	
Standard deviations (m):	0.3	0.3	0.1	0.5	0.5	

Approximate values for Vp, density & elastic moduli

Vp (m/s):	730	571	686	892	1157	1418
Density (gr/cm3):	1.98	1.92	1.96	2.03	2.09	2.14
Vp/Vs ratio:	3.32	2.45	2.45	2.45	2.08	2.08
Poisson:	0.45	0.40	0.40	0.40	0.35	0.35
Young modulus (MPa):	278	292	431	752	1744	2678
Shear modulus (MPa):	96	104	154	268	646	992
Lamé (MPa):	862	417	616	1075	1505	2317
Bulk modulus (MPa):	926	487	718	1254	1936	2978

Fundamental mode

Mean model

f(Hz)	VR(m/s)
5.2673	562.6814
9.10168	486.2756
11.0807	378.7374
12.9361	315.449
14.9151	279.2786
16.8941	258.0371
19.1205	243.1796
21.8417	232.0388
27.2841	220.6542
30.7474	216.9427

BEST MODEL

Vs (m/s): 224 233 277 371 558 682  
thickness (m): 3.2846 1.9301 2.7044 5.8497 7.9899

Approximate values for Vp, density & elastic moduli

Vp (m/s):	743	571	679	909	1162	1420
Density (gr/cm3):	1.98	1.92	1.96	2.03	2.09	2.14
Vp/Vs ratio:	3.32	2.45	2.45	2.45	2.08	2.08
Poisson:	0.45	0.40	0.40	0.35	0.35	
Young modulus (MPa):	288	292	421	783	1758	2687
Shear modulus (MPa):	99	104	150	280	651	995
Lamé (MPa):	895	417	603	1119	1521	2323
Bulk modulus (MPa):	962	487	703	1305	1955	2987

dispersion curve (frequency - Rayleigh phase velocity)

Fundamental mode)

best model

F(Hz)	VR(m/s)
5.2673	563.8652
9.10168	487.9319
11.0807	379.9093
12.9361	314.8239
14.9151	278.0431
16.8941	257.1349
19.1205	243.0197
21.8417	232.7671
27.2841	222.6196
30.7474	219.3978

Maximum penetration depth according to the "Steady State Rayleigh Method": 41 m

Inversion quality: very good

VS5 (mean model): 224 m/s

VS5 (best model): 227 m/s

VS20 (mean model): 334 m/s

VS20 (best model): 335 m/s

VS30 (mean model): 399 m/s

VS30 (best model): 401 m/s

---

winMASW Pro

Surface Wave Analysis

[www.eliosoft.it](http://www.eliosoft.it)

# PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

**CPT 1**

2.01PG05-077

- committente : sig.ri Satti Carlo e Teresa Orietta  
 - lavoro : Piano Attuativo Comparto C8  
 - località : via Occhibelli - loc. Pozzarello  
 - note :

- data : 18/11/2019  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm <sup>2</sup>				punta	laterale	kg/cm <sup>2</sup>		
0,20	---	---	--	-----	----	4,60	69,0	81,0	69,0	0,87	80,0
0,40	---	---	--	1,13	----	4,80	57,0	70,0	57,0	2,27	25,0
0,60	11,0	28,0	11,0	1,00	11,0	<b>5,00</b>	31,0	65,0	31,0	1,00	31,0
0,80	10,0	25,0	10,0	0,67	15,0	5,20	26,0	41,0	26,0	0,87	30,0
<b>1,00</b>	11,0	21,0	11,0	0,73	15,0	5,40	18,0	31,0	18,0	0,80	22,0
1,20	12,0	23,0	12,0	1,40	9,0	5,60	33,0	45,0	33,0	1,07	31,0
1,40	23,0	44,0	23,0	2,13	11,0	5,80	34,0	50,0	34,0	1,47	23,0
1,60	34,0	66,0	34,0	2,33	15,0	<b>6,00</b>	59,0	81,0	59,0	2,07	29,0
1,80	32,0	67,0	32,0	3,20	10,0	6,20	47,0	78,0	47,0	1,93	24,0
<b>2,00</b>	34,0	82,0	34,0	3,07	11,0	6,40	50,0	79,0	50,0	1,27	39,0
2,20	40,0	86,0	40,0	2,87	14,0	6,60	44,0	63,0	44,0	1,73	25,0
2,40	41,0	84,0	41,0	2,27	18,0	6,80	61,0	87,0	61,0	1,53	40,0
2,60	33,0	67,0	33,0	2,00	16,0	<b>7,00</b>	58,0	81,0	58,0	2,40	24,0
2,80	29,0	59,0	29,0	2,00	14,0	7,20	163,0	199,0	163,0	4,80	34,0
<b>3,00</b>	27,0	57,0	27,0	1,60	17,0	7,40	81,0	153,0	81,0	2,80	29,0
3,20	36,0	60,0	36,0	1,33	27,0	7,60	144,0	186,0	144,0	3,33	43,0
3,40	39,0	59,0	39,0	1,87	21,0	7,80	91,0	141,0	91,0	3,27	28,0
3,60	39,0	67,0	39,0	1,80	22,0	<b>8,00</b>	61,0	110,0	61,0	2,67	23,0
3,80	33,0	60,0	33,0	1,07	31,0	8,20	71,0	111,0	71,0	2,13	33,0
<b>4,00</b>	33,0	49,0	33,0	0,80	41,0	8,40	69,0	101,0	69,0	2,40	29,0
4,20	24,0	36,0	24,0	0,73	33,0	8,60	68,0	104,0	68,0	-----	----
4,40	19,0	30,0	19,0	0,80	24,0						

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t  
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s  
 - punta meccanica tipo Begemann  $\varnothing = 35.7$  mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)  
 - manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

# PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

**CPT 2**

2.01PG05-077

- committente : sig.ri Satti Carlo e Teresa Orietta  
- lavoro : Piano Attuativo Comparto C8  
- località : via Occhibelli - loc. Pozzarello  
- note :

- data : 18/11/2019  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm <sup>2</sup>				punta	laterale	kg/cm <sup>2</sup>		
0,20	---	---	--	-----	----	4,80	215,0	267,0	215,0	3,27	66,0
0,40	---	---	--	0,80	----	<b>5,00</b>	42,0	91,0	42,0	0,93	45,0
0,60	21,0	33,0	21,0	1,53	14,0	5,20	77,0	91,0	77,0	3,07	25,0
0,80	24,0	47,0	24,0	2,47	10,0	5,40	173,0	219,0	173,0	4,33	40,0
<b>1,00</b>	33,0	70,0	33,0	2,80	12,0	5,60	183,0	248,0	183,0	5,87	31,0
1,20	28,0	70,0	28,0	3,47	8,0	5,80	138,0	226,0	138,0	4,80	29,0
1,40	35,0	87,0	35,0	3,13	11,0	<b>6,00</b>	116,0	188,0	116,0	7,60	15,0
1,60	66,0	113,0	66,0	3,80	17,0	6,20	53,0	167,0	53,0	3,67	14,0
1,80	33,0	90,0	33,0	2,60	13,0	6,40	44,0	99,0	44,0	1,67	26,0
<b>2,00</b>	23,0	62,0	23,0	2,20	10,0	6,60	57,0	82,0	57,0	2,67	21,0
2,20	18,0	51,0	18,0	1,27	14,0	6,80	30,0	70,0	30,0	1,47	20,0
2,40	17,0	36,0	17,0	0,93	18,0	<b>7,00</b>	38,0	60,0	38,0	1,07	36,0
2,60	27,0	41,0	27,0	1,07	25,0	7,20	43,0	59,0	43,0	1,47	29,0
2,80	23,0	39,0	23,0	0,73	31,0	7,40	45,0	67,0	45,0	2,80	16,0
<b>3,00</b>	40,0	51,0	40,0	1,60	25,0	7,60	115,0	157,0	115,0	2,60	44,0
3,20	42,0	66,0	42,0	1,73	24,0	7,80	66,0	105,0	66,0	2,00	33,0
3,40	45,0	71,0	45,0	2,27	20,0	<b>8,00</b>	81,0	111,0	81,0	2,00	40,0
3,60	44,0	78,0	44,0	1,40	31,0	8,20	83,0	113,0	83,0	2,60	32,0
3,80	37,0	58,0	37,0	1,07	35,0	8,40	100,0	139,0	100,0	3,00	33,0
<b>4,00</b>	37,0	53,0	37,0	1,67	22,0	8,60	176,0	221,0	176,0	3,20	55,0
4,20	35,0	60,0	35,0	1,07	33,0	8,80	137,0	185,0	137,0	4,87	28,0
4,40	37,0	53,0	37,0	0,53	69,0	<b>9,00</b>	117,0	190,0	117,0	-----	----
4,60	43,0	51,0	43,0	3,47	12,0						

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t  
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s  
- punta meccanica tipo Begemann  $\varnothing = 35.7$  mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)  
- manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

# PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

**CPT 3**

2.01PG05-077

- committente : sig.ri Satti Carlo e Teresa Orietta  
 - lavoro : Piano Attuativo Comparto C8  
 - località : via Occhibelli - loc. Pozzarello  
 - note :

- data : 18/11/2019  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm <sup>2</sup>				punta	laterale	kg/cm <sup>2</sup>		
0,20	---	---	--	-----	----	4,80	48,0	89,0	48,0	1,80	27,0
0,40	---	---	--	1,13	----	<b>5,00</b>	78,0	105,0	78,0	2,33	33,0
0,60	20,0	37,0	20,0	0,73	27,0	5,20	83,0	118,0	83,0	3,40	24,0
0,80	22,0	33,0	22,0	1,33	16,0	5,40	92,0	143,0	92,0	3,80	24,0
<b>1,00</b>	18,0	38,0	18,0	2,20	8,0	5,60	99,0	156,0	99,0	3,53	28,0
1,20	22,0	55,0	22,0	2,20	10,0	5,80	80,0	133,0	80,0	3,47	23,0
1,40	28,0	61,0	28,0	2,73	10,0	<b>6,00</b>	70,0	122,0	70,0	3,40	21,0
1,60	26,0	67,0	26,0	2,53	10,0	6,20	50,0	101,0	50,0	1,93	26,0
1,80	22,0	60,0	22,0	1,93	11,0	6,40	58,0	87,0	58,0	2,40	24,0
<b>2,00</b>	30,0	59,0	30,0	1,80	17,0	6,60	84,0	120,0	84,0	2,33	36,0
2,20	31,0	58,0	31,0	2,13	15,0	6,80	63,0	98,0	63,0	1,73	36,0
2,40	28,0	60,0	28,0	1,87	15,0	<b>7,00</b>	53,0	79,0	53,0	2,47	21,0
2,60	27,0	55,0	27,0	1,47	18,0	7,20	50,0	87,0	50,0	1,40	36,0
2,80	26,0	48,0	26,0	1,53	17,0	7,40	69,0	90,0	69,0	1,27	54,0
<b>3,00</b>	58,0	81,0	58,0	2,47	24,0	7,60	69,0	88,0	69,0	2,13	32,0
3,20	53,0	90,0	53,0	4,13	13,0	7,80	49,0	81,0	49,0	1,67	29,0
3,40	59,0	121,0	59,0	3,47	17,0	<b>8,00</b>	46,0	71,0	46,0	1,47	31,0
3,60	60,0	112,0	60,0	3,60	17,0	8,20	77,0	99,0	77,0	1,67	46,0
3,80	60,0	114,0	60,0	1,73	35,0	8,40	62,0	87,0	62,0	2,00	31,0
<b>4,00</b>	89,0	115,0	89,0	3,07	29,0	8,60	93,0	123,0	93,0	1,87	50,0
4,20	61,0	107,0	61,0	2,67	23,0	8,80	60,0	88,0	60,0	2,47	24,0
4,40	47,0	87,0	47,0	2,67	18,0	<b>9,00</b>	70,0	107,0	70,0	-----	----
4,60	48,0	88,0	48,0	2,73	18,0						

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t  
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s  
 - punta meccanica tipo Begemann  $\varnothing = 35.7$  mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)  
 - manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

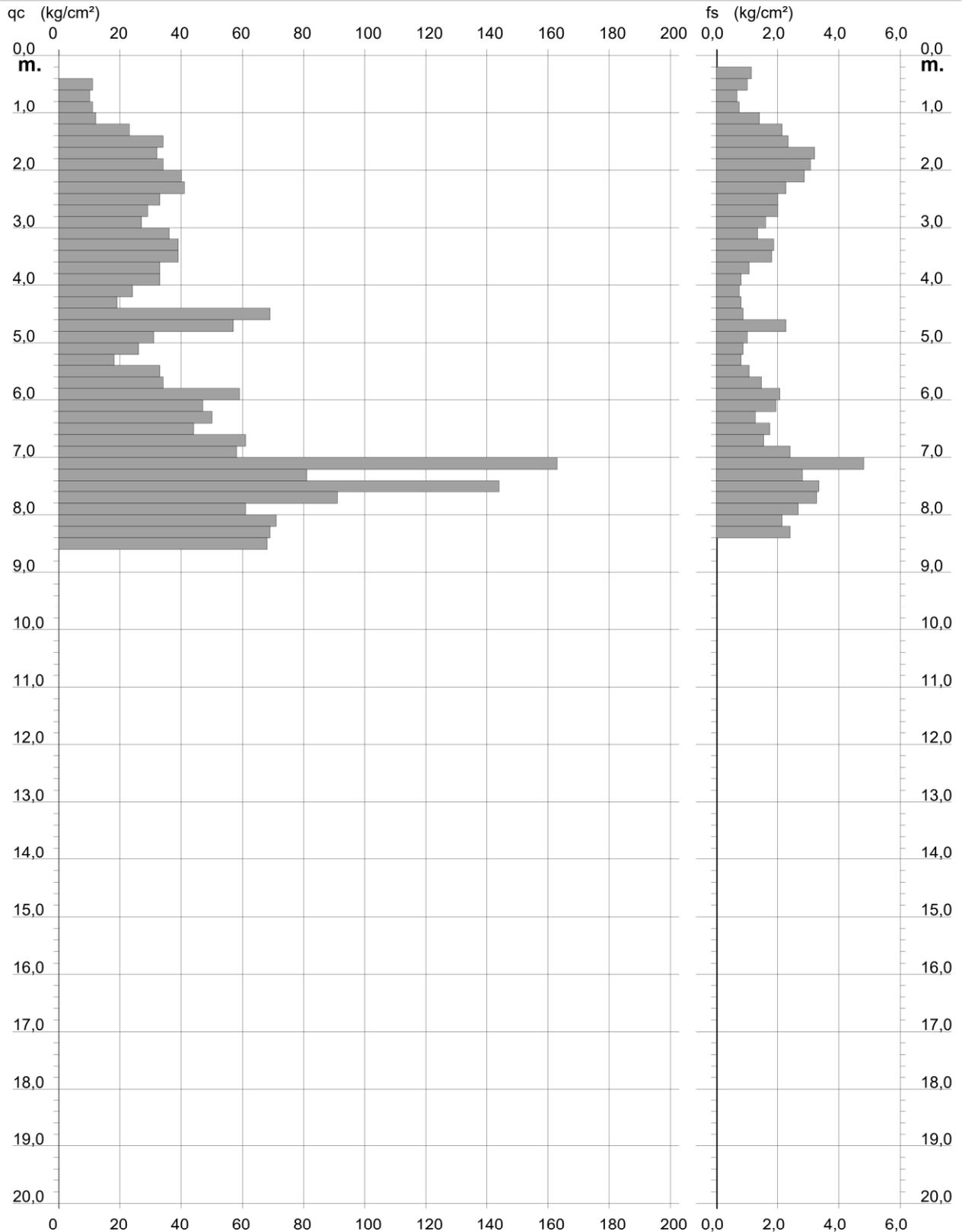
# PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.01PG05-077

- committente : sig.ri Satti Carlo e Teresa Orietta  
- lavoro : Piano Attuativo Comparto C8  
- località : via Occhibelli - loc. Pozzarello

- data : 18/11/2019  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- scala vert.: 1 : 100



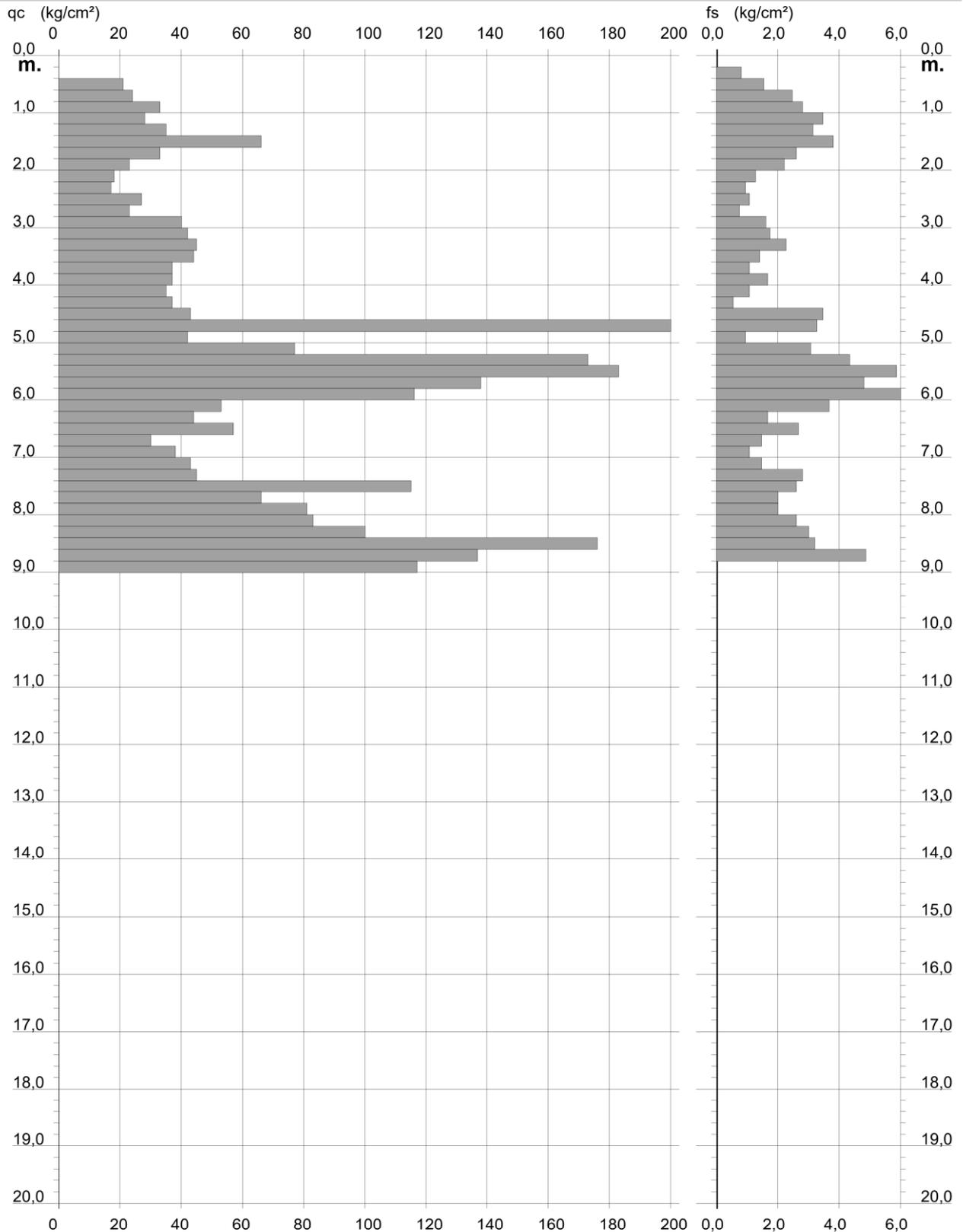
# PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

## CPT 2

2.01PG05-077

- committente : sig.ri Satti Carlo e Teresa Orietta  
- lavoro : Piano Attuativo Comparto C8  
- località : via Occhibelli - loc. Pozzarello

- data : 18/11/2019  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- scala vert.: 1 : 100



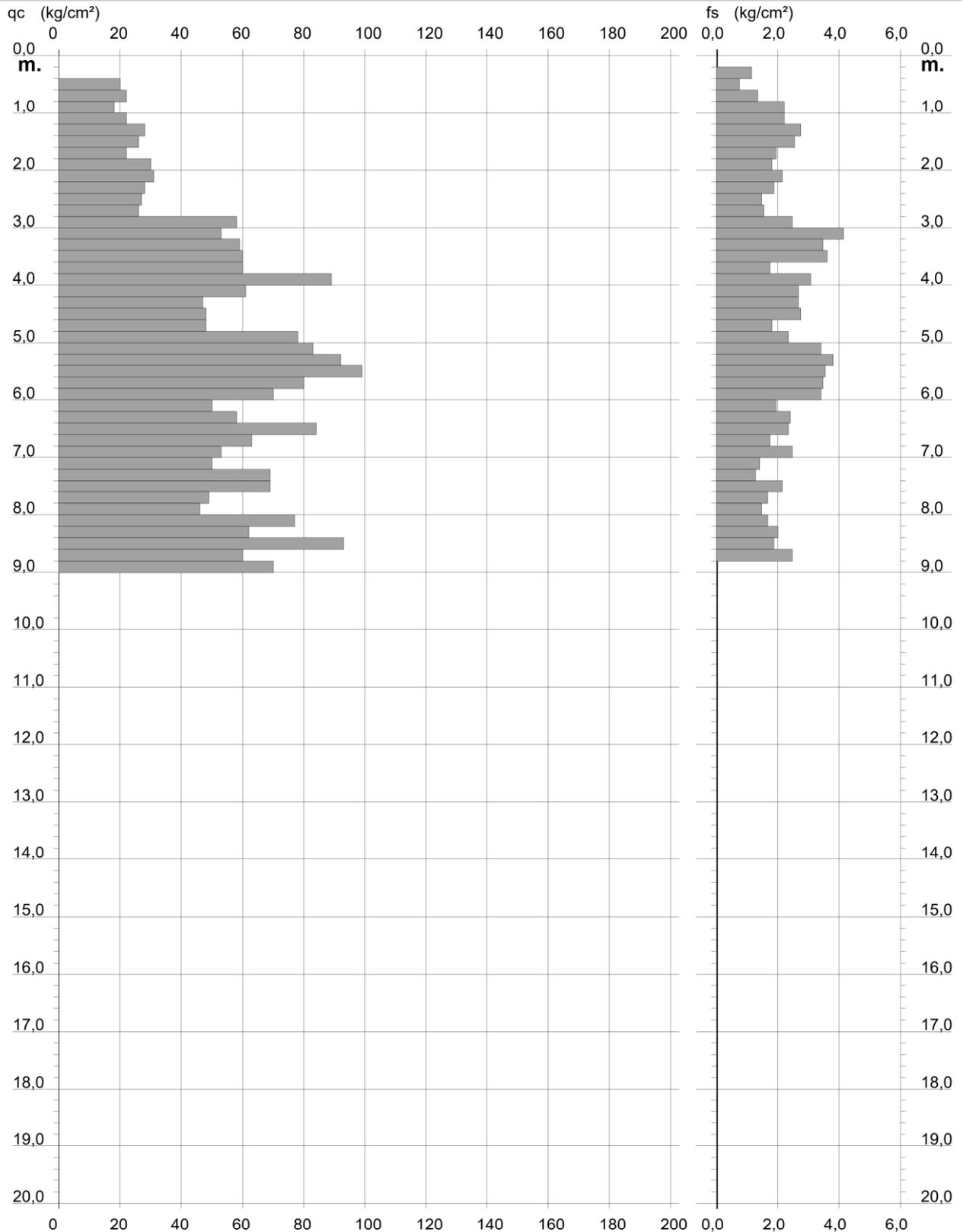
# PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

## CPT 3

2.01PG05-077

- committente : sig.ri Satti Carlo e Teresa Orietta  
- lavoro : Piano Attuativo Comparto C8  
- località : via Occhibelli - loc. Pozzarello

- data : 18/11/2019  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- scala vert.: 1 : 100





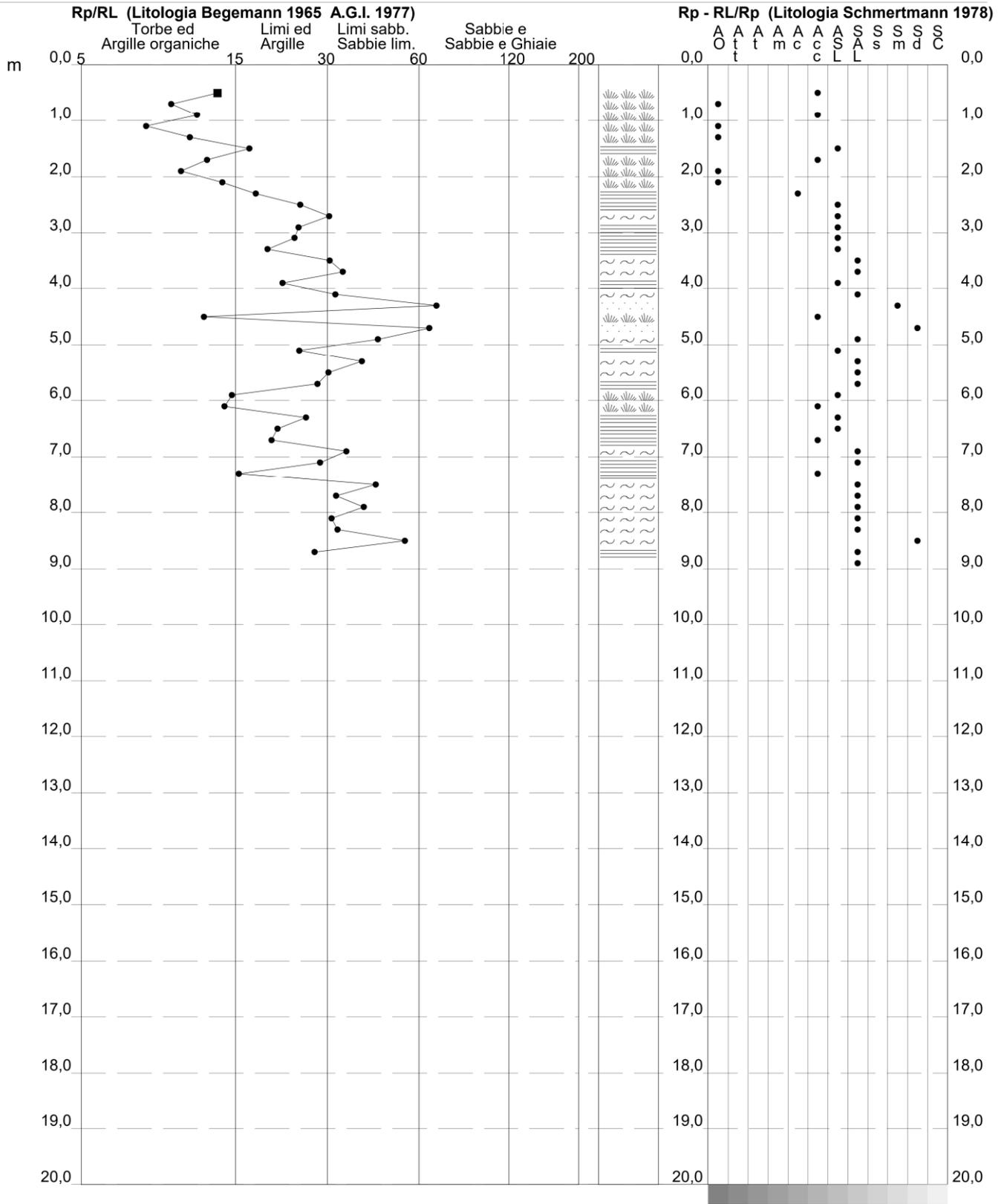
# PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

## CPT 2

2.01PG05-077

- committente : sig.ri Satti Carlo e Teresa Orietta  
 - lavoro : Piano Attuativo Comparto C8  
 - località : via Occhibelli - loc. Pozzarello  
 - note :

- data : 18/11/2019  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - scala vert.: 1 : 100



# PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

## CPT 3

2.01PG05-077

- committente : sig.ri Satti Carlo e Teresa Orietta  
 - lavoro : Piano Attuativo Comparto C8  
 - località : via Occhibelli - loc. Pozzarello  
 - note :

- data : 18/11/2019  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - scala vert.: 1 : 100

