

Studio Geologico
dott. Stefano Marabini
Via San Martino, 1
48018 FAENZA (RA)
tel. : 348 2680965
e-mail: stemarabini@libero.it

TEMA Sinergie s.p.a.

PROGETTO DI COSTRUZIONE
DI CAPANNONE ARTIGIANALE
IN AMPLIAMENTO
DELLA SEDE DI TEMA Sinergie s.p.a.
IN VIA MALPIGHI 120 A FAENZA (Ra)

VARIANTE al RUE in base all'art.53 della L.R.

RELAZIONE GEOLOGICA

(D.M. 17/01/2018, DGR 2193/2015, DGR 630/2019):

- 1 - GENERALITA'.
- 2 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE.
- 3 - INDAGINI GEOGNOSTICHE E MODELLIZZAZIONE GEOLOGICA.
- 4 - ANALISI GEOLOGICO-TECNICA.
- 5 - ANALISI DEL RISCHIO SISMICO.
- 6 - CONCLUSIONI.

Allegati:

- FIG. 1 Carta geologica 1:5.000
FIG. 2 Carta geotecnica e idrogeologica 1:500
- n. 3 + 5 grafici e tabelle di penetrometrie statiche (CPT)
- n. 1 stratigrafia di carotaggio 21m (S)
- Rapporto di indagine geofisica mediante *Tromografo*



**Progetto di ampliamento della Sede di TEMA Sinergie s.p.a. in Via Malpighi 120 a Faenza (Ra)
 Variante al RUE in base all'art.53 della L.R.**

Relazione Geologica
 (D.M. 17/01/2018, DGR 2193/2015, DGR 630/2019)

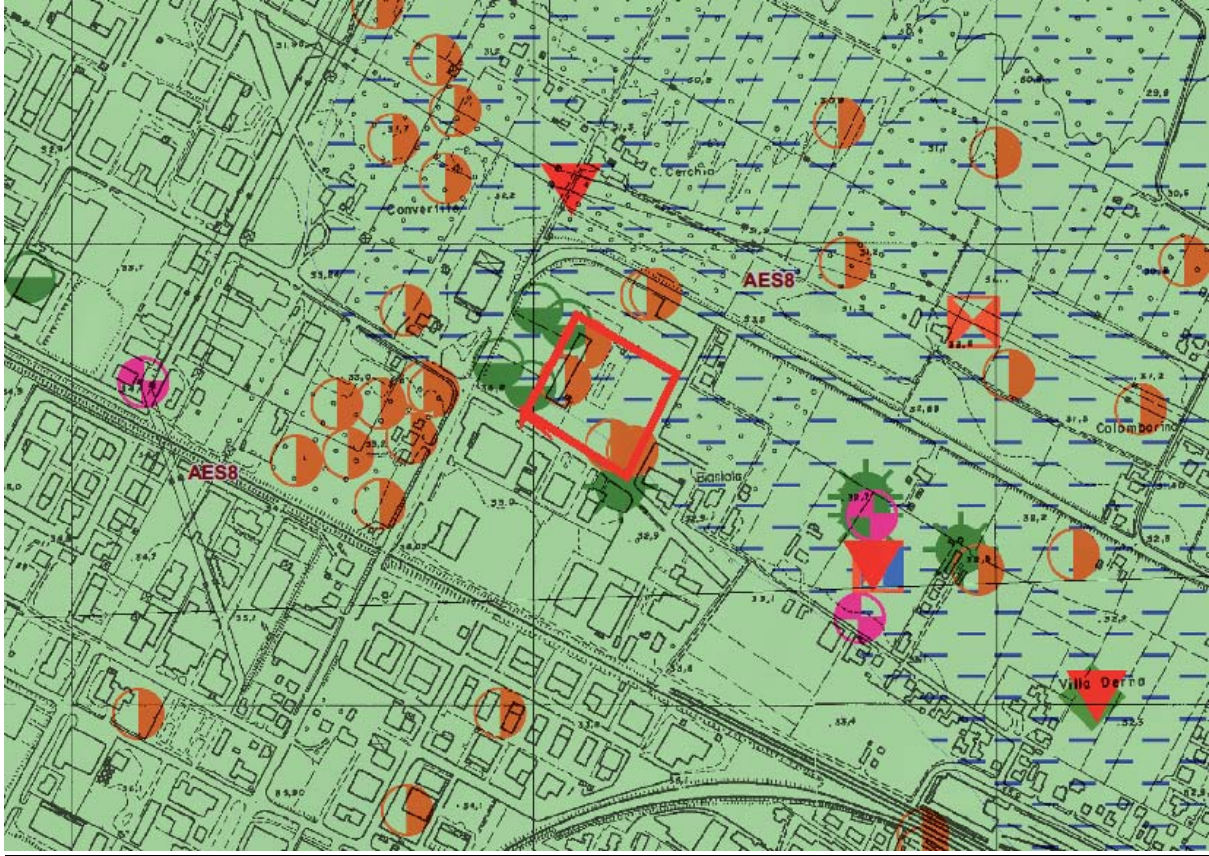


FIG. A – Estratto Carta Geologica Regione Emilia-Romagna – internet. Il quadrato rosso posiziona l'“Area TEMA” nell'ambito di media pianura a nord di Faenza (*Subsistema-AES8*). I simboli indicano le indagini geognostiche censite nell'Archivio Geognostico Regione E-R.

1 - GENERALITA'

Su incarico di **TEMA Sinergie s.p.a.** è stata effettuata una analisi di inquadramento geologico, idrogeologica, geologico-tecnica e del rischio sismico a supporto del **Progetto di costruzione di capannone artigianale in ampliamento della Sede di TEMA Sinergie s.p.a. in Via Malpighi 120 a Faenza (Ra)**, da realizzarsi a seguito di **Variante al RUE in base all'art.53 della L.R.** (v. **Progetto Studio Cantagalli di Faenza e FIGG. 1, 2**).

In considerazione dei caratteri geologici generali dell'ambito di pianura in oggetto posto alla periferia nord di Faenza (v. **FIG. A - Estratto Cartografia Geologica Regione Emilia-Romagna**), e con riferimento alle Normative Tecniche e Urbanistiche vigenti (**D.M. 17/01/2018, DGR 2193/2015, DGR 630/2019**), per definire la fattibilità geologica dell'intervento urbanistico-edificatorio sono stati acquisiti i risultati delle seguenti indagini geognostiche e geofisiche *in situ* ad integrazione delle osservazioni di superficie (v. **allegati**):

**Progetto di ampliamento della Sede di TEMA Sinergie s.p.a. in Via Malpighi 120 a Faenza (Ra)
Variante al RUE in base all'art.53 della L.R.**

Relazione Geologica
 (D.M. 17/01/2018, DGR 2193/2015, DGR 630/2019)

- **n. 3 penetrometrie statiche** (CPT 1/21, CPT 2/21, CPT 3/21) appositamente effettuate in data 15/03/2021 in corrispondenza del sedime del nuovo capannone artigianale, spinte a rifiuto tecnico a profondità di oltre -20m in corrispondenza di uno strato ghiaioso-sabbioso compatto (a cura del *dr. geol. Saverio Tabanelli - Faenza*).
- **n. 3 penetrometrie statiche** (CPT 1/18, CPT 1/16, CPT 2/16) effettuate all'interno dell'“Area TEMA” in occasione di precedenti interventi edilizi sino a profondità compresa tra -16/-20m, oltre che **n. 2 penetrometrie statiche** (CPT a/80, CPT b/80) effettuate oltre una trentina di anni fa in corrispondenza del sedime del capannone che sarà demolito (*a cura dello scrivente*).
- **n. 1 carotaggio** (S1) appositamente perforato al centro dell'area di nuova edificazione, sino a profondità di -21m, per una caratterizzazione litostratigrafica di dettaglio del primo sottosuolo (*a cura di SOGEO – Lugo*).
- **n. 1 sessione di misure geofisiche mediante tromografo**, per la determinazione della Vs 30 e della **Categoria sismica dei terreni** a partire dalla frequenza di risonanza del terreno (*a cura del dr. geol. Bruno Gardegni - Faenza*).

L'analisi del rischio sismico è stata in particolare integrata con l'acquisizione critica dei risultati dello studio di microzonazione sismica (D.A.L. 112/2007) recentemente commissionato dal Comune di Faenza, che sono stati aggiornati in coerenza con quanto richiesto dalla DGR 2193/2015.

Nella presente **Relazione Geologica** sono illustrati unitariamente i risultati sia dell'analisi geologico-urbanistica generale che della specifica analisi progettuale di approfondimento geologico-tecnico e sismico relativa all'intervento edificatorio in ampliamento all'interno dell'“Area TEMA” (v. **Progetto Studio Cantagalli di Faenza e FIGG. 1, 2**).

2 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE.

2.1 Geomorfologia e Litostratigrafia.

L'“Area TEMA”, estesa circa 17.600 mq, corrisponde con una porzione di pianura situata alla periferia nord di Faenza sul lato nord di Via Malpighi, alcune centinaia di metri a valle delle linea ferroviaria FFSS Bologna-Rimini, a quota di circa 33m s.l.m. (v. **FIG 1**).

Dal punto di vista geomorfologico l'“Area TEMA” è posta centralmente nell'ambito del piano modale della media pianura faentina, più precisamente nella fascia centrale dell'ampio semiconoide alluvionale in sinistra idrografica del F. Lamone di età *Pleistocene superiore/Olocene*, la quale presenta pendenza media pari a 0,1% ed è caratterizzata in superficie da suoli parzialmente decarbonatati (v. **FIG. A e FIG. 1**).

**Progetto di ampliamento della Sede di TEMA Sinergie s.p.a. in Via Malpighi 120 a Faenza (Ra)
Variante al RUE in base all'art.53 della L.R.**

Relazione Geologica
 (D.M. 17/01/2018, DGR 2193/2015, DGR 630/2019)

Per quanto concerne l'idrogeologia superficiale si constata, in sintesi, che l'“**Area TEMA**” dista alcune decine di metri dallo *Scolo Cerchia* di età medievale (oggi intubato al di sotto di *Via Piero della Francesca*), il quale, unitamente ai fossi di scolo agricoli drenanti in direzione nord (*sottobacini del Cantrigo-Fosso Vecchio*), garantisce da secoli, in ragione anche del sufficiente gradiente topografico, un buon drenaggio superficiale per la zona (v. **FIG. 1**).

Per quanto concerne l'assetto litostratigrafico del primo sottosuolo si dispone, sulla base delle informazioni geognostiche bibliografiche e di quelle appositamente acquisite (v. **FIG. A e cap. 3**), di un attendibile quadro di riferimento per un congruo intorno dell'area di studio, il quale è coerente con l'ambito geomorfologico di semiconoide e si può così sintetizzare:

- a) orizzonte alluvionale superiore**, ad assetto nell'insieme tabulare, di spessore intorno alla ventina di metri, costituito in prevalenza da terreni limosi più o meno argilloso-sabbiosi e relativamente compatti, entro cui si intercalano sia subordinati orizzonti argilloso-limosi che localmente corpi lenticolari di sabbie grossolane e addensate (= paleoalvei fluviali sepolti). Nella porzione superiore di questo orizzonte, che nella *Cartografia Geologica Regione Emilia-Romagna* è riferito al *Subsistema di Ravenna – AES8* : v. **FIG. A**), si intercalano localmente paleosuoli sepolti, di spessore decimetrico, riconoscibili per il colore scuro dovuto al contenuto in sostanza organica.
- b) orizzonte alluvionale inferiore**, a partire da profondità intorno alla ventina di metri, costituito da uno strato ghiaioso-sabbioso, spesso alcuni metri, il quale è grosso modo riferibile cronologicamente alla porzione basale del *Subsistema di Ravenna – AES 8* e al sottostante *Subsistema di Villa Verrucchio – AES 7*. Questo orizzonte poggia in profondità su terreni alluvionali sovraconsolidati ($V_s \text{ media} > 360\text{m/sec}$) (v. **allegato geofisico**).

2.2 Idrogeologia sotterranea.

Per quanto concerne l'idrogeologia sotterranea della zona in oggetto è innanzitutto da considerare, con particolare riferimento anche per gli utilizzi urbanistici ed edificatori, che il ridotto gradiente topografico, ma anche la presenza a scarsa profondità di livelli limoso-argillosi continui, sono tali da indurre un discreto rallentamento per la filtrazione verticale e orizzontale delle acque meteoriche nel primo sottosuolo.

Come conseguenza della interazione tra assetto litostratigrafico ed equilibri idrogeologici si individua su tutta l'area la modesta soggiacenza di una estesa falda idrica subsuperficiale, la cui **profondità minima è stimata variare nell'intervallo tra -3/-2m** (v. **CARTA IDROGEOLOGICA DEL PRG '98 del Comune di Faenza**, elaborata sulla base della **CARTA ISOPIEZE 1:10.000** contenuta in: **USL N.37 - FAENZA - INDAGINE IDROGEOLOGICA E IDROCHIMICA FINALIZZATA ALLA VALUTAZIONE DELLA QUALITA' DELLE ACQUE**

**Progetto di ampliamento della Sede di TEMA Sinergie s.p.a. in Via Malpighi 120 a Faenza (Ra)
 Variante al RUE in base all'art.53 della L.R.**

Relazione Geologica
 (D.M. 17/01/2018, DGR 2193/2015, DGR 630/2019)

DELLA FALDA FREATICA NEI COMUNI DI FAENZA, CASTELBOLOGNESE, SOLAROLO, novembre 1993) (v. in FIG. 1 pozzi USL 37).

In effetti, in fase di indagini geognostiche tra gli anni '80 e il 2016 all'interno dell'attuale "Area TEMA" fu misurato il livello idrico subsuperficiale a profondità tra **-2,7/-3,4m**, mentre nel marzo 2021 (dopo un prolungato periodo di scarse piogge) il livello idrico subsuperficiale è stato misurato a profondità di **-4,6m** rispetto all'attuale piano calpestio artificiale:

penetrometrie statiche (CPT)	profondità falda
CPT 1/21	- 4,6m (15 marzo 2021)
CPT 2/21	- 4,6m (15 marzo 2021)
CPT 3/21	- 4,6m (15 marzo 2021)
CPT 1/16	- 2,7m (8 febbraio 2016)
CPT 2/16	- 2,7m (8 febbraio 2016)
CPT b/'80	- 3,4m (anni '80)

In sintesi, i caratteri idrogeologici sotterranei dell' "Area TEMA", che comunque configurano implicazioni obiettivamente "normali" (ma comunque da considerare) per l'edificazione, si possono così riassumere:

- a) Il deflusso della falda freatica si esplica verso nord, cioè lungo l'asse del semiconoide;
- b) Interpretando criticamente i dati freatimetrici/litologici e la forma dei grafici penetrometrici, si prospetta che in periodi di forte piovosità (i quali si ripetono normalmente con cadenze decennali) il livello piezometrico sia risalito temporaneamente in passato **sino a profondità di -2/-2,5m**.

3 - INDAGINI GEOGNOSTICHE E MODELLIZZAZIONE GEOLOGICA.

3.1 Penetrometriche statiche (CPT) e carotaggio (S)

Nella FIG. 2 sono indicati i siti delle **n. 3 penetrometrie statiche** (CPT 1/21, CPT2/21, CPT3/21) appositamente effettuate in corrispondenza del nuovo capannone artigianale in progetto all'interno dell'attuale "Area TEMA", oltre che di altre **n. 5 penetrometrie statiche** (CPT 1/18, CPT1/16, CPT 2/16, CPT a/'800, CPT b/'80) effettuate in anni precedenti sempre all'interno dell' "Area TEMA".

Progetto di ampliamento della Sede di TEMA Sinergie s.p.a. in Via Malpighi 120 a Faenza (Ra)
Variante al RUE in base all'art.53 della L.R.

Relazione Geologica
(D.M. 17/01/2018, DGR 2193/2015, DGR 630/2019)

Nei grafici e nelle tabelle delle penetrometrie statiche, eseguite con attrezzatura da 20t utilizzando punta meccanica (*friction jacket cone*), sono tabulati in particolare i seguenti parametri:

- **Rp (kg/cmq): Resistenza punta**
- **Rl (kg/cmq): Resistenza laterale locale**
- **Rp / Rf (*rapporto di Begemann*)**
- **parametri geomeccanici:**
 - γ = peso dell'unità di volume
 - c_u = coesione non drenata
 - φ' = angolo di resistenza al taglio
 - E' = modulo di deformabilità per incremento netto di tensione

Nella **FIG. 2** è inoltre posizionato il sito del **carotaggio S1** perforato in posizione centrale dell'“**Area TEMA**” con l'obiettivo di verificare direttamente litologia e caratteri idrogeologici dei terreni di potenziale appoggio per fondazioni superficiali.

3.2 Modellizzazione geologica.

Nel complesso i risultati penetrometrici e litostratigrafici documentano una buona omogeneità litostratigrafica e geomeccanica areale del primo sottosuolo per l'intera “**Area TEMA**”, che in particolare, per quanto concerne il sedime del nuovo capannone artigianale di Progetto (esteso circa 6.000 mq), è riconducibile alla seguente **modellizzazione litostratigrafica** dei terreni dall'alto verso il basso al di sotto di uno spesso **strato superficiale di materiali di riporto costituenti il sottofondo dell'attuale piazzale** (v. **anche diagrammi penetrometrici**):

strato A: **subsuperficiale**, a profondità mediamente compresa tra **-1,8/-2m** e **-11/-11,6m** rispetto al piano calpestio del piazzale, così suddivisibile su tutta l'area :

- **A1 (orizzonte superiore)**, a profondità tra **-1,8/-2m** e circa **-9m**, costituito da alternanza di prevalenti terreni limosi e sabbiosi fini, parzialmente umidi e saturi, variamente resistenti (**15/20daN/cmq < Rp media < 25-30daN/cmq**). In sommità di questo orizzonte sono localmente presenti porzioni residue dell'originario suolo vegetale/ agrario (v. **stratigrafia carotaggio S 1**).
- **A2 (orizzonte inferiore)**, a profondità tra circa **-9m** e **-11/-11,6m**, costituito da terreni prevalentemente limosi e argillosi, mediamente resistenti (**Rp media \approx 20daN/cmq**).

strato B: **intermedio**, a profondità compresa circa tra **-11/-11,6m** e **-18/-19m** rispetto piano calpestio del piazzale, costituito da prevalenza di terreni sabbiosi, tendenzialmente addensati/sovracosolidati (**Rp medio \geq 30/40daN/cmq**).

**Progetto di ampliamento della Sede di TEMA Sinergie s.p.a. in Via Malpighi 120 a Faenza (Ra)
Variante al RUE in base all'art.53 della L.R.**

Relazione Geologica
 (D.M. 17/01/2018, DGR 2193/2015, DGR 630/2019)

strato C: **profondo**, a partire da profondità di **-18/-19m** rispetto piano calpestio del piazzale, costituito da terreni argillosi e limosi mediamente compatti (**Rp media $\approx 20 \text{ daN/cm}^2$**), il quale poggia a partire da profondità di **-19,8/-20,4m** su un orizzonte continuo di terreni ghiaioso-sabbiosi non penetrabili (**Rp $\gg 100 \text{ daN/cm}^2$**) il cui spessore è bibliograficamente stimato di alcuni metri (v. cap.2).

4 - ANALISI DI PERICOLOSITA' GEOLOGICO-TECNICA.

Allo scopo di definire la fattibilità dell'intervento edificatorio di ampliamento in Progetto all'interno dell' "Area TEMA" è stata effettuata una specifica analisi geologico-tecnica a partire dalla modellizzazione litostratigrafica, la quale documenta nel complesso una buona omogeneità stratigrafica e qualità geomeccanica dei terreni naturali del primo sottosuolo.

Innanzitutto, a maggior esemplificazione della buona qualità geomeccanica dei terreni naturali del primo sottosuolo, sono riportati in **FIG. 2**, in corrispondenza dei siti penetrometrici, i valori medi di **Rp (daN/cm²)** dei terreni posti a profondità compresa tra -2,4/-4m (= **porzione superiore dello strato A**) (cioè nell' "intervallo di profondità" più probabile per l'appoggio di fondazioni superficiali simili a quelle dei fabbricati già esistenti), sulla base dei quali si prospetta per il sedime del nuovo capannone artigianale la seguente unica classe di edificabilità:

- terreni superficiali di fondazione con valori costanti di Rp medio $\geq 21 \text{ daN/cm}^2$.

Nel dettaglio, l'analisi di pericolosità geologico-tecnica per la fattibilità esecutiva del nuovo capannone artigianale è stata indirizzata, in accordo con i Progettisti e in considerazione delle caratteristiche strutturali del medesimo, alla verifica di dei seguenti aspetti principali:

- **Piano di appoggio per fondazioni superficiali su plinti.**
- **Portanza e compressibilità dei terreni di fondazione.**

4.1 Piano di appoggio per fondazioni superficiali su plinti.

In considerazione della modellizzazione litostratigrafica si rileva che il piano di appoggio di fondazioni superficiali su plinti può essere convenientemente riferito ai terreni naturali prevalentemente limosi, asciutti e mediamente compatti della porzione sommitale dello **strato A**, i quali sono raggiungibili mediamente a partire da profondità di **-2/-2,5m** al di sotto dello strato superficiale di materiali di riporto costituenti il sottofondo dell'attuale piazzale (v. grafici CPT e stratigrafia carotaggio S 1).

**Progetto di ampliamento della Sede di TEMA Sinergie s.p.a. in Via Malpighi 120 a Faenza (Ra)
Variante al RUE in base all'art.53 della L.R.**

Relazione Geologica
 (D.M. 17/01/2018, DGR 2193/2015, DGR 630/2019)

Il suddetto assetto fondale è peraltro analogo sia a quello dei fabbricati esistenti che a quello del capannone realizzato negli anni '80 che sarà demolito, i quali non manifestano criticità di tipo geostatico.

A questo proposito si prescrive in ogni caso, tenuto conto dell'antropizzazione che ha interessato il sito, l'obbligo di verificare in corso d'opera che il piano di appoggio fondale venga a corrispondere con terreni dello **strato A** effettivamente non "rimaneggiati" (ad es. a seguito di colamenti di depressioni morfologiche, di presenza di lembi residui del suolo vegetale/agrario originario, ..).

4.2 Portanza e compressibilità dei terreni di fondazione.

Per la definizione della Pressione **Ammissibile (P. Amm.)** di un assetto fondale riferito ai terreni sommitali "non rimaneggiati" dello **strato A** si ritiene in primo luogo opportunamente cautelativa, considerandone la natura "coesiva", l'adozione di un valore massimo del **coefficiente di correzione = 14** a partire da valori prudenziali di **Rp** (v. **teorie sperimentali di Sanglerat e di L'Herminier** riferite alla **Teoria classica di Terzaghi**).

Attribuendo quindi ai terreni di appoggio fondale un valore **Rp = 21 Kg/cmq** (v. **grafici CPT**), si prospetta il seguente valore di portanza compatibile con la struttura edilizia in Progetto:

$$\begin{aligned}
 \text{P.Amm. (Pressione Ammissibile)} &= \text{Rp} / 14 \\
 \text{(strato A)} &= 21 / 14 \\
 &= \underline{\underline{1,5 \text{ daN/cmq}}}
 \end{aligned}$$

Per questa configurazione fondale risulta ragionevolmente trascurabile, anche solo sulla base della **regola pratica di Sanglerat** per terreni caratterizzati in prevalenza da valori di **Rp ≥ 12daN/cmq** determinati con "*Delft mantle cone*", il rischio di importanti cedimenti per compressibilità dei terreni di fondazione.

A maggior verifica si prospetta la seguente stima indicativa dei cedimenti in rapporto ai valori della **CPT 1/21 e CPT 2/21**, derivando il **coefficiente di compressibilità volumetrico (mv)** dai valori penetrometrici ($mv = 1 / a \cdot Rp$), e considerando un **sovraccarico effettivo pari a 0,7daN/cmq (1,5daN/cmq - pressione di sovraconsolidamento** stimata equivalente al peso di uno strato di spessore **4m**) trasmesso da un **plinto di fondazione 3m x 3m poggiato a profondità -2,5m** (per la diffusione dei carichi in profondità si è utilizzato il grafico di Boussinesq-Westergaard):

Progetto di ampliamento della Sede di TEMA Sinergie s.p.a. in Via Malpighi 120 a Faenza (Ra)
Variante al RUE in base all'art.53 della L.R.

Relazione Geologica
(D.M. 17/01/2018, DGR 2193/2015, DGR 630/2019)

Fondazioni su plinti 3m x 3m poggiati a -2,5m:

PENETROMETRIA STATICA CPT 1/21			
strati	δp	mv	δh
-2,5 /-4m	0,70	0,007	0,76
-4 /-5,5m	0,49	0,006	0,41
-5,5 /-7m	0,13	0,009	0,17
-7 /-8,5m	0,08	0,008	0,10
-8,5 /-11,5m	0,04	0,008	0,08
-11,5 /-14,5m	0,02	0,005	0,03
-14,5/-17,5m	0,00	0,004	0,01

$\Sigma \delta h = \underline{1,54cm}$

PENETROMETRIA STATICA CPT 2/21			
strati	δp	mv	δh
-2,5 /-4m	0,70	0,007	0,74
-4 /-5,5m	0,49	0,006	0,41
-5,5 /-7m	0,13	0,007	0,13
-7 /-8,5m	0,08	0,008	0,09
-8,5 /-11,5m	0,04	0,008	0,08
-11,5 /-14,5m	0,02	0,004	0,03
-14,5/-17,5m	0,00	0,003	0,00

$\Sigma \delta h = \underline{1,47cm}$

5 - ANALISI DI PERICOLOSITA' SISMICA.

Allo scopo di definire in termini di rischio sismico la fattibilità edificatoria all'interno dell'“Area TEMA” è stata sviluppata, così come richiesto dal **D.M. 17/01/18**, una specifica analisi indirizzata all'esame dei seguenti aspetti:

- **Elementi generali di Microzonazione sismica.**
- **Classificazione sismica del sito.**
- **Valutazione del rischio di liquefazione**

5.1 Elementi generali di Microzonazione sismica

Con Deliberazione della Giunta Regionale n. 1919/2013 la **Regione Emilia-Romagna** ha finanziato gli studi di microzonazione sismica del territorio dell'**Unione della Romagna Faentina**, e in particolare nel Comune di Faenza è stato condotto uno studio di microzonazione sismica – approfondimento di livello 3 (Sangiorgi S., Righini T., Milito A., 2015), nell'ambito del quale si è proceduto ad una completa rivisitazione e implementazione dei precedenti livelli di approfondimento (PSC 2009), al fine di adeguarli agli standard di archiviazione informatica (Standard MS 3.0 - Commissione tecnica per la microzonazione sismica, 2013).

Nell'aprile 2018 tali studi, che hanno ottenuto la certificazione di conformità da parte della **Regione Emilia-Romagna**, hanno consentito di espletare importanti approfondimenti relativamente ai seguenti effetti cosismici:

- risposta sismica locale (amplificazione) → attraverso l'elaborazione di modelli numerici monodimensionali di RSL elaborati con il noto software SHAKE 2000;

**Progetto di ampliamento della Sede di TEMA Sinergie s.p.a. in Via Malpighi 120 a Faenza (Ra)
 Variante al RUE in base all'art.53 della L.R.**

Relazione Geologica
 (D.M. 17/01/2018, DGR 2193/2015, DGR 630/2019)

– verifiche della liquefacibilità dei sedimenti granulari e poco coesivi saturi → mediante approcci semplificati da prove penetrometriche CPTU (Idriss & Boulanger, 2008) e prove dinamiche di laboratorio (taglio semplice ciclico);

I risultati dello studio sono riassunti nei seguenti elaborati cartografici consultabili sul sito della Regione Emilia-Romagna al seguente link: <http://geo.regione.emilia-romagna.it/schede/pnsrs/>),

- Carta delle indagini
- Carta geologico-tecnica
- Carta delle frequenze naturali dei terreni
- Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica – MOPS
- Carta delle velocità delle onde di taglio Vs
- Carte della microzonazione sismica

, dai quali sono desunti i seguenti estratti relativi all' "Area TEMA":

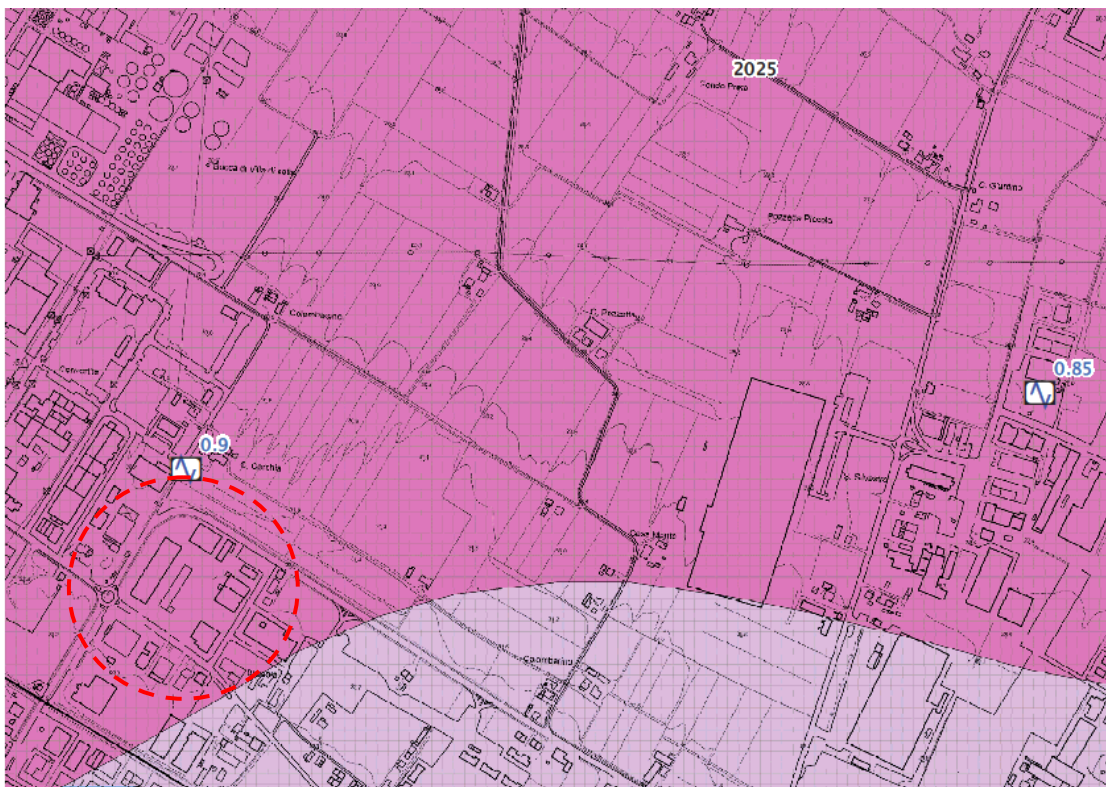


Fig. 1: Carta delle MOPS

**Progetto di ampliamento della Sede di TEMA Sinergie s.p.a. in Via Malpighi 120 a Faenza (Ra)
 Variante al RUE in base all'art.53 della L.R.**

Relazione Geologica
 (D.M. 17/01/2018, DGR 2193/2015, DGR 630/2019)

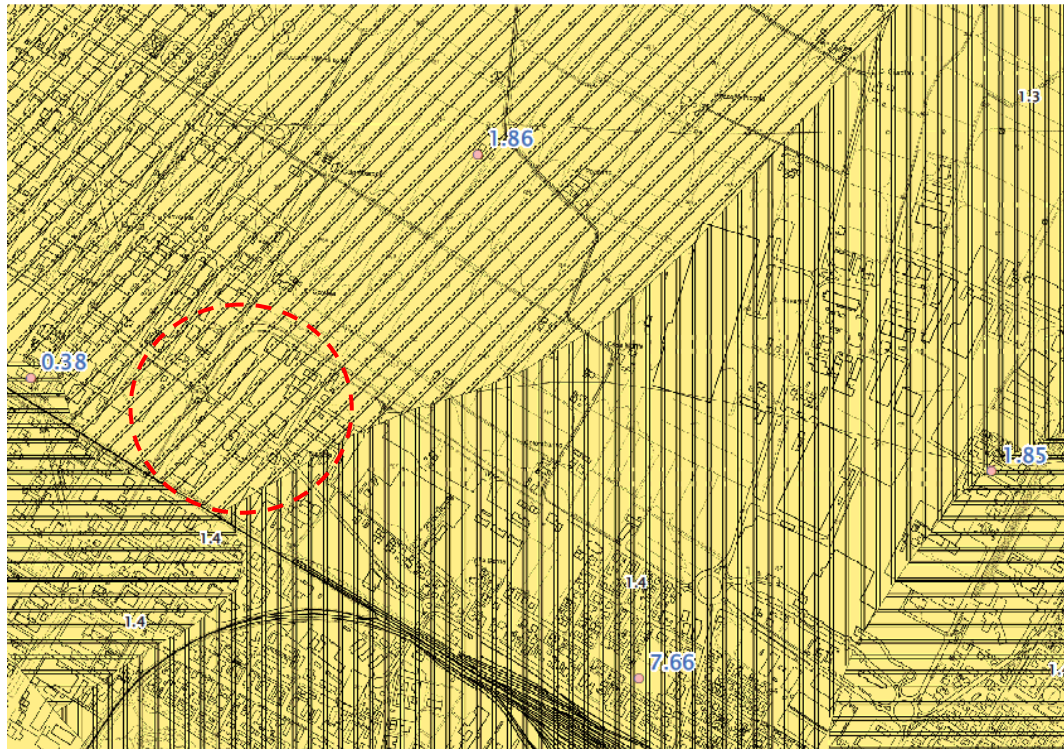


Fig. 2: Carta di microzonazione sismica di livello 3 – FHPGA.

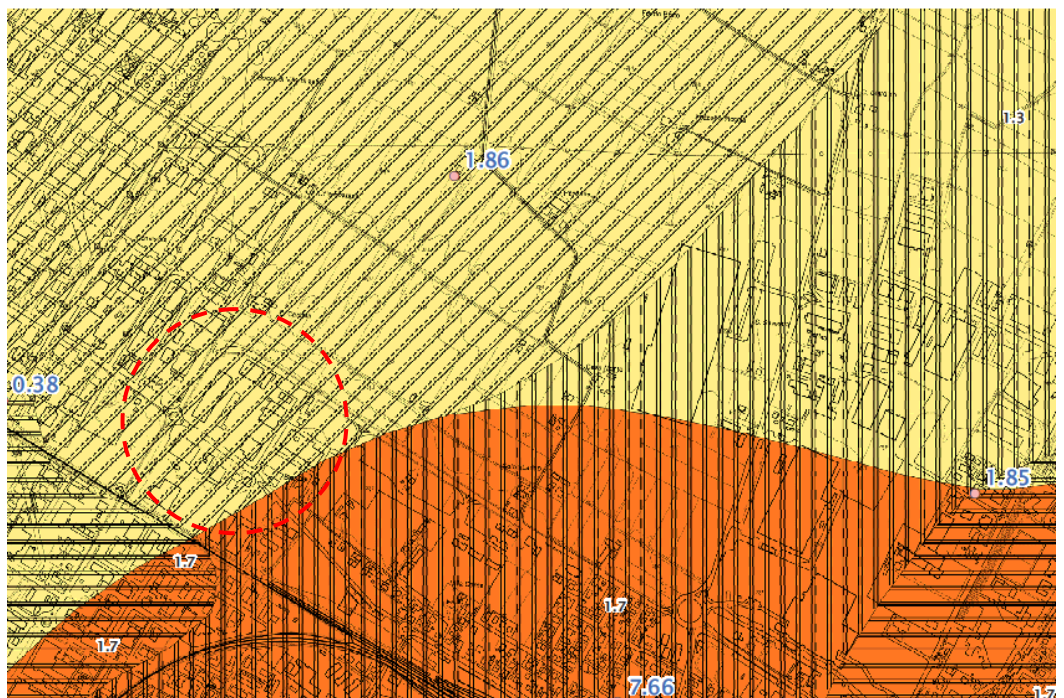


Fig. 3: Carta di microzonazione sismica di livello 3 – FH0,1-0,5s

**Progetto di ampliamento della Sede di TEMA Sinergie s.p.a. in Via Malpighi 120 a Faenza (Ra)
 Variante al RUE in base all'art.53 della L.R.**

Relazione Geologica
 (D.M. 17/01/2018, DGR 2193/2015, DGR 630/2019)

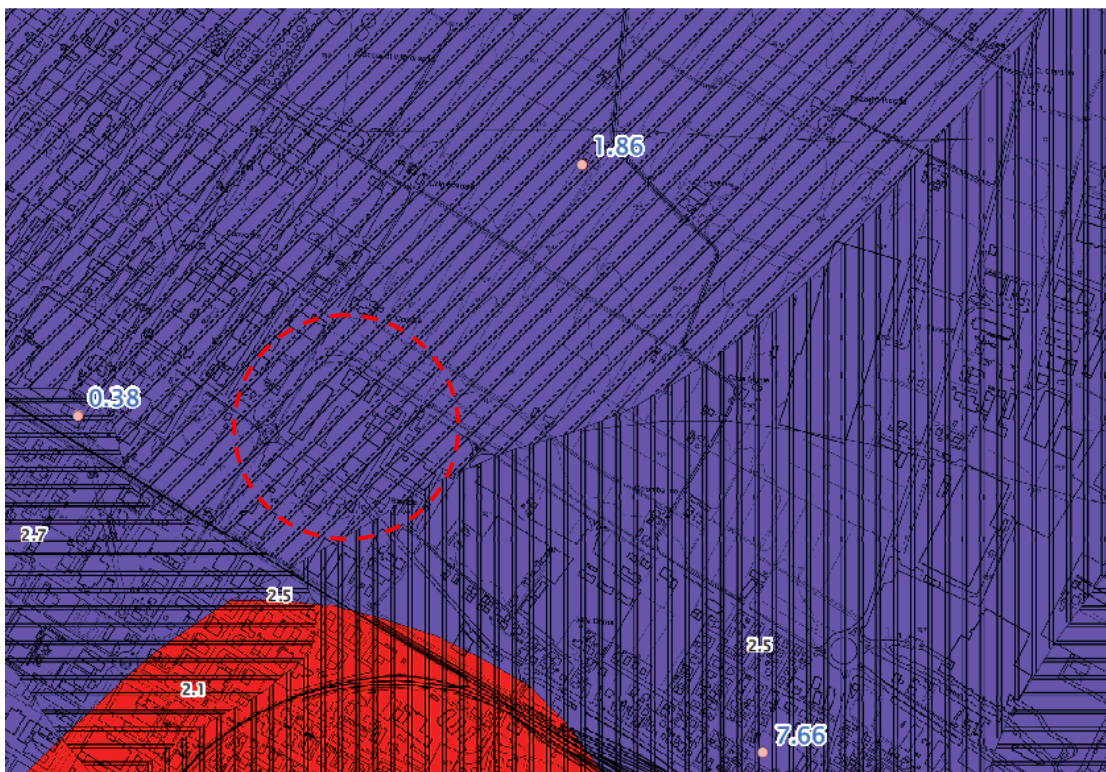


Fig. 4: Carta di microzonazione sismica di livello 3 – FH_{0,5-1s}

Con la D.G.R. 2193/2015 è stato introdotto, da parte della Regione, un sostanziale aggiornamento degli indirizzi per gli studi di microzonazione sismica (D.A.L. 112/2007). Tali aggiornamenti tengono conto delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/1/2008), delle ulteriori esperienze derivate da oltre otto anni di applicazione della D.A.L. 112/2007 e delle specifiche esperienze seguite agli eventi sismici italiani di L'Aquila 2009 e della pianura emiliana del 2012. In sintesi, le principali novità contenute nella D.G.R. 2193/2015 consistono:

- nelle rimodulazioni degli abachi di microzonazione sismica da considerarsi per le analisi semplificate (“livello 2”);
- nella definizione di un ulteriore parametro di amplificazione riferito all'intensità spettrale di Housner (per l'intervallo di periodo T compreso tra 0,5 s e 1,5 s);
- nella definizione dell'input sismico (a_g al sito di riferimento) che ora è definito in base ai valori di pericolosità sismica elaborati dall'INGV per tutto il territorio nazionale sui punti di una griglia di passo pari a 0,05° (reticolo analogo a quello previsto per le NTC 2008);
- nella predisposizione di cartografie delle frequenze naturali (per gli studi “livello 1”);
- nello stralcio degli approfondimenti di “livello 3” per la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.

Per quanto riguarda gli approfondimenti di “livello 3” espletati per il Comune di Faenza, le analisi elaborate risultano complessivamente coerenti con i contenuti della DGR 2193/2015 in quanto:

1. le analisi di Risposta Sismica Locale numerica approfondiscono la caratterizzazione dell'amplificazione semplificata ricavabile dagli abachi aggiornati. Gli accelerogrammi utilizzati per le modellazioni numeriche di RSL sono stati scalati tenendo già conto del

Progetto di ampliamento della Sede di TEMA Sinergie s.p.a. in Via Malpighi 120 a Faenza (Ra)
Variante al RUE in base all'art.53 della L.R.

Relazione Geologica
(D.M. 17/01/2018, DGR 2193/2015, DGR 630/2019)

reticolo INGV. Tuttavia, non sono stati stimati i valori di FA SI per l'intervallo di periodo T compreso tra 0,5 s e 1,5 s;

2. le verifiche di liquefazione sono state eseguite secondo i criteri metodologici congrui con gli indirizzi regionali riportati nella DGR 2193/2015, inoltre considerando gli input di scuotimento (Pga) ricavati dalla modellazione numerica di RSL.

Per una più agevole consultazione, nella sottostante tabella si riporta la sintesi dei dati di microzonazione sismica relativi all'”**Area TEMA**”. In particolare, in coerenza con quanto richiesto dalla **DGR 2193/2015**, è stato aggiunto anche il **FA SI (Intensità spettrale di Housner)** per l'intervallo di **periodo 0.5<T0<1.5s**, che risulta importante per edifici particolarmente elevati e/o caratterizzati da periodi di vibrazione più alti (v. **paragrafo 5.2**).

CLASSIFICAZIONE GEOLOGICA-TECNICA:	ML pi – Tessiture prevalenti nei primi 6 metri: sabbie fini limose o argillose e limi argillosi di bassa plasticità. Ambienti deposizionali di piana inondabile (pi).
FREQUENZE NATURALI DEI TERRENI:	$F_0 \approx 0.90 / 1,00\text{hz}$
MICROZONA SISMICA OMOGENEA (MOPS):	ZA_LQ - Zona di attenzione per liquefazione. Zona 2025 – Media e bassa pianura con successioni di alluvioni prevalentemente fini (AES8, AES8a), con locali intervalli di sabbie sature nei primi 25m. Substrato sismico alluvionale "non rigido" a profondità ≥ 120 m (Pianura 2).
VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO:	$V_{s30} \approx 233\text{m/s}$
MICROZONAZIONE SISMICA Zone suscettibili di amplificazione locale:	Amplificazione da modelli numerici (shake 2000): FA Pga = 1.3/1,4 FA SI = 1.3/1,4 (0.1s < T ₀ < 0.5s) FA SI = 2,5/2.7 (0.5s < T ₀ < 1.0s) FA SI ≈ 3 (0.5s < T ₀ < 1.5s) (v. par. 5.2)
MICROZONAZIONE SISMICA Zone di attenzione per instabilità:	ZS_LQ - Zona di suscettibilità per liquefazioni (2 < IL ≤ 5) Rischio potenziale “medio”

5.2 Classificazione sismica del sito.

Per la verifica puntuale della risposta sismica locale all'interno dell'”**Area TEMA**” si sono appositamente acquisite, come detto, **misure geofisiche con tromografo** (v. allegato **geofisico**).

Le misure geofisiche, convertite in attendibili profili **Vs (velocità onde di taglio)/Profondità**, forniscono spettri di risposta e un modello sismostratigrafico per una profondità di **oltre 30m**, e sono sintetizzate nei seguenti parametri sismici principali che confermano in termini di maggior sicurezza le risultanze di cui al precedente **par. 5.1**:

**Progetto di ampliamento della Sede di TEMA Sinergie s.p.a. in Via Malpighi 120 a Faenza (Ra)
Variante al RUE in base all'art.53 della L.R.**

Relazione Geologica
(D.M. 17/01/2018, DGR 2193/2015, DGR 630/2019)

- $V_s 30 = 219 \text{ m/s}$

- **Cc (Fattore di amplificazione sismica) DGR 2193/2015 =**

PGA = 1,6	SA1 per l'intervallo $0,1s < T_0 < 0,5s = 1,8$
SI1 per l'intervallo $0,1s < T_0 < 0,5s = 1,9$	SA2 per l'intervallo $0,4s < T_0 < 0,8s = 2,6$
SI2 per l'intervallo $0,5s < T_0 < 1,0s = 2,8$	SA3 per l'intervallo $0,7s < T_0 < 1,1s = 2,9$
SI3 per l'intervallo $0,5s < T_0 < 1,5s = 3,1$	SA4 per l'intervallo $0,5s < T_0 < 1,5s = 2,9$

- **St (Fattore di amplificazione topografica) = 1 (T = 1)**

Per l'ambito dell'“Area TEMA” si configura quindi con buona attendibilità, considerando anche la buona coerenza tra sismostratigrafia e stratigrafie geognostiche, la seguente classificazione dei terreni di fondazione ai sensi del **DM 17/01/2018**:

categoria C: *Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate e/o di argille di media consistenza, con spessore da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di $V_s 30$ tra 180-370m/s.*

5.3 Valutazione del rischio di liquefazione.

In considerazione della classificazione dell' dell'“Area TEMA” entro: “**ZS_LQ - Zona di suscettibilità per liquefazioni ($2 < IL \leq 5$)** : **Rischio potenziale “medio”** (v. tabella par. 5.1), si ritiene opportuno innanzitutto, per un approfondimento della valutazione del rischio di liquefazione dei terreni in caso di sisma, fare un riferimento alla seguente classica descrizione concettuale (Quaderni de "La Ricerca Scientifica", n.114, C.N.alR. 1986):

Col termine liquefazione si intende generalmente la perdita di resistenza dei terreni saturi sotto sollecitazioni di taglio cicliche o monotoniche, in conseguenza delle quali il terreno raggiunge una condizione di fluidità pari a quella di un liquido viscoso.

Ciò avviene quando la pressione dell'acqua nei pori aumenta progressivamente fino ad eguagliare la pressione totale di confinamento e quindi allorché gli sforzi efficaci, da cui dipende la resistenza al taglio, si riducono a zero. Questo fenomeno si verifica soprattutto nelle sabbie fini e nei limi saturi di densità da media a bassa e a granulometria piuttosto uniforme. [...] I casi di liquefazione dovuti a terremoti riscontrati nella realtà riguardano soprattutto depositi fluviali e marini recenti, terreni di riporto sabbiosi, depositi deltaici, bordi di terrazzi alluvionali, e in genere sedimenti recenti di notevole spessore costituiti da materiali granulari saturi non consolidati e a granulometria uniforme.

In sostanza, già solo considerando che il primo sottosuolo dell'“Area TEMA” è costituito essenzialmente da terreni di deposizione plurimillenaria con discreto contenuto di frazione fine e discretamente coesivi e resistenti (v. **tabelle penetrometriche**), si può considerare **poco probabile il rischio di liquefazione** in caso di sisma (v. anche **D.M. 17/01/2018, par. 7.11.3.4.2**).

Progetto di ampliamento della Sede di TEMA Sinergie s.p.a. in Via Malpighi 120 a Faenza (Ra)
Variante al RUE in base all'art.53 della L.R.

Relazione Geologica
(D.M. 17/01/2018, DGR 2193/2015, DGR 630/2019)

In ogni caso è di seguito fornita anche una **verifica analitica alla liquefazione** il cui risultato è così sintetizzabile :

- **potenziale alla liquefazione (PL) = 0**

Per la verifica si è proceduto in base al **metodo di Robertson e Wride (1997)** applicato ai risultati significativi della **CPT 1/20** quanto a contenuto sabbioso, per giungere a un fattore di sicurezza calcolato sulla stima dei seguenti parametri : **FS = (CRR / CSR) • MSF ≥ 1,25**

CRR = resistenza ciclica del terreno

CSR = rapporto tensionale ciclico

MSF = fattore di scala della magnitudo = 1,69 (5,5) – 1,48 (6,0) – 1,30 (6,5) – 1,14 (7,0) – 1,00 (7,5) – 0,88 (8,0)

$(q_{c1N})_{cs} < 50 \rightarrow CRR_{7,5} = 0.833[(q_{c1N})_{cs} / 1000] + 0.05$

$50 \leq (q_{c1N})_{cs} \leq 160 \rightarrow CRR_{7,5} = 93[(q_{c1N})_{cs} / 1000]^3 + 0.08$

$(q_{c1N})_{cs}$ resistenza penetrometrica in sabbia normalizzata alla pressione di 100 kPa

$CSR = 0.65 \cdot (a_{max} / g) \cdot \sigma_v / \sigma'_v \cdot r_d$

Amax = accelerazione massima al p.c.

G = accelerazione di gravità (9,8 m/s²)

σ_v σ'_v = pressioni verticali totale ed efficace

Rd = coefficiente in funzione della profondità

Inserendo quindi in apposito foglio di calcolo i seguenti parametri :

A max = 0,205

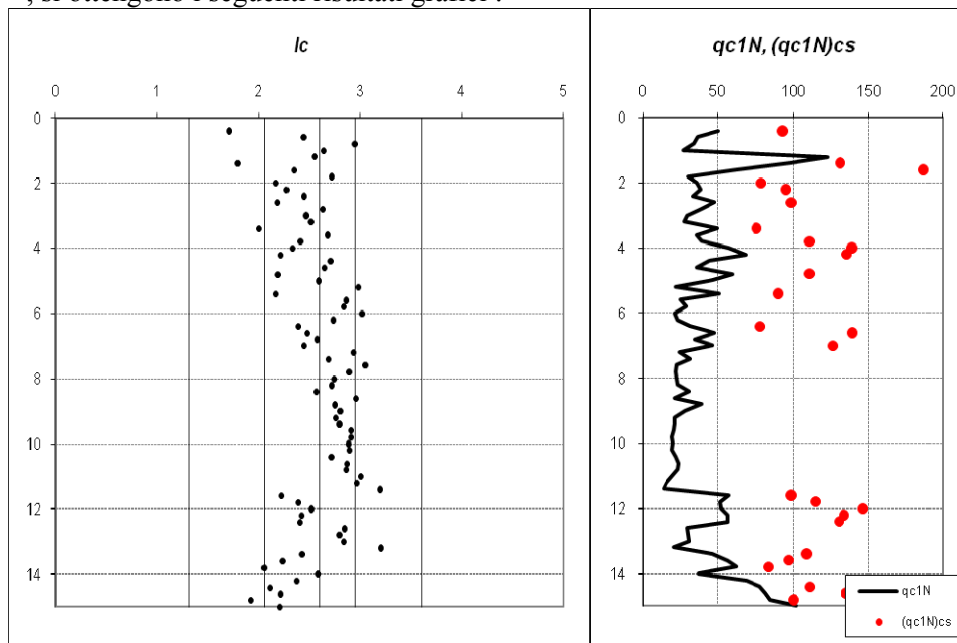
profondità falda = 2m

γ terreno = 1,85 t/mc

γ acqua = 1,0 t/mc

M (magnitudo) = 6,14

, si ottengono i seguenti risultati grafici :

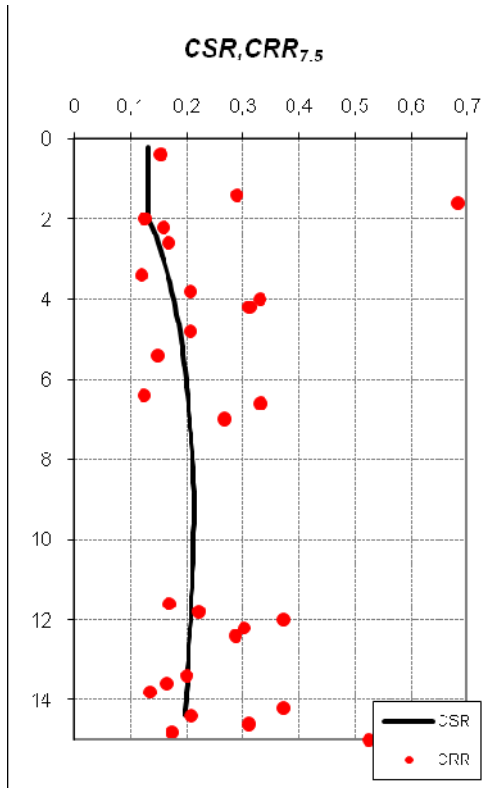


Ic = indice classificazione terreno proposto da Robertson (1990)

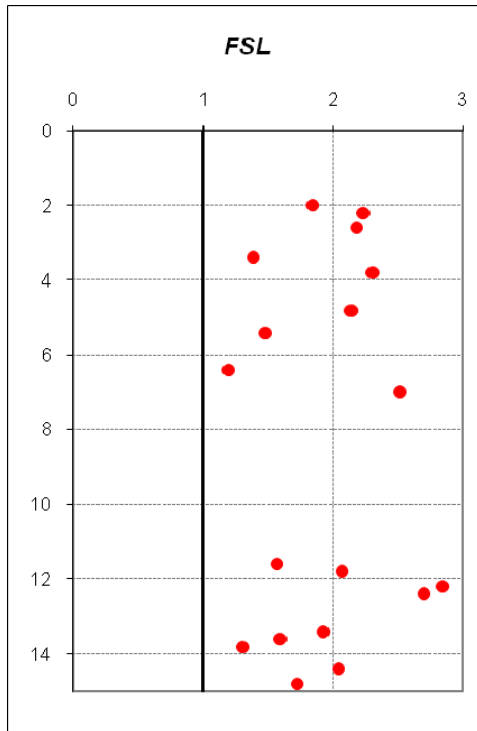
qc1N = resistenza penetrometrica di punta in sabbia normalizzata alla pressione di 100 kPa

**Progetto di ampliamento della Sede di TEMA Sinergie s.p.a. in Via Malpighi 120 a Faenza (Ra)
Variante al RUE in base all'art.53 della L.R.**

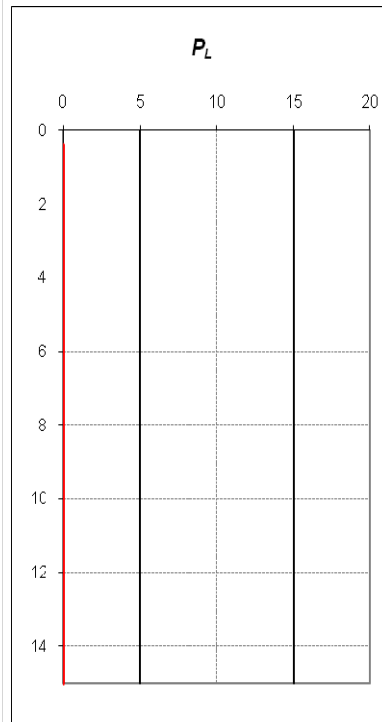
**Relazione Geologica
 (D.M. 17/01/2018, DGR 2193/2015, DGR 630/2019)**



CRR = resistenza ciclica del terreno CSR = rapporto tensionale ciclico



FSL = fattore sicurezza liquefazione



PL = potenziale liquefazione

**Progetto di ampliamento della Sede di TEMA Sinergie s.p.a. in Via Malpighi 120 a Faenza (Ra)
Variante al RUE in base all'art.53 della L.R.**

Relazione Geologica
 (D.M. 17/01/2018, DGR 2193/2015, DGR 630/2019)

6 - CONCLUSIONI.

Sulla base di una analisi di inquadramento geologico generale, idrogeologica, geologico-tecnica, e del rischio sismico, adeguatamente supportata da informazioni geognostiche e geofisiche, si ritiene definita con sufficiente attendibilità la fattibilità urbanistica e geologico-sismica del Progetto di costruzione di capannone artigianale in ampliamento della Sede di TEMA Sinergie s.p.a. in Via Malpighi 120 a Faenza (Ra), da realizzarsi a seguito di Variante al RUE in base all'art.53 della L.R. (v. Progetto Studio Cantagalli di Faenza e FIGG. 1, 2).

Innanzitutto, si riscontra che l'intera "Area TEMA" insiste centralmente in una porzione omogenea del vasto semiconoide occidentale del sistema F.Lamone/Marzeno di età *Pleistocene superiore/Olocene (Subsistema di Ravenna – AES8 nella Cartografia Geologica Regione Emilia-Romagna)*, nell'ambito della quale non si individuano in generale situazioni geomorfologiche, idrogeologiche e geotecniche tali da condizionare negativamente "normali" interventi urbanistico/edificatori come quello in Progetto (v. cap.2).

Per quanto concerne l'idrogeologia sotterranea, si stima che il livello delle acque sotterranee (che nel marzo 2021 stazionava a **-4,6m dal piano del piazzale esistente**) sia temporaneamente risalito in passato sino a **profondità di -2/-2,5m** rispetto al piano calpestio dell'attuale piazzale.

In generale, le informazioni geognostiche documentano una buona omogeneità stratigrafica e qualità geomeccanica complessiva dei terreni naturali del primo sottosuolo per l'intera "Area TEMA", i quali sottostanno uno strato superficiale di materiali di riporto spesso in media 1,8/2m e sono caratterizzati da valori medi di **$R_p \geq 21 \text{ daN/cm}^2$** nell'intervallo di profondità -2,4/-4m.

Nel dettaglio, per quanto concerne l'assetto fondale del nuovo capannone artigianale in Progetto, si constata la fattibilità di **fondazioni superficiali su plinti** poggiate a **profondità di -2/-2,5m** rispetto al piano calpestio del piazzale esistente, considerando in ogni caso la necessità di messa in opera di un adeguato orizzonte di sottofondazione (magrone, ...) in sostituzione di localizzati terreni "rimaneggiati" al "tetto" dello **strato A** (v. come riferimento stratigrafia CPT 1/18).

Per la suddetta situazione fondale si prospettano i seguenti parametri geomeccanici di riferimento:

- **Pressione Ammissibile** = 1,5 daN/cm²
 (stimata equivalente a Pressione SLU massima $\approx 2,5 \text{ daN/cm}^2$)

**Progetto di ampliamento della Sede di TEMA Sinergie s.p.a. in Via Malpighi 120 a Faenza (Ra)
 Variante al RUE in base all'art.53 della L.R.**

Relazione Geologica
 (D.M. 17/01/2018, DGR 2193/2015, DGR 630/2019)

- Stratigrafia geomeccanica dei terreni di fondazione (v. tabelle penetrometriche):

strato A (-2/-11m : prevalenti limi)

γ (peso specifico)	=	1,85 t/mc
ϕ (angolo di attrito interno) efficace	=	22°
cu (coesione non drenata)	=	0,75 daN/cm ²
c' (coesione drenata)	=	0,25 daN/cm ²
Modulo edometrico	=	60 kg/cm ²

strato B/C (-11/-20m : prevalenti sabbie)

γ (peso specifico)	=	1,85 t/mc
ϕ (angolo di attrito interno) efficace	=	30°
cu (coesione non drenata)	=	0,85 daN/cm ²
c' (coesione drenata)	=	0,25 daN/cm ²
Modulo edometrico	=	100 kg/cm ²

Per quanto concerne i caratteri di risposta sismica del sito, si prospettano i seguenti parametri:

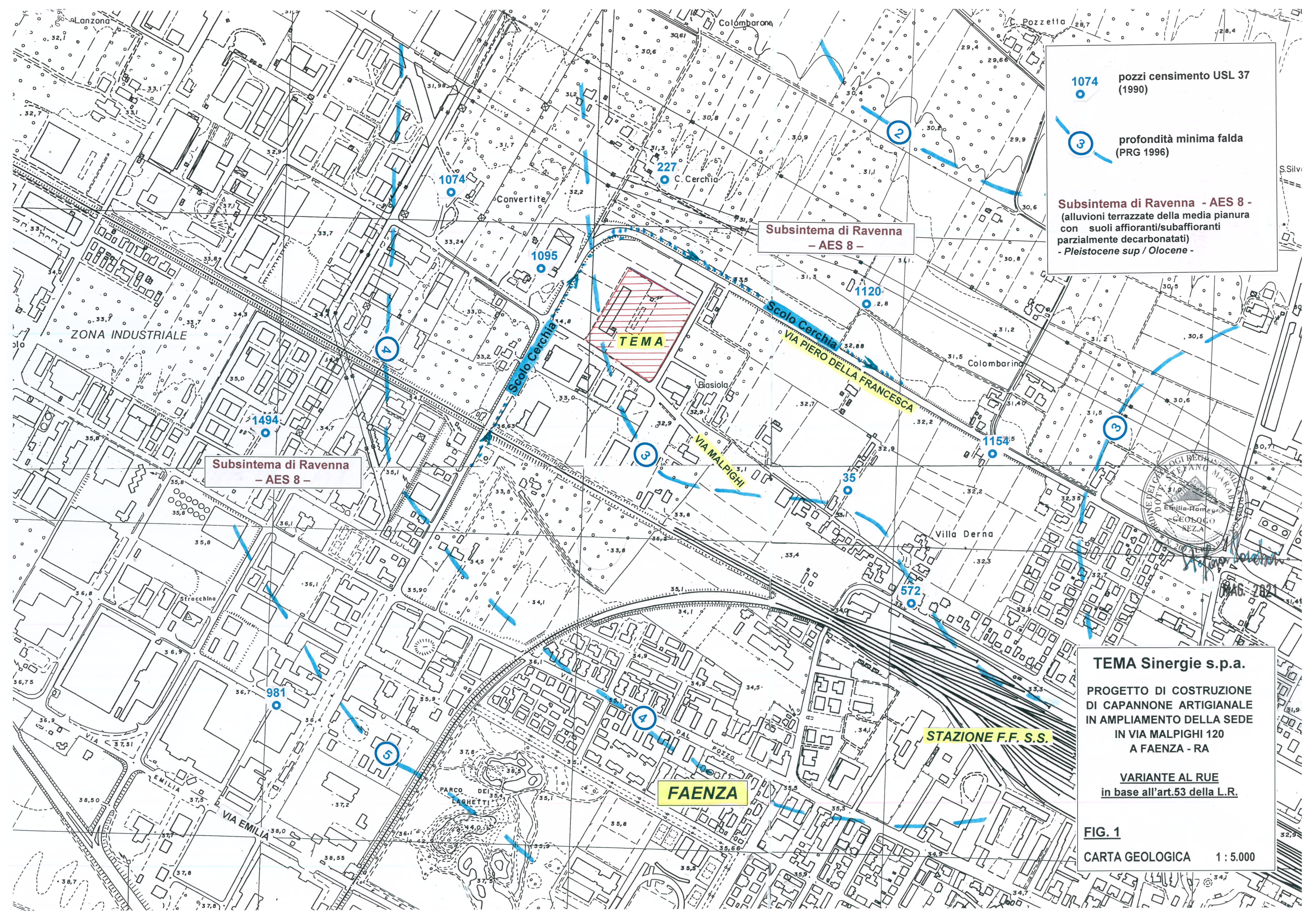
- **Categoria sismica del suolo = C** ($V_s 30 = 219$ m/s)
- **Cc (Fattore di amplificazione sismica) DGR 2193/2015 =**

PGA = 1,6	SA1 per l'intervallo 0,1s<To<0,5s = 1,8
SI1 per l'intervallo 0,1s<To<0,5s = 1,9	SA2 per l'intervallo 0,4s<To<0,8s = 2,6
SI2 per l'intervallo 0,5s<To<1,0s = 2,8	SA3 per l'intervallo 0,7s<To<1,1s = 2,9
SI3 per l'intervallo 0,5s<To<1,5s = 3,1	SA4 per l'intervallo 0,5s<To<1,5s = 2,9

- **St (Fattore di amplificazione topografica) = 1 (T = 1)**
- **PL (Potenziale alla liquefazione) = 0**

Si prescrive infine l'obbligo da parte della Direzione Lavori di verificare puntualmente in fase esecutiva la validità areale del modello geologico, individuando tempestivamente possibili anomalie locali (colamenti di scavi, manufatti interrati, ristagni idrici subsuperficiali, ...) che potrebbero richiedere aggiustamenti progettuali in corso d'opera (ad esempio maggior spessore dell' orizzonte di sottofondazione dei plinti), e inoltre che venga garantito un efficace sistema di drenaggio superficiale e subsuperficiale delle acque meteoriche per l'intera "Area TEMA".





- 1074 pozzi censimento USL 37 (1990)
- ③ profondità minima falda (PRG 1996)

Subsistema di Ravenna - AES 8 -
 (alluvioni terrazzate della media pianura
 con suoli affioranti/subaffioranti
 parzialmente decarbonatati)
 - Pleistocene sup / Olocene -

**Subsistema di Ravenna
 - AES 8 -**

**Subsistema di Ravenna
 - AES 8 -**

TEMA

FAENZA

STAZIONE F.F.S.S.

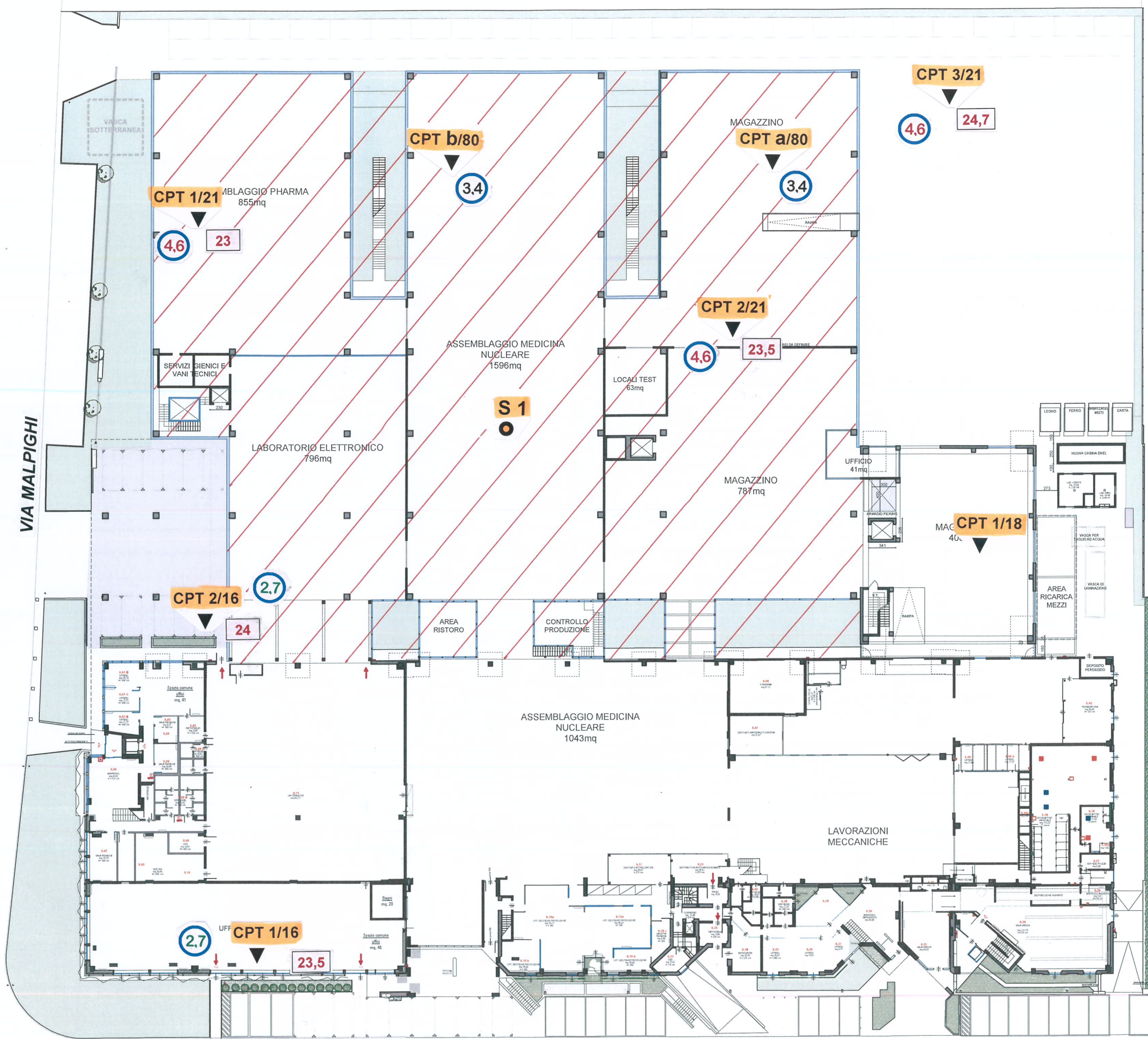
TEMA Sinergie s.p.a.

**PROGETTO DI COSTRUZIONE
 DI CAPANNONE ARTIGIANALE
 IN AMPLIAMENTO DELLA SEDE
 IN VIA MALPIGHI 120
 A FAENZA - RA**

**VARIANTE AL RUE
 in base all'art.53 della L.R.**

FIG. 1
CARTA GEOLOGICA 1 : 5.000





- Ampliamento edificatorio in Progetto
- penetrometrie statiche (CPT)
- carotaggio (S)
- 23,5 valori medi di Rp (Resistenza punta : Kg/cm²) tra -2,4/-4m
- 4,6 profondità falda freatica (marzo 2021)
- 2,7 profondità falda freatica (2016)
- 3,4 profondità falda freatica (anni '80)



MAG. 2021

TEMA Sinergie s.p.a.
PROGETTO DI COSTRUZIONE DI CAPANNONE ARTIGIANALE IN AMPLIAMENTO DELLA SEDE IN VIA MALPIGHI 120 A FAENZA - RA
VARIANTE AL RUE in base all'art.53 della L.R.

FIG. 2
CARTA GEOTECNICA E IDROGEOLOGICA 1 : 500

PIANTA PIANO TERRA

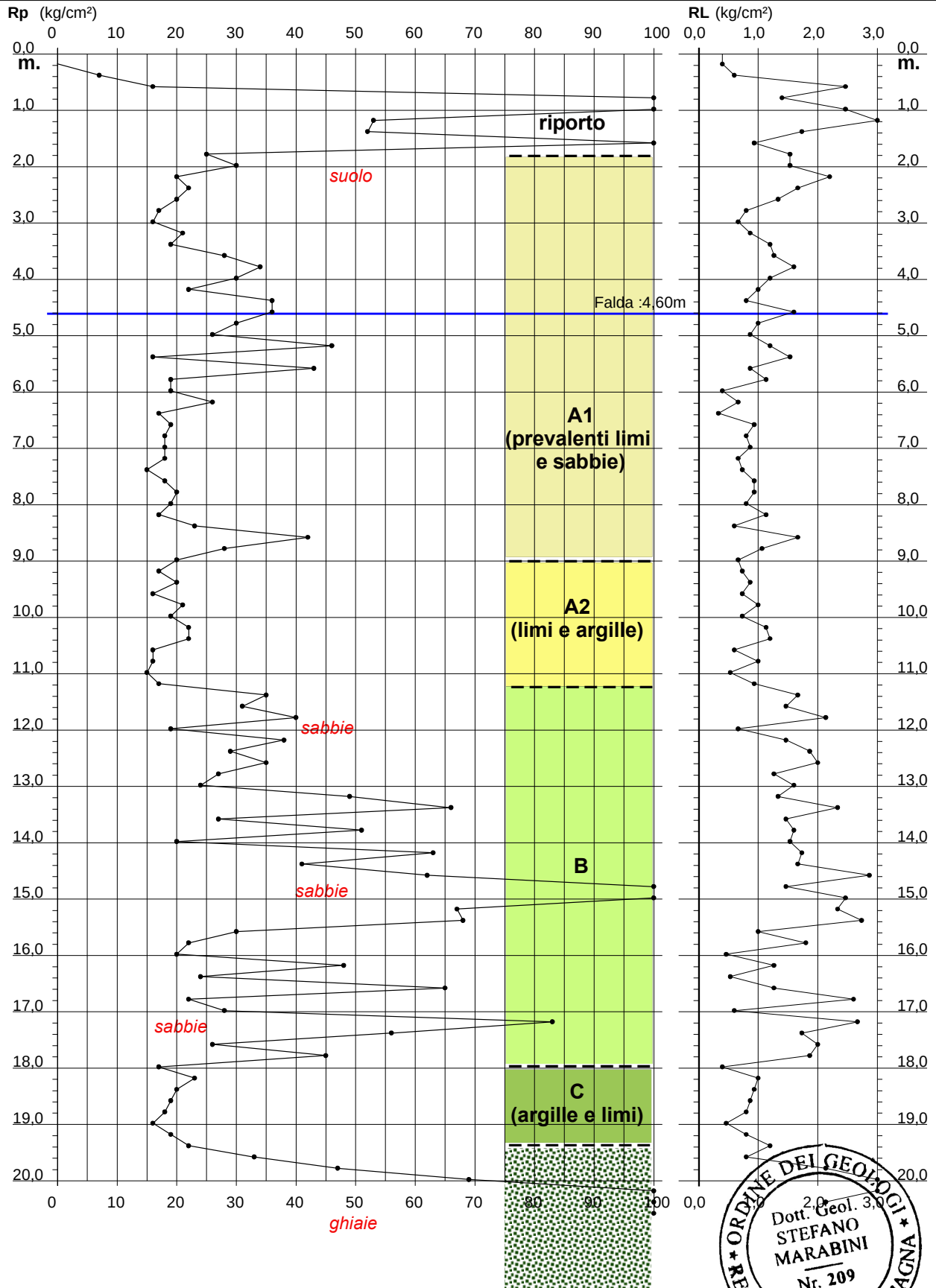


PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

- committente : Dott. Geol. Stefano Marabini
- lavoro : Ampliamento "Tema sinergie"
- località : via Malpighi, Faenza (RA)

- data : 15/03/2021
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 4,60 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100

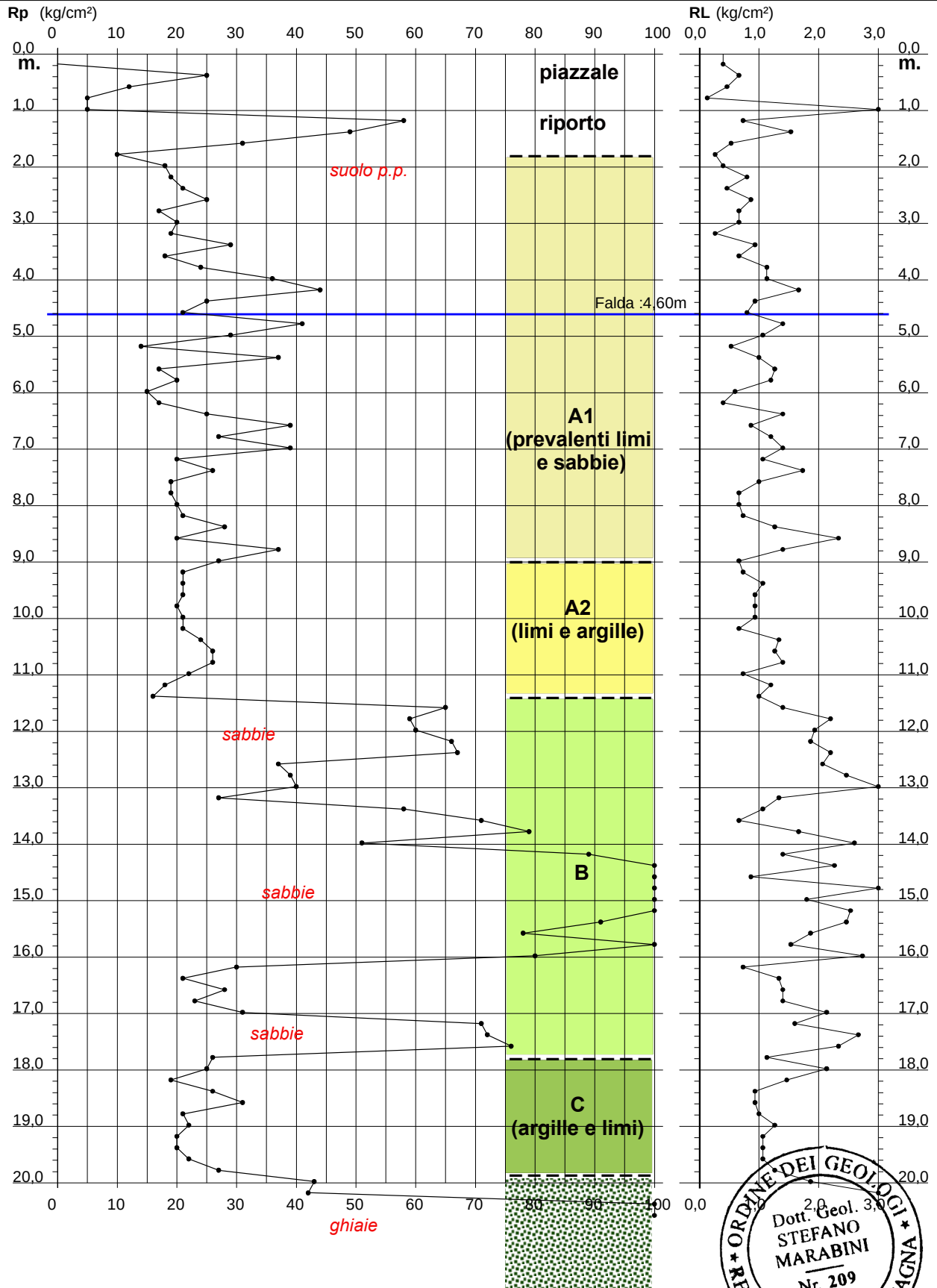


**PROVA PENETROMETRICA STATICA
DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

CPT 2

- committente : Dott. Geol. Stefano Marabini
- lavoro : Ampliamento "Tema sinergie"
- località : via Malpighi, Faenza (RA)

- data : 15/03/2021
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 4,60 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100

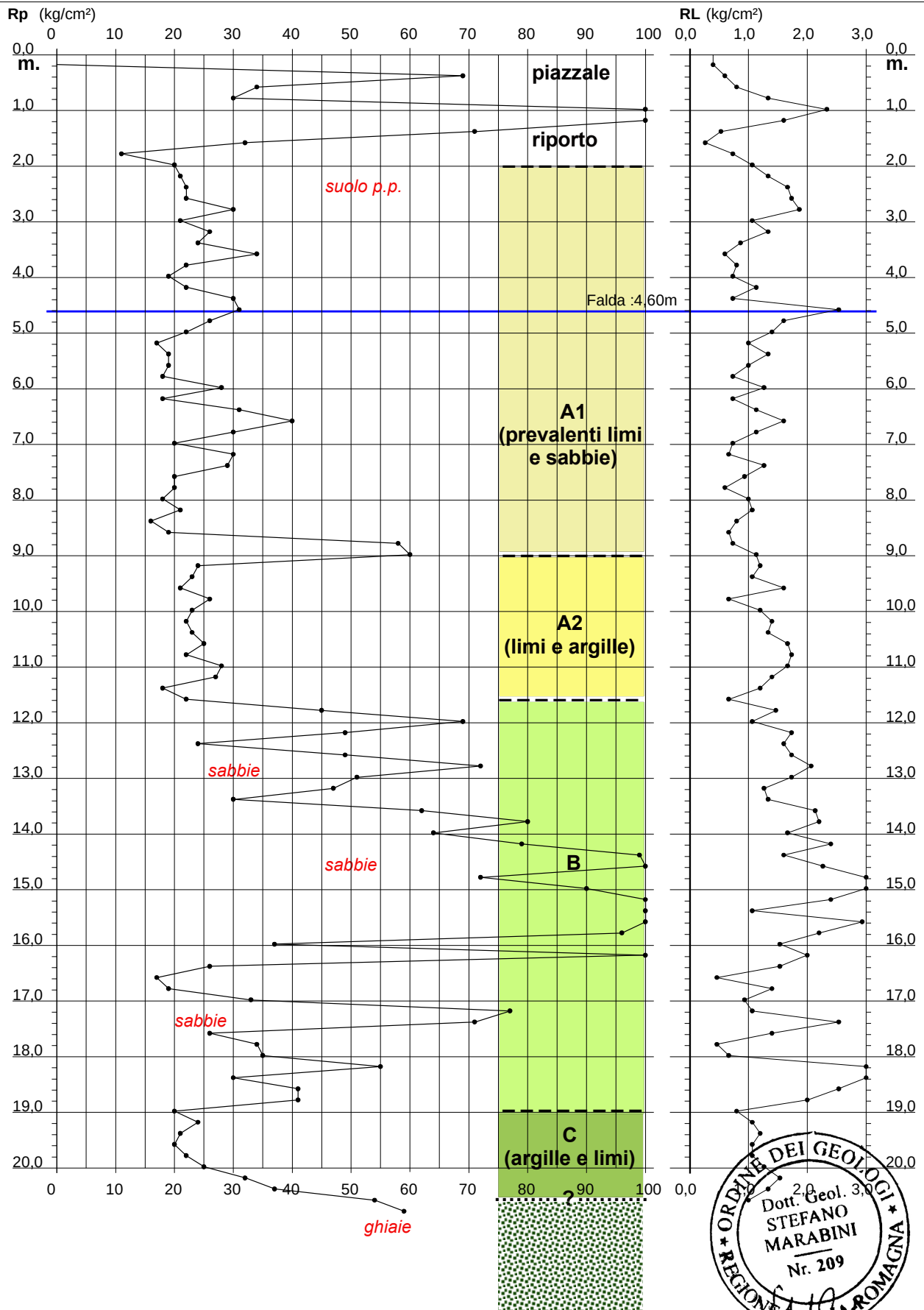


**PROVA PENETROMETRICA STATICA
DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

CPT 3

- committente : Dott. Geol. Stefano Marabini
- lavoro : Ampliamento "Tema sinergie"
- località : via Malpighi, Faenza (RA)

- data : 15/03/2021
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 4,60 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



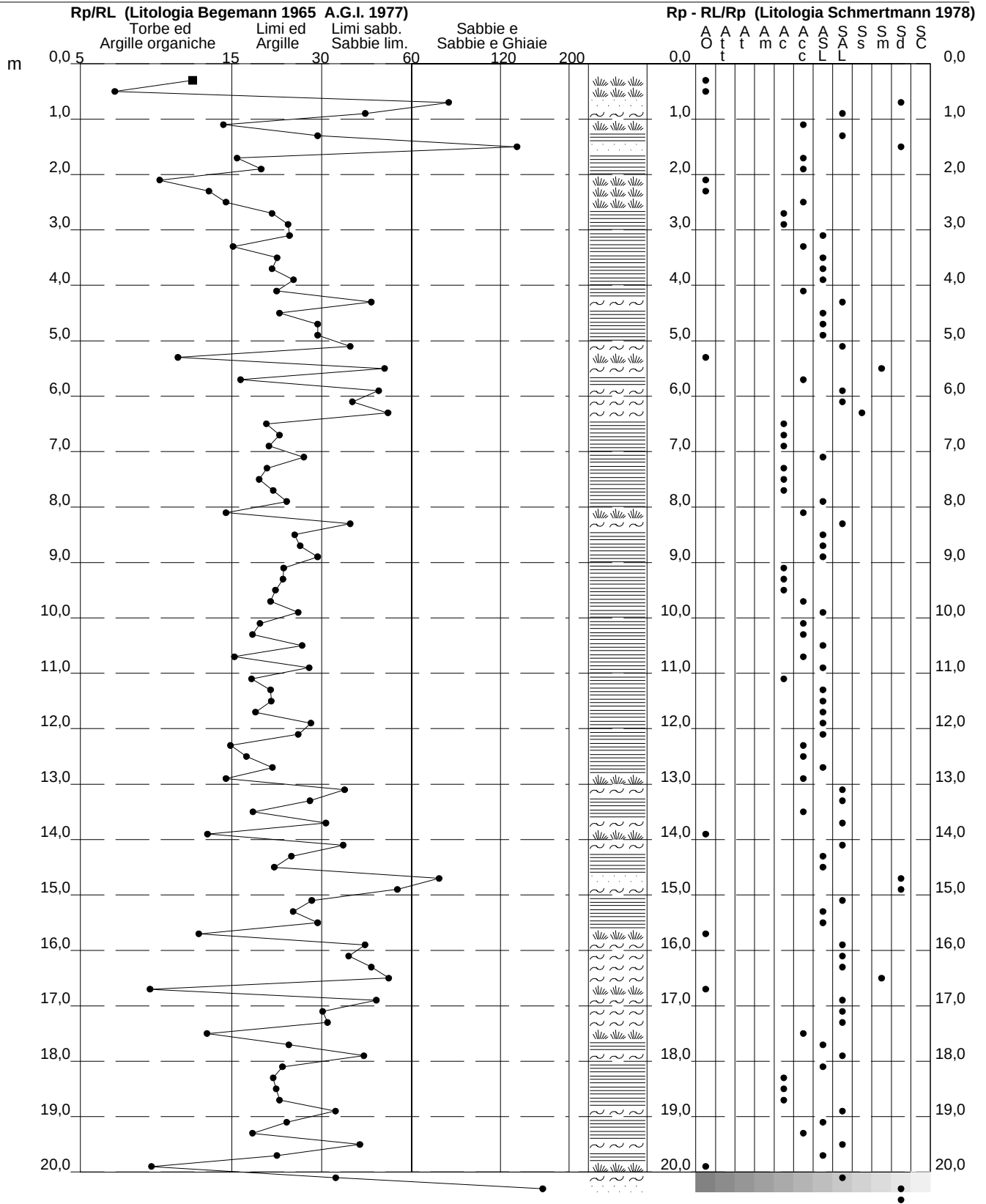
**PROVA PENETROMETRICA STATICA
VALUTAZIONI LITOLOGICHE**

CPT 1

2.010496-071

- committente : Dott. Geol. Stefano Marabini
- lavoro : Ampliamento "Tema sinergie"
- località : via Malpighi, Faenza (RA)
- note :

- data : 15/03/2021
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 4,60 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



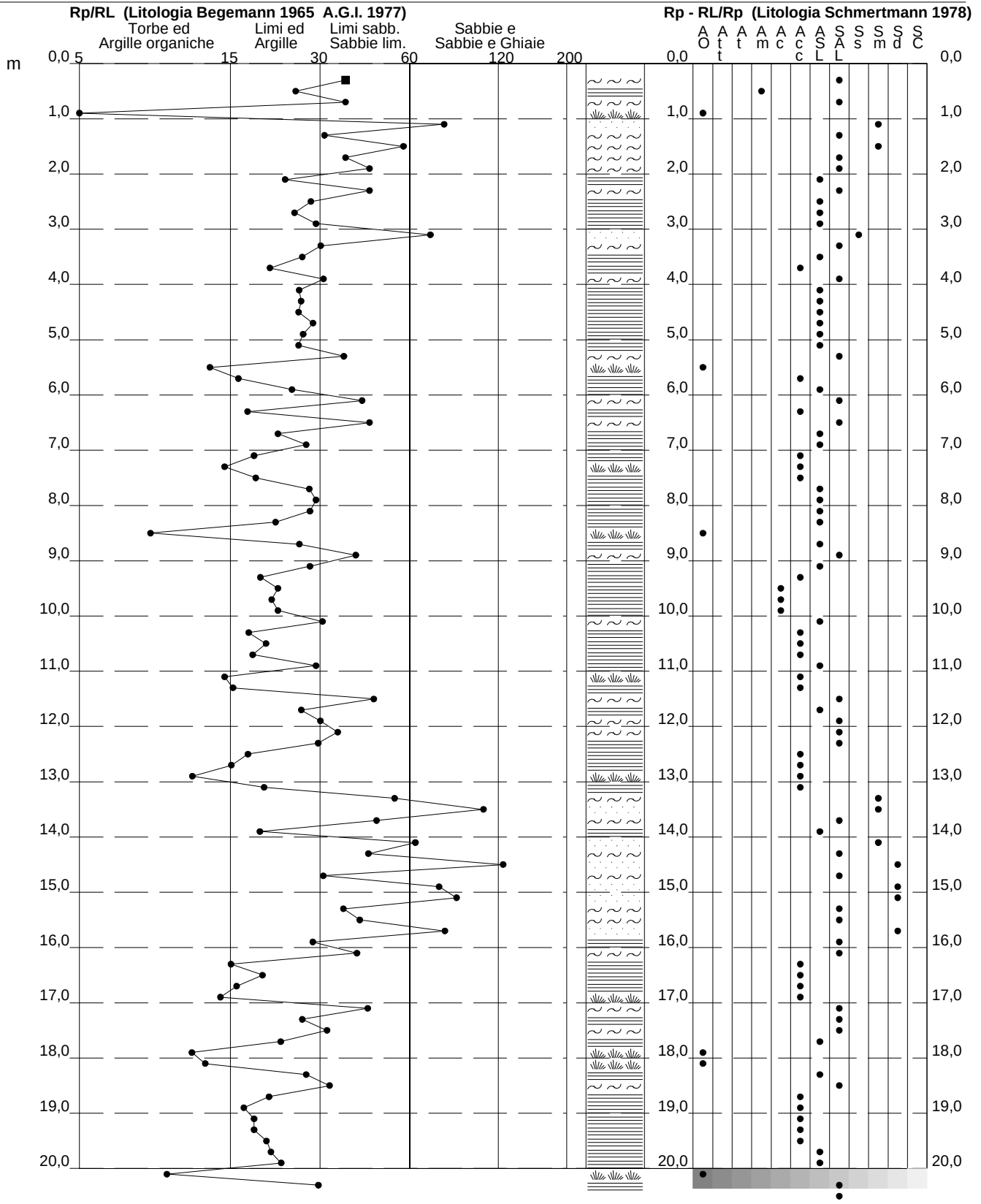
**PROVA PENETROMETRICA STATICA
VALUTAZIONI LITOLOGICHE**

CPT 2

2.010496-071

- committente : Dott. Geol. Stefano Marabini
- lavoro : Ampliamento "Tema sinergie"
- località : via Malpighi, Faenza (RA)
- note :

- data : 15/03/2021
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 4,60 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100

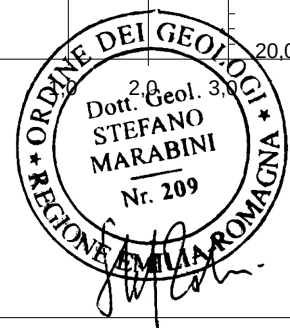
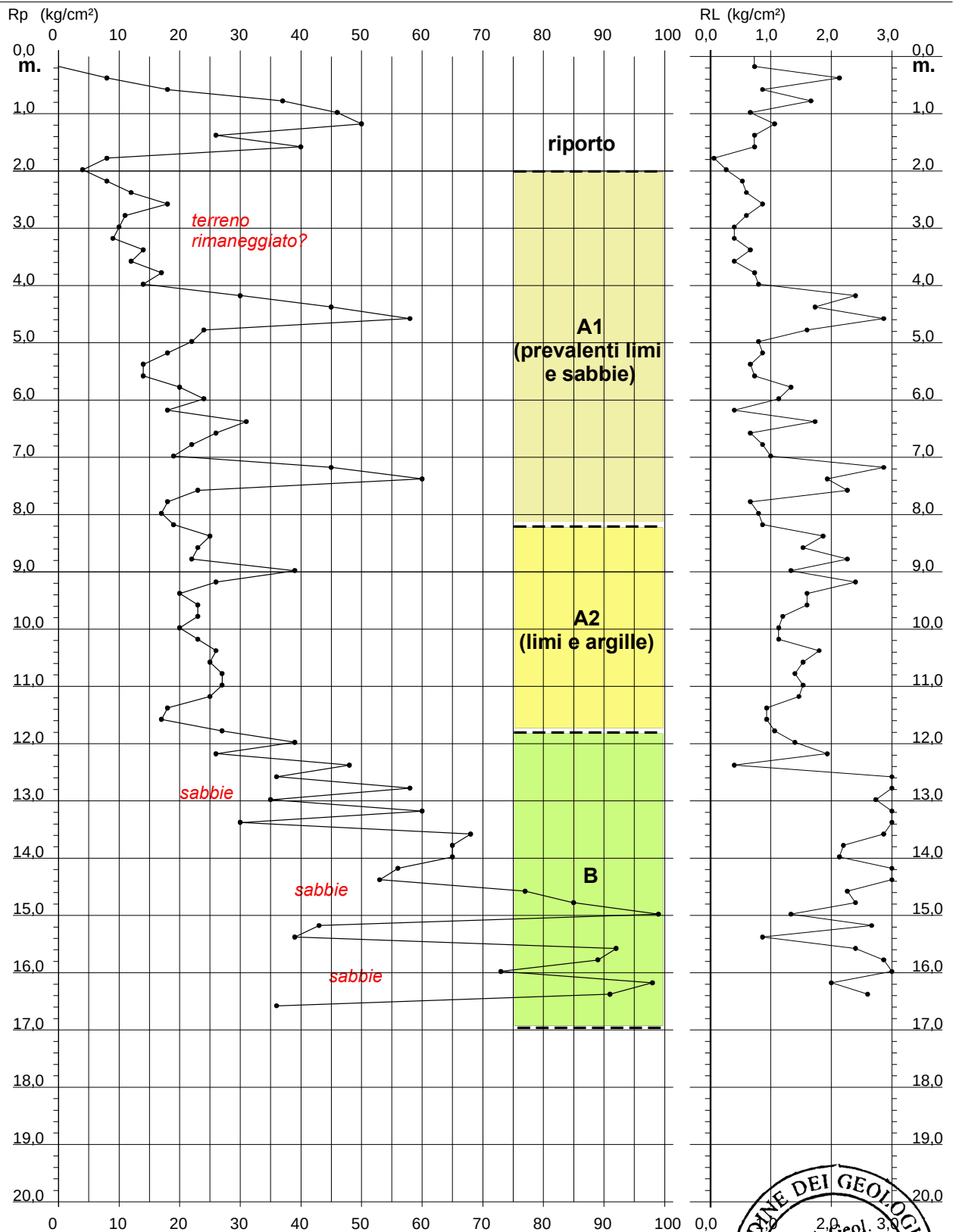


PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1/18

- committente : Dott. Geol. Stefano Marabini
- lavoro : nuova edificazione
- località : via Malpighi, Faenza (RA)
- note : foro chiuso

- data : 12/12/2018
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- scala vert.: 1 : 100

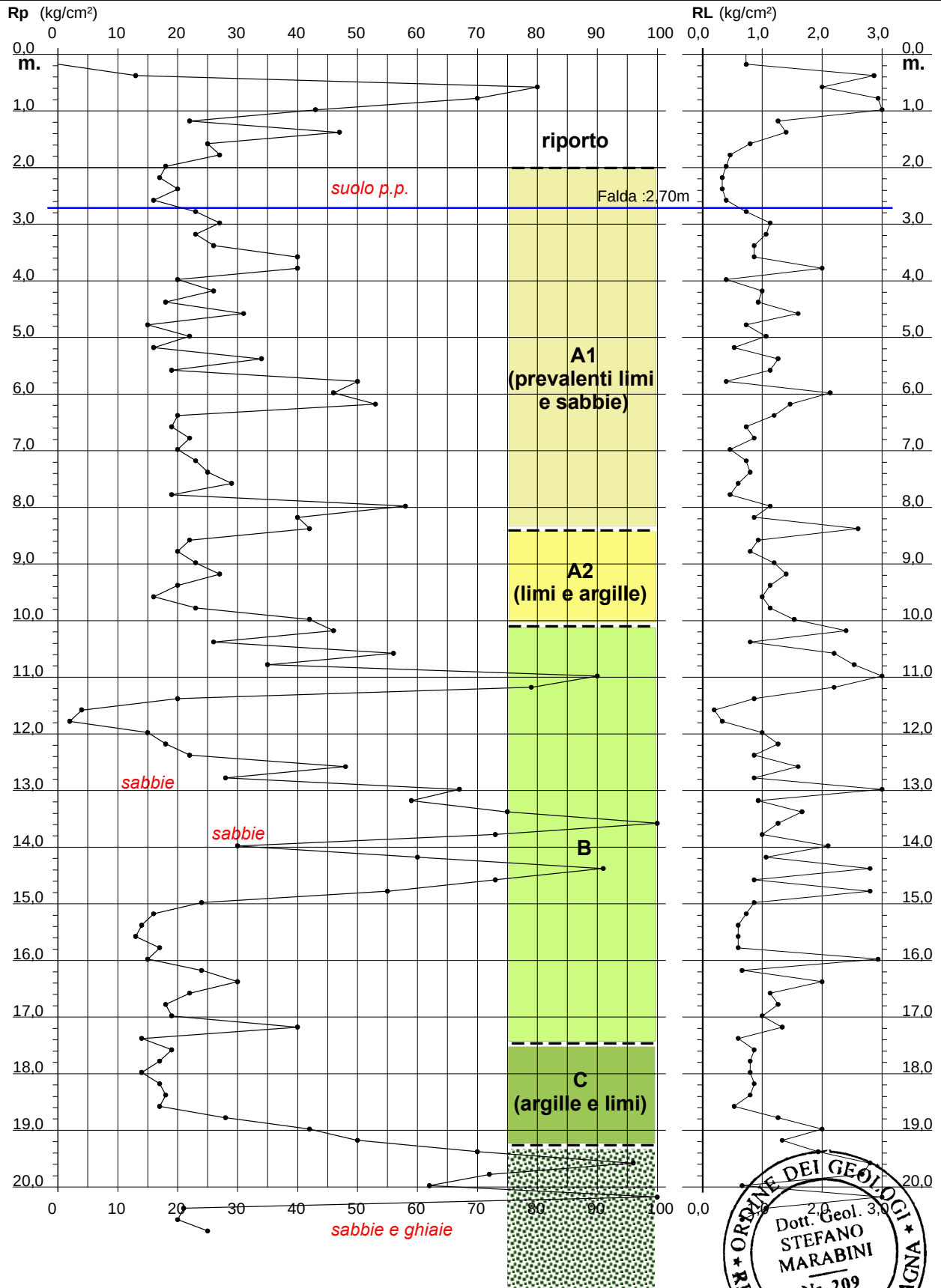


**PROVA PENETROMETRICA STATICA
DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

CPT 1/16

- committente : Dott. Geol. Stefano Marabini
- lavoro : Ampliamento fabbricato
- località : Via Malpighi, Faenza (RA)

- data : 08/02/2016
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 2,70 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100

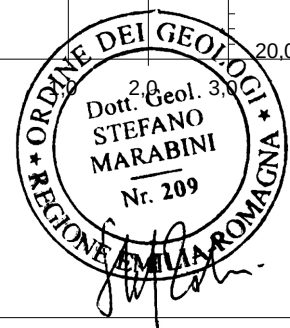
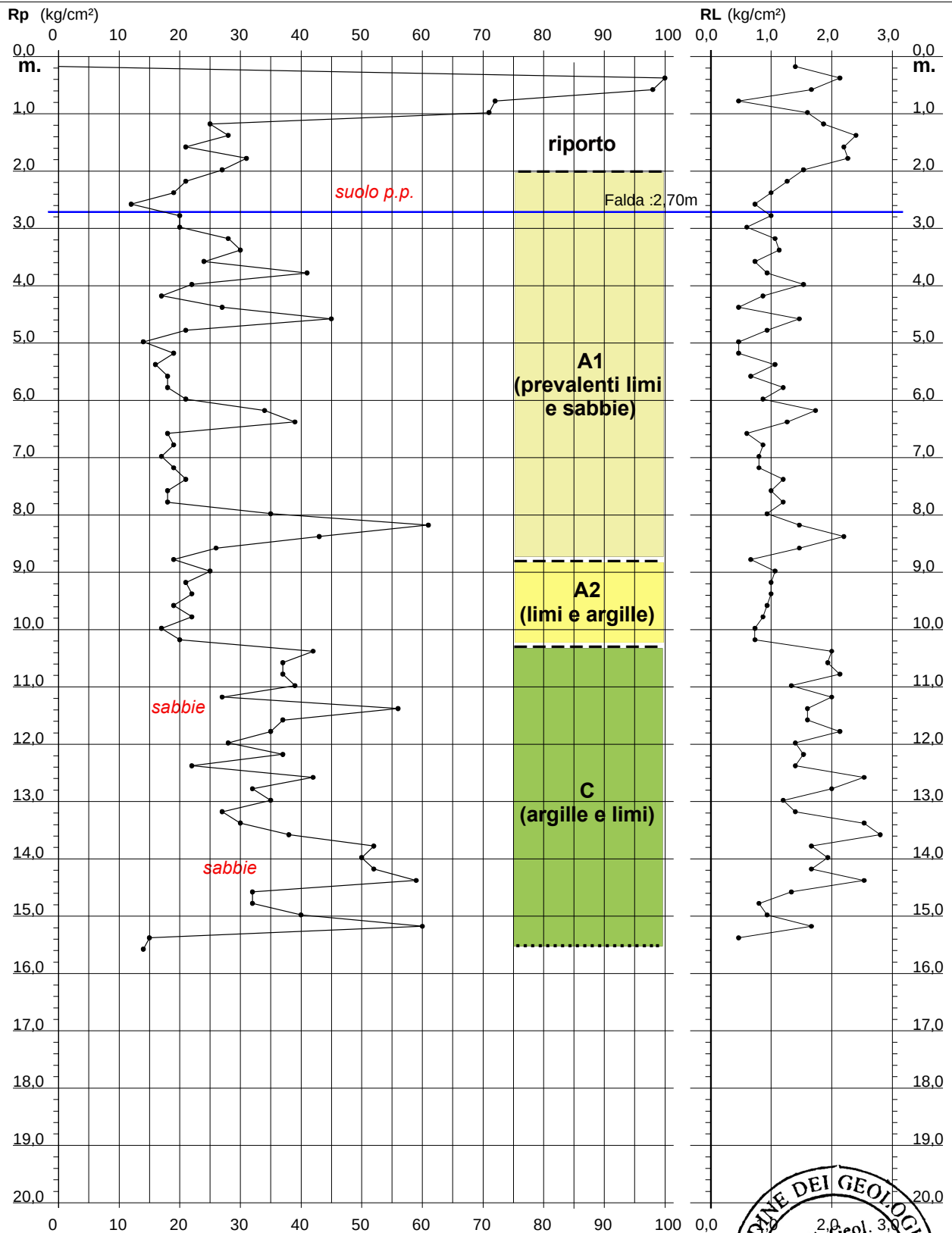


**PROVA PENETROMETRICA STATICA
DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

CPT 2/16

- committente : Dott. Geol. Stefano Marabini
- lavoro : Ampliamento fabbricato
- località : Via Malpighi, Faenza (RA)

- data : 08/02/2016
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 2,70 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



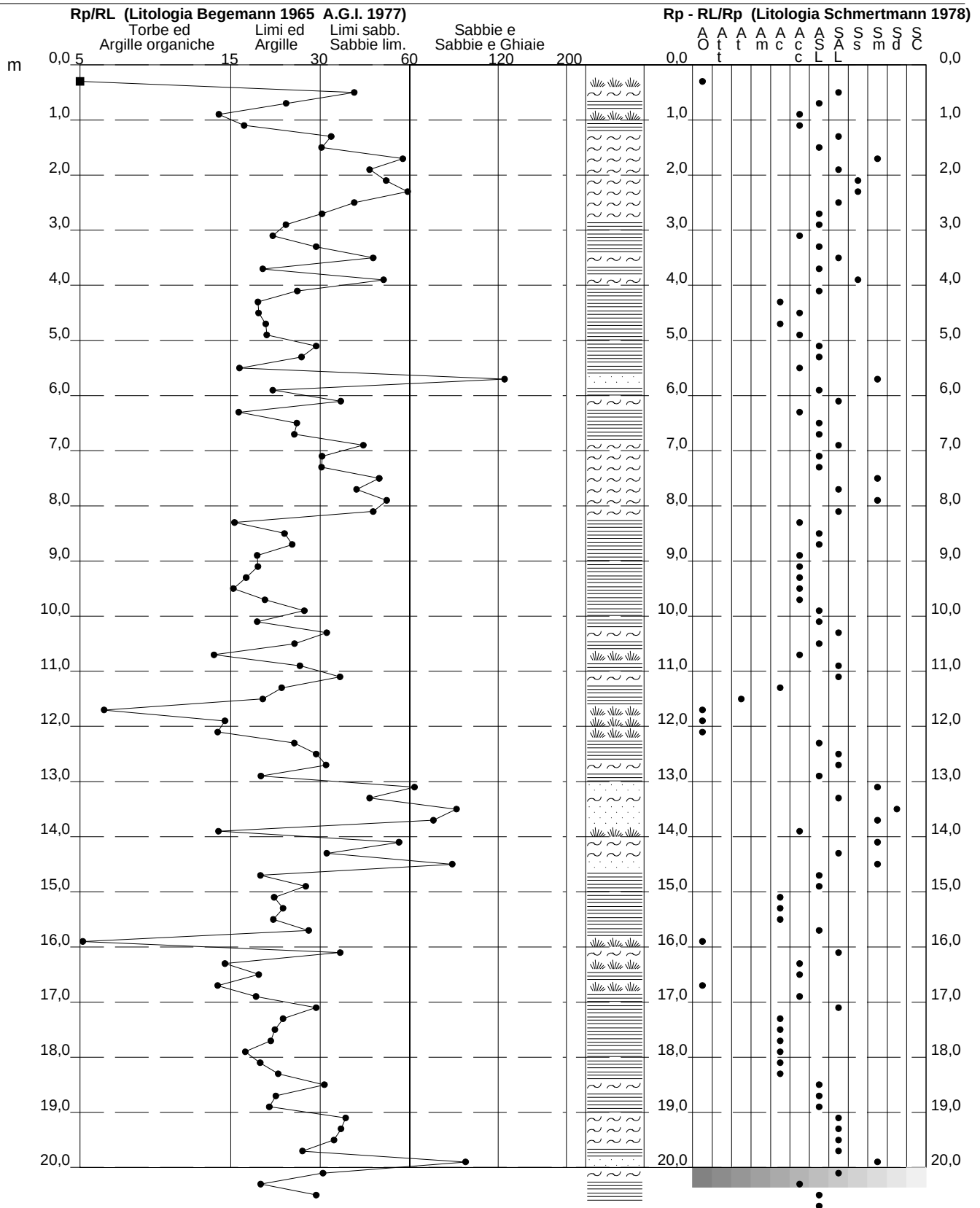
**PROVA PENETROMETRICA STATICA
VALUTAZIONI LITOLOGICHE**

CPT 1/16

2.010496-071

- committente : Dott. Geol. Stefano Marabini
- lavoro : Ampliamento fabbricato
- località : Via Malpighi, Faenza (RA)
- note :

- data : 08/02/2016
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 2,70 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



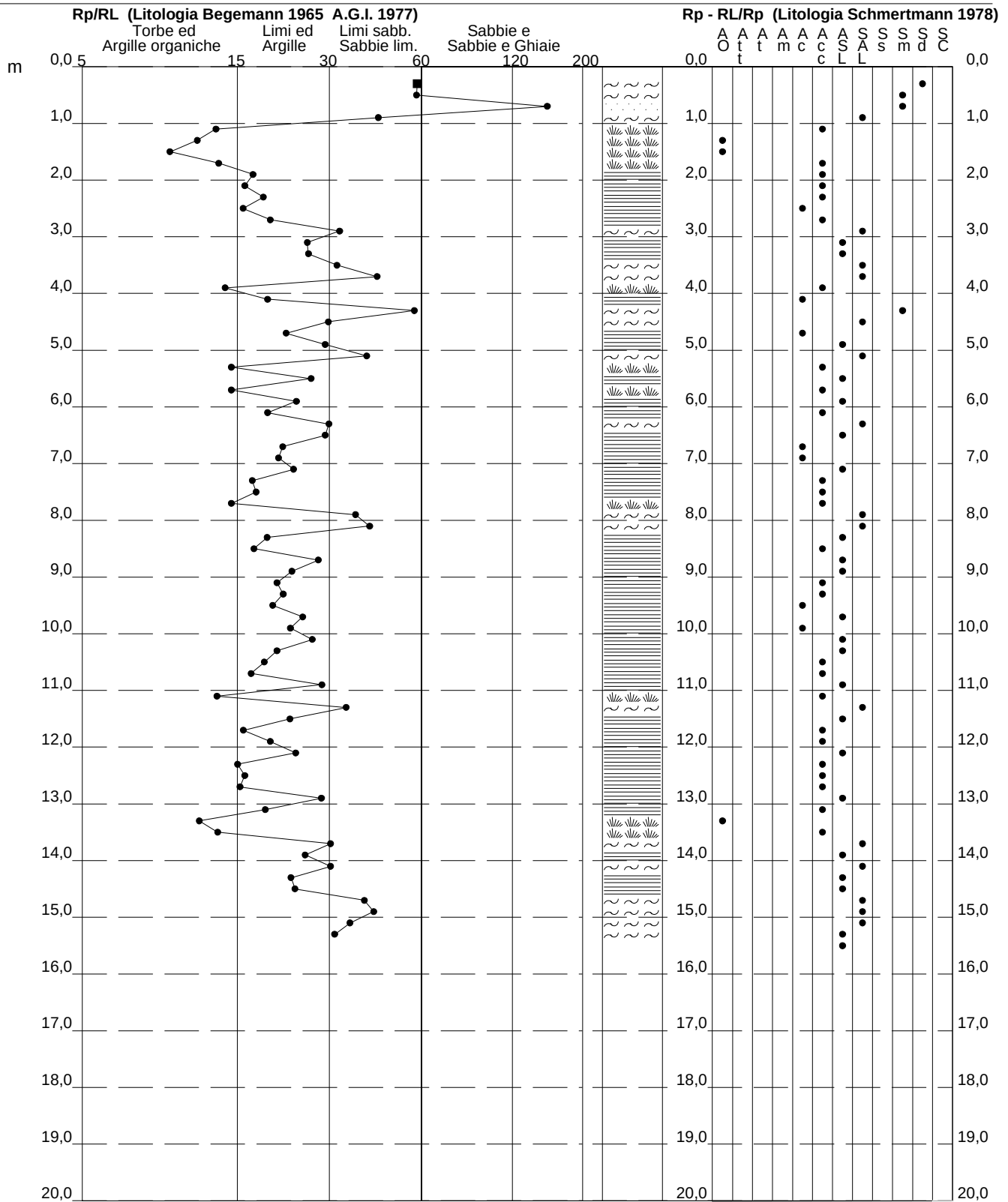
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 2/16

2.010496-071

- committente : Dott. Geol. Stefano Marabini
 - lavoro : Ampliamento fabbricato
 - località : Via Malpighi, Faenza (RA)
 - note :

- data : 08/02/2016
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 2,70 m da quota inizio
 - scala vert.: 1 : 100



0094

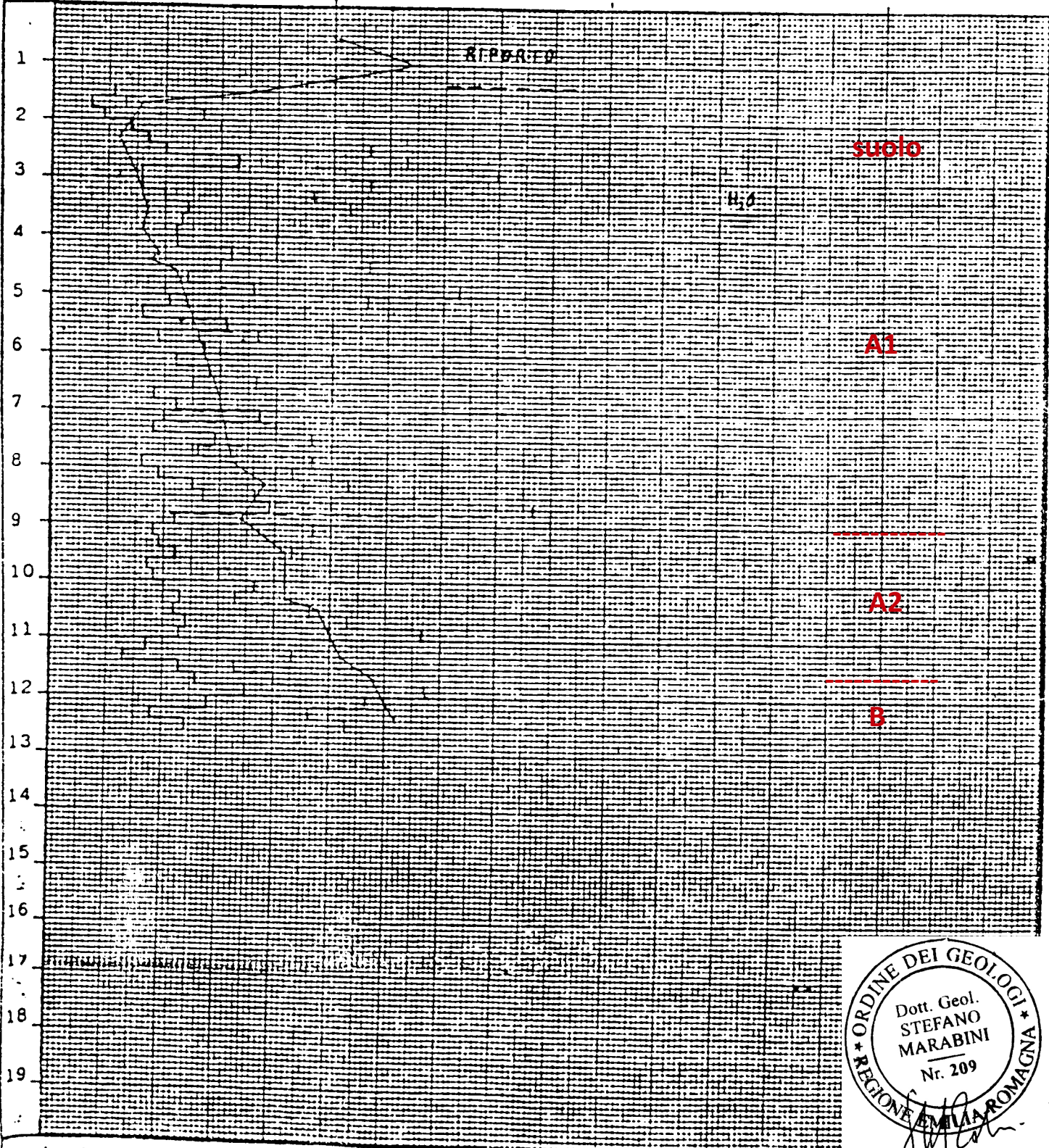
PONTE VERDE s.a.s.
INDACINI GEOTECNICHE
Via S. Martino, 1
48018 FAENZA (RA)
part. IVA 00855220338

PENETROMETRIE
PROVE GEOFISICHE

prova
penetrometrica
statica

N. al'80

Inflazione in metri	●●●● Rp/Ral	50	100	150
	— Rt kg	2500	5000	7500
	- - - Ral kg/cmq	1	2	3
	— Rp kg/cmq	50	100	150



ORDINE DEI GEOLOGI
 Dott. Geol.
 STEFANO
 MARABINI
 Nr. 209
 REGIONE EMILIA ROMAGNA

IMPRESA - E

0095

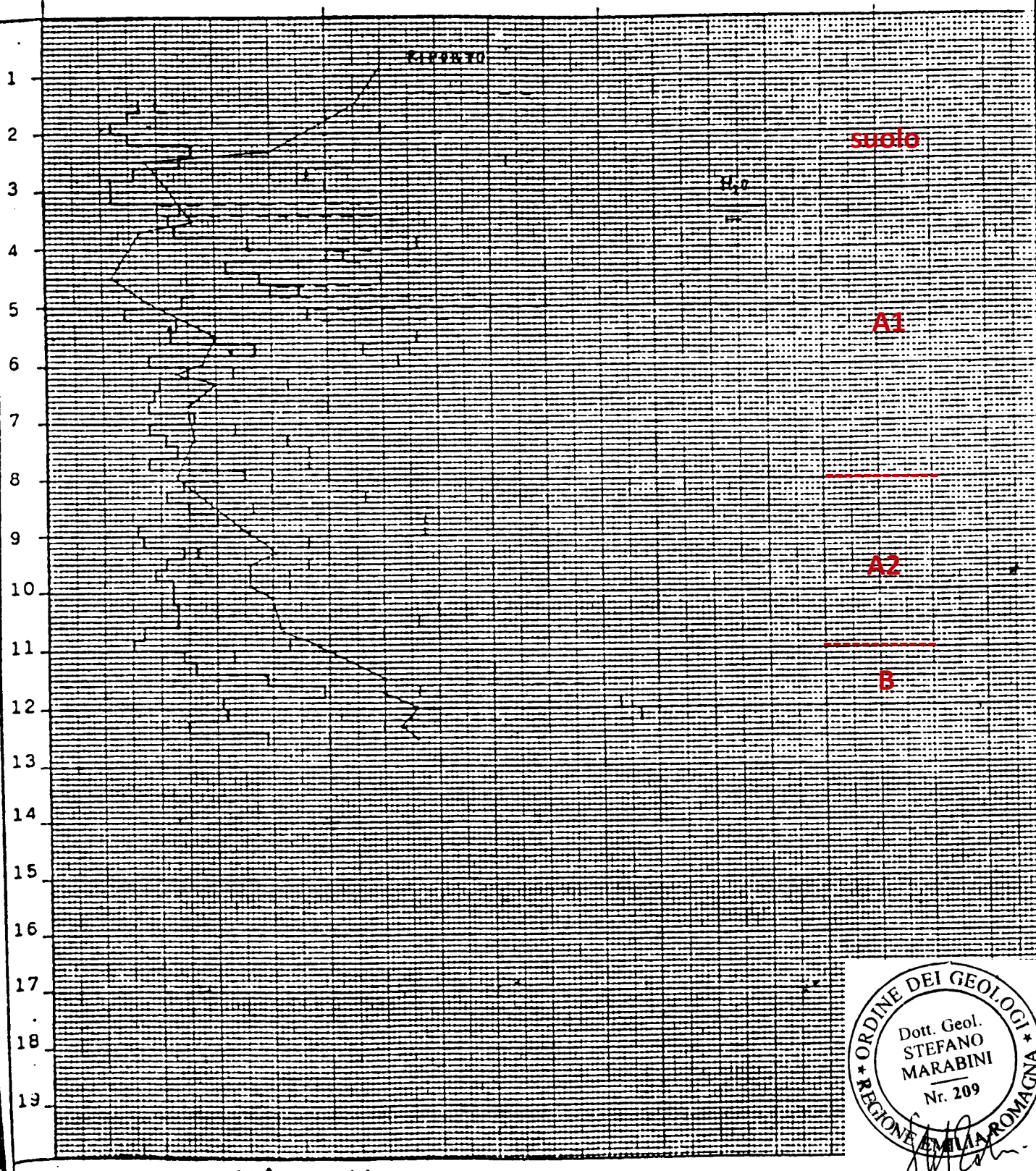
PONTE VERDE s. r. l.
INDAGINI GEOTECNICHE
Via S. Martino, 1
46018 FAENZA (RA)
part. IVA 00855220398

PENETROMETRIE
PROVE GEOFISICHE

prova
penetrometrica
statica

N b/80

Infilazione in metri	●●●● Rp/Ral	50	100	150
	— Rt kg	2500	5000	7500
	--- Ral kg/cmq	1	2	3
	— Rp kg/cmq	50	100	150



REGIONE EMILIA ROMAGNA
 ORDINE DEI GEOLOGI
 Dott. Geol.
 STEFANO
 MARABINI
 Nr. 209



Scala 1:100	P.P. I [daN/cm²]	Vane Test [daN/cm²]	Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Campioni Rim.	S.P.T. [n. colpi] P.A.	Falda	Pz.Norton
1					Materiali vari di riporto (sottofondo piazzale)					
2	2.7		1.80		Argilla limosa scura (suolo "troncato")					
3	4.0		2.15		Argilla limosa grigio-verdastra					
4	1.8	0.40	2.50		Argilla limosa grigio-verdastra					
5	1.3	0.40			Limo sabbioso grigio					
6	1.3	0.40	3.60		Limo sabbioso grigio-giallastro					
7	0.9		4.10		Sabbia fine limosa giallastra					
8	1.0		4.60		Limo sabbioso					
9	1.6		4.90		Limo sabbioso					
10	0.9				Sabbia fine, più o meno limosa, giallastra, con passate argillose centimetriche					
11	1.6	0.60	5.85		Sabbia fine, più o meno limosa, giallastra, con passate argillose centimetriche					
12	0.6				Alternanza di sabbie, più o meno limose, giallastre, e limi, più o meno sabbiosi, grigi					
13	1.6	0.40	7.45		Alternanza di sabbie, più o meno limose, giallastre, e limi, più o meno sabbiosi, grigi					
14	0.6	0.60	7.85		Limo argilloso grigio					
15	1.1				Alternanza di sabbie, più o meno limose, giallastre, e limi, più o meno sabbiosi, grigi					
16	1.3	0.80	8.65		Sabbia fine, limosa, giallastra					
17	1.5	0.80	9.00		Limo argilloso grigio					
18	1.3	0.70	9.25		Limo argilloso grigio					
19	2.0	1.00	9.90		Limo sabbioso grigio					
20	1.7	0.70			Limo argilloso grigio, omogeneo					
21			10.95		Limo argilloso grigio, omogeneo					
22					Sabbia media-fine giallasta-grigiastra					
23			12.10		Sabbia media-fine giallasta-grigiastra					
24					Limi sabbiosi grigi "teneri"					
25			13.50		Limi sabbiosi grigi "teneri"					
26					Sabbie medio-grossolane grigie					
27			14.80		Sabbie medio-grossolane grigie					
28					Alternanza di sabbie fini limose e sabbie medio-fini grigie					
29	1.4		16.10		Alternanza di sabbie fini limose e sabbie medio-fini grigie					
30	1.0	0.50	16.30		Limo argilloso scuro					
31	1.2		16.90		Sabbia limosa grigio scuro					
32					Alternanza di sabbie medio-fini e sabbie limose grigio scuro					
33			18.30		Alternanza di sabbie medio-fini e sabbie limose grigio scuro					
34	1.8	0.90	18.50		Argilla limosa nerastra con minuscoli frammenti vegetali					
35	1.9	0.90	19.20		Argilla limosa nerastra con minuscoli frammenti vegetali					
36	1.9	1.10	19.20		Argilla limosa grigio scuro					
37	2.2	1.00	19.95		Argilla limosa grigio scuro					
38					Argilla limosa grigio cenere, con calcinelli					
39			20.50		Sabbie medie grigie					
40			21.00		Ghiaia, Ø 1-5 cm, in abbondante matrice sabbiosa grigia					

Note:
Descrizione stratigrafica eseguita dalla D.L. Dott. Geol. Marabini Stefano.

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio



SOGEO s.r.l.
INDAGNI GEOSTRUTTURALI ED AMBIENTALI
Via S. Polito n. 43 - 48022 S. Polito di Lupatoto (RA)
Tel. 054522042 - Fax 054534443 - E-mail: sogeo@sogeo-srl.com

COMMITTENTE: TEMA SINERGIE S.p.A.

LOCALITA': Via Malpighi n.120 - Faenza (RA)

SONDAGGIO N.: S.1

RIF. N° : 023-21

ALLEGATO A: C21-025-1

DATA: 24/03/2021



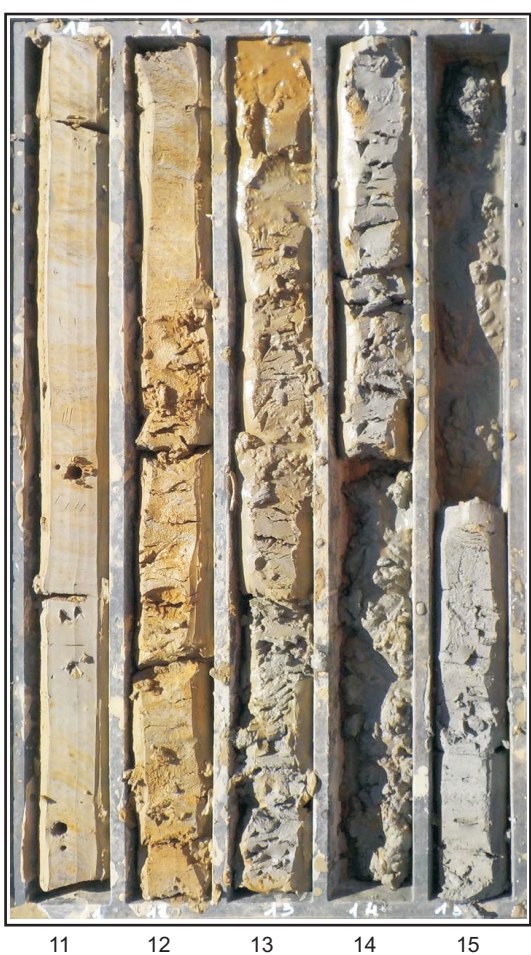
Cassa 2 da -5.0 a -10.0 m



Cassa 4 da -15.0 a -20.0 m



Cassa 1 da 0.0 a -5.0 m



Cassa 3 da -10.0 a -15.0 m



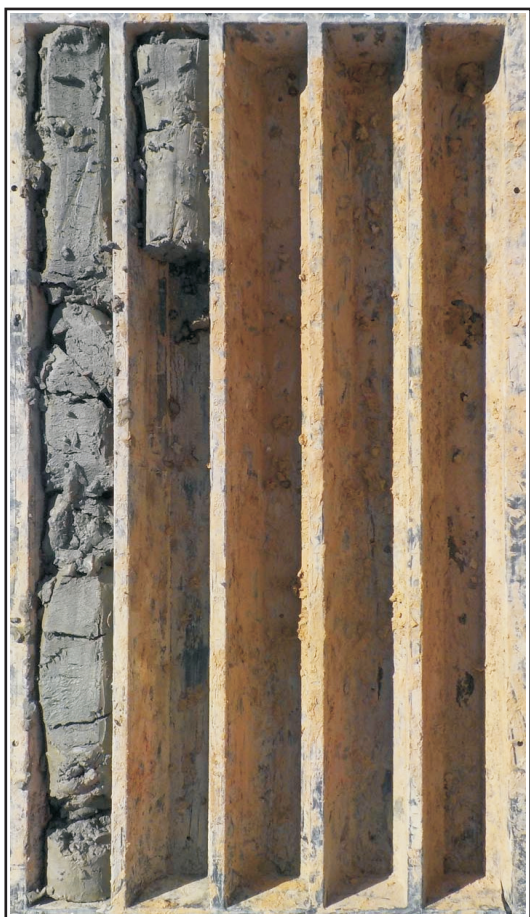
SOGEO s.r.l.
INGEGNERI GEOTECNICI ED AMBIENTALI
Via S. Polito n. 43 - 48022 S. Polito di Lupat (RA)
Tel. 054522042 - Fax 054534443 - E-mail: sogeo@sogeo-srl.com

COMMITTENTE: TEMA SINERGIA S.p.A.
RIF. N° : 023-21

LOCALITA': Via Malpighi n.120 - Faenza (RA)
ALLEGATO A: C21-025-1

SONDAGGIO N: S.1
DATA: 24/03/2021

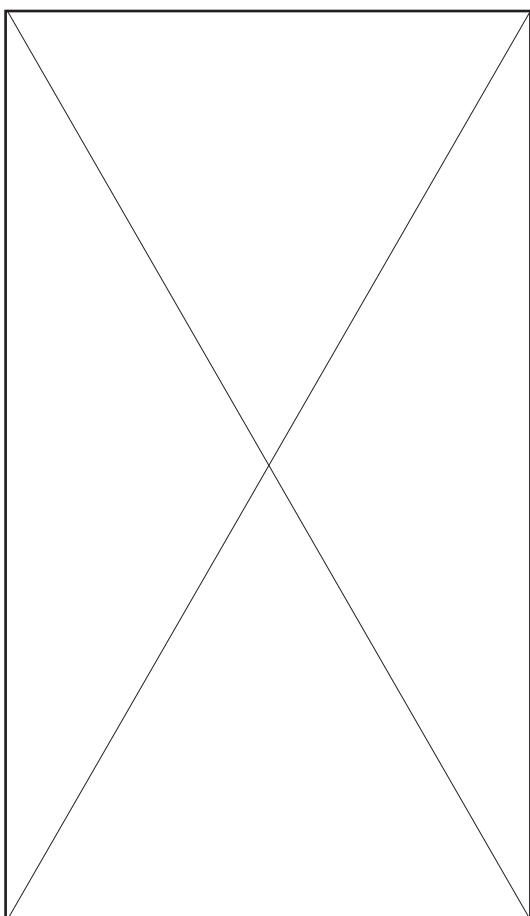
20 21 22 23 24



Cassa 5 da -20.0 a -25.0 m

21 22 23 24 25

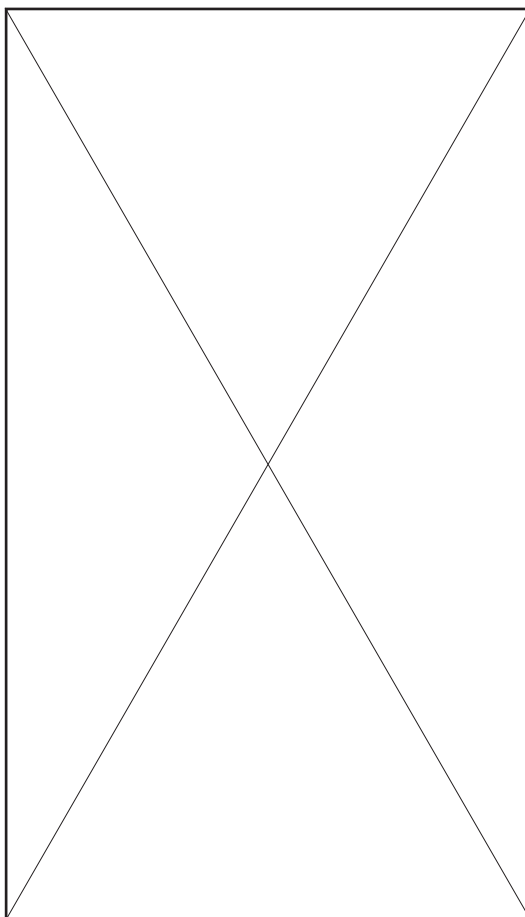
30 31 32 33 34



Cassa 7 da -30.0 a -35.0 m

31 32 33 34 35

25 26 27 28 29



Cassa 6 da -25.0 a -30.0 m

26 27 28 29 30



Posizionamento



INDAGINE SISMICA mediante la tecnica del rapporto spettrale H/V a stazione singola eseguita con tromografo digitale TROMINO-Micromed ed elaborazione dei dati mediante software GRILLA-Micromed

CANTIERE: via Malpighi – Faenza (RA)

LAVORO: ampliamento edilizio

COMMITTENTE: dr. geol. Stefano Marabini



Faenza, Marzo 2021

Dr. Geol. Bruno Gardegni



INDAGINE GEOFISICA e INTERPRETAZIONE

Scopo della presente relazione è la caratterizzazione sismica dell'area in via Malpighi a Faenza (Ra), nella zona industriale alla periferia della città, ove è in progetto un intervento urbanistico-edilizio di ampliamento del fabbricato di Tema sinergie s.r.l. previa anche demolizione del capannone esistente. Nell'area sono state eseguite varie prove penetrometriche CPT ed un carotaggio, i cui risultati, omogenei arealmente, sono serviti come supporto per l'interpretazione geofisica.

Allo scopo è stata eseguita una indagine sismica utilizzando un tomografo digitale Tromino-Micromed, avvalendosi del metodo di Nakamura sul rapporto spettrale H/, che fornisce una valutazione diretta della V_{s30} in base all'individuazione delle discontinuità sismiche e della profondità della formazione rocciosa.

Questa tecnica dei rapporti spettrali o HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) con apparecchio tomografico **TROMINO** permette inoltre di misurare la frequenza caratteristica di risonanza del sito, parametro che è utilizzabile in termini di risposta sismica locale (RSL) per progettare edifici non con la stessa frequenza di risonanza del terreno, in modo da evitare l'effetto di doppia risonanza pericoloso per la stabilità degli edifici.

La V_{s30} viene calcolata o meglio stimata mediante un codice di calcolo apposito attraverso il software **GRILLA**, è necessario conoscere la profondità di un riflettore stratigrafico (prova penetrometrica o sondaggio) e riconoscibile dalla curva H/V.

La tecnica HVSR si basa in parte sulla sismica tradizionale dei microtremori, cioè di oscillazioni molto piccole rispetto al sisma; il metodo di acquisizione dei dati è detto passivo in quanto il rumore non è generato come ad esempio dalle esplosioni della sismica attiva.

I dati sono stati acquisiti con un frequenza base di 128 Hz e convertiti in file ASCII mediante il software Grilla, e il rumore sismico è stato registrato nelle sue tre componenti per un intervallo di tempo di 30 minuti, suddiviso in intervalli della durata di 8 sec.

Successivamente si è operato alla costruzione di un modello teorico HVSR e, tramite un algoritmo, all'adattamento della curva sperimentale e quella teorica. Le acquisizioni rispettano le indicazioni del processo SESAME.

Nel presente studio, che sfrutta la teoria di Nakamura che relaziona lo spettro di risposta del substrato roccioso (rapporto spettrale H/V = 1) con quello misurato in superficie, la frequenza di risonanza del terreno è regolata dalla formula:

$$f = V_s / 4H$$

dove f è la frequenza e H lo spessore dello strato sismico.

Di seguito si riportano i dati relativi all'acquisizione sismica:

Inizio registrazione: 23/03/21 11:12:28 Fine registrazione: 23/03/21 11:32:28

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h 20' 00". Analisi effettuata sull'intera traccia.

Freq. campionamento: 128 Hz

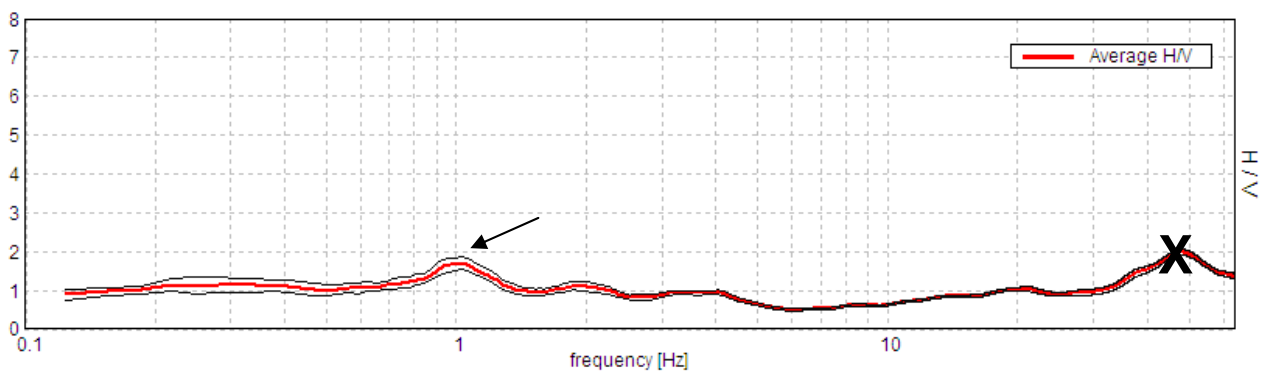
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

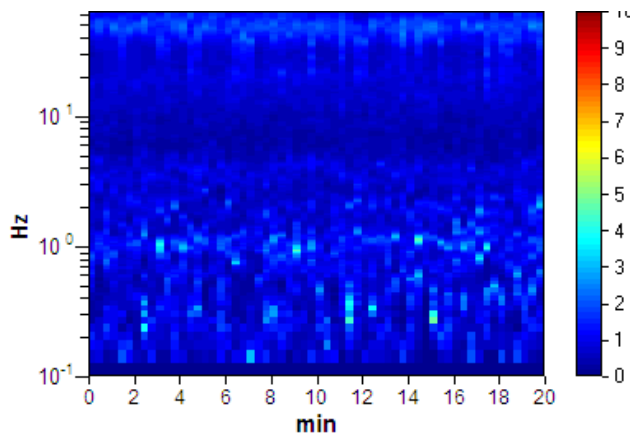
Lisciamento: 10%

Nel grafico che segue è rappresentata la curva sperimentale H/V frutto dell'elaborazione mediante algoritmo dei microtremori registrato dall'apparecchiatura, in ascissa la frequenza di risonanza del terreno, in ordinata il rapporto H/V:

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

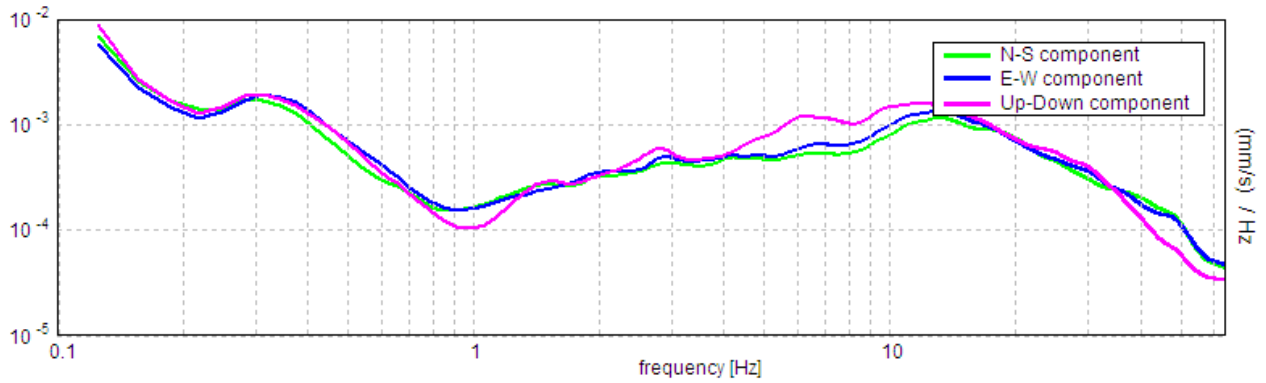


H/V TIME HISTORY

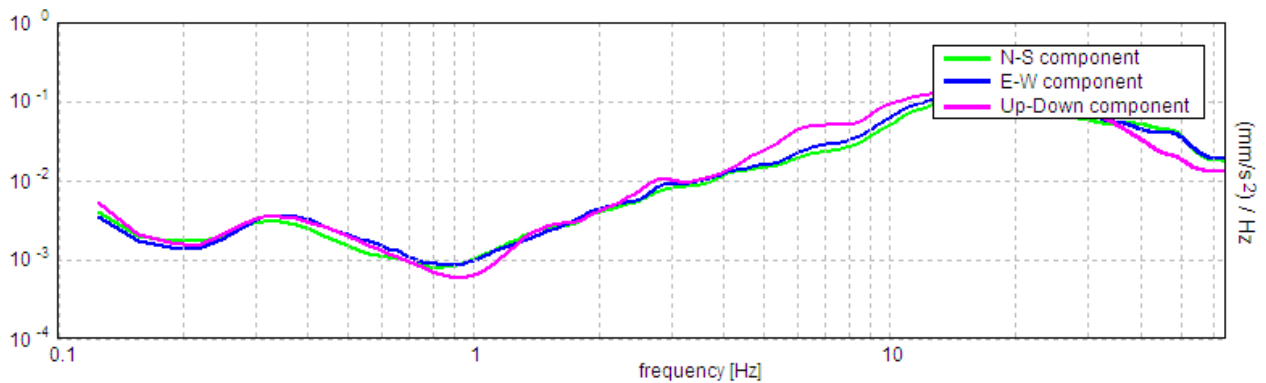


Nei grafici successivi l'andamento della traccia nelle 3 componenti N-S, E-W e verticale:

SINGLE COMPONENT SPECTRA (VELOCITA')

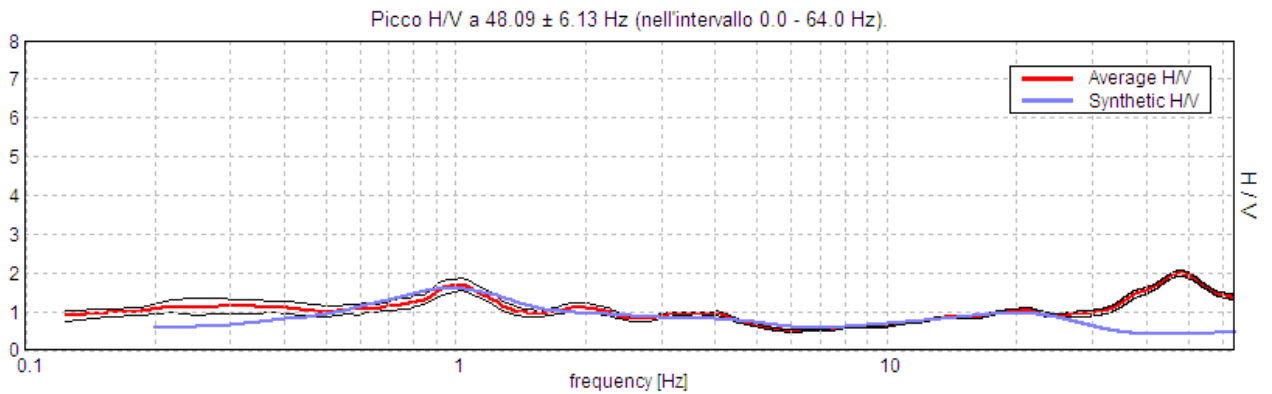


SINGLE COMPONENT SPECTRA (ACCELERAZIONE)



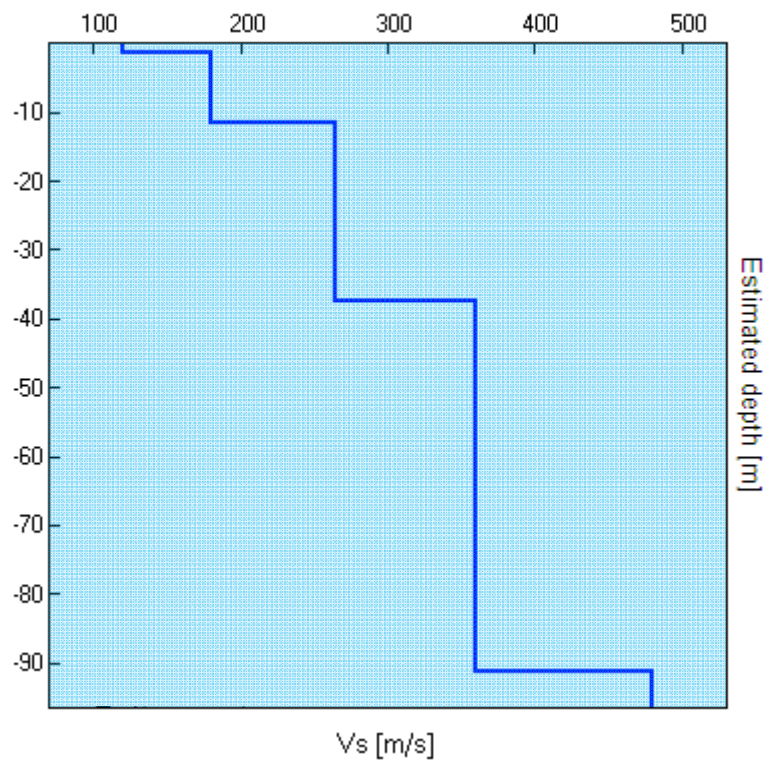
Il grafico sotto rappresenta l'elaborazione della traccia sperimentale da cui si ricava la Vs30 e relativa categoria di suolo, la curva blu è la curva teorica risultato dell'elaborazione, devono essere il più possibile coincidenti;

EXPERIMENTAL VS SYNTHETIC H/V



A seguire uno schema dei sismostrati nei quali è stato suddiviso il sottosuolo, ciascuno caratterizzato da uno specifico valore V_s , e quindi il relativo grafico dell'andamento della V_s in profondità.

Litologia indicativa da tabella 1	Profondità totale [m]	Sismostrati [m]	V_s [m/s]
Terreno vegetale e riporto	1.30	1.30	120
Limi e argille tenere	11.40	10.10	180
Limi e argille medie	37.40	26.00	265
Limi e argille compatte	91.40	54.00	360
Substrato non rigido	inf.	inf.	480



Il valore medio risultante dall'elaborazione fornisce la seguente V_{s30} , valore che non va assunto come dato certo, ma considerando un margine di errore almeno del 20%.

$$V_{s30} = 219 \text{ m/s} \pm 40 \text{ m/s}$$

Il valore ottenuto classifica il terreno come **sito C**.

Trattasi di sabbie e ghiaie mediamente addensate e argille di media consistenza.

PARAMETRI SISMICI

Tipo di elaborazione: FONDAZIONI

Sito in esame: C

Coordinate espresse in ED50: Latitudine: 44,302272° Longitudine: 11,872286°

Coordinate espresse in WGS84: Latitudine: 44.301333° Longitudine: 11.871309°

Classe d'uso II: costruzioni con normale affollamento di persone, assenza di funzioni pubbliche e sociali importanti, industrie con attività non pericolose per l'ambiente, ponti, strade e opere infrastrutturali non ricadenti in classe d'uso III e IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza, dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Siti di riferimento:

	ID	Latitudine °	Longitudine °	Distanza
Sito 1	17625	44,3230	11,8134	5220,254
Sito 2	17626	44,3240	11,8832	2565,025
Sito 3	17848	44,2740	11,8846	3294,610
Sito 4	17847	44,2730	11,8148	5615,351

Categoria suolo: **C**

Categoria topografica: **T1**

Vita nominale opera $V_N = 50$ anni

Coefficiente $C_U = 1,0$

Parametri sismici:

	P_{VR} %	Tr (anni)	ag (g)	Fo (-)	Tc* (s)
Operatività SLO	81	30	0,067	2,402	0,261
Danno SLD	63	50	0,085	2,394	0,270
Salvaguardia vita SLV	10	475	0,205	2,446	0,303
Prevenzione collasso SLC	5	975	0,256	2,502	0,314

P_{VR} = probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R = V_N \cdot C_U = 50$ anni

Tr = periodo di riferimento

ag = accelerazione di gravità

Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orr.

Tc = periodo di inizio del tratto di velocità costante dello spettro di accelerazione orr.

Coefficienti sismici:

	Ss (-)	Cc (-)	St (-)	Kh (-)	Kv (-)	Amax (m/s²)	Beta (-)
SLO	1,500	1,640	1,000	0,020	0,010	0,980	0,200
SLD	1,500	1,620	1,000	0,026	0,013	1,250	0,200
SLV	1,400	1,560	1,000	0,080	0,040	2,812	0,280
SLC	1,310	1,540	1,000	0,094	0,047	3,294	0,280

Ss = amplificazione stratigrafica

Cc = coeff. funz. categoria

St = amplificazione topografica

Amax = acc. max attesa al sito

Kh = coeff. sismico verticale

Kv = coeff. Sismico orizzontale

Beta = coeff. riduzione acc.max

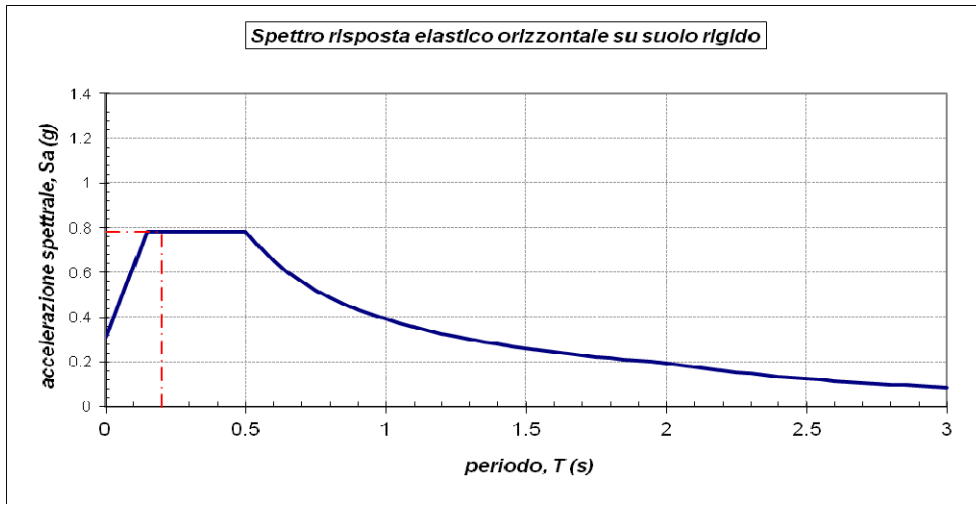
Zona 1 = 0,35g

Zona 2 = 0,25g

Zona 3 = 0,15g

Zona 4 = 0,05g

SPETTRI DI RISPOSTA



Zona 2	Tipo suolo	ag	S	Tb (s)	Tc (s)	Td (s)	piani	T	Sa
Margine B	C	0.25	1.25	0.15	0.5	2	2	0,2	0,78125

Dallo spettro di risposta normalizzato è possibile ottenere, moltiplicando i valori della tabella 1 per il valore di a_{refg} di ogni comune, lo spettro di risposta a probabilità uniforme che descrive le caratteristiche del moto sismico atteso per ogni comune dell'Emilia-Romagna.

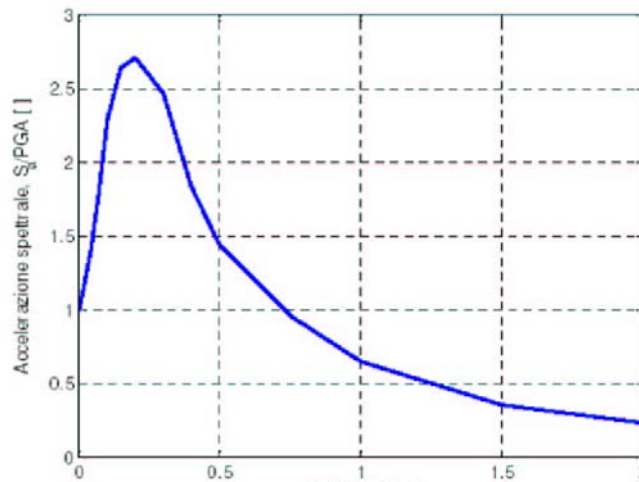


Figura - Spettro di risposta normalizzato (TR = 475 anni = 5% smorzamento) per l'Emilia-Romagna

T(s)	0,00	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,75	1,00	1,50	2,00
Sa/a _{ref}	1,0000	2,2100	2,6080	2,6562	2,4033	1,9394	1,5050	0,9172	0,6359	0,3608	0,2462

Tabella - Valori che definiscono lo spettro normalizzato per l'Emilia-Romagna

Valore di a_{refg} per il comune di Faenza = 0,2022

dove a_{refg} = accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, cioè per $T = 0$, espressa in frazione dell'accelerazione di gravità g (a_{refg})

Categorie topografiche del terreno

T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolate con inclinazione media $i < 15^\circ$	St = 1
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	St = 1.2
T3	Rilievi con larghezza in cresta minore che alla base e inclinazione media $15^\circ < i < 30^\circ$	St = 1.2
T4	Rilievi con larghezza in cresta minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	St = 1.4

Categorie suolo di fondazione

	Descrizione del profilo stratigrafico	V_{s30} (m/s)
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>	180 – 360

Parametri per il profilo stratigrafico

S = 1,25, sabbie e ghiaie mediamente addensate, argille media consistenza, Tipo C;

ELEMENTI di MICROZONAZIONE SISMICA

L'area di intervento è morfologicamente classificabile come **Margine di tipo B.**

MARGINE: settore di transizione tra la zona collinare (Appennino) e la pianura, o la costa, caratterizzato da terreni alluvionali prevalentemente fini (argille, limi, sabbie) sovrastanti orizzonti grossolani (ghiaie, ghiaie sabbiose, sabbie ghiaiose); il substrato geologico è generalmente costituito da sabbie marine o transizionali pleistoceniche (Sabbie Gialle) o dalla successione pelitica plio-pleistocenica (Argille Azzurre); il tetto del substrato geologico è a profondità indicativamente comprese tra 50 e 100 m;

MARGINE di tipo B: caratterizzato da spessore dei terreni superficiali fini o grossolani poco consolidati superiore a 30 m; la successione sottostante è costituita da alternanze di orizzonti grossolani e orizzonti fini;

Si considerano i coefficienti di amplificazione sismica relativi alla fascia di velocità relativa a 200 m/s.

Tabella per il calcolo dei coefficienti di amplificazione sismica (DGR n.630 del 29/04/2019)

F.A. P.G.A.: accelerazione di picco orizzontale a periodo T=0 alla superficie del sito.

F.A. S.I.: Intensità spettrale di risposta in velocità relativo a tre intervalli.

F.A. S.A.: Intensità spettrale di risposta in accelerazione relativo a quattro intervalli.

Vs30	150	200	250	300	350	400
F.A. P.G.A.	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.5

Fattore di Amplificazione **PGA**

Vs30	150	200	250	300	350	400
F.A SI1	1.9	1.9	1.9	1.8	1.7	1.6
F.A SI2	2.9	2.8	2.5	2.3	2.1	2.0
F.A SI3	3.3	3.1	2.7	2.4	2.2	2.0

Fattori di Amplificazione **SI1** (0,1s≤T≤0,5s), **SI2** (0,5s≤T≤1,0s), **SI3** (0,5s≤T≤1,5s)

Vs30	150	200	250	300	350	400
F.A. SA1	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	1,5
F.A SA2	2,6	2,6	2,3	2,1	1,9	1,7
F.A SA3	3,1	2,9	2,7	2,4	2,3	2,1
F.A SA4	3,0	2,9	2,6	2,3	2,1	1,9

F.A. **SA1** ($0,1s \leq T \leq 0,5s$), **SA2** ($0,4s \leq T \leq 0,8s$), **SA3** ($0,7s \leq T \leq 1,1s$) e **SA4** ($0,5s \leq T \leq 1,5s$)

CONCLUSIONI

- Il terreno indagato e classificabile come **sito C**;
- La velocità stimata è pari a **Vs30 = 219 m/s**;
- Il manufatto previsto è classificato come classe d'uso **II**;
- La frequenza caratteristica del sito è **Fo \cong 1,1 Hz**;
- La frequenza caratteristica del fabbricato è **Fo \cong 3,5 Hz**;
- L'accelerazione di gravità del sito è **ag = 0,205 (SLV)**;
- L'accelerazione massima è **Amax = 2,812 (SLV)**;
- L'accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, cioè per $T = 0$, espressa in frazione dell'accelerazione di gravità per il comune di Faenza è **g (a_{refg}) = 0,2022**;
- La categoria topografica è **T1**;
- L'area ricade in **Zona 2 = 0,25g**;
- L'area è classificabile come **Margine di tipo B** ;
- Si assumono indicativamente come coefficienti di amplificazione sismica su base regionale quelli relativi alla fascia di velocità pari a 200 m/s;

(tali coefficienti non sono vincolanti ai fini della progettazione):

PGA = 1,6	SA1 per l'intervallo $0,1s < T_0 < 0,5s = 1,8$
SI1 per l'intervallo $0,1s < T_0 < 0,5s = 1,9$	SA2 per l'intervallo $0,4s < T_0 < 0,8s = 2,6$
SI2 per l'intervallo $0,5s < T_0 < 1,0s = 2,8$	SA3 per l'intervallo $0,7s < T_0 < 1,1s = 2,9$
SI3 per l'intervallo $0,5s < T_0 < 1,5s = 3,1$	SA4 per l'intervallo $0,5s < T_0 < 1,5s = 2,9$

Faenza, Marzo 2021

Dr. Geol. Bruno Gardegni

